

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΤΣΙΛΙΓΚΙΡΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ - ΑΛΕΞΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΜΠΟΥΡΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ -
ΜΑΜΑΛΟΥΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ - ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

**Μετάδοση Δεδομένων
&
Δίκτυα Υπολογιστών I & II**

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ - ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Υ
1ος ΚΥΚΛΟΣ
Β΄ Τάξη

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:

Υποστήριξη Συστημάτων Υπολογιστών

Αθήνα 2000

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Τσιλιγκιρίδης Θεόδωρος
Αναπληρωτής Καθηγητής
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εργαστήριο Πληροφορικής
tsili@aua.gr

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Τσιλιγκιρίδης Θεόδωρος, Αν. Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
Αλεξίου Γεώργιος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών
Μπούρας Χρήστος, Επίκ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών
Μαμαλούκας Χρήστος, Καθηγητής ΠΕ19
Αγγελόπουλος Παναγιώτης Καθηγητής ΠΕ19

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Μεράκος Λάζαρος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Ηλιάδης Κοσμάς, Καθηγητής ΠΕ19
Καρανάσιος Κώστας, Μηχανικός Η/Υ

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Κλειδωνάρη Μαιρίτα, Φιλολογος

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ευθύνη συντονιστή

Ηλεκτρονική σελιδοποίηση - επεξεργασία φωτογραφιών - σχεδιασμός εξωφύλλου


ADAM DAMIANAKIS A.E.

Πατησίων 95, Αθήνα 10434, Τηλ.: 88 38 858 - Fax: 88 38 691

<http://www.conceptum.net>

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Παπασπύρου Σπύρος, Καθηγητής Εφαρμογών Τ.Ε.Ι Ηπείρου

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του τομέα
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ – ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Υ
Παπαδόπουλος Γεώργιος
Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Πρόλογος

Η επιτυχία ενός βιβλίου συνίσταται στο να διαβάζεται. Αυτό το αυτονόητο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ένα μαθητικό βιβλίο που αφορά την Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση, αφού οι μαθητές του πρέπει να εφαρμόσουν στην πράξη τα τόσο πολλά υποσχόμενα επιτεύγματα της Πληροφορικής επιστήμης.

Αναλαμβάνοντας την ευθύνη της συγγραφής του παρόντος βιβλίου ήταν αντιληπτό σε όλους μας ότι απευθυνόμαστε κυρίως σε μαθητές. Εξάλλου η συγγραφή του εισαγωγικού αυτού βιβλίου που αφορά τα δίκτυα υπολογιστών και τη χρησιμότητά τους, επειδή απευθύνεται στους αυριανούς επαγγελματίες του κλάδου, είναι απαραίτητο να αναφερθεί και στην τεχνολογία, σε μεγαλύτερο ίσως βαθμό από αυτόν που διδάσκεται στα Λύκεια της χώρας. Ο συνδυασμός αυτός είναι δύσκολος και το εγχείρημα δε θα πετύχει, αν ο καθημερινός σύντροφος του μαθητή, ο καθηγητής του, δεν αγκαλιάσει το βιβλίο υποστηρίζοντας και προσαρμόζοντας, αν το θεωρεί απαραίτητο, το δικό του διδακτικό υλικό στο απαιτούμενο βάθος και πλάτος των γνώσεων που πρέπει να διδάξει.

Το βιβλίο αυτό είναι σύμφωνο με το προφίλ του Αποφοίτου και το Πρόγραμμα Σπουδών των μαθημάτων *Μετάδοση δεδομένων και δίκτυα υπολογιστών I και II* του τομέα Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ των ΤΕΕ. Έχει ως στόχο να αποκτήσει ο μαθητής τις απαραίτητες γνώσεις σε θέματα επικοινωνίας δεδομένων και τεχνολογιών δικτύων υπολογιστών. Απευθύνεται όχι μόνο στους αυριανούς επαγγελματίες αλλά και σε καθέναν που θέλει να ασχοληθεί με την Πληροφορική επιστήμη και ειδικότερα με τον τομέα των δικτύων υπολογιστών σε πιο πρακτικό επίπεδο.

Το βιβλίο αυτό διαμορφώθηκε έχοντας κατά νου τους τέσσερις παρακάτω στόχους:

- ✓ Να παρουσιάσει τις βασικές αρχές και τις δυνατότητες των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών σύμφωνα με το προφίλ του αποφοίτου του τομέα Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ του Τ.Ε.Ε και το πρόγραμμα σπουδών.
- ✓ Να παρουσιάσει την εκπαιδευτική ύλη με τρόπο που να προκαλεί το ενδιαφέρον του μαθητή. Για το σκοπό αυτό περιλήφθηκε έγχρωμο διαδικτυακό και φωτογραφικό υλικό, γραφήματα, καθώς και βοηθήματα (*tips*) – κείμενα, σημειώσεις, ενδιαφέροντα σημεία, εικονίδια κτλ. – ως υποστηρικτικό υλικό του κυρίως κειμένου.
- ✓ Να παρουσιάσει ένα γλωσσικά ομοιογενές και φιλολογικά επιμελημένο υλικό, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην κατά το δυνατόν ορθότερη αποτύπωση και λεκτική ερμηνεία των όρων που εισάγονται, αποκλείοντας έτσι άστοχες ή αδόκιμες εκφράσεις που, ατυχώς, έχουν επικρατήσει στον καθημερινό μας λόγο. Ασφαλώς έγινε προσπάθεια να αποφευχθούν οι λεκτικές ακρότητες και να αποδοθούν τα δύσκολα επιστημονικά νοήματα με απλό και κατανοητό τρόπο, ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο για την επιτυχία των στόχων ενός μαθητικού βιβλίου.
- ✓ Να παραμείνει χρήσιμο, ως εισαγωγική πηγή πληροφόρησης, για κάθε νεοεισερχόμενο χρήστη στην Πληροφορική επιστήμη και ειδικότερα στο χώρο του Διαδικτύου.

Το βιβλίο χωρίστηκε σε πέντε ενότητες (Α-Ε) που κατανεμήθηκαν σε δύο τόμους (I και II), δύο στον πρώτο και τρεις στο δεύτερο, και οι οποίες έχουν ως ακολούθως:

- ✓ Η πρώτη ενότητα (Α), με τίτλο *Επικοινωνία δεδομένων* έχει ως στόχο να φέρει το μαθητή σε επαφή με τις βασικές έννοιες των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, της θεωρίας των σημάτων, των αρχών που διέπουν τη μετάδοση των δεδομένων, καθώς και των τεχνικών πολυπλεξίας.
- ✓ Η δεύτερη ενότητα (Β), με τίτλο *Δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων*, έχει ως στόχο την περιγραφή των δικτυακών μοντέλων με έμφαση στη δομή και στην ταξινόμηση των δικτύων επικοινωνίας, στα γενικότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, καθώς και στη χρησιμότητά τους. Επιπλέον περιγράφονται οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές των δικτύων υπολογιστών, με ειδικότερο στόχο την κατανόηση των μοντέλων *OSI* και *TCP/IP*, καθώς και των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών.

- ✓ Η τρίτη ενότητα (Γ), με τίτλο *Τοπικά δίκτυα υπολογιστών*, έχει ως στόχο την εξοικείωση του μαθητή με τις βασικές έννοιες και τα δομικά χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων υπολογιστών, τα πρότυπά τους, το ειδικό λογισμικό και δικτυακό εξοπλισμό που απαιτούν και τέλος τη διαχείριση των κοινών τους πόρων. Στην παρούσα ενότητα η ανάπτυξη περιορίζεται στα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα και ειδικότερα στα ασύρματα πρότυπα *ALOHA* και *CSMA*, καθώς και στα ενσύρματα πρότυπα *CSMA/CD - Ethernet* και *Token Ring*. Σημειώνεται ότι οι αρχές διασύνδεσης που αφορούν τη σχεδίαση και την υλοποίηση των τοπικών δικτύων και αναφέρονται στην ενότητα αυτή είναι γενικοί, διέπουν όλα τα τοπικά δίκτυα και καθορίζουν ορισμένα κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου τοπικού δικτύου, σύμφωνα πάντα με τις μονάδες διασύνδεσης και τα μέσα μετάδοσης που διατίθενται.
- ✓ Η τέταρτη ενότητα (Δ), με τίτλο *Τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων*, έχει ως στόχο να αποκτήσει ο μαθητής την ικανότητα να διακρίνει τα χαρακτηριστικά, την αρχιτεκτονική και τις μεθόδους πρόσβασης των πιο γνωστών προτύπων τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, τον ειδικότερο εξοπλισμό που χρησιμοποιούν, καθώς και τους βασικούς κανόνες λειτουργίας τους. Κυρίως όμως ο μαθητής πρέπει να αποκομίσει τα οφέλη που προκύπτουν από τις ειδικότερες εφαρμογές και να γνωρίσει τις βασικές υπηρεσίες που προσφέρουν τα δίκτυα αυτά με αιχμή τα ενδοδίκτυα.
- ✓ Τέλος, η πέμπτη ενότητα (Ε), με τίτλο *Δίκτυα ευρείας περιοχής*, έχει ως στόχο να παρουσιάσει τους βασικούς τύπους των δικτύων ευρείας περιοχής, τα δομικά στοιχεία, τα πρότυπά τους, τον εξοπλισμό που απαιτούν και τη λειτουργία τους. Ο μαθητής θα έρθει σε επαφή με τις πιο πρόσφατες αρχιτεκτονικές των δικτύων αυτών και τις τεχνικές πρόσβασης σ' αυτά. Ειδικότερη αναφορά γίνεται στο Διαδίκτυο, ώστε, σε συνδυασμό μ' αυτά που εκτέθηκαν στην ενότητα Β, να παρουσιαστεί μια πιο ολοκληρωμένη και σε βάθος ανάλυση του τρόπου λειτουργίας του.

Τελειώνοντας, θα επιθυμούσαμε να ευχαριστήσουμε:

- ✓ Το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο για την εμπιστοσύνη με την οποία μας περιέβαλε με την ανάθεση της παρούσας έκδοσης. Οφείλονται ιδιαίτερες ευχαριστίες στο Δρ Παπαδόπουλο Γιώργο για τις συνεχείς και άοκνες προσπάθειές του προκειμένου να καλυφθούν όλες οι απαιτήσεις αυτού του έργου και να ανταποκριθούν οι συγγραφείς με επιτυχία στις προδιαγραφές του νέου προγράμματος σπουδών.
- ✓ Την κριτική ομάδα για τις παρατηρήσεις της και τη συνδρομή της στη συμπλήρωση, βελτίωση και διάρθρωση της παρεχόμενης ύλης.
- ✓ Τη φιλόλογο Μαιρίτα Κλειδωνάρη για την επιμέλεια και την ουσιαστική βοήθεια την οποία με συνέπεια και αγάπη προσέφερε. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές εύστοχες παρατηρήσεις της βοήθησαν στη διευκρίνιση και αναδιατύπωση αρκετών σημείων του συγγράμματος. Ιδιαίτερα όμως βοήθησαν στη χρησιμοποίηση μιας ορθότερης και κατά το δυνατόν ακριβέστερης λεκτικής αποτύπωσης της ορολογίας και συνέβαλαν στη διατύπωση ενός καθαρότερου λόγου.
- ✓ Όλους όσους μας στήριξαν στην προσπάθεια συγγραφής αυτού του βιβλίου, όπως τον Αδάμ Δαμιανάκη, το Χρήστο Βασιλόπουλο, το Τάσο Τζαβάρα, τη Ελενή Καραγκούνη, τη Σμαράγδη Κουράκη και το Θεωρή Ταρλαντέζο, που είχαν την ευθύνη για το στήσιμό του, όλοι τους συνεργάτες της εταιρείας Conceptum A.E., καθώς και τον εκδοτικό οίκο Λιβάνη για την ουσιαστική βοήθειά του στο τελικό αλλά πολύ σημαντικό στάδιο της έκδοσης του βιβλίου.
- ✓ Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στο Εργαστήριο Πληροφορικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την πολύτιμη εξυπηρέτηση που παρέσχε στο στάδιο συγγραφής αυτού του βιβλίου.

Κάθε βιβλίο υπόκειται σε παρατηρήσεις για περαιτέρω βελτίωσή του. Για το λόγο αυτό ευχαριστούμε εκ των προτέρων αυτούς που θα συνδράμουν με τις παρατηρήσεις ή τις υποδείξεις τους στη βελτίωση της παρούσας έκδοσης (e-mail: tsili@aua.gr).

Για τη συγγραφική ομάδα

Τσιλιγκιρίδης Θεόδωρος, Αναπληρωτής καθηγητής

Ενότητα A

Επικοινωνία δεδομένων

Κεφάλαιο 1: Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

Κεφάλαιο 2: Μετάδοση δεδομένων

Κεφάλαιο 3: Πολυπλεξία

Γλωσσάριο



Ενότητα Α: Επικοινωνία δεδομένων

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

Μάθημα 1.1:	Στοιχεία θεωρίας σημάτων	10
1.1.1	Βασικές έννοιες σημάτων	10
1.1.2	Χαρακτηριστικά σήματος	13
1.1.3	Μορφές σήματος	15
1.1.3.1	Αναλογικά σήματα	15
1.1.3.2	Ψηφιακά σήματα	17
1.1.4*	Μαθηματική παράσταση του σήματος	18
Μάθημα 1.2:	Χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης	21
1.2.1	Εισαγωγή	21
1.2.2	Ενσύρματα μέσα μετάδοσης	23
1.2.2.1	Συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων	23
1.2.2.2	Ομοαξονικό καλώδιο	25
1.2.2.3	Οπτικές ίνες	26
1.2.3	Ασύρματα μέσα μετάδοσης	27
1.2.3.1	Ραδιοκύματα	29
1.2.3.2	Μικροκύματα	31
1.2.3.3	Δορυφορική επικοινωνία	33
1.2.3.4	Υπέρυθρα - Λέιζερ	34
Μάθημα 1.3:	Σύγκριση των μέσων μετάδοσης	36
1.3.1	Σύγκριση των καλωδιακών μέσων	36
1.3.1.1	Σύγκριση ομοαξονικού καλωδίου και καλωδίου <i>UTP</i> ή <i>STP</i>	36
1.3.1.2	Σύγκριση οπτικής ίνας και καλωδίου <i>UTP</i> ή <i>STP</i>	37
1.3.2	Σύγκριση ενσύρματων και ασύρματων μέσων μετάδοσης	38
1.3.2.1	Σύγκριση δορυφορικών και επίγειων συνδέσεων	39

Μάθημα 1.4:	Εξασθένηση, παραμόρφωση, θόρυβος	42
1.4.1	Βλάβη σήματος	42
1.4.2	Είδη θορύβου	43
1.4.3	Μέτρηση εξασθένησης - ενίσχυσης σήματος και θορύβου	45
Μάθημα 1.5:	Διαμόρφωση σήματος	47
1.5.1	Εισαγωγή	47
1.5.2	Τεχνικές διαμόρφωσης σήματος	48
1.5.3	Πλεονεκτήματα διαμόρφωσης σήματος	49
Μάθημα 1.6:	Είδη διαμόρφωσης	51
1.6.1	Αναλογική μετάδοση και διαμόρφωση	51
1.6.2	Ψηφιακή μετάδοση και διαμόρφωση	54
1.6.3	Κωδικοποίηση	56
Μάθημα 1.7:	Μοντέλο επικοινωνίας	59
Ανακεφαλαίωση	.....	62
Ερωτήσεις	.....	64

Κεφάλαιο 2: Μετάδοση δεδομένων

Μάθημα 2.1:	Βασικές έννοιες	68
2.1.1	Εισαγωγή	68
2.1.2	Κωδικοποίηση δεδομένων	69
2.1.3	Περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου	70
2.1.4	Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	70
2.1.5	Χωρητικότητα γραμμών επικοινωνίας	72
Μάθημα 2.2:	Χαρακτηριστικά μετάδοσης δεδομένων	77
2.2.1	Μορφές μετάδοσης δεδομένων	77
2.2.2	Τρόποι ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων	78
2.2.2.1	Παράλληλη μετάδοση δεδομένων	78
2.2.2.2	Σειραϊκή μετάδοση δεδομένων	78
Μάθημα 2.3:	Ασυγχρόνιστη και συγχρονισμένη σειραϊκή μετάδοση	80
2.3.1	Εισαγωγή	80
2.3.2	Ασυγχρόνιστη μετάδοση	81
2.3.3	Συγχρονισμένη μετάδοση	83
2.3.4	Το κύκλωμα EIA-232D/V.24	86
2.3.5	Το κύκλωμα RS-499	88



Μάθημα 2.4:	Συγκριτική αξιολόγηση	89
2.4.1	Σύγκριση ψηφιακής και αναλογικής μετάδοσης	89
2.4.2	Σύγκριση παράλληλης και σειραϊκής μετάδοσης	90
2.4.3	Σύγκριση συγχρονισμένης και ασυγχρόνιστης σειραϊκής μετάδοσης	90
Μάθημα 2.5:	Κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων	92
2.5.1	Εισαγωγή	92
2.5.2	Κώδικες ανίχνευσης σφαλμάτων	95
2.5.2.1	Ανίχνευση σφαλμάτων με την τεχνική του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας	95
2.5.2.2	Ανίχνευση σφαλμάτων με τη δισδιάστατη τεχνική ελέγχου ισοτιμίας	97
2.5.2.3*	Μέθοδος κυκλικού πλεονασμού ελέγχου	98
2.5.3	Κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων	100
2.5.3.1	Διόρθωση σφαλμάτων με επαναμετάδοση	100
2.5.3.2	Αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων	103
Ανακεφαλαίωση	.....	105
Ερωτήσεις	.....	106

Κεφάλαιο 3: Πολυπλεξία

Μάθημα 3.1:	Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας - χρόνου	110
3.1.1	Εισαγωγή	110
3.1.2	Τύποι γραμμών επικοινωνίας δεδομένων	111
3.1.3	Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας	112
3.1.4	Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου	113
Μάθημα 3.2:	Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών πολυπλεξίας	119
Μάθημα 3.3:	Στατιστική πολυπλεξία	121
Ανακεφαλαίωση	.....	124
Ερωτήσεις	.....	125
Βιβλιογραφία	.....	126
Διευθύνσεις Διαδικτύου (URLs)	.....	126

Κεφάλαιο 1

Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

- Μάθημα 1.1:** Στοιχεία θεωρίας σημάτων
 - Μάθημα 1.2:** Χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης
 - Μάθημα 1.3:** Σύγκριση των μέσων μετάδοσης
 - Μάθημα 1.4:** Εξασθένηση, παραμόρφωση, θόρυβος
 - Μάθημα 1.5:** Διαμόρφωση σήματος
 - Μάθημα 1.6:** Είδη διαμόρφωσης σήματος
 - Μάθημα 1.7:** Μοντέλο επικοινωνίας
- Ανακεφαλαίωση**
Ερωτήσεις



Κεφάλαιο 1: Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

Σκοπός

Το Κεφάλαιο 1 στοχεύει να εισαγάγει το μαθητή στις βασικές έννοιες της θεωρίας των σημάτων. Επίσης στοχεύει να τον φέρει σε επαφή με τα μέσα ενσύρματης και ασύρματης μετάδοσης, ώστε να μπορεί να προβαίνει σε συγκρίσεις ως προς τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία τους και τη χρησιμότητά τους. Πρόσθετες έννοιες που αφορούν τα κύρια χαρακτηριστικά του σήματος, όπως είναι η εξασθένηση, η παραμόρφωση, η διαμόρφωση και η καθυστέρηση, ενισχύουν το θεωρητικό υπόβαθρο του μαθητή και τον βοηθούν να αντιμετωπίζει καλύτερα τα διάφορα πρακτικά προβλήματα. Τέλος, ειδικότερες γνώσεις που αφορούν τη λειτουργία και τη χρήση των διαποδιαμορφωτών (*modems*), καθώς και τους κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης των σφαλμάτων παρέχουν το απαραίτητο πλαίσιο ολοκλήρωσης των γνώσεων που απαιτούνται, ώστε ο μαθητής να εισαχθεί ασφαλέστερα στον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου επικοινωνιών.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να ξεχωρίζει το αναλογικό από το ψηφιακό σήμα.
- ✓ Να διακρίνει και να εξηγεί τις διαφορές των μέσων μετάδοσης.
- ✓ Να μπορεί να αναφέρει τα βασικά στοιχεία μετάδοσης της ψηφιοποιημένης πληροφορίας.
- ✓ Να αναγνωρίζει τις συσκευές και τις διατάξεις της ψηφιακής μετάδοσης.
- ✓ Να αναγνωρίζει τα δομικά στοιχεία ενός ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας.
- ✓ Να αναγνωρίζει τα χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης και της καθυστέρησης του σήματος, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν τη μετάδοση.

Προερωτήσεις

1. Γνωρίζεις από τι αποτελείται ένα μοντέλο επικοινωνίας;
2. Πώς μεταδίδονται τα αναλογικά και πώς τα ψηφιακά σήματα;
3. Τι είναι διαμόρφωση σήματος και γιατί χρησιμοποιείται;
4. Ποιοι είναι οι λόγοι που εξασθενούν και καθυστερούν τη μετάδοση ενός σήματος και πώς αντιμετωπίζονται;
5. Τι λέμε διαμόρφωση σήματος και για ποιο λόγο χρησιμοποιείται;
6. Πώς μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο σημεία στα οποία είναι αδύνατη η απευθείας καλωδιακή σύνδεση λόγω μεγάλης απόστασης ή λόγω γεωγραφικών δυσκολιών;

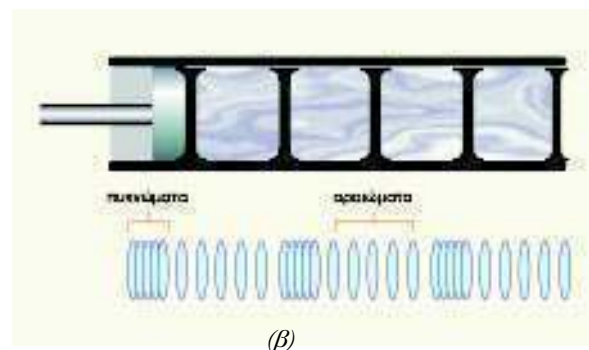


Μάθημα 1.1: Στοιχεία θεωρίας σημάτων

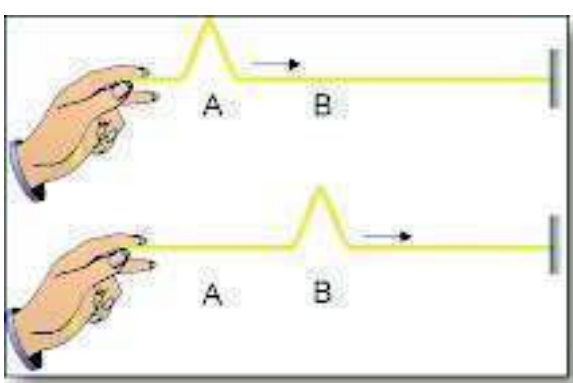
1.1.1 Βασικές έννοιες σημάτων



(α)



(β)



(γ)

Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, τα **ελαστικά σώματα** έχουν την ιδιότητα να υφίστανται παροδικές παραμορφώσεις, όταν ασκείται επάνω τους κάποια δύναμη. Αυτό σημαίνει ότι, αν η δύναμη η οποία ασκείται σε ένα ελαστικό σώμα και προκαλεί την παραμόρφωσή του πάψει να υφίσταται, τότε το σώμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Η ανάπτυξη δυνάμεων μεταξύ των δομικών στοιχείων ενός σώματος, δηλαδή των μορίων, των ατόμων και των ιόντων του, οι οποίες τείνουν να το επαναφέρουν στην αρχική του κατάσταση, ονομάζονται **ελαστικές δυνάμεις**. Λόγω της ανάπτυξης των δυνάμεων αυτών κάθε διαταραχή (κίνηση) ενός σημείου (σωματιδίου) του ελαστικού σώματος από τη θέση ισορροπίας του μεταδίδεται από σημείο σε σημείο σε όλο το σώμα.

Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζονται ορισμένα φυσικά παραδείγματα της μετάδοσης μιας διαταραχής.

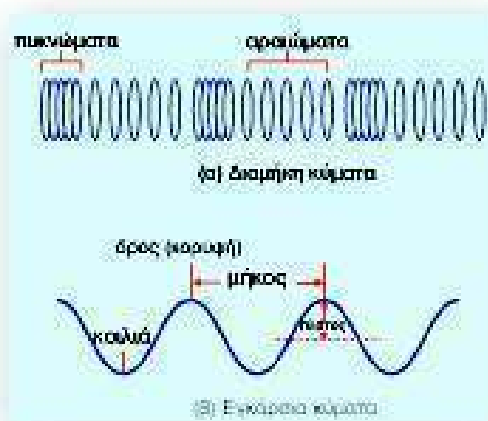
- ✓ Αν σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού ρίξουμε μια πέτρα, παρατηρούμε ότι δημιουργείται μια διαταραχή η οποία μεταδίδεται με μορφή ομόκεντρων κύκλων, που έχουν κέντρο το σημείο όπου έπεσε η πέτρα. Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού συμπεριφέρεται σαν ελαστική μεμβράνη (σχήμα 1.1α). Η μετάδοση αυτής της διαταραχής είναι ένα κύμα.
- ✓ Μέσα σε έναν κύλινδρο, στο ένα άκρο του οποίου υπάρχει έμβολο, έχουμε βάλει αέριο (σχήμα 1.1β). Αν μετακινήσουμε απότομα το έμβολο, δημιουργείται μέσα στον κύλινδρο μια περιοχή αυξημένης και μια περιοχή ελαττωμένης πυκνότητας (πίεσης), που μεταδίδεται στο αέριο με κάποια ταχύτητα. Η μετάδοση αυτής της διαταραχής είναι ένα κύμα.
- ✓ Στερεώνουμε το ένα άκρο ενός χοντρού σχοινού, ενώ το άλλο το κρατάμε με το χέρι μας. Αν κινήσουμε το άκρο αυτό απότομα προς τα επάνω, δημιουργείται μια διαταραχή που μεταδίδεται κατά μήκος του σχοινού προς τα δεξιά, χωρίς να μεταβληθεί το σχήμα της. Στο σχήμα 1.1γ παρουσιάζονται δύο στιγμιότυπα από τα οποία προκύπτει ότι κατά τη μετάδοση της διαταραχής όλα τα σημεία του σχοινού εκτελούν διαδοχικά την ίδια ακριβώς κίνηση. Η μόνη διαφορά είναι ότι η διαταραχή στο σημείο Β θα δημιουργηθεί λίγο αργότερα από ό,τι στο σημείο Α. Η μετάδοση αυτής της διαταραχής είναι ένα κύμα.

Σχήμα 1.1: Πειράματα στα οποία φαίνεται η μετάδοση μιας διαταραχής.

Γενικότερα, κάθε διαταραχή η οποία μεταδίδεται από σημείο σε σημείο μέσα σε κάποιο ελαστικό μέσο λέγεται **κύμα**. Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά τη μετάδοση ενός κύματος δε γίνεται μεταφορά ύλης, αλλά τα υλικά σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους και οι ταλαντώσεις αυτές μεταδίδονται από το ένα σημείο στο άλλο. Σημειώνουμε ότι **ταλάντωση** ονομάζεται η περιοδική κίνηση που κάνει ένα σώμα γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Έτσι η πτώση της πέτρας στο νερό προκαλεί ταλάντωση που δημιουργεί στην επιφάνεια του νερού ένα κύμα (σχήμα 1.1α). Η περιοδική κίνηση του εμβόλου αναγκάζει τα μόρια του αέρα μέσα στον κύλινδρο να εκτελούν ταλάντωση (σχήμα 1.1β). Τέλος, το άκρο Α τίθεται σε ταλάντωση προκειμένου να δημιουργηθεί ένα κύμα το οποίο μεταδίδεται στο σχοινί (σχήμα 1.1γ). Όπως παρατηρούμε, χαρακτηριστικό της ταλάντωσης είναι η **περιοδική κίνηση**, δηλαδή η κίνηση που επαναλαμβάνεται πανομοιότυπα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

Με τον ίδιο τρόπο που μια διαταραχή η οποία προκαλείται σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού μεταδίδεται από σημείο σε σημείο και προς όλες τις κατευθύνσεις με τη μορφή κύματος, έτσι και ένα παλλόμενο ηλεκτρικό δίπολο προκαλεί δύο εναλλασσόμενα πεδία, ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό, τα οποία μεταδίδονται από σημείο σε σημείο και προς όλες τις κατευθύνσεις με τη μορφή δύο κυμάτων, ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού αντίστοιχα. Τα κύματα αυτά μεταδίδονται με την ταχύτητα του φωτός, είναι αλληλένδετα, δηλαδή συνυπάρχουν ταυτόχρονα, και λέγονται **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**.

Ανάλογα με την κατεύθυνση των ταλαντώσεων των υλικών σημείων του ελαστικού μέσου και σε συνδυασμό με την κατεύθυνση της κίνησης του ίδιου του κύματος, τα κύματα χωρίζονται σε δύο είδη. Έτσι, αν η ταλάντωση είναι παράλληλη προς την κατεύθυνση της κίνησής τους, τότε τα κύματα είναι γνωστά ως **διαμήκη**. Αντίθετα, αν η ταλάντωση είναι κάθετη προς την κίνησή τους, τότε τα κύματα λέγονται **εγκάρ-**



Σχήμα 1.2: Είδη κυμάτων

Παλλόμενο ηλεκτρικό δίπολο έχει επικρατήσει να ονομάζεται ένα ανοικτό κύκλωμα Thompson υπό μορφή ευθύγραμμου σύρματος. Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, το ανοικτό κύκλωμα Thompson προκύπτει από το αντίστοιχο κλειστό (που στην απλούστερη περίπτωση αποτελείται από ένα πηνίο και έναν πυκνωτή), όταν αντικαταστήσουμε το πηνίο με έναν απλό αγωγό και απομακρύνουμε βαθμιαία τους σπλισμούς του πυκνωτή. Η ακραία αυτή περίπτωση του ανοικτού κυκλώματος είναι ένα ευθύ σύρμα. Αν συζεύξουμε το σύρμα με κατάλληλη διάταξη που παράγει ηλεκτρικές ταλαντώσεις, το ανοικτό κύκλωμα θα αρχίσει να πάλλεται όπως το κλειστό κύκλωμα Thompson.

Την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων υποστήριξε θεωρητικά πρώτος ο Maxwell, ενώ την πειραματική απόδειξη της ύπαρξής τους έδωσε ο Hertz.

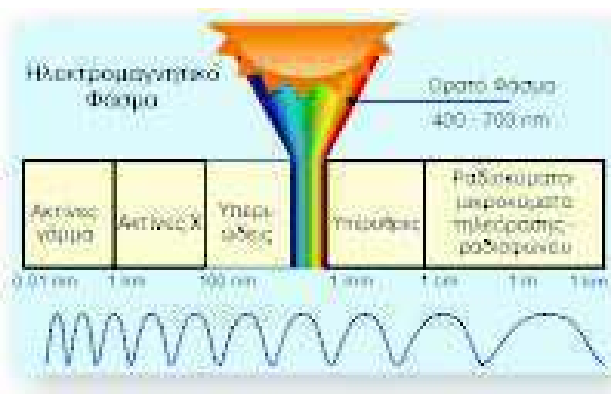


Η περιοδική κίνηση του εμβόλου ή η διέγερση της χορδής ενός βιολιού αναγκάζουν τα μόρια του αέρα στον περιβάλλοντα χώρο να εκτελούν ταλαντώσεις, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν περιοδικές μεταβολές της πίεσης του αέρα (πυκνώσεις και αραιώσεις), που ονομάζουμε **ήχος**.

σια (σχήμα 1.2).

Τα διαμήκη κύματα είναι πάντοτε μηχανικά, γιατί είναι αποτέλεσμα διαδοχικών συμπιέσεων και αραιώσεων του μέσου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαμήκους κύματος αποτελούν τα ηχητικά κύματα, η αρχή των οποίων στηρίζεται στην κίνηση του εμβόλου (σχήμα 1.1β). Τα εγκάρσια κύματα μπορεί να είναι μηχανικά, όπως τα κύματα του σχήματος 1.1α και 1.1β, ή ηλεκτρομαγνητικά, όπως είναι τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, οι υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως και οι υπεριώδεις ακτίνες κτλ. Η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συνιστά μια μεγάλης σημασίας ερευνητική περιοχή, η οποία απασχολεί την επιστήμη των τηλεπικοινωνιών και ειδικότερα των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στο σχήμα 1.3 παρουσιάζονται τα διαφορετικά είδη κυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Κατά κανόνα ένα κύμα προϋποθέτει κάποια **πηγή** παραγωγής, δηλαδή μια εξωτερική αιτία, η οποία θα προκαλέσει σε ορισμένα υλικά σωματίδια του ελαστικού μέσου



Σχήμα 1.3: Το φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων



Η μετατροπή ενός μηνύματος σε σήμα γίνεται στο σημείο εισόδου του με τη βοήθεια ενός **μετατροπέα (transducer)**. Στο σημείο προορισμού του ένας άλλος μετατροπέας επαναφέρει την ηλεκτρική κυματομορφή στο αρχικό μήνυμα.

ταλάντωση. Είναι ευνόητο ότι τα σωματίδια αυτά θα βρίσκονται δίπλα στην πηγή. Για παράδειγμα, το ηλεκτρικό κύμα μπορεί να προκαλέσει ταλάντωση σε ορισμένα υλικά σωματίδια του καλωδίου με το οποίο είναι συνδεδεμένη η πηγή παραγωγής του. Η ταλάντωση αυτή μεταδίδεται από σωματίδιο σε σωματίδιο διαμέσου του καλωδίου. Στις τηλεπικοινωνίες όμως το κύμα που παράγεται από ένα σημείο δεν είναι πάντα ηλεκτρικό.

Μια σημαντική διαδικασία στη μετάδοση κάποιου κύματος είναι και η μετατροπή του σε ένα ηλεκτρικό μέγεθος που μεταβάλλεται χρονικά και λέγεται **σήμα μηνύματος** ή απλώς **σήμα**. Επομένως το σήμα είναι ένα ηλεκτρικό κύμα ή μια ηλεκτρική κυματομορφή. Για παράδειγμα, σε μια τηλεφωνική ομιλία τα μηνύματα, δηλαδή οι συνομιλίες, είναι ακουστικά κύματα, τα οποία μετατρέπονται μετά από κατάλληλη επεξεργασία (μικρόφωνο) σε ηλεκτρικά κύματα (σήματα) και, όπως θα δούμε στη συνέχεια, διακινούνται στο τηλεφωνικό δίκτυο με τη μορφή αναλογικών ή ψηφιακών σημάτων.

1.1.2 Χαρακτηριστικά σήματος

Τα χαρακτηριστικά ενός σήματος είναι τα ακόλουθα:

- ✓ **Περίοδος σήματος** (*period*): ονομάζεται η διάρκεια μιας πλήρους ταλάντωσης του υλικού σημείου στο ελαστικό μέσο, συμβολίζεται με T και μετρείται σε δευτερόλεπτα (sec). Σημειώνουμε ότι η περίοδος ενός σήματος είναι ίση με την περίοδο της πηγής του σήματος.
- ✓ **Μήκος σήματος** (*length*): ονομάζεται η απόσταση στην οποία μεταδίδεται το σήμα σε χρόνο μιας περιόδου T (σχήμα 1.2) και συμβολίζεται με λ . Στα εγκάρσια σήματα το μήκος εκφράζει την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών, ενώ στα διαμήκη σήματα εκφράζει την απόσταση μεταξύ δύο πυκνωμάτων ή αραιωμάτων.
- ✓ **Συχνότητα σήματος** (*frequency*): εκφράζει τον αριθμό των επαναλήψεων μιας πλήρους ταλάντωσης ενός οποιουδήποτε περιοδικού σήματος στη μονάδα του χρόνου (κάθε δευτερόλεπτο) και συμβολίζεται με ν ή f . Η μονάδα μέτρησης είναι ο κύκλος ανά δευτερόλεπτο που λέγεται και **Hertz (Hz)**. Στην πράξη χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια του Hertz. Έτσι ένα KiloHertz (KHz) ισούται με ένα **χιλιόκυκλο**, δηλαδή χίλιους κύκλους ανά δευτερόλεπτο, ένα MegaHertz (MHz) ισούται με ένα **μεγάκυκλο**, δηλαδή ένα εκατομμύριο κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή χίλια KHz, και ένα GigaHertz (GHz) ισούται με ένα **γιγάκυκλο**, δηλαδή ένα δισεκατομμύριο κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή ένα εκατομμύριο χιλιόκυκλους ανά δευτερόλεπτο.

Η συχνότητα του σήματος είναι ασφαλώς ίση με τη συχνότητα της πηγής του σήματος, ενώ από τον ορισμό προκύπτει ότι ένα σήμα με περίοδο T θα έχει συχνότητα $\nu = 1/T$.

- ✓ **Ταχύτητα μετάδοσης σήματος** (*velocity*): ονομάζεται η ταχύτητα με την οποία το σήμα διαπερνά το μέσο μετάδοσης και συμβολίζεται με u . Η ταχύτητα του σήματος δίνεται από το πηλίκο του μήκους του κύματος που μεταδίδεται προς την περίοδο T , δηλαδή: $u = \lambda/T$. Επομένως, αν υποθέσουμε ότι $T = 1/\nu$, τότε παίρνουμε:

$$u = \lambda / T = \lambda / (1/\nu) = \lambda \cdot \nu$$

οπότε καταλήγουμε στη θεμελιώδη εξίσωση των σημάτων:

$$u = \lambda \cdot \nu$$



Τα σήματα μπορούν να καθοριστούν είτε από τις συχνότητες είτε από τα μήκη των κυμάτων τους.

Μονάδες συχνότητας κύματος

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ cycle/sec}$$

$$1 \text{ KHz} = 1 \text{ kc/sec} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 1 \text{ Mc/sec} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 1 \text{ Gc/sec} = 10^9 \text{ Hz}$$

Μήκη κύματος

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} \text{ (Ångström)}$$

Οι δονήσεις των σεισμών μπορεί να έχουν συχνότητα μικρότερη από 1 Hz.

Αντίθετα, ορισμένα ηλεκτρομαγνητικά σήματα, όπως είναι οι υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως, οι υπεριώδεις ακτίνες κτλ., έχουν πολύ υψηλές συχνότητες, της τάξης των 10^9 - 10^{10} GHz.



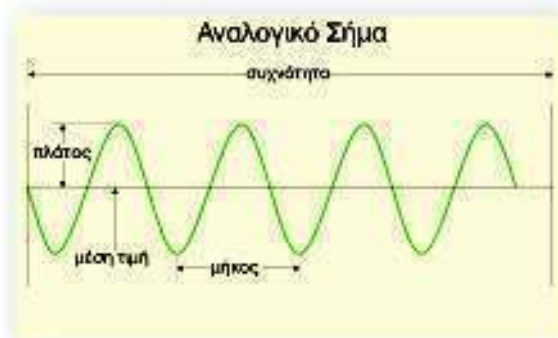
Η ταχύτητα μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό είναι ίση με την ταχύτητα μετάδοσης του φωτός στο κενό, δηλαδή είναι:

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/sec.}$$

Παράδειγμα Ι

Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα με εξαιρετικά υψηλές συχνότητες, όπως είναι το ορατό φως, οι υπεριώδεις ακτίνες, καθώς και οι ακτίνες Χ και γάμμα, συνήθως περιγράφονται σε σχέση με τα μήκη των κυμάτων τους, τα οποία μετριοούνται σε μικροχιλιοστά (μm), σε μικρά (μ), σε νανόμετρα (nm) ή σε Ångström (\AA). Επομένως ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα μήκους κύματος 1 nm θα έχει συχνότητα περίπου $\nu = v / \lambda = 3 \times 10^8 \times 10^9 = 3 \times 10^8 \text{ GHz}$, αφού v ισούται με την ταχύτητα μετάδοσης του φωτός ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$) και λ με 10^{-9} m .

- ✓ **Πλάτος σήματος (amplitude)**: εκφράζει τη στιγμιαία τιμή του σήματος σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (σχήμα 1.4) και συμβολίζεται με a . Στην περίπτωση ενός ηλεκτρομαγνητικού σήματος το πλάτος είναι η μέγιστη δύναμη του ηλεκτρικού ή του μαγνητικού πεδίου.

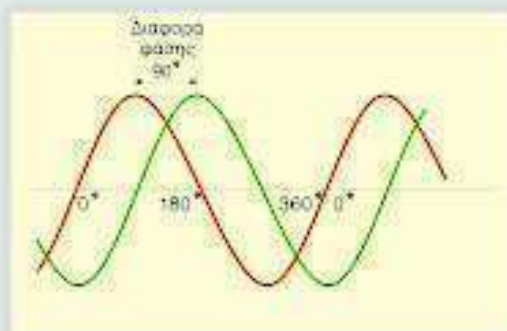


Σχήμα 1.4: Χαρακτηριστικά σήματος



Η γωνία ή το τόξο ω μετριοείται συνήθως σε μοίρες ή σε ακτίνια. Η **μοίρα** ορίζεται ως το $1/360$ της όλης περιφέρειας ($1^\circ = 60' = 3600''$). Το **ακτίνιο (radian)** ορίζεται ως το τόξο που έχει μήκος ίσο με την ακτίνα της περιφέρειας. Επειδή η περιφέρεια έχει μέτρο 360° ή 2π ακτίνια ($\pi=3,14159\dots$), μία γωνία ή τόξο φ ακτίνιων θα ισούται με $(\varphi * 180/\pi)^\circ$ μοίρες και, αντίστροφα, μία γωνία ή τόξο μ° μοιρών θα έχει μέτρο $\mu * \pi/180^\circ$ ακτίνια.

- ✓ **Φάση σήματος (phase)**: εκφράζει τη διαφορά φ ενός σήματος, όταν αυτό συγκρίνεται με κάποιο άλλο σήμα που χρησιμοποιούμε ως σήμα αναφοράς και του οποίου ο κύκλος ξεκινά τη χρονική στιγμή $t=0$. Επομένως, είναι φυσικό η διαφορά αυτή να δείχνει ότι το ένα σήμα προπορεύεται ή υστερεί του άλλου. Στο σχήμα 1.5 φαίνονται δύο σήματα που έχουν διαφορά φάσης $\pi/2$ ή, ισοδύναμα, 90° .

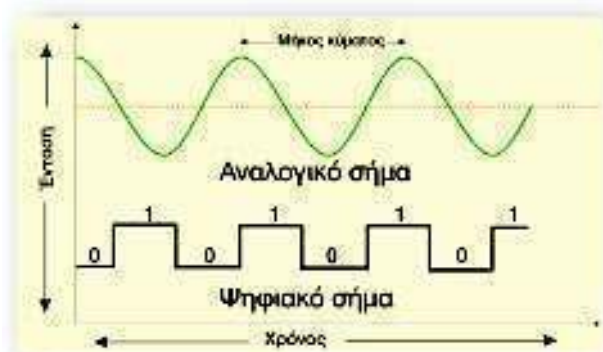


Σχήμα 1.5: Σήματα με διαφορά φάσης $\pi/2$ ή 90°

1.1.3 Μορφές σήματος

Όπως είναι γνωστό, για να επικοινωνήσει κανείς με κάποιον άλλο, πρέπει να στείλει ένα μήνυμα. Το μήνυμα πρέπει να μεταφερθεί, με τη βοήθεια του μέσου μετάδοσης, από τον πομπό στο δέκτη (Μάθημα 1.7) και να επιβεβαιωθεί η λήψη του. Αυτή η επιβεβαίωση είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος της διαδικασίας της μετάδοσης.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορεί να μεταδοθεί μια πληροφορία. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.6, τα μηνύματα μπορούν να μεταδοθούν είτε ως αναλογικά είτε ως ψηφιακά σήματα. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει κανείς τις δύο αυτές μεθόδους μετάδοσης, επειδή, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο, εμπεριέχονται σε όλα τα επικοινωνιακά συστήματα.



Σχήμα 1.6: Διάκριση αναλογικού - ψηφιακού σήματος

1.1.3.1 Αναλογικά σήματα

Αναλογικά είναι τα σήματα τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς μέσα στο χρόνο και έχουν τη μορφή **ημιτονοειδούς καμπύλης**. Η κίνηση ενός **αρμονικού αναλογικού σήματος**, που είναι η απλούστερη κίνηση ενός αναλογικού σήματος, μπορεί να παρασταθεί γραφικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4. Στο σχήμα αυτό απεικονίζεται μια σειρά από συνεχόμενα στιγμιότυπα ενός ημιτονοειδούς κύματος που μεταβάλλεται αρμονικά στη διάρκεια του χρόνου.

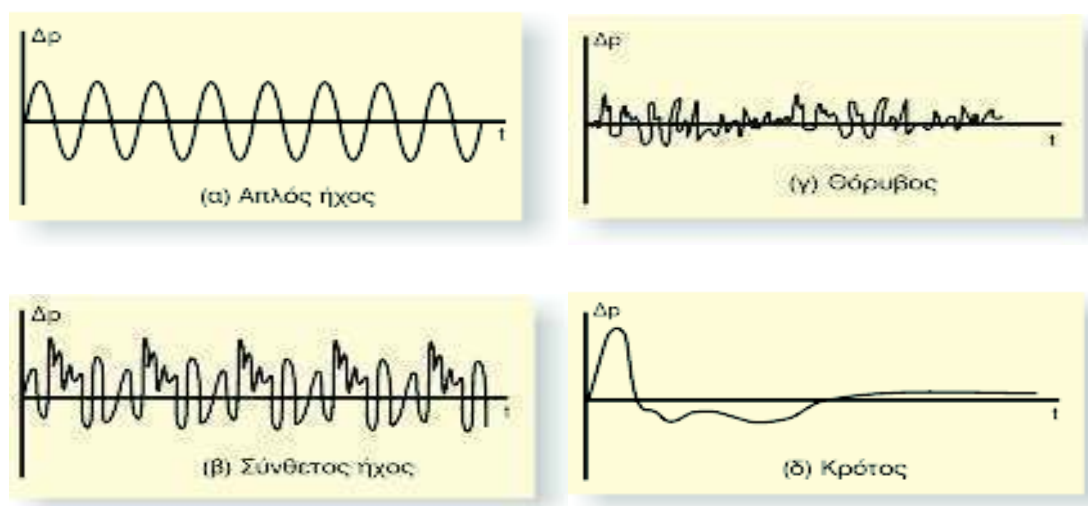
Τα ημιτονοειδή κύματα παριστάνουν τις αυξομειώσεις της τάσης του ηλεκτρικού σήματος ή τις αλλαγές της έντασης του ακουστικού σήματος. Ειδικότερα, το ακουστικό σήμα, που είναι ένα αναλογικό σήμα, εκφράζει έναν καθαρό και απλό ήχο ή, όπως λέμε, τη νότα. Για παράδειγμα η ομιλία μας είναι ένα σύνθετο σήμα, που αποτελείται από το συνδυασμό πολλών ημιτονοειδών κυμάτων. Εκτός από τα ακουστικά σήματα υπάρχουν και τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα, όπως είναι τα οπτικά, τα ραδιοφωνικά, τα τηλεοπτικά κτλ.



Παράδειγμα II

Τα ακουστικά σήματα είναι αναλογικά σήματα στα οποία:

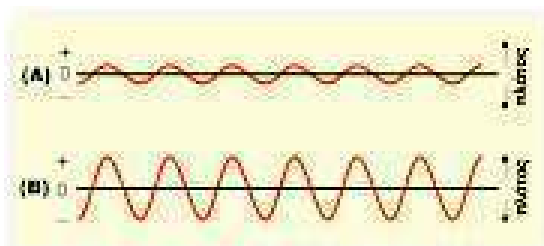
Στον **απλό ήχο** (σχήμα 1.7α) η πίεση του αέρα p μεταβάλλεται σύμφωνα με την ημιτονοειδή καμπύλη ως προς το χρόνο t , ενώ στο **σύνθετο ήχο** (σχήμα 1.7β) η πίεση μεταβάλλεται μεν περιοδικά, όχι όμως σύμφωνα με την ημιτονοειδή καμπύλη. Στο **θόρυβο** (σχήμα 1.7γ) η πίεση μεταβάλλεται μη περιοδικά, ενώ ο **κρότος** (σχήμα 1.7δ) προκαλείται από απότομη μεταβολή της πίεσης.



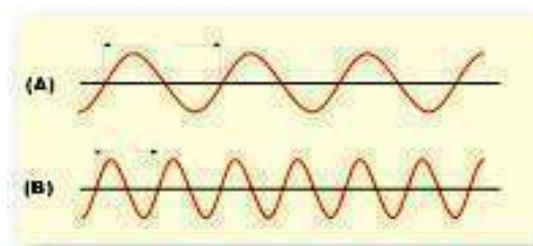
Σχήμα 1.7: Απλός ήχος (α), σύνθετος ήχος (β), θόρυβος (γ), κρότος (δ)

- ✓ Η αύξηση της έντασης του ήχου αντιστοιχεί σε αύξηση του ύψους του σήματος, δηλαδή του πλάτους του κύματος που το παριστάνει. Η διαφορά φαίνεται στο σχήμα 1.8α, που παριστάνει τα διαφορετικά πλάτη (ύψη) των δύο σημμάτων που προκαλούνται από το πάτημα του ίδιου πλήκτρου της μεσαίας σκάλας του πιάνου, με μόνη διαφορά την ένταση με την οποία κάποιος πατά το πλήκτρο. Επειδή πατιέται το ίδιο πλήκτρο του πιάνου, θα ακουστεί ο ίδιος τόνος, με τη διαφορά ότι ο ένας θα είναι δυνατότερος από τον άλλο.
- ✓ Η συχνότητα είναι συνάρτηση του αριθμού των φορών που το ημιτονοειδές κύμα επαναλαμβάνεται ανά δευτερόλεπτο. Στο σχήμα 1.8α το ημιτονοειδές σήμα της χαμηλής έντασης του πλήκτρου της μεσαίας κλίμακας του πιάνου που πατήθηκε προκαλεί ήχο 277 περίπου κύκλων το δευτερόλεπτο (Hz). Αυτό σημαίνει ότι το ημιτονοειδές κύμα επαναλαμβάνεται 277 φορές το δευτερόλεπτο. Όμως, αν το ίδιο πλήκτρο του πιάνου πατηθεί με την ίδια ένταση αλλά μια οκτάβα (σκάλα) χαμηλότερα, τότε η συχνότητα του ήχου που προκαλείται θα είναι 138 κύκλοι το δευτερόλεπτο. Στο σχήμα 1.8β συγκρίνονται τα δύο σήματα, τα οποία έχουν το ίδιο πλάτος (ύψος), αλλά το άνοιγμά τους διαφέρει, αφού οι χαμηλές συχνότητες έχουν πάντοτε μεγαλύτερο άνοιγμα από τις υψηλές.
- ✓ Η φάση μετρά τη σχετική χρονική θέση του σήματος μέσα σε μια περίοδο. Επομένως η μετατόπιση φάσης (*phase shift*) περιγράφει το σημείο στο οποίο αρχίζει ο κύκλος της ημιτονοειδούς καμπύλης (βλ. παράγραφο 1.1.4). Στο σχήμα 1.8γ παρουσιάζονται τέσσερα σήματα, εκ των οποίων το καθένα αρχίζει σε

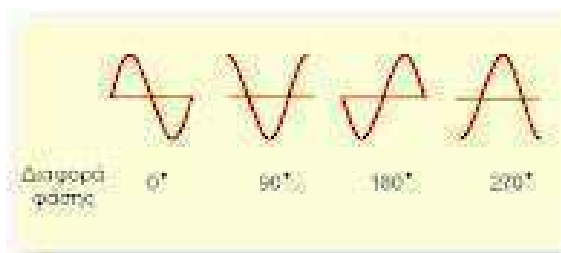
διαφορετική φάση από τα προηγούμενά του και τα οποία διαδοχικά έχουν διαφορά φάσης $\pi/2$ ακτίνια ή, ισοδύναμα, 90° .



Σχήμα 1.8α: Πλάτος αναλογικών σημάτων



Σχήμα 1.8β: Συχνότητες αναλογικών σημάτων

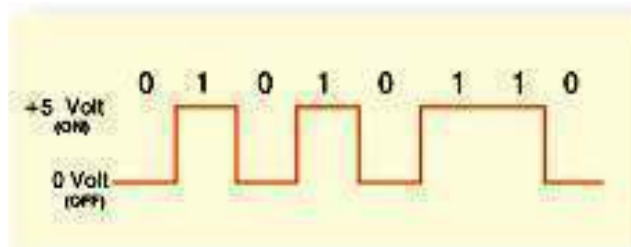


Σχήμα 1.8γ: Φάσεις αναλογικών σημάτων

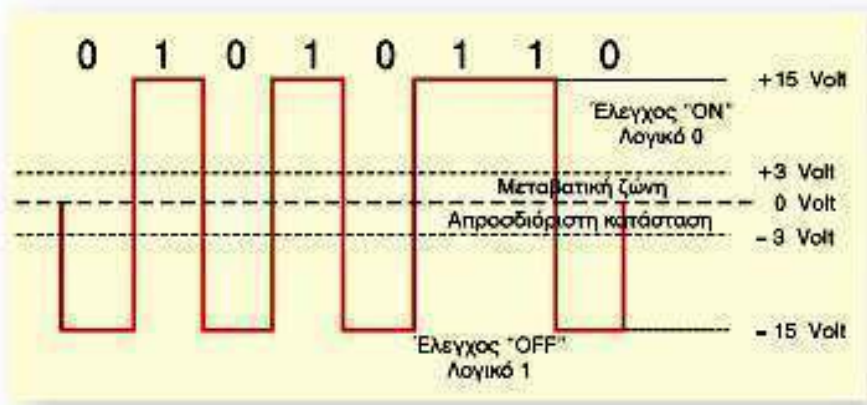
1.1.3.2 Ψηφιακά σήματα

Τα **ψηφιακά σήματα** παίρνουν διακριτές τιμές μέσα στο χρόνο, δηλαδή έχουν ένα διακριτό αριθμό δυνατών καταστάσεων. Για παράδειγμα, το δυαδικό σήμα είναι ένα ψηφιακό σήμα, το οποίο έχει δύο καταστάσεις που αντιπροσωπεύουν μόνο δύο συνθήκες, την 1 (κατάσταση *on*) ή την 0 (κατάσταση *off*), και συνήθως αντιστοιχούν στις ηλεκτρικές τάσεις των $+5$ Volt και 0 Volt (σχήμα 1.9α). Έτσι η τάση των $+5$ Volt συνεχούς ρεύματος μπορεί να αντιπροσωπεύει έναν παλμό, ενώ η τάση των 0 Volt την απουσία παλμού. Στα ψηφιακά σήματα οι παλμοί έχουν συνήθως το ίδιο ύψος ή πλάτος, καθώς και το ίδιο άνοιγμα ή συχνότητα.

Μια άλλη μορφή των ψηφιακών σημάτων φαίνεται στο σχήμα 1.9β. Σ' αυτή την περίπτωση ισχύουν τρεις συνθήκες: η παρουσία της θετικής τάσης των $+15$ Volt παριστάνει την κατάσταση *on* ή τη λογική συνθήκη 0 , η παρουσία της αρνητικής τάσης των -15 Volt παριστάνει την κατάσταση *off* ή τη λογική συνθήκη 1 , ενώ η απουσία τάσης παριστάνει τη μη ορισμένη κατάσταση. Αυτή η μορφή των ψηφιακών σημάτων χρησιμοποιείται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους σε μονάδες επικοινωνιακού εξοπλισμού.



Σχήμα 1.9α: Ψηφιακό σήμα με παρουσία δύο συνθηκών



Όπως θα δούμε στη συνέχεια, η έννοια της μετατόπισης της φάσης, που καθορίζει το σημείο από το οποίο αρχίζει ο κύκλος της ημιτονοειδούς καμπύλης, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην κατανόηση των ψηφιακών σημάτων. Συνήθως η μετατόπιση φάσης παριστάνεται με ένα διπλό δυαδικό ψηφίο. Για παράδειγμα, στο σχήμα 1.8γ, όπου παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικοί κύκλοι που αρχίζουν σε τέσσερις χωριστές φάσεις των 0°, 90°, 180° και 270° ο καθένας, η μετατόπιση των φάσεων παριστάνονται με 00, 01, 10 και 11 αντί-

Σχήμα 1.9β: Ψηφιακό σήμα με παρουσία τριών συνθηκών



Το φασματικό εύρος μιας γραμμής μετάδοσης είναι το διάστημα των συχνοτήτων μέσα στο οποίο μεταδίδεται ικανοποιητικά το σήμα.

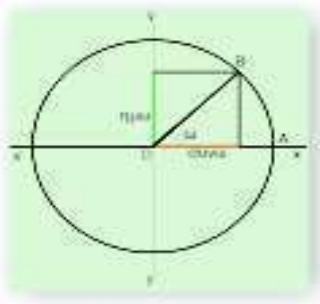
στοιχα. Σημειώνουμε ότι η μετατόπιση της φάσης χρησιμοποιείται ευρύτατα στη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας.

Χαρακτηριστικό των ψηφιακών σημάτων είναι το μεγάλο φασματικό εύρος τους, με αποτέλεσμα να μεταδίδονται δύσκολα μέσα από το τηλεφωνικό δίκτυο. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των ορατών συχνοτήτων (οπτικά σήματα) που διακινούνται με οπτικές ίνες.

1.1.4* Μαθηματική παράσταση του σήματος

Η μαθηματική έκφραση του αρμονικού σήματος είναι μια συνεχής συνάρτηση δύο μεταβλητών, του χρόνου t και του μέγιστου πλάτους A , ονομάζεται ημιτονοειδής¹ και παριστάνεται από την εξίσωση:

$$a = A \eta\mu(2\pi \nu t + \phi)$$



Σχήμα 1.10: Ο τριγωνομετρικός κύκλος

¹ Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.10, για κάθε γωνία ή τόξο ω , που είναι ένας πραγματικός αριθμός, ορίζεται η συνάρτηση ημίτονο (αντίστοιχα συνημίτονο), που συμβολίζεται με $\eta\mu$ (αντίστοιχα $\sigma\upsilon\mu$), σύμφωνα με την οποία η γωνία ή το τόξο ω αντιστοιχούν σε μία μόνο τιμή, τον πραγματικό αριθμό $\eta\mu\omega$ (αντίστοιχα $\sigma\upsilon\mu\omega$), ο οποίος ισούται με την προβολή της διανυσματικής ακτίνας της γωνίας ή του τόξου επί τον άξονα x (αντίστοιχα y). Επομένως οι δυνατές τιμές των $\eta\mu\omega$ και $\sigma\upsilon\mu\omega$ θα κυμαίνονται στο διάστημα $[-1, 1]$.

Υπάρχουν άπειρες γωνίες που έχουν την ίδια αρχική και τελική πλευρά, ή τόξα που έχουν την ίδια αρχή και τέλος. Για παράδειγμα, αν μ^0 σε μοίρες ή ϕ σε ακτίνια είναι το μέτρο του τόξου αρχής A και τέλους B , τότε υπάρχουν άπειρα τριγωνομετρικά τόξα που έχουν την ίδια αρχή A και τέλος B , αλλά με διαφορετικά μέτρα που δίνονται από τις σχέσεις: $\omega = \mu^0 + 360k$ (σε μοίρες) και $\omega = \phi + 2k\pi$ (σε ακτίνια), όπου k ακέραιος. Και επειδή ως μέτρο γωνίας ορίζεται το μέτρο του αντίστοιχου τόξου της, όταν η γωνία γίνει επίκεντρη, οι παραπάνω σχέσεις δίνουν και το μέτρο όλων των αντίστοιχων γωνιών. Τέλος, επειδή η συνάρτηση ημίτονο είναι περιοδική με περίοδο 2π , δηλαδή $\eta\mu(2\pi + x) = \eta\mu(2\pi - x) = \eta\mu x$, η γραφική της παράσταση θα είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4.

όπου:

a : η στιγμιαία τιμή πλάτους του σήματος (τάση ή ρεύμα),

A : η μέγιστη τιμή που παίρνει το πλάτος του σήματος,

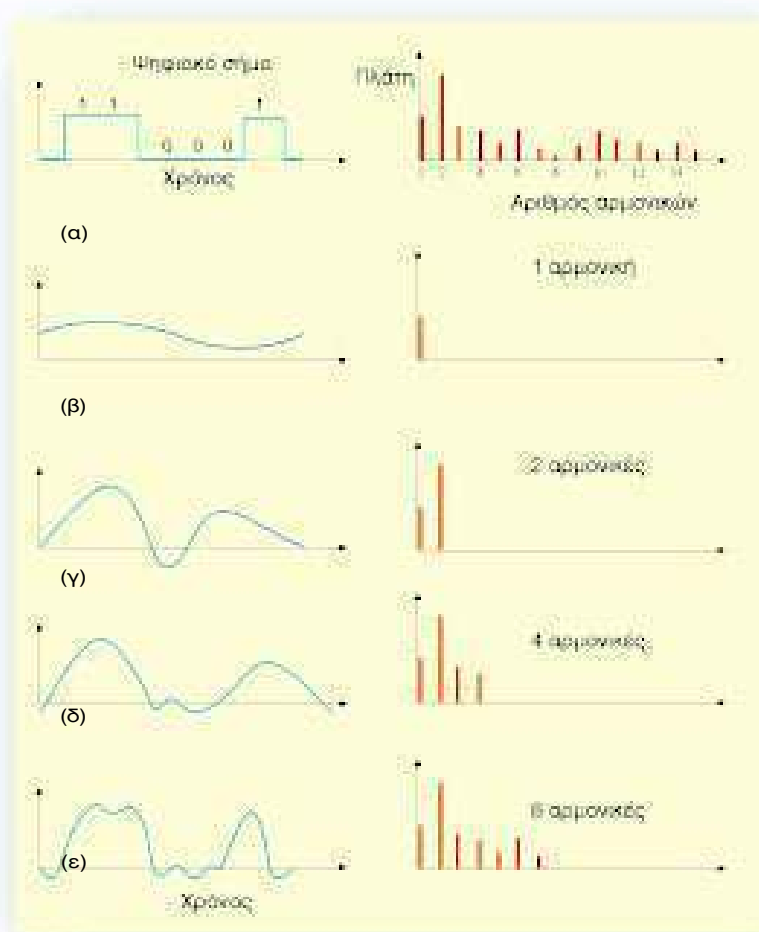
ν : η συχνότητα του σήματος (Hertz),

φ : η φάση του σήματος σε ακτίνια και

π : (2π ακτίνια = 360° = 1 περίοδος, $\pi=3,14\dots$).

Η κίνηση που περιγράφεται από την παραπάνω εξίσωση είναι η απλούστερη των περιοδικών κινήσεων και λέγεται **αρμονική ταλάντωση** (σχήμα 1.6). Επειδή η κίνηση αυτή γίνεται σε ευθεία γραμμή, λέγεται και **γραμμική αρμονική ταλάντωση**. Χωρίς να μπορούμε σε ιδιαίτερες μαθηματικές λεπτομέρειες, αν αναλύσουμε μια περιοδική ταλάντωση², θα πάρουμε μια σειρά **αρμονικών ταλαντώσεων**, των οποίων οι συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας ορισμένης (αρχικής) συχνότητας. Η ταλάντωση της μικρότερης συχνότητας ν λέγεται **θεμελιώδης** ή **πρώτη αρμονική** και έχει το μεγαλύτερο πλάτος, άρα και το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος του σήματος. Η αρμονική που έχει συχνότητα 2ν λέγεται **δεύτερη αρμονική** και έχει μικρότερο πλάτος και συνεπώς μικρότερη ισχύ. Η αρμονική που έχει συχνότητα 3ν λέγεται **τρίτη αρμονική** κ.ο.κ.

Είναι σημαντικό να κατανοήσει κάποιος τη λειτουργία των αρμονικών στην παράσταση των ψηφιακών σημάτων. Για παράδειγμα, το ψηφιακό σήμα του σχήματος 1.11α αποτελείται, θεωρητικά, από έναν άπειρο αριθμό αρμονικών, τα πλάτη των οποίων μειώνονται συνεχώς, μέχρι να μηδενιστούν. Αν επιχειρηθεί να παραχθεί το σήμα αυτό κρατώντας ορισμένες μόνο από τις αρμονικές του, τότε θα πάρουμε διαφορετικά, κάθε φορά, αποτελέσματα. Κρατώντας μόνο μία αρμονική (τη θεμελιώδη), που έχει και τη μεγαλύτερη ισχύ, παίρνουμε τη γραφική παράσταση του σχή-



Σχήμα 1.11 : Παράσταση ψηφιακού σήματος με διαδοχικές προσεγγίσεις αρμονικών

² Υπονοείται η κατά Fourier μαθηματική ανάλυση του σήματος.



Για να μπορέσουμε να προσεγγίσουμε ικανοποιητικά ένα ψηφιακό σήμα, απαιτούνται τουλάχιστον οκτώ αρμονικές.

ματος 1.11β, η οποία δεν έχει κανένα κοινό σημείο με τη γραφική παράσταση του αρχικού ψηφιακού σήματος. Κρατώντας δύο αρμονικές (τη θεμελιώδη και τη δεύτερη), παίρνουμε τη γραφική παράσταση του σχήματος 1.11γ, η οποία πάλι δεν έχει πολλά κοινά σημεία με τη γραφική παράσταση του αρχικού ψηφιακού σήματος. Κρατώντας τέσσερις αρμονικές, διαπιστώνουμε ότι η γραφική παράσταση του σχήματος 1.11δ αρχίζει να προσεγγίζει τη γραφική παράσταση του αρχικού ψηφιακού σήματος. Τέλος, όταν χρησιμοποιηθούν οκτώ αρμονικές, η γραφική παράσταση σχεδόν συμπίπτει με αυτήν του αρχικού ψηφιακού σήματος (σχήμα 1.11ε).

Το φαινόμενο αυτό, που (όπως θα δούμε και στο Μάθημα 1.4) λέγεται **παραμόρφωση** του σήματος, δείχνει ότι, για να δημιουργήσουμε ένα ψηφιακό σήμα που να πλησιάζει στο πραγματικό χρησιμοποιώντας ορισμένες μόνο από τις αρμονικές από τις οποίες αποτελείται, πρέπει να κρατηθούν τουλάχιστον οκτώ αρμονικές. Διαφορετικά, θα έχουμε φτωχά αποτελέσματα.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Ελαστικά σώματα, ελαστικές δυνάμεις, κύμα, ταλάντωση, περιοδική κίνηση, ηλεκτρομαγνητικά κύματα, διαμήκη κύματα, εγκάρσια κύματα, σήμα, χαρακτηριστικά σήματος, περίοδος σήματος, μήκος σήματος, συχνότητα σήματος, ταχύτητα διάδοσης σήματος, πλάτος σήματος, φάση σήματος, αναλογικά σήματα, ημιτονοειδής καμπύλη, αρμονικό αναλογικό σήμα, ψηφιακά σήματα, αρμονική ταλάντωση, παραμόρφωση.



Μάθημα 1.2: Χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης

1.2.1 Εισαγωγή

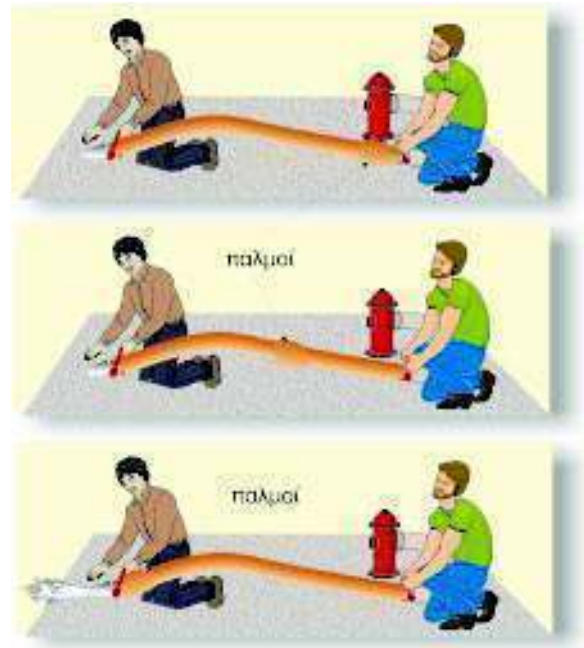
Κάθε πληροφορία, προκειμένου να μεταδοθεί από την πηγή στον προορισμό της, πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποιο ελαστικό μέσο, που λέγεται και **μέσο μετάδοσης**. Το μέσο μετάδοσης παρέχει ένα φυσικό δρόμο ή, αλλιώς, ένα κανάλι επικοινωνίας διαμέσου του οποίου θα σταλούν τα σήματα. Στο παράδειγμα που ακολουθεί δίνεται με έναν πιο κατανοητό τρόπο η έννοια του μέσου μετάδοσης χρησιμοποιώντας ένα φυσικό ανάλογο.

Παράδειγμα III

Το σχήμα 1.12 δείχνει ένα άτομο που στέλνει νερό σε κάποιο άλλο με τη βοήθεια ενός πυροσβεστικού σωλήνα, εκμεταλλευόμενο τα δύο έμβολα που έχει ο σωλήνας σε κάθε άκρο του. Το άτομο πιέζει και αφήνει διαδοχικά το πρώτο έμβολο που κρατάει στα χέρια του, παράγει δηλαδή παλμούς. Οι παλμοί αυτοί μεταδίδονται μέσω του σωλήνα και φτάνουν στο δεύτερο έμβολο του άλλου άκρου, δηλαδή στο άλλο άτομο. Αν ο σωλήνας ήταν τελείως άκαμπτος, το νερό τελείως ασυμπίεστο και η κίνησή του χωρίς τριβή, τότε η κίνηση του δεύτερου εμβόλου θα ακολουθούσε με ακρίβεια την κίνηση του πρώτου εμβόλου. Ωστόσο ο σωλήνας είναι ελαστικός, το νερό περιέχει φυσαλίδες, άρα είναι ως ένα βαθμό συμπίεστο, και η κίνηση του νερού προκαλεί τριβή, με αποτέλεσμα να μην μπορεί το έμβολο να μεταδίδει παλμούς με απεριόριστη ταχύτητα.

Για να επανέλθουμε στην περίπτωση μας ο πυροσβεστικός σωλήνας παριστάνει τη γραμμή επικοινωνίας (π.χ. καλώδιο) και το νερό τα σήματα. Οι γραμμές επικοινωνίας έχουν ιδιότητες (χαρακτηριστικά) που είναι ανάλογες με αυτές του σωλήνα.

Από το παραπάνω παράδειγμα προκύπτει ότι κάθε πηγή εκπέμπει σε ορισμένες συχνότητες, οι οποίες καθορίζουν τη **ζώνη εκπομπής** της. Οι συχνότητες αυτές ορίζονται από τη διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα που μπορεί η πηγή να εκπέμψει. Ως εκ τούτου κάθε μέσο μετάδοσης αναλογικών σημάτων είναι σχεδιασμένο για ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων το οποίο καθορίζει και το **εύρος ζώνης** (*bandwidth*) του. Συνεπώς το εύρος ζώνης εκφράζει πάντα τη διαφορά



Σχήμα 1.12: Μηχανικό ανάλογο του μέσου μετάδοσης



ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα που μπορεί να εξασφαλίσει το μέσο μετάδοσης. Δηλαδή, εάν μία γραμμή είναι σχεδιασμένη για συχνότητες μεταξύ των 80.300 και 83.400 Hz, αυτή θα έχει εύρος ζώνης 3.100 Hz.

Παράδειγμα IV

Τα τηλεφωνικά καλώδια έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να έχουν εύρος ζώνης περίπου 3.000 Hz, δηλαδή συχνότητα από 300 έως 3.400 Hz. Αυτό συμβαίνει, γιατί το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας της ανθρώπινης φωνής βρίσκεται συγκεντρωμένο μεταξύ αυτών των συχνοτήτων. Αυτό το εύρος ζώνης επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση, μέσω ενός φυσικού καναλιού, μεγάλου αριθμού συνδιαλέξεων, ενώ συγχρόνως εξασφαλίζει στον ομιλητή τη δυνατότητα να κατανοεί τα λεγόμενα και να αναγνωρίζει τη φωνή του συνομιλητή του. Όμως, στην πραγματικότητα, το εύρος ζώνης του τηλεφωνικού καναλιού είναι κάτι παραπάνω από 3 KHz.

Από το παραπάνω παράδειγμα προκύπτει ότι είναι αναγκαίο το εύρος ζώνης να επιμερίζεται σε ζώνες συχνοτήτων μικρότερου εύρους, που ονομάζονται **λογικά κανάλια**. Αυτά τα κανάλια υποδιαιρούνται σε κάποιες επιπλέον συχνότητες, ώστε να εξασφαλίζεται ένας ικανοποιητικός μεταξύ τους διαχωρισμός με την όσο το δυνατόν μικρότερη επικάλυψη.

Το εύρος ζώνης ενός αναλογικού μέσου μετάδοσης αναφέρεται στο εύρος συχνοτήτων στο οποίο αυτό μεταδίδει και δεν έχει καμιά σχέση με τις πραγματικές συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση. Για παράδειγμα, το ραδιόφωνο στα FM έχει δυνατότητα αναπαραγωγής ήχων που βρίσκονται μέσα στο εύρος των 30 έως 18.000 Hz περίπου. Στην πραγματικότητα όμως τα FM κύματα δε μεταδίδονται σ' αυτές τις συχνότητες αλλά στη συχνότητα της περιοχής των 100 MHz. Μια ανάλογη κατάσταση ισχύει και για τα μέσα υψηλών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση τηλεφωνικών σημάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτών των μέσων θα τα εξετάσουμε στα αμέσως επόμενα μαθήματα.

Όσo όσο οι περισσότερες από τις γραμμές που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση μηνυμάτων δεν είναι κατάλληλες για ψηφιακή μετάδοση. Το πιο διαδεδομένο κανάλι επικοινωνίας δεδομένων είναι το κοινό τηλεφωνικό κύκλωμα, το οποίο όμως έχει ως κύριο σκοπό τη μετάδοση της ανθρώπινης φωνής, που είναι αναλογικό σήμα, και όχι τα υπολογιστικά δεδομένα, που είναι ψηφιακό σήμα. Το φως, ο ήχος, τα ραδιοφωνικά κύματα και όλα τα αναλογικά σήματα που περνούν από τα καλωδιακά μέσα μετάδοσης περιγράφονται βάσει των συχνοτήτων. Σ' αυτά τα μέσα μετάδοσης το πλάτος του σήματος σε ένα συγκεκριμένο σημείο ταλαντώνεται γρήγορα.

Στην ψηφιακή μετάδοση η **χωρητικότητα** (*capacity*) ενός αναλογικού μέσου εκφράζει το μέγιστο ρυθμό με τον οποίο μπορούμε να στείλουμε ή να πάρουμε χωρίς **σφάλμα** κάποια πληροφορία από αυτό και έχει στενή σχέση με το εύρος ζώνης του. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης του μέσου μετάδοσης, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων. Στα συστήματα επικοινωνίας δεδομένων η χωρητικότητα μετριέται σε **δυναμικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο** (*bps: bits per seconds*) ή σε πολλαπλάσιά τους. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται

Αν το εύρος ζώνης ενός φυσικού καναλιού επιμεριστεί σε ζώνες συχνοτήτων μικρότερου εύρους, οι ζώνες αυτές ονομάζονται **λογικά κανάλια**.



Σφάλμα ονομάζεται οποιαδήποτε φυσική ή τεχνική αιτία που έχει ως αποτέλεσμα ο δέκτης να μην μπορεί να αναπαραγάγει την αρχική πληροφορία που στέλνει η πηγή.

σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- ✓ Μέσα μετάδοσης **στενής ζώνης** (*narrowband*), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 45 έως 600 bps. Τα μέσα αυτά δεν έχουν επαρκή χωρητικότητα, για να μεταδώσουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις. Τέτοιες γραμμές συναντώνται συνήθως σε τηλεγραφικά κυκλώματα.
- ✓ Μέσα μετάδοσης **βασικής ζώνης** (*baseband*), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 1.200 έως 33.600 bps. Τυπικά χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία για τη μετάδοση σημάτων φωνής.
- ✓ Μέσα μετάδοσης **ευρείας ζώνης** (*broadband*), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 48.000 bps έως 1,5 Mbps. Η χωρητικότητά τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί όλο το εύρος τους, μπορεί όμως και να υποδιαιρεθούν σε λογικά κανάλια μικρότερης χωρητικότητας, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε τηλεφωνικές συνδιαλέξεις ή στη μετάδοση σημάτων χαμηλότερων ρυθμών μετάδοσης.

Όπως είναι γνωστό, η επικοινωνία μπορεί να είναι ενσύρματη ή ασύρματη. Στην πρώτη μορφή το μέσο μετάδοσης είναι το καλώδιο, ενώ στη δεύτερη η γήινη ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια, λόγω της σπουδαιότητας των μέσων μετάδοσης στην επικοινωνία, θα μελετηθούν διεξοδικότερα και ανά κατηγορία τα μέσα μετάδοσης και θα καταδειχθεί η πρακτική τους αξία.

Στο χώρο των υπολογιστών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι πολλαπλασιαστικοί παράγοντες:

T	Tera	$2^{40} \approx 10^{12}$
G	Giga	$2^{30} \approx 10^9$
M	Mega	$2^{20} \approx 10^6$
K	Kilo	$2^{10} \approx 10^3$
m	milli	10^{-3}
μ	micro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	pico	10^{-12}

1 Kbps $\approx 10^3$ bps

1 Mbps $\approx 10^6$ bps

1 Gbps $\approx 10^9$ bps

1 Tera $\approx 10^{12}$ bps

1.2.2 Ενσύρματα μέσα μετάδοσης

Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης διακρίνονται στα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, στα ομοαξονικά καλώδια και στις οπτικές ίνες. Τα μέσα αυτά περιγράφονται στη συνέχεια.

1.2.2.1 Συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων

Το παλαιότερο και πιο συνηθισμένο μέσο μετάδοσης είναι το **συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων** (*TP: Twisted Pair*). Αποτελείται από σύρματα με πυρήνα χαλκού, πάχους ενός περίπου χιλιοστού, τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό. Αν δύο σύρματα συστραφούν το ένα γύρω από το άλλο, ώστε να πάρουν ελικοειδές σχήμα, δημιουργούν κύκλωμα το οποίο μπορεί να μεταφέρει δεδομένα. Ένα καλώδιο αποτελείται από ένα ή περισσότερα τέτοια ζεύγη, τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό, και υπάρχει σε δύο μορφές: το **αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους** (*UTP: Unshielded Twisted Pair*), συνηθισμένο στα τηλεφωνικά δίκτυα, και το **θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους** (*STP: Shielded Twisted Pair*), που παρέχει προστασία από θόρυβο ή παρεμβολές. Το *UTP* καθορίζεται από την τυποποίηση *EIA/TIA-568* (και τη νεότερη *568A*) και χωρίζεται σε κατηγορίες από 1 έως 5, ανάλογα με το πόσο σφιχτό είναι το πλέξιμο των καλωδίων (σχήμα 1.13). Το σφιχτό πλέξιμο επιτρέπει γρηγορότερους ρυθμούς μετάδοσης και μείωση των παρεμβολών και των ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε κοντινά όμοια ζεύγη.

Με τον όρο **τυποποίηση** εννοείται η διατύπωση κανόνων λειτουργίας και διασύνδεσης που είναι αποδεκτοί από όλους τους χρήστες και τους κατασκευαστές, με σκοπό την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων.

Δύο παράλληλα καλώδια συνθέτουν μια απλή κεραία. Όμως αυτό δε συμβαίνει σε ένα συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων.



Σε περιορισμένες αποστάσεις (λίγα χιλιόμετρα) η χωρητικότητα των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών μπορεί να φτάσει σε αρκετά υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (έως 100 Mbps). Η προσπάθεια υποστήριξης ρυθμών μετάδοσης που φτάνουν το 1 Gbps έχει οδηγήσει στην κατασκευή *UTP* καλωδίων κατηγορίας 6 και 7.



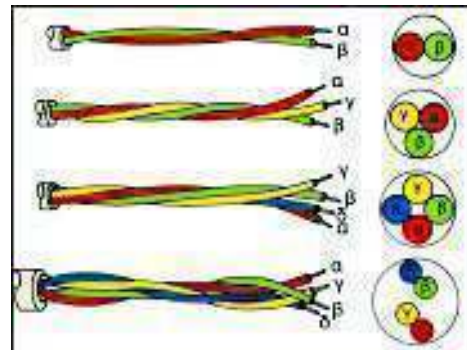
Ένα Ohm είναι η ηλεκτρική αντίσταση του αγωγού μεταξύ δύο σημείων στα οποία εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού 1 Volt και παράγει στον αγωγό ρεύμα ισχύος ενός Ampere.



Ένα χαρακτηριστικό του σήματος είναι η εξασθένηση που υφίσταται, όταν διανύει μεγάλες αποστάσεις. Γενικά, ένα σήμα μπορεί να ενισχυθεί με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων δικτυακού εξοπλισμού, τους ενισχυτές ή αναμεταδότες.

Οι κατηγορίες καλωδίων που ορίζει η τυποποίηση *EIA/TIA-568* και αφορούν τους υπολογιστές είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **Κατηγορία 1 (category 1).** Πρόκειται για το παραδοσιακό αθωράκιστο τηλεφωνικό καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους συρμάτων (*UTP*), που είναι κατάλληλο μόνο για φωνή αλλά όχι για δεδομένα.
- ✓ **Κατηγορία 2 (category 2).** Πρόκειται για καλώδιο *UTP* που έχει θεωρηθεί αξιόπιστο για μεταδόσεις έως 4 Mbps. Το καλώδιο αυτό έχει τέσσερα συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων και είναι αρκετά φθηνό.
- ✓ **Κατηγορία 3 (category 3).** Πρόκειται για καλώδιο *UTP* που υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 10 Mbps και χρησιμοποιείται κυρίως σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Το καλώδιο αυτό έχει τέσσερα ζεύγη συρμάτων και δέκα στροφές ανά μέτρο.
- ✓ **Κατηγορία 4 (category 4).** Πρόκειται για καλώδιο *UTP*, που είναι πιστοποιημένο για ρυθμούς μετάδοσης 16 Mbps και χρησιμοποιείται κυρίως σε ορισμένα τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Το καλώδιο αυτό έχει τέσσερα συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων.
- ✓ **Κατηγορία 5 (category 5).** Πρόκειται για καλώδιο *UTP*, που υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 100 Mbps. Αποτελείται από τέσσερα συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων, αντίστασης 100 Ohm. Υποστηρίζει τις νεότερες τεχνολογίες δικτύων υψηλών επιδόσεων και δικτύων ευρείας περιοχής. Το καλώδιο αυτό έχει υψηλή χωρητικότητα και παρουσιάζει χαμηλή επικάλυψη (όταν συμβεί το ένα σήμα να πέσει επάνω στο άλλο).



Σχήμα 1.13: Δείγματα καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών διαφορετικών πλέξεων

Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή του συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων είναι το τηλεφωνικό σύστημα. Σχεδόν όλα τα τηλέφωνα συνδέονται με τα τηλεφωνικά κέντρα διαμέσου καλωδίων *UTP*. Τα καλώδια αυτά μπορούν να υποστηρίξουν ρυθμούς μετάδοσης της τάξης αρκετών Mbps με σχετικά χαμηλό κόστος και να διατρέξουν αρκετά χιλιόμετρα, χωρίς να χρειαστεί να ενισχυθεί το σήμα που εξασθενεί.

Σήμερα αρκετά κτίρια κατασκευάζονται με καλωδίωση *UTP* κατηγορίας 5 που μπορεί να υποστηρίξει ρυθμούς μετάδοσης έως 100 Mbps. Λόγω της ικανοποιητικής απόδοσης και του χαμηλού κόστους τους τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων χρησιμοποιούνται ευρύτατα και πιθανόν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για πολλά χρόνια ακόμα.

1.2.2.2 Ομοαξονικό καλώδιο

Το ομοαξονικό καλώδιο έχει ρυθμούς μετάδοσης παρόμοιους με το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους το οποίο χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά ή στα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα. Ωστόσο το ομοαξονικό καλώδιο παρέχει καλύτερη θωράκιση από τα θωρακισμένα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (STP), με αποτέλεσμα να έχει δυνατότητα κάλυψης μεγαλύτερων αποστάσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι σήμερα οι νέες τυποποιήσεις συστημάτων δομημένης καλωδίωσης απαιτούν καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους ή οπτικής ίνας που προορίζεται για ψηφιακή μετάδοση, αφού τα μέσα αυτά μπορούν να μεταδίδουν σε ρυθμούς που κυμαίνονται από 100 Mbps έως 1 Gbps, δηλαδή 10 έως 100 φορές υψηλότερα από τους αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης του ομοαξονικού καλωδίου. Τα ομοαξονικά καλώδια κυκλοφορούν στο εμπόριο σε δύο μορφές, οι οποίες παρά τις κατασκευαστικές τους ομοιότητες έχουν διαφορετικές εφαρμογές. Οι μορφές αυτές είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Το **ομοαξονικό καλώδιο βασικής ζώνης (baseband coaxial cable)**, που αποτελείται από ένα δύσκαμπτο χάλκινο σύρμα, τον πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται από ένα μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό περιβάλλεται, με τη σειρά του, από έναν εξωτερικό αγωγό (μεταλλικό μανδύα), που έχει συνήθως τη μορφή πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός, τέλος, περιβάλλεται από ένα προστατευτικό πλαστικό κάλυμμα. Μια τομή ενός τέτοιου καλωδίου φαίνεται στο σχήμα 1.14. Είναι διαθέσιμο στο εμπόριο σε δύο διαφορετικές παραλλαγές: το καλώδιο 5 mm, αντίστασης 50 Ohm, που χρησιμοποιείται για ψηφιακή μετάδοση, και το καλώδιο 10 mm, αντίστασης 75 Ohm, που χρησιμοποιείται για αναλογική μετάδοση.



Σχήμα 1.14: Το ομοαξονικό καλώδιο

- ✓ Το **ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης (broadband coaxial cable)**, που είναι το τυποποιημένο ομοαξονικό καλώδιο αναλογικής μετάδοσης της καλωδιακής τηλεόρασης. Υποστηρίζει συχνότητες ευρείας ζώνης που φθάνουν μέχρι τα 450 MHz καλύπτοντας αποστάσεις έως 100 km.

Το ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης έχει τη δυνατότητα να χωριστεί σε πολλά κανάλια εύρους ζώνης 6 MHz συνήθως, από τα οποία άλλα χρησιμοποιούνται για τηλεοπτική μετάδοση, άλλα για μετάδοση δεδομένων και άλλα στην τηλεφωνία. Η ουσιαστική διαφορά τους από τα ομοαξονικά καλώδια βασικής ζώνης είναι ότι χρησιμοποιούνται για μεταδόσεις που καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις και επομένως

Για ομοαξονικά καλώδια του ενός χιλιομέτρου είναι εφικτός ένας ρυθμός μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 10 Mbps.

Η **δομημένη καλωδίωση** είναι το είδος της καλωδιακής εγκατάστασης που πρέπει να χρησιμοποιείται στις νέες οικοδομικές κατασκευές. Πρόκειται για εύκολα διαχειρίσιμη καλωδιακή εγκατάσταση, η οποία μπορεί να υποστηρίξει μελλοντική ανάπτυξη και επέκταση των δικτύων, ιδιαίτερα εντός των κτιριακών εγκαταστάσεων, παρέχοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για όλες τις καλωδιώσεις επικοινωνιών.

Ο όρος **ευρεία ζώνη** προέρχεται από το χώρο της τηλεφωνίας και αναφέρεται σε μέσο μετάδοσης ευρύτερο των 4 KHz. Αντίθετα, στο χώρο των δικτύων Η/Υ ο όρος αυτός αναφέρεται σε εκπομπή καλωδιακού μέσου αναλογικής μετάδοσης.



απαιτούν ισχυρούς ενισχυτές. Όμως οι αναλογικοί ενισχυτές μπορούν να μεταδώσουν προς μία μόνο κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να απαιτείται είτε διπλή καλωδίωση είτε χρησιμοποίηση δύο διαφορετικών συχνοτήτων ανά κατεύθυνση.

Τα ομοαξονικά καλώδια ευρείας ζώνης είναι, από τεχνική άποψη, κατώτερα των καλωδίων βασικής ζώνης, όμως είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους, ώστε οι εταιρείες καλωδιακής τηλεόρασης αναμένεται ότι πολύ σύντομα θα είναι σε θέση να τα χρησιμοποιούν για την παροχή υπηρεσιών τηλεφώνου και για τη μετάδοση δεδομένων.

1.2.2.3 Οπτικές ίνες



Οι οπτικο-ηλεκτρονικοί συζευκτές παίρνουν τα ηλεκτρικά σήματα που δημιουργούνται από τους υπολογιστές και τα χρησιμοποιούν άμεσα για τη δημιουργία παλμών φωτός, οι οποίοι αναπαριστούν την ίδια την πληροφορία.

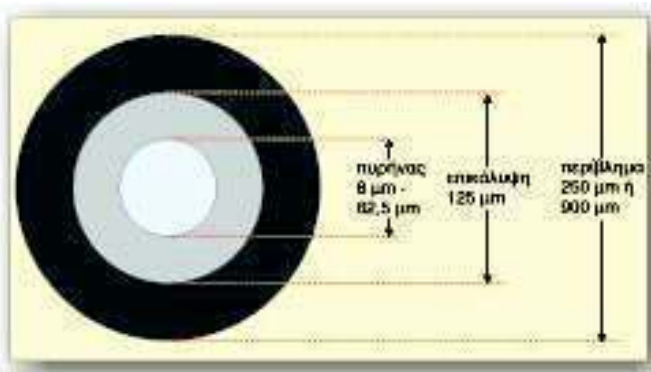
Με τις οπτικές ίνες η μεταφορά των πληροφοριών γίνεται με παλμούς φωτός και όχι με ηλεκτρικά σήματα (σχήμα 1.15). Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης συνίσταται από τρία στοιχεία, την πηγή, το μέσο μετάδοσης, που είναι η οπτική ίνα, και τους οπτικο-ηλεκτρονικούς συζευκτές. Στην απλούστερη των περιπτώσεων η πηγή προσαρμόζεται στο ένα άκρο της οπτικής ίνας και ο συζευκτής στο άλλο. Οι παλμοί του φωτός μεταδίδονται διαμέσου της οπτικής ίνας στο άλλο άκρο, όπου ο συζευκτής τους μετατρέπει σε ηλεκτρικά σήματα. Σημειώνουμε ότι κάθε παλμός φωτός αντιπροσωπεύει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ η απουσία παλμού το δυαδικό ψηφίο 0.

Στην περίπτωση μας όμως τα δεδομένα δημιουργούνται από υπολογιστές και επομένως τα ηλεκτρικά σήματα θα πρέπει να μετατραπούν σε παλμούς φωτός. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και πάλι από το συζευκτή, ο οποίος τώρα παίρνει τα ηλεκτρικά σήματα που δημιουργούνται από τον υπολογιστή και τα χρησιμοποιεί άμεσα για τη δημιουργία παλμών φωτός, οι οποίοι αναπαριστούν την ίδια την πληροφορία. Φυσικά η αντίστροφη διαδικασία εκτελείται από έναν άλλο συζευκτή, ο οποίος βρίσκεται στο άλλο άκρο της οπτικής ίνας και μετατρέπει τους παλμούς φωτός στα αρχικά ηλεκτρικά σήματα που στάλθηκαν.

Το φως μεταδίδεται προς μία πάντα κατεύθυνση μέσα από τον **πυρήνα** της οπτικής ίνας, ο οποίος είναι ένα κυλινδρικό συνεχόμενο νήμα γυαλιού ή πλαστικού. Ο πυρήνας περιβάλλεται από μια μονωτική **επικάλυψη** και αυτή με τη σειρά της από



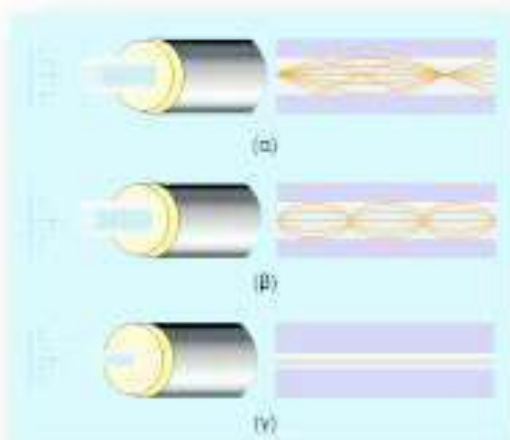
Σχήμα 1.15: Μετάδοση του φωτός μέσα σε μια οπτική ίνα



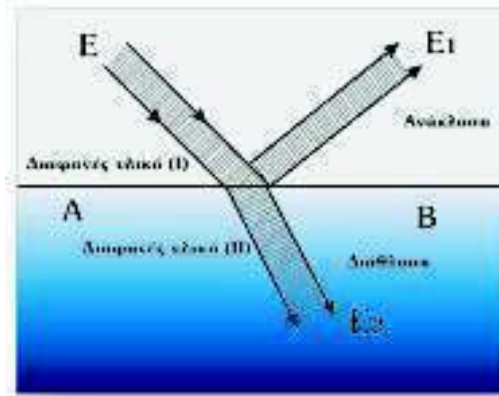
Σχήμα 1.16: Οπτική ίνα

ένα ειδικό προστατευτικό **περίβλημα** (σχήμα 1.16). Ο πυρήνας και η μονωτική επικάλυψη είναι φτιαγμένοι από υλικά με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, έτσι ώστε ο δείκτης ανάκλασης του φωτός στον πυρήνα να είναι λίγο μεγαλύτερος από αυτόν στην επικάλυψη. Αυτό προκαλεί τις συνεχόμενες ανακλάσεις του φωτός μέσα στον κυλινδρικό πυρήνα (σχήμα 1.17). Επειδή ο αγωγός από γυαλί είναι μονόπλευρης κατεύθυνσης και προκειμένου να εξασφαλιστεί η μετάδοση και από τα δύο άκρα, το οπτικό καλώδιο αποτελείται από περισσότερες από μία ανεξάρτητες οπτικές ίνες. Λόγω του ότι κάθε οπτική ίνα είναι πολύ λεπτή και ελαφριά, το οπτικό καλώδιο είναι πολύ λεπτότερο και ελαφρύτερο σε σχέση με τα καλώδια άλλων υλικών κατασκευής.

Οι τύποι καλωδίωσης της οπτικής ίνας ποικίλλουν ανάλογα με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και τη χωρητικότητα μετάδοσης. Όπως φαίνεται και στο σχήμα



Σχήμα 1.18: Τύποι οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση του φωτός: πολύτροπες (α, β), μονότροπες (γ).



Σχήμα 1.17: Φαινόμενο της διάθλασης - ανάκλασης του φωτός

1.18, ανάλογα με το δείκτη ανάκλασης και ορισμένα χαρακτηριστικά της οπτικής διάδοσης οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε **μονότροπες** (*single-mode*) και **πολύτροπες** (*multi-mode*).

Επειδή το σύστημα οπτικής μετάδοσης δεν παρουσιάζει παρεμβολές από ηλεκτρικά ρεύματα, η οπτική ίνα έχει δυνατότητα υψηλών ρυθμών μετάδοσης σε πολύ μακρινές αποστάσεις, οι οποίοι σήμερα φθάνουν τα 2 Gbps. Έτσι με τη χρήση των οπτικών ινών ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων εκατοπλασιάστηκε μέσα σε μια δεκαετία, ενώ η υπολογιστική ισχύς των υπολογιστών δεκαπλασιάστηκε στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Διάθλαση (σχήμα 1.17) λέγεται το φαινόμενο της αλλαγής της κατεύθυνσης (E) του φωτός, όταν αυτό προερχόμενο από το διαφανές υλικό (I) διαπερνά το διαφανές υλικό (II) στο οποίο προσπίπτει με κατεύθυνση (E₁). Ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού (II). Ειδικά στην περίπτωση της οπτικής ίνας το ποσοστό του φωτός που διαθλάται είναι μικρότερο του 10%.

Όταν το φως, διαπερνώντας το διαφανές υλικό (I) με κατεύθυνση (E), δεν μπορεί να διαπεράσει το διαφανές υλικό (II) στο οποίο προσπίπτει, επιστρέφει με διαφορετική κατεύθυνση (E₂) στο διαφανές υλικό (I). Το φαινόμενο αυτό λέγεται **ανάκλαση** (σχήμα 1.17). Ο δείκτης ανάκλασης εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού (I). Ειδικά στην περίπτωση της οπτικής ίνας το ποσοστό του φωτός που ανακλάται πλησιάζει το 100%.

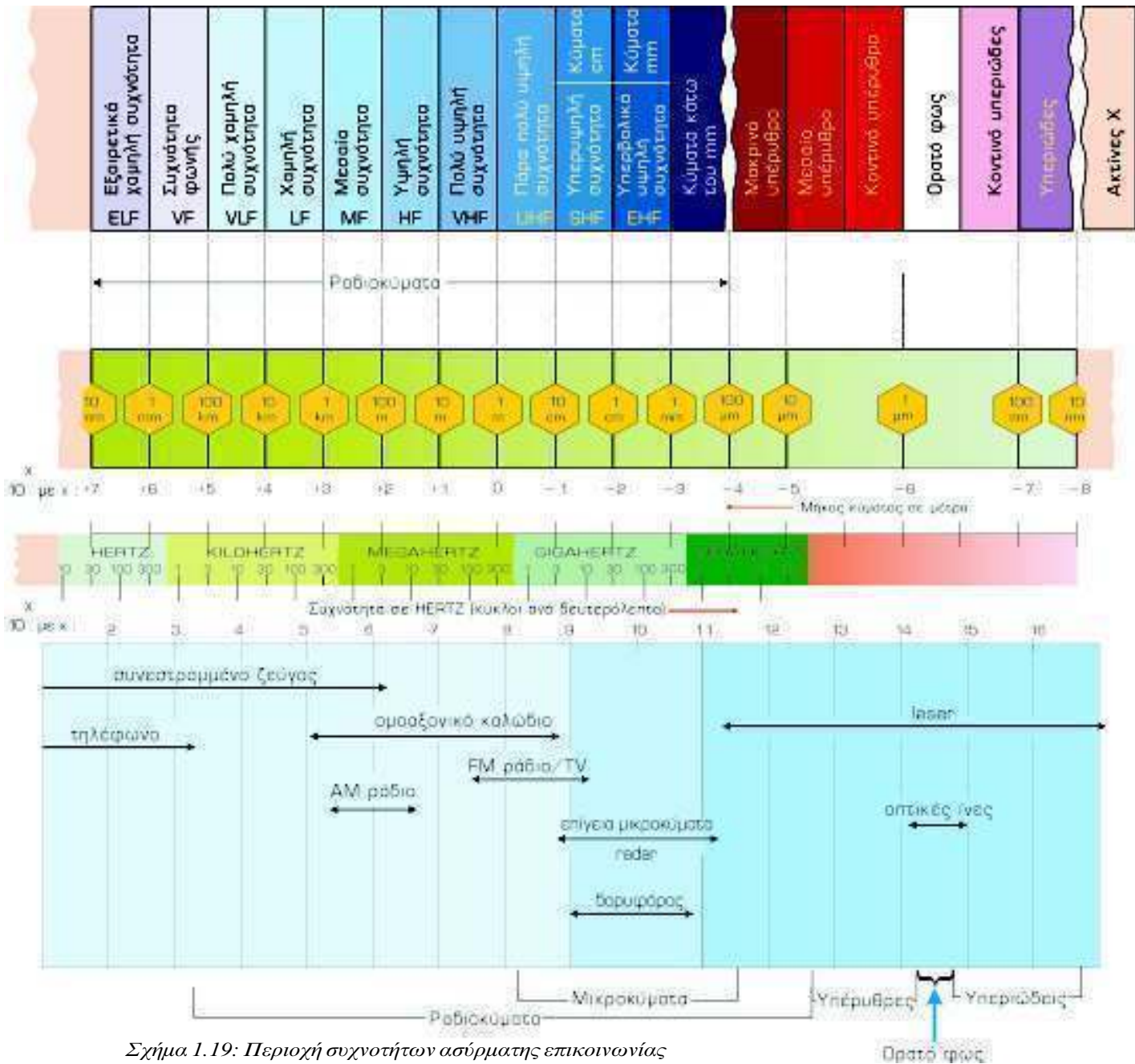
1.2.3 Ασύρματα μέσα μετάδοσης

Οι ασύρματες μεταδόσεις δεν απαιτούν καλωδιακό μέσο για την επικοινωνία. Το μέσο μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα. Η περιοχή των συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα κυμαίνεται



από 10 KHz έως 40 GHz περίπου και με την εισαγωγή των λέιζερ φθάνει ως την περιοχή των οπτικών κυμάτων. Οι συχνότητες αυτές κατανέμονται όπως δείχνει το σχήμα 1.19.

Η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων από τα οποία το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Οι ασύρ-



Σχήμα 1.19: Περιοχή συχνοτήτων ασύρματης επικοινωνίας

ματες μεταδόσεις με οπτική επαφή στηρίζονται στις υπέρυθρες ακτίνες, στην τεχνολογία των λέιζερ, στα μικροκύματα, καθώς και σε ορισμένες περιοχές του ραδιοφωνικού φάσματος. Σημειώνεται ότι η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ σταθερών σημείων, σε συνδυασμό με την ενσύρματη, καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της τηλεφωνικής κίνησης των υπεραστικών δικτύων. Ειδικότερα, η επικοινωνία αυτή πραγματοποιείται με τις μικροκυματικές ζεύξεις οπτικής επαφής, με τροποσφαιρικές ζεύξεις πέρα από τον ορίζοντα, καθώς και με ραδιοφωνικές ή δορυφορικές ζεύξεις.



Σχήμα 1.20: Μετάδοση επιφανειακών κυμάτων

Όπως είναι γνωστό, η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από κάποιον πομπό δεν είναι πάντα ευθύγραμμη. Τα κύματα που ακολουθούν την καμπυλότητα της Γης και επομένως μεταδίδονται στην επιφάνειά της λέγονται **επιφανειακά κύματα** και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στη ραδιοφωνία (σχήμα 1.20). Παράδειγμα επιφανειακών

κυμάτων αποτελούν τα μακρά και μεσαία ραδιοκύματα. Όμως όσο το κύμα απομακρύνεται από τον πομπό, τόσο ελαττώνεται η έντασή του, με αποτέλεσμα σε μεγάλες αποστάσεις να έχει εξασθενήσει, να έχει χάσει δηλαδή ένα μεγάλο μέρος της έντασής του.

Εκτός από τα επιφανειακά κύματα υπάρχουν και τα **κύματα χώρου**, τα οποία ανακλώνται στην ιονόσφαιρα, που είναι ένα αγωγίμο στρώμα της ατμόσφαιρας (σχήμα 1.21). Τα κύματα χώρου, αφού ανακλαστούν στην ιονόσφαιρα, επιστρέφουν στο έδαφος έχοντας διανύσει μεγάλες αποστάσεις χωρίς η έντασή τους να έχει ελαττωθεί τόσο όσο στην περίπτωση των επιφανειακών κυμάτων. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, στην κατηγορία των κυμάτων χώρου ανήκουν τα βραχέα κύματα της ραδιοφωνίας. Τα επιφανειακά κύματα των βραχέων κυμάτων απορροφώνται, ενώ τα κύματα χώρου υφίστανται διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα, χωρίς να εξέρχονται από την ατμόσφαιρα.



Σχήμα 1.21: Μετάδοση κυμάτων χώρου

Η γήινη ατμόσφαιρα περιλαμβάνει τρία κύρια στρώματα, την τροπόσφαιρα, με ύψος περίπου 15 km από την επιφάνεια της Γης, τη στρατόσφαιρα, με εύρος που κυμαίνεται από 15 έως 70 km περίπου, καθώς και την ιονόσφαιρα, με εύρος από 70 έως 700 km περίπου. Από τα τρία στρώματα η ιονόσφαιρα έχει τη μεγαλύτερη σημασία για την ηλεκτρομαγνητική μετάδοση, αφού στην περιοχή των 80 έως 300 km αυτού του στρώματος ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται ο κύριος όγκος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

1.2.3.1 Ραδιοκύματα

Τις πιο γνωστές περιπτώσεις ασύρματων μέσων μετάδοσης αποτελούν οι **ραδιοσυχνότητες** (RF: Radio-Frequencies), οι οποίες έχουν ευρύτατη εφαρμογή, όπως είναι για παράδειγμα είναι η ασύρματη σταθερή ή κινητή τηλεφωνία, η παράκτια επικοινωνία



Όταν σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα τα ηλεκτρόνια ρέουν και προς τις δύο κατευθύνσεις, το παραγόμενο ρεύμα λέγεται **εναλλασσόμενο**.



Η κίνηση ενός σύρματος στο πεδίο ενός μαγνήτη προκαλεί τη δημιουργία εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διαρρέει το σύρμα και λέγεται ρεύμα **εξ επαγωγής**.



Τα **μακρά** ραδιοφωνικά κύματα μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ τα **μεσαία** μεταδίδονται σε μικρότερες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη μετάδοση μικρής έως μεσαίας εμβέλειας ραδιοφωνικών προγραμμάτων.

Στα **βραχεία** κύματα η απορρόφηση των κυμάτων επιφάνειας είναι πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα αυτά να μεταδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη μετάδοση διηπειρωτικών ραδιοφωνικών προγραμμάτων.

νία, η ραδιοεπικοινωνία, η ραδιοφωνία, η ασύρματη τηλεοπτική μετάδοση κτλ. Για τη μετάδοση των σημάτων αυτών χρησιμοποιείται μια κεραία της οποίας το κύκλωμα διαρρέει εναλλασσόμενο ρεύμα, απελευθερώνοντας με αυτό τον τρόπο ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην ατμόσφαιρα. Στο άλλο άκρο ένα ασθενέστερο ηλεκτρικό ρεύμα, όπως αυτό που δημιουργήσε τα κύματα στον πομπό, παράγεται εξ επαγωγής στην κεραία λήψης, η οποία συλλέγει τα εκπεμπόμενα σήματα. Παρά το γεγονός ότι τα παραγόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χρησιμοποιούνται σε πολλά είδη εκπομπών, συνηθίζεται να ονομάζονται **ραδιοκύματα** (*radio waves*). Τα ραδιοκύματα έχουν χαμηλότερες συχνότητες από τα μικροκύματα, διανύουν εκατοντάδες χιλιόμετρα, αλλά είναι αρκετά ευαίσθητα στις παρεμβολές. Προσφέρουν υψηλό βαθμό ευελιξίας³, μέτριες ταχύτητες και συνδέσεις κυμαινόμενης ποιότητας.

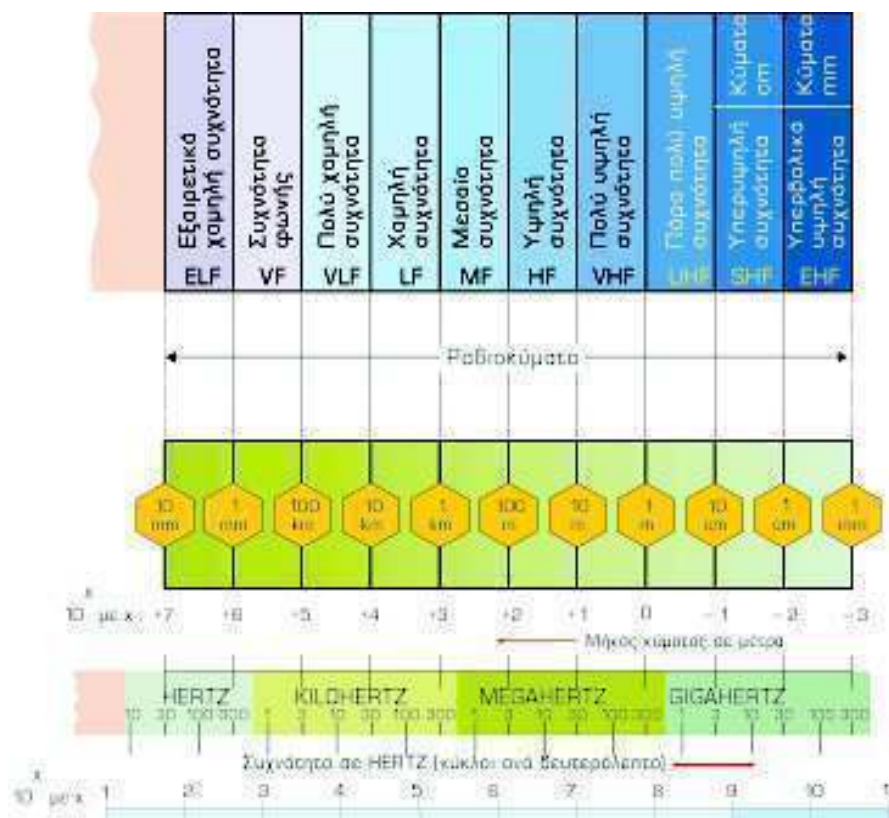
Ειδικότερα, τα ραδιοκύματα που χρησιμοποιούνται στην τηλεπικοινωνία εκπέμπονται από τις κεραίες (ηλεκτρικά δίπολα), όταν αυτές διεγείρονται κατάλληλα από τους πομπούς. Ανάλογα με το μήκος κύματός τους τα ραδιοκύματα υποδιαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες (ζώνες):

- ✓ **Υπερ-μακρά ή ζώνη πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF: Very Low Frequency):**
λ από 10 έως 100 km, συχνότητα από 3 έως 30 KHz.
- ✓ **Μακρά ή ζώνη χαμηλής συχνότητας (LF: Low Frequency):**
λ από 1 έως 10 km, συχνότητα από 30 έως 300 KHz.
- ✓ **Μεσαία ή ζώνη μεσαίας συχνότητας (MF: Medium Frequency):**
λ από 100 m έως 1 km, συχνότητα από 300 KHz έως 3 MHz.
- ✓ **Βραχεία ή ζώνη υψηλής συχνότητας (HF: High Frequency):**
λ από 10 έως 100 m, συχνότητα από 3 έως 30 MHz.
- ✓ **Υπερ-βραχεία ή ζώνη πολύ υψηλής συχνότητας (VHF: Very High Frequency):**
λ από 1 έως 10 m, συχνότητα από 30 έως 300 MHz.

Ο κύριος όγκος των ραδιοσυχνοτήτων κυμαίνεται από 30 KHz έως 300 MHz. Όλες αυτές οι συχνότητες μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες, ενώ, για να διευκολυνθεί η κατανομή της χρήσης και ο έλεγχός τους, υποδιαιρούνται σε δέκα ζώνες (λογικά κανάλια), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.22. Από τις συχνότητες αυτές η ζώνη των πολύ υψηλών συχνοτήτων (*VHF*) χρησιμοποιείται στην τηλεόραση.

Ορισμένες συχνότητες έχουν δεσμευτεί με κυβερνητικές αποφάσεις για συγκεκριμένες χρήσεις επικοινωνίας (ήχου, εικόνας κτλ.). Αυτό οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι κάποιες επηρεάζονται περισσότερο από παράγοντες όπως ο καιρός και οι αλλαγές στην ιονόσφαιρα όσο και στον απαιτούμενο έλεγχο των ραδιοτηλεοπτικών εκπομπών.

³ Η επικοινωνία δεν απαιτεί ο πομπός και ο δέκτης να έχουν μεταξύ τους οπτική επαφή.



Σχήμα 1.22: Ζώνες ραδιοσυχνότητας

Στην Ελλάδα οι ραδιοσταθμοί AM καθορίστηκε να εκπέμπουν από 530 έως 1.620 KHz, ενώ οι ραδιοσταθμοί FM από 87,5 έως 108 MHz. Ανάλογα, τα τηλεοπτικά κανάλια 5- 12 καθορίστηκε να εκπέμπουν από 174 έως 230 MHz, ενώ τα κανάλια 21-66 από 470 έως 838 MHz. Τέλος, η κινητή τηλεφωνία (Panafon, Teletet) καθορίστηκε να εκπέμπει από 890 έως 960 MHz, ενώ η Cosmote από 1.760 έως 1.880 MHz. Επομένως τόσο η τηλεοπτική μετάδοση όσο και η κινητή τηλεφωνία εκτείνονται στο φάσμα των μικροκυμάτων.

1.2.3.2 Μικροκύματα

Τα **μικροκύματα** είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος που κυμαίνεται από 1 έως 30 cm, δηλαδή μεγαλύτερο του ορατού φωτός και μικρότερο των ραδιοκυμάτων. Επομένως οι μικροκυματικές ζεύξεις καλύπτουν την περιοχή φάσματος από 300 MHz έως 30 GHz, όμως το κύριο πεδίο εφαρμογής τους βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 2 και 8 GHz. Επίσης χρησιμοποιούνται και σε ζεύξεις στενού φάσματος, καλύπτοντας περιοχές κάτω από 2 GHz, ενώ στις επικοινωνίες που καλύπτουν την περιοχή πάνω από 10 GHz, καθώς και σε περιπτώσεις κακών καιρικών συνθηκών, όπως ισχυρή βροχή, ομίχλη, καπνός κτλ., η μετάδοσή τους καθίσταται προβληματική. Οι κύριες κατηγορίες (ζώνες) των μικροκυμάτων⁴ είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **Δεκατομετρικά (UHF: Ultra High Frequency):**
λ από 1 dm έως 1 m, συχνότητα από 300 MHz έως 3 GHz.
- ✓ **Εκατοστομετρικά (SHF: Super High Frequency):**
λ από 1 cm έως 1 dm, συχνότητα από 3 έως 30 GHz.

⁴ Χρησιμοποιούνται και οι όροι: ζώνη πάρα πολύ υψηλής συχνότητας (UHF), ζώνη υπερ-υψηλής συχνότητας (SHF) και ζώνη υπερβολικά υψηλής συχνότητας (EHF).



Σχήμα 1.23: Μικροκυματική ζεύξη

✓ **Χιλιοστομετρικά (EHF: Extremely High Frequency):**

λ από 1 mm έως 1 cm, συχνότητα από 30 έως 300 GHz.

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα μικρότερου μήκους των ραδιοκυμάτων, όπως τα υπερ-βραχέα και τα μικροκύματα, δεν ανακλώνται στην ιονόσφαιρα και επομένως μεταδίδονται αποκλειστικά σαν επιφανειακά κύματα. Επιπλέον μεταδίδονται ευθύγραμμα από το σταθμό εκπομπής προς το σταθμό λήψης (σχήμα 1.23), με αποτέλεσμα η μετάδοσή τους να έχει τα χαρακτηριστικά των κυμάτων φωτός παρά των ραδιοκυμάτων. Επομένως για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων απαιτούνται στις περισσότερες περιπτώσεις αναμεταδότες, ώστε να ενισχυθεί και να αναμεταδοθεί το σήμα. Προκειμένου να αποφευχθούν παρεμβολές, όπως είναι για παράδειγμα η καμπυλότητα της Γης, τα βουνά, τα ψηλά κτίρια κτλ., οι οποίες ενδεχομένως να παρεμποδίζουν την οπτική επαφή μεταξύ των κεραιών των δύο σταθμών, οι κεραιές τοποθετούνται σε ειδικούς πύργους που βρίσκονται σε ψηλά σημεία και σε απόσταση, ο ένας πύργος από τον άλλο, δεκάδες χιλιόμετρα μακριά (σχήμα 1.23). Όσο ψηλότερος είναι ο πύργος τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων. Για παράδειγμα, με πύργους ύψους 100 m η απόσταση μεταξύ των πύργων μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 100 km.

Τα συστήματα των υπερ-βραχέων και των μικροκυματικών ζεύξεων χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνική, στη ραδιοφωνική και στην τηλεοπτική επικοινωνία. Ανάλογα με τις διαβιβαστικές ικανότητές τους τα συστήματα μικροκυματικών ζεύξεων διακρίνονται σε συστήματα **στενής ζώνης** συχνοτήτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στη ραδιοεπικοινωνία, και σε συστήματα **ευρείας ζώνης** συχνοτήτων, τα οποία χρησιμοποιούνται επιπλέον και στη μεταβίβαση τηλεοπτικών προγραμμάτων.

Οι μικροκυματικές ζεύξεις απαιτούν λιγότερο χρόνο εγκατάστασης, ενώ υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του αρχικού σχεδιασμού, ανάλογα με τις ανάγκες. Λόγω των πλεονεκτημάτων τους οι ζεύξεις αυτές χρησιμοποιούνται μαζί με τις καλωδιακές –και ειδικότερα τις ομοαξονικές– στο υπεραστικό δίκτυο. Επίσης, πολλές φορές, οι μικρο-



Αναμεταδότες ονομάζουμε τις διατάξεις που δέχονται το εξασθενημένο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το ενισχύουν και το αναμεταδίδουν. Κάθε αναμεταδότης αποτελείται από ένα δέκτη, που δέχεται τα σήματα, έναν ενισχυτή και έναν πομπό, που επανεκπέμπει τα ενισχυμένα σήματα.

κυματικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται, για λόγους ασφάλειας του δικτύου, παράλληλα με καλωδιακές ζεύξεις, ώστε σε περίπτωση βλάβης της μιας ζεύξης να εξασφαλίζεται η επικοινωνία με την άλλη.

1.2.3.3 Δορυφορική επικοινωνία

Με τη δορυφορική επικοινωνία δημιουργήθηκε ένας δίαυλος πολύ υψηλής χωρητικότητας στο διάστημα. Τα δορυφορικά συστήματα αποτελούνται από τους επικοινωνιακούς δορυφόρους και τους αντίστοιχους σταθμούς εδάφους. Ο επικοινωνιακός δορυφόρος πρέπει να βρίσκεται πάντοτε σε οπτική επαφή με το σταθμό εδάφους με τον οποίο επικοινωνεί. Για το λόγο αυτό ο δορυφόρος τοποθετείται σε **γεωστατική τροχιά**, δηλαδή στην τροχιά του Ισημερινού και σε απόσταση περίπου 36.000 km πάνω από τη Γη. Στην απόσταση αυτή η γωνιακή ταχύτητα του δορυφόρου συμπίπτει με τη γωνιακή ταχύτητα⁵ περιστροφής της Γης, με αποτέλεσμα ο δορυφόρος να φαίνεται από το σταθμό εδάφους ακίνητος, στην ίδια πάντα θέση του διαστήματος.

Ένας δορυφόρος επικοινωνιών (σχήμα 1.24) μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένας μικροκυματικός μεταλλάκτης και συγχρόνως ένας μεγάλος επαναλήπτης μικροκυμάτων που βρίσκεται στο διάστημα. Λαμβάνει με τις κεραίες του σήματα μικροκυμάτων, σε μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων, από τους σταθμούς εκπομπής που βρίσκονται στη Γη, τα ενισχύει και τα αναμεταδίδει σε διαφορετική συχνότητα μέσω των αναμεταδοτών του στους αντίστοιχους σταθμούς λήψης. Κάθε αναμεταδότης χρησιμοποιεί διαφορετική συχνότητα για την αναμετάδοση, γιατί διαφορετικά το ισχυρό σήμα που αναμεταδίδει θα παρεμβαλλόταν στο αδύνατο σήμα που φτάνει στο δορυφόρο. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται στο έδαφος και αποτελείται από ένα δέκτη, έναν πομπό και μία κεραία ονομάζεται **επίγειος σταθμός**.

Στη δορυφορική επικοινωνία η συσκευή η οποία λαμβάνει ένα σήμα, το ενισχύει, αλλάζει τη συχνότητά του και το αναμεταδίδει ονομάζεται **δορυφορικός αναμεταδότης** (*transponder*). Οι περισσότεροι δορυφόροι έχουν 12 - 20 αναμεταδότες. Το εύρος ζώνης που διαχειρίζεται κάθε αναμεταδότης διαφέρει από τον ένα δορυφόρο στον άλλο. Οι σύγχρονοι δορυφόροι έχουν αναμεταδότες εύρους ζώνης 36 - 50 MHz. Ο τρόπος χρησιμοποίησης αυτού του εύρους ζώνης εξαρτάται από το είδος του εξο-



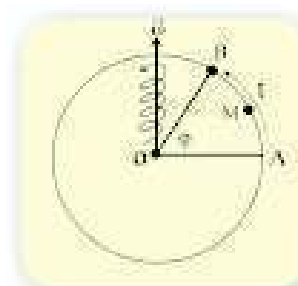
Σχήμα 1.24: Δορυφορική ζεύξη



Οι δίαυλοι T 1 είναι αμερικάνικης προτυποποίησης οι οποίοι χρησιμοποιούν ζεύγη συρμάτων με ψηφιακούς αναμεταδότες, που βρίσκονται σε απόσταση 1.850 m ο ένας από τον άλλο, και μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα έως 1.544 Kbps. Μπορούν να διαχειριστούν ταυτόχρονα 24 κανάλια φωνής και γενικά να πετύχουν πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Λόγω των δυνατοτήτων τους χρησιμοποιήθηκαν στα δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα, ενώ τώρα διατίθενται και σε μεμονωμένους συνδρομητές.

⁵ Ως γωνιακή ταχύτητα ($\vec{\omega}$) του σημείου Μ που κινείται με ομαλή κυκλική κίνηση και διαγράφει σε χρόνο t το τόξο \vec{AB} ορίζεται το διανυσματικό μέγεθος που έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- i) σημείο εφαρμογής το κέντρο O της περιφέρειας που διαγράφει το κινητό Μ,
- ii) διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της περιφέρειας που διαγράφει το κινητό Μ,
- iii) φορά εκείνη της δεξιόστροφης βίδας, όταν περιστρέφεται με τη φορά του κινητού Μ,
- iv) μέτρο $|\vec{\omega}| = \frac{\phi}{t}$, όπου ϕ η γωνία που διαγράφει το κινητό Μ στο χρόνο t .





πλισμού που φέρει ο επίγειος σταθμός. Για παράδειγμα, στην ψηφιακή μετάδοση ένας τυπικός δορυφορικός αναμεταδότης εύρους ζώνης 50 MHz μπορεί να περιλαμβάνει:

- ✓ ένα δίαυλο έγχρωμης τηλεόρασης ή
- ✓ 1.200 διαύλους φωνής ή
- ✓ ένα δίαυλο των 50 Mbps ή
- ✓ 32 T1 διαύλους των 1.554 Kbps ή
- ✓ 800 διαύλους των 64 Kbps ή
- ✓ 1.200 διαύλους των 40 Kbps.



Το στοιχείο που δίνει ένα μεγάλο πλεονέκτημα στη χρήση της δορυφορικής επικοινωνίας είναι ότι το κόστος δέσμευσης ενός καναλιού είναι ανεξάρτητο από την απόσταση που διανύουν τα σήματα.

Λόγω της μεγάλης απόστασης που διανύουν τα σήματα (επίγειος σταθμός - δορυφόρος - επίγειος σταθμός) παρατηρείται μια καθυστέρηση στη μετάδοση των σημάτων (της τάξης των 500 msec) και προς τις δύο κατευθύνσεις, που επιδρά ενοχλητικά, ιδιαίτερα στην τηλεφωνική επικοινωνία. Το μειονέκτημα αυτό, που με την εξέλιξη της τεχνολογίας συνεχώς αμβλύνεται, εξισορροπείται με το μεγάλο πλεονέκτημα του κόστους δέσμευσης ενός καναλιού ανεξάρτητα από την απόσταση που διανύουν τα σήματα. Η σύνδεση μεταξύ συνδρομητών από διαφορετικές χώρες γίνεται μέσω των σταθμών εδάφους του διεθνούς υπεραστικού δικτύου κάθε χώρας, οι οποίοι με τη σειρά τους συνδέονται με το δορυφόρο. Οι δορυφόροι που λειτουργούν με βάση την παραπάνω πορεία σύνδεσης ονομάζονται **δορυφόροι έμμεσης εκπομπής**.

Οι δορυφορικές ζεύξεις εκτείνονται στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μεταξύ 3 και 30 GHz, δηλαδή καταλαμβάνουν την περιοχή από το τέλος των δεκατομετρικών (*UHF*) έως την αρχή των εκατοστομετρικών (*SHF*) μικροκυμάτων. Όμως οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες δορυφορικές συχνότητες βρίσκονται στη ζώνη των 4 - 6 GHz, δηλαδή εντός της περιοχής των εκατοστομετρικών (*SHF*) μικροκυμάτων. Συγκεκριμένα, για την **κατερχόμενη επικοινωνία**, δηλαδή από το δορυφόρο προς το σταθμό, χρησιμοποιούνται οι συχνότητες 3,7 - 4,2 GHz, ενώ για την **ανερχόμενη επικοινωνία**, δηλαδή από το σταθμό προς το δορυφόρο, χρησιμοποιούνται οι συχνότητες 5,925 - 6,425 GHz.

1.2.3.4 Υπέρυθρα - Λείζερ

Στη συνέχεια των μικροκυμάτων βρίσκονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγονται από άτομα και πυρήνες. Πρόκειται για τις **υπέρυθρες ακτίνες** (*infrared*), το **ορατό φως** (*visible light*) και τις **υπεριώδεις ακτίνες** (*ultraviolet*). Τόσο οι υπέρυθρες ακτίνες όσο και οι ακτίνες λέιζερ έχουν ευρύτατη εφαρμογή στις περιπτώσεις που τα ενσύρματα μέσα — λόγω υψηλού κόστους ή αδυναμίας εγκατάστασης — είναι ανεπιθύμητα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι, για παράδειγμα, τα δίκτυα περιορισμένης γεωγραφικής εμβέλειας, τα οποία περιλαμβάνουν τις σημείου προς σημείο συνδέσεις των κτιρίων ενός βιομηχανικού, εμπορικού ή εκπαιδευτικού συμπλέγματος κάποιας περιοχής ή ενός οικοδομικού τετραγώνου. Η ασύρματη επικοινωνία της τεχνολογίας αυτής είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση που η σύνδεση των

κτιρίων απαιτεί το σκάψιμο οδικών αρτηριών για την τοποθέτηση των καλωδίων. Η τοποθέτηση λέιζερ ή ενός πομπού και ενός δέκτη υπέρυθρων στη στέγη κάθε κτιρίου είναι σαφώς οικονομικότερη επιλογή, χωρίς δυσκολίες στην εγκατάσταση ή ιδιαίτερες νομικές διατυπώσεις.

Η επικοινωνία με λέιζερ ή υπέρυθρες ακτίνες είναι ψηφιακή και κατευθυνόμενη, με αποτέλεσμα τη σχεδόν ασφαλή και χωρίς παρεμβολές επικοινωνία της δέσμης. Το σύστημα προσφέρει υψηλή χωρητικότητα σε πολύ χαμηλό κόστος και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν ο καιρός είναι καλός. Απαιτείται όμως ιδιαίτερη προσοχή, αφού καιρικοί παράγοντες όπως η βροχή, η ομίχλη, το χιόνι ή η υψηλή θερμοκρασία είναι σε θέση να παρεμβληθούν προκαλώντας αλλαγή στην κατεύθυνση της δέσμης.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μέσο μετάδοσης, ζώνη εκπομπής, εύρος ζώνης, χωρητικότητα, ενσύρματα μέσα μετάδοσης, μέσα μετάδοσης βασικής ζώνης, μέσα μετάδοσης ευρείας ζώνης, συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, ομοαξονικό καλώδιο βασικής ζώνης, ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης, οπτική ίνα, πυρήνας οπτικής ίνας, περίβλημα οπτικής ίνας, μονότροπες οπτικές ίνες, πολύτροπες οπτικές ίνες, ασύρματα μέσα μετάδοσης, επιφανειακά κύματα, κύματα χώρου, ραδιοκύματα, ραδιοσυχνότητες, μικροκύματα, συστήματα στενής ζώνης συχνοτήτων, συστήματα ευρείας ζώνης συχνοτήτων, δορυφορική επικοινωνία, γεωστατική τροχιά, επίγειος σταθμός, αναμεταδότης, δορυφόροι έμμεσης εκπομπής, κατερχόμενη - ανερχόμενη επικοινωνία, υπέρυθρες ακτίνες, ορατό φως, υπεριώδεις ακτίνες.





Μάθημα 1.3: Σύγκριση των μέσων μετάδοσης

1.3.1 Σύγκριση των καλωδιακών μέσων

Αν και το ανώτερο καλωδιακό μέσο θεωρείται ότι είναι η οπτική ίνα, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν, ώστε να μπορεί κάποιος με βεβαιότητα να αποφασίσει για το καλωδιακό μέσο που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει σε μια σύνδεση. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται με την καταλληλότητα του καλωδιακού μέσου για το συγκεκριμένο περιβάλλον εγκατάστασης, με την τεχνολογία που εφαρμόζεται, με το κόστος του μέσου και των παρελκομένων, με το κόστος εγκατάστασης κτλ. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου απαιτούν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης. Επομένως κάθε οργανισμός, προκειμένου να λειτουργήσει ωφέλιμα και παραγωγικά, θα πρέπει να εκτιμήσει προσεκτικά τις άμεσες και τις μελλοντικές ανάγκες του και σε συνάρτηση με το επιτρεπόμενο κόστος σε πάγιες επενδύσεις να προχωρήσει σε επενδύσεις υποδομής, βελτιώνοντας τις δικτυακές υπηρεσίες του.

1.3.1.1 Σύγκριση ομοαξονικού καλωδίου και καλωδίου *UTP* ή *STP*



Το μεγάλο πλεονέκτημα των καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους συνίσταται στο γεγονός ότι αυτά μπορούν να μεταδώσουν με ρυθμούς 10 ή και 100 φορές μεγαλύτερους από τους ρυθμούς των ομοαξονικών καλωδίων. Πέρα από αυτό, η συντήρηση και η επισκευή τους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα, όπως η περίπτωση των ομοαξονικών καλωδίων. Όμως ενώ η εγκατάσταση του ομοαξονικού καλωδίου είναι συνήθως εύκολη και περισσότερο οικονομική, όλες οι τηλεφωνικές εταιρείες αντικαθιστούν σταδιακά τις συνδέσεις ομοαξονικού καλωδίου μεγάλων αποστάσεων με καλώδιο *UTP* ή με οπτική ίνα.

Το κύριο πλεονέκτημα του ομοαξονικού καλωδίου έναντι του καλωδίου συνεστραμμένου ζεύγους (*UTP*, *STP*) είναι ότι αποτελεί έναν καλό συνδυασμό υψηλού εύρους ζώνης και εξαιρετικής ανοχής στο θόρυβο. Επειδή το ομοαξονικό καλώδιο διαθέτει καλή θωράκιση στο θόρυβο, η οποία είναι ανάλογη με αυτήν του *STP*, είναι κατάλληλο και για μεταδόσεις σε μεγάλες αποστάσεις. Όμως το πόσο μεγάλο θα είναι το εύρος ζώνης του εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου. Για παράδειγμα, καλώδια του 1 km μπορούν να δώσουν ρυθμούς μετάδοσης 10 Mbps.

1.3.1.2 Σύγκριση οπτικής ίνας και καλωδίου *UTP* ή *STP*

Οι οπτικές ίνες παρέχουν υπερβολικά μεγάλο εύρος ζώνης με μικρή απώλεια ισχύος, με αποτέλεσμα να μπορούν να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στους επαναλήπτες. Επίσης δεν επηρεάζονται από απότομες μεταβολές στην τάση του δικτύου, από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, από οξειδωτικές χημικές ουσίες, καθώς και από άλλα ατμοσφαιρικά ή βιομηχανικά παράσιτα, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επιβαρημένο βιομηχανικό περιβάλλον, που θεωρείται ακατάλληλο για *UTP* ή ακόμη και για *STP* καλώδια. Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές και ελαφριές, στοιχεία που προσδίδουν ένα μεγάλο συγκριτικό πλεονέκτημα ως προς την ευελιξία προσαρμογής τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα εγκατάστασης, ως προς την εξοικονόμηση χώρου και κόστους κτλ. Τέλος, δύσκολα γίνεται υποκλοπή, αφού, όπως θα εξηγηθεί στη συνέχεια, η διακλάδωσή τους είναι αρκετά δύσκολη εργασία και απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και προσωπικό.

Η τεχνολογία των οπτικών ινών είναι περισσότερο πολύπλοκη από αυτήν των καλωδίων *UTP*, με αποτέλεσμα και η εγκατάστασή τους να είναι πιο απαιτητική. Ειδικότερα, η διασύνδεση (συγκόλληση) και διακλάδωση των οπτικών ινών είναι τεχνικά δύσκολη εργασία, ενώ ο εξοπλισμός διασύνδεσης που απαιτείται είναι ευπαθής και ακριβός. Το κόστος αυτό αυξάνεται ακόμη περισσότερο, αν ληφθεί υπόψη ότι η μετάδοση είναι πάντοτε προς μία μόνο κατεύθυνση. Σε πολλές περιπτώσεις έχει υπολογιστεί ότι είναι προτιμότερη η προμήθεια και εγκατάσταση ενός καλωδίου *UTP* κατηγορίας 5, του οποίου το κόστος είναι πολύ μικρό, από την καλωδίωση οπτικής ίνας, αρκεί να ικανοποιούνται οι απαιτούμενοι ρυθμοί μετάδοσης των εκάστοτε δικτυακών εφαρμογών.

Ο πίνακας 1.1 παρέχει, σε συνοπτική μορφή, μια συγκριτική αξιολόγηση των ενσύρματων μέσων μετάδοσης.

	Συγκεντρωμένο ζευγός		Ομοαξονικά καλώδια		Οπτική ίνα
Ρυθμός μετάδοσης	Ανάλογα με την κατηγορία έως 100 Mbps		Ψηφ ή υψηλότερος από τα καλώδια συγκεντρωμένων ζευγών		Από 100 Mbps έως μερικά Gbps
Απόσταση	Δεκάδες μέτρα		Εκατοντάδες μέτρα		Πολλά χιλιόμετρα
Ευαισθησία σε παρεμβολές	Μέτρια		Μέτρια		Χαμηλή
Τεχνολογική κατάσταση	Ωριμή		Ωριμή		Αναπτυσσόμενη
Ευκολία εγκατάστασης	Υψηλή		Μέτρια		Χαμηλή
Ανάγκη αναμεταδότων	Κάθε 3 - 4 km		Κάθε 3 - 4 km		Κάθε 40 - 60 km
Επιλογή	Αθιμωμένο: λιγότερο αέριο σε μεγάλες ρυθμούς μετάδοσης	Θιμωμένο: ευαίσθητο σε παρεμβολές	50 Ohm, 5 mm: περισσότερο ρεζιλικό (βασική ζώνη)	75 Ohm, 10 mm: μεγαλύτερο εύρος (κυρία ζώνη)	Μονότροπη: υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης Πολύτροπη: φθηνότερη και πιο εύλικτη

Πίνακας 1.1: Σύγκριση καλωδιακών μέσων μετάδοσης



Το κόστος κατασκευής δύο πύργων, απαραίτητων για την υλοποίηση κάποιας ασύρματης σύνδεσης, είναι συχνά πολύ φθηνότερο από τη διάνοιξη ενός υπόγειου αγωγού μήκους 100 km, την τοποθέτηση των καλωδίων και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος χώρου. Επίσης οι τεχνικές δυσκολίες που συναντώνται στη διάνοιξη αγωγών μεγάλου μήκους και στην αποκατάσταση του περιβάλλοντος χώρου δεν πρέπει να υποτιμώνται, ιδιαίτερα αν οι αγωγοί πρέπει να περάσουν μέσα από κατοικημένες περιοχές.



1.3.2 Σύγκριση ενσύρματων και ασύρματων μέσων μετάδοσης

Οι διαφορές μεταξύ των ενσύρματων και των ασύρματων μέσων μετάδοσης είναι αρκετές. Η καταλληλότητα κάποιου μέσου εξαρτάται κυρίως από τη φυσική θέση της σύνδεσης, τους επιζητούμενους ρυθμούς μετάδοσης, την ποιότητα της σύνδεσης, το αναμενόμενο κόστος κτλ. Επομένως η επιλογή του καταλληλότερου μέσου δεν είναι πάντα απλή, αλλά αποτελεί συνδυασμό πολλών παραγόντων. Οι κυριότερες διαφορές μπορούν να καταγραφούν ως ακολούθως:

- ✓ Μία από τις βασικές διαφορές των ενσύρματων από τις ασύρματες συνδέσεις συνίσταται στο υψηλότερο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του ενσύρματου μέσου. Είναι ενδιαφέρον να τονιστεί ότι η διαφορά του κόστους αυτού φαίνεται να αυξάνεται, όσο μεγαλώνει η απόσταση που συνδέει τους σταθμούς επικοινωνίας.
- ✓ Στις ενσύρματες συνδέσεις η χρήση των αναμεταδοτών κατά μήκος όλης της διαδρομής είναι, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αναπόφευκτη. Οι αναμεταδότες αυτοί πρέπει περιοδικά να συντηρούνται, γιατί τα καλωδιακά μέσα είναι ευαίσθητα σε φυσικές φθορές ή άλλης αιτιολογίας καταστροφές, όπως είναι για παράδειγμα το κόψιμο του καλωδίου από τρωκτικά, από γεωργικά ή κηπευτικά μηχανήματα κτλ. Αντίθετα, κανένα από αυτά τα προβλήματα δεν παρουσιάζεται στην περίπτωση των περισσότερων ασύρματων συνδέσεων.
- ✓ Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα μεταδίδονται με χαμηλότερους ρυθμούς στα χάλκινα καλώδια από ό,τι στον αέρα. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο και με τις οπτικές ίνες, οι οποίες μεταδίδουν αυτά τα σήματα με υψηλότερους ρυθμούς.
- ✓ Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ασύρματων συνδέσεων έχουν σχέση με τις γενικότερες αδυναμίες μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, όταν αυτά μεταδίδονται στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, τα σήματα από μια απλή κεραία είναι δυνατόν να διαχωριστούν και να μεταδοθούν ακολουθώντας ελαφρώς διαφορετικά μονοπάτια σε σχέση με την κεραία λήψης. Όταν αυτά τα εκτός φάσης σήματα επανασυνδεθούν, μπορεί να παρεμβληθούν το ένα στο άλλο, μειώνοντας έτσι την ισχύ του σήματος.
- ✓ Συνήθως η ασύρματη μετάδοση επηρεάζεται από ατμοσφαιρικά φαινόμενα, όπως είναι οι καταιγίδες, η βροχή, τα σύννεφα, το χιόνι, η θερμοκρασία κτλ., φαινόμενα που σπάνια επηρεάζουν τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης, είτε αυτά είναι οπτικές ίνες είτε απλώς θωρακισμένα χάλκινα καλώδια.
- ✓ Τα ασύρματα μέσα μετάδοσης επηρεάζονται από βιομηχανικούς θορύβους πολύ περισσότερο από τα ενσύρματα μέσα, ιδιαίτερα αν τα δεύτερα είναι οπτικές ίνες ή θωρακισμένα χάλκινα καλώδια.



Οι ενσύρματες συνδέσεις απαιτούν αναμεταδότες και έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης. Αντίθετα, οι ασύρματες συνδέσεις δεν απαιτούν αναμεταδότες και έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης.



Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα μεταδίδονται με χαμηλότερους ρυθμούς στα χάλκινα καλώδια από ό,τι στον αέρα. Ειδικότερα, η ασύρματη μετάδοση επηρεάζεται από ατμοσφαιρικά φαινόμενα και είναι πιο ευάλωτη σε θορύβους από ό,τι η ενσύρματη.

1.3.2.1 Σύγκριση δορυφορικών και επίγειων συνδέσεων

Οι δορυφορικές συνδέσεις έχουν αρκετές ιδιότητες οι οποίες είναι εντελώς διαφορετικές από τις ιδιότητες των επίγειων ενσύρματων ή ασύρματων συνδέσεων σημείου προς σημείο. Για το λόγο αυτό εξετάζονται χωριστά. Οι διαφορές αυτές μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

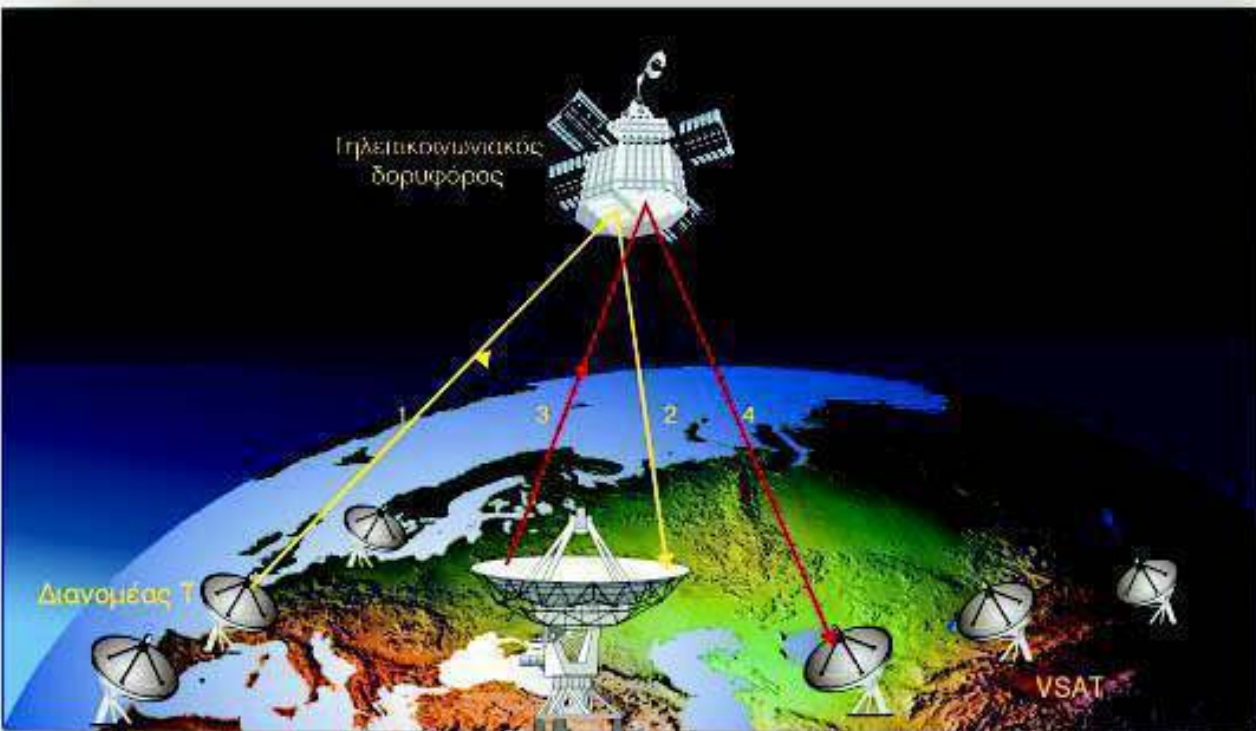
- ✓ Η τεράστια συνολική απόσταση που πρέπει να διανύσουν τα σήματα προς και από ένα δορυφόρο, ακόμα και αν μεταδίδονται με την ταχύτητα του φωτός (300.000 km/sec), προκαλεί μια σημαντική καθυστέρηση. Ανάλογα με την απόσταση μεταξύ του χρήστη και του επίγειου σταθμού, όπως και ανάλογα με το ύψος του δορυφόρου επάνω από τον ορίζοντα, ο χρόνος μετάδοσης, από άκρο σε άκρο, είναι μεταξύ 250 και 300 msec. Για λόγους σύγκρισης, οι επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις έχουν μια καθυστέρηση μετάδοσης ίση με 0,003 msec/km (3 msec/km) περίπου, ενώ στις ζεύξεις ομοαξονικών καλωδίων η καθυστέρηση είναι ίση με 0,005 msec/km (5 msec/km) περίπου.
- ✓ Στη δορυφορική επικοινωνία το κόστος της μετάδοσης ενός μηνύματος είναι ανεξάρτητο τόσο από την απόσταση όσο και από τον αριθμό των σταθμών λήψης του μηνύματος. Τα χαρακτηριστικά αυτά, τα οποία συνιστούν συγχρόνως και ουσιαστική διαφορά με τις επίγειες συνδέσεις, οφείλονται στην ικανότητα **εκπομπής (broadcasting)** των δορυφορικών συνδέσεων, δηλαδή στην ικανότητα των σταθμών βάσης που λειτουργούν στο εύρος της συχνότητας εκπομπής να συλλέγουν ό,τι μεταδίδεται σ' αυτή τη συχνότητα (σχήμα 1.22). Είναι φανερό ότι με τις δορυφορικές συνδέσεις δημιουργείται η ανάγκη προστασίας των ατομικών πληροφοριών, αφού υπάρχει πάντοτε η δυνατότητα της ελεύθερης πρόσβασης των χρηστών σε ένα πλήθος πληροφοριών που μεταδίδεται σε συγκεκριμένη συχνότητα. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί πολλές κρυπτογραφικές μέθοδοι, οι οποίες όμως δεν εξασφαλίζουν πάντα τους χρήστες.
- ✓ Ασφαλώς μία ακόμη αξιολογη διαφορά των δορυφορικών από τις επίγειες συνδέσεις είναι το εύρος ζώνης που διατίθεται. Ειδικότερα στο χώρο της ψηφιακής επικοινωνίας, οι υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης που συναντώνται σήμερα σε μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές με κανονική χρήση φθάνουν τα 56 Kbps, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν το προκαλούμενο υψηλό κόστος είναι αποδεκτό, χρησιμοποιούνται γραμμές T1 των 1,544 Mbps. Σε αντιδιαστολή, η δορυφορική επικοινωνία μέσω των σταθμών VSATs παρακάμπτει ολόκληρο το τηλεφωνικό σύστημα και μπορεί να προσφέρει πολύ υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Ο **σταθμός VSAT (Very Small Aperture Terminal)** χρησιμοποιεί, στην απλούστερη περίπτωση, μια μικρού κόστους κεραία στέγης για άμεση επικοινωνία με έναν ισχυρό επίγειο δορυφορικό σταθμό που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση (σχήμα 1.25). Ασφαλώς, επειδή η κυκλοφορία των πληροφοριών μεταξύ των υπολογιστών έχει τη μορφή **καταιγισμού**, η δυνατότητα να αποκτηθεί ένα τεράστιο εύρος ζώνης για ένα μικρό χρονικό διάστημα είναι αρκετά ελκυστική. Για παράδειγμα, για την αποστολή μιας μαγνητικής ταινίας μέσω μιας τηλεφωνικής γραμ-



Η ικανότητα εκπομπής των δορυφορικών συνδέσεων συνηθίζεται να λέγεται και ικανότητα ευρείας ή ανοικτής εκπομπής.



Με τον όρο **καταιγισμό** εννοούμε ότι σε ελάχιστο χρονικό διάστημα έχουμε τεράστιο όγκο πληροφοριών.



Σχήμα 1.25: Επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί VSATs, που χρησιμοποιούν δορυφορικό διανομέα για την επίτευξη της δορυφορικής επικοινωνίας.



Οι **VSATs** (*Very Small Aperture Terminals*) είναι χαμηλού κόστους τερματικοί σταθμοί εργασίας, που χρησιμοποιούν μικρές κεραίες (1m) χαμηλής ισχύος (1Watt). Παρέχουν συνδέσεις ανερχόμενης επικοινωνίας 19,2 Kbps και κατερχόμενης 5,12 Kbps περίπου. Σε περίπτωση που η ισχύς τους δεν επαρκεί για την άμεση επικοινωνία δύο VSATs, χρησιμοποιείται δορυφορικός διανομέας (σχήμα 1.25).

- ✓ Το κύριο πλεονέκτημα της οπτικής ίνας συνίσταται στο ότι διαθέτει πολύ μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο υπερκαλύπτει το εύρος ζώνης όλων των δορυφορικών ζεύξεων που προσφέρονται από όλους τους δορυφόρους επικοινωνίας. Όμως αυτό το εύρος ζώνης δεν είναι διαθέσιμο στην πλειονότητα των μεμονωμένων χρηστών. Συγκεκριμένα, είναι πολύ περιορισμένος ο αριθμός εκείνων των χρηστών που διαθέτουν πρόσβαση σε γραμμές οπτικών ινών. Οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί, που αντικαθιστούν σήμερα σταδιακά τις χάλκινες συνδέσεις με οπτικές ίνες, τις χρησιμοποιούν στο τηλεφωνικό σύστημα για τη διαχείριση πολλών ταυτόχρονων κλήσεων μεγάλης απόστασης και όχι για να εφοδιάσουν μεμονωμένους χρήστες με υψηλό εύρος ζώνης.
- ✓ Σε αντιδιαστολή, οι δορυφορικές συνδέσεις προσφέρουν ένα ασύγκριτα πρακτικό αποτέλεσμα στους χρήστες, οι οποίοι με ένα μικρό σχετικά κόστος εγκατάστασης μπορούν να τοποθετήσουν μια κεραία στην οροφή του κτιρίου τους και να επιτύ-

μής των 50 Kbps απαιτούνται 7 ώρες. Αντίθετα, για την αποστολή της ίδιας ταινίας μέσω ενός απλού δορυφορικού αναμεταδότη των 50 Mbps απαιτούνται 30 sec.

χουν δορυφορική ζεύξη, παρακάμπτοντας με αυτό τον τρόπο πλήρως το τηλεφωνικό σύστημα. Η ιδέα αυτή – που είναι αρκετά ελκυστική για τις χώρες των οποίων το έδαφος δε διευκολύνει τέτοιου είδους εγκατάσταση και οι οποίες διαθέτουν ελάχιστη τηλεπικοινωνιακή υποδομή – ενισχύει διαρκώς τη δημοτικότητα των δορυφορικών επικοινωνιών. Είναι φυσικό ο ανταγωνισμός αυτός να αυξάνεται, ιδιαίτερα όσο προχωρεί η αντικατάσταση των χάλκινων καλωδιακών μέσων των ψηφιακών τηλεφωνικών συστημάτων με οπτικές ίνες. Ασφαλώς οι οπτικές ίνες έχουν ένα πολύ μεγάλο μερίδιο στην τηλεπικοινωνιακή αγορά των μέσων μετάδοσης, εκτός ίσως από τις περιπτώσεις εκείνες που απαιτούν εφαρμογές εκπομπής, όπως είναι για παράδειγμα η τηλεοπτική μετάδοση.

Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Ρυθμός μετάδοσης, απόσταση, τεχνολογική κατάσταση, ευαισθησία σε παρεμβολές, ευκολία εγκατάστασης, εκπομπή δορυφορικών συνδέσεων, καταιγισμός, χαμηλού κόστους τερματικοί σταθμοί εργασίας (VSATs).





Μάθημα 1.4: Εξασθένηση, παραμόρφωση, θόρυβος

1.4.1 Βλάβη σήματος

Όπως διαπιστώσαμε από τα προηγούμενα μαθήματα, τα μέσα μετάδοσης έχουν περιορισμένο εύρος ζώνης, με αποτέλεσμα να εμποδίζουν το σήμα να περάσει αναλλοίωτο. Αυτό είναι μια φυσική αιτία⁶ που έχει διπλό αποτέλεσμα: πρώτον το σήμα εξασθενεί, δηλαδή χάνει μέρος από την ισχύ του, και δεύτερον παραμορφώνεται η σύνθεσή του και αυτό που λαμβάνει τελικά ο αποδέκτης προσεγγίζει απλώς το αρχικό ψηφιακό σήμα.

Εκτός όμως από τη φυσική αυτή αιτία, στη διαδικασία μετάδοσης πληροφοριών (σημάτων) δημιουργούνται και κάποιες βλάβες. Γενικότερα, **βλάβη** ή **σφάλμα** (*impairment*) σήματος ονομάζουμε οποιαδήποτε φυσική ή τεχνητή αιτία η οποία έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί ο αποδέκτης να αναπαραγάγει το αρχικό σήμα που εκπέμπει ο πομπός. Μερικά από αυτά τα σφάλματα που εξασθενούν και παραμορφώνουν το σήμα που μεταδίδεται είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Η **εξασθένηση** (*attenuation*) της ισχύος του σήματος με την απόσταση, που οφείλεται στην ηλεκτρική αντίσταση του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μέσο μετάδοσης. Η εξασθένηση μετριέται σε **decibel** ανά χιλιόμετρο (db/km), ενώ το ποσό της ενέργειας που χάνεται εξαρτάται από τη συχνότητα. Εάν η εξασθένηση υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή, ο τελικός αποδέκτης δύσκολα μπορεί να αποκτήσει την πληροφορία από το σήμα που λαμβάνει.
- ✓ Η **παραμόρφωση πλάτους**, που οφείλεται στη διαφορετική εξασθένηση την οποία προκαλούν τα μέσα μετάδοσης στα διαφορετικά πλάτη ενός σήματος.



Ηλεκτρική αντίσταση ονομάζουμε την αντίσταση που παρουσιάζει ένα υλικό στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος εξαιτίας της κατασκευής του.

⁶ Στην παράγραφο 1.1.4 είδαμε ότι ένα ψηφιακό σήμα παριστάνεται με μια τετραγωνική κυματομορφή και αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών αρμονικών. Οι συχνότητες των αρμονικών αυτών είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της αρχικής (θεμελιώδους) συχνότητας. Έτσι το πλάτος αυτών των αρμονικών ελαττώνεται, εφόσον μεγαλώνει η συχνότητα, με αποτέλεσμα στις πολύ υψηλές αρμονικές το πλάτος να είναι στην ουσία αμελητέο, σχεδόν μηδενικό. Αντίστροφα, αν πάρουμε όλες αυτές τις αρμονικές και τις τοποθετήσουμε τη μία επάνω στην άλλη, θα πάρουμε γραφικά το αρχικό ψηφιακό σήμα. Για να αναπαραχθεί όμως απόλυτα το ψηφιακό σήμα, απαιτείται, όπως είναι φανερό, ένα μέσο μετάδοσης με απεριόριστο εύρος ζώνης. Στην πραγματικότητα, όλα τα μέσα που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση σημάτων έχουν περιορισμένο εύρος ζώνης, δηλαδή εμποδίζουν κάποιες από αυτές τις διαφορετικές αρμονικές του σήματος να διαπεράσουν το μέσο. Η φυσική αυτή αιτία προκαλεί την εξασθένηση του σήματος, δηλαδή το σήμα χάνει μέρος από την ισχύ του, αφού αποκόπτονται κάποιες αρμονικές. Ταυτόχρονα το σήμα παραμορφώνεται, αφού με τη σύνθεση των λίγων αρμονικών που λαμβάνει τελικά ο αποδέκτης προσεγγίζει απλώς το αρχικό ψηφιακό σήμα (όπως φαίνεται στο σχήμα 1.11). Είναι ωστόσο δυνατόν να προσεγγίσουμε την τετραγωνική κυματομορφή του σήματος παίρνοντας μόνο τις πρώτες αρμονικές (π.χ. τις οκτώ πρώτες), επειδή αυτές έχουν και το μεγαλύτερο πλάτος.

- ✓ Η **παραμόρφωση λόγω καθυστέρησης** (*delay distortion*), που οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα με την οποία μεταδίδονται μέσα στις γραμμές οι συχνότητες ενός σήματος εξαιτίας της ελαστικότητας και της πυκνότητας του συγκεκριμένου μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται. Αυτά τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης ευθύνονται για την αλλαγή της φάσης των σημείων του από την είσοδο στην έξοδο της γραμμής. Ειδικά στην ψηφιακή μετάδοση η παραμόρφωση αυτή παίζει καθοριστικό ρόλο.
- ✓ Ο **θόρυβος**, δηλαδή κάθε ανεπιθύμητη και συχνά απρόβλεπτη ηλεκτρική ή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, τεχνητής ή φυσικής προέλευσης, η οποία παρεμβάλλεται στο σήμα που μεταδίδεται, με αποτέλεσμα να αλλοιώνει την ποιότητά του και να προκαλεί την παραμόρφωσή του.



Οι διάφορες διατάξεις ενός συστήματος επικοινωνίας είναι σχεδιασμένες πολύ προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται παραμορφώσεις του σήματος και να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις του θορύβου. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται δυνατή μια πιστή αναπαραγωγή του μηνύματος που εκπέμφθηκε.

1.4.2 Είδη θορύβου

Ο θόρυβος παρουσιάζεται σε όλα τα συστήματα επικοινωνιών, ανεξάρτητα από το αν αυτά είναι ενσύρματα ή ασύρματα. Τα είδη του θορύβου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκει ο **εξωτερικός θόρυβος**, ο οποίος δημιουργείται από αιτίες που βρίσκονται εκτός του συστήματος επικοινωνίας, δηλαδή προκαλούνται από τον ανθρώπινο ή άλλο εξωγενή παράγοντα. Έχει σχέση με τα λεγόμενα **βιομηχανικά παράσιτα**, δηλαδή με τις διάφορες ηλεκτρομηχανικές συσκευές που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από το σύστημα, με την ηλεκτρική τροφοδότηση των συσκευών κτλ. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα λεγόμενα **ατμοσφαιρικά παράσιτα**, όπως είναι για παράδειγμα οι ατμοσφαιρικές εκκενώσεις, δηλαδή οι ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές που προέρχονται από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια καταιγίδων ή ακόμα και από το μεσοαστρικό διάστημα. Ο θόρυβος αυτός είναι αντιστρόφως ανάλογος προς τη συχνότητα και ανάλογος προς το μήκος κύματος. Για παράδειγμα, σε χαμηλές συχνότητες, της τάξης των 500 KHz, ο εξωτερικός θόρυβος που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά και βιομηχανικά παράσιτα είναι πολύ πιο έντονος από ό,τι σε υψηλές συχνότητες, της τάξης των 300 MHz.

Στη δεύτερη κατηγορία θορύβου ανήκει ο **εσωτερικός θόρυβος**, ο οποίος προκαλείται από το ίδιο το μέσο. Θόρυβοι αυτής της μορφής είναι ο **θερμικός θόρυβος** (*thermal noise*), που προκύπτει από συγκρούσεις των ηλεκτρονίων του μέσου μετάδοσης, ο **θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης** (*inter-modulation noise*), που οφείλεται στη συνύπαρξη σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων, όταν αυτά μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, καθώς και η **συνακρόαση** (*cross-talk*), που προκαλείται, όταν δύο ξένα μεταξύ τους σήματα συζευχθούν για κάποιον ανεξάρτητο λόγο.

Ο εσωτερικός θόρυβος που δημιουργείται από αυτές τις αιτίες δεν εξαρτάται άμεσα από τη συχνότητα. Για παράδειγμα, στις περιπτώσεις που ο εξωτερικός θόρυβος δεν είναι έντονος (υψηλές συχνότητες), ο εσωτερικός θόρυβος είναι εμφανής και παίζει σημαντικό ρόλο η εξάλειψη ή η μείωσή του. Αντίθετα, τις περιπτώσεις που ο εξωτερικός θόρυβος είναι έντονος (χαμηλές συχνότητες), ο εσωτερικός δεν είναι εμφανής, αφού καλύπτεται από τον εξωτερικό που είναι εντονότερος, με αποτέλεσμα να προέχει η εξάλειψη του εξωτερικού θορύβου παρά του εσωτερικού. Σημειώ-



Ανοχή είναι το όριο επάνω από το οποίο δεν επιτρέπεται να μεταβληθεί το εύρος ζώνης. Οποιαδήποτε υπέρβαση έχει συνέπειες στο ρυθμό μετάδοσης.

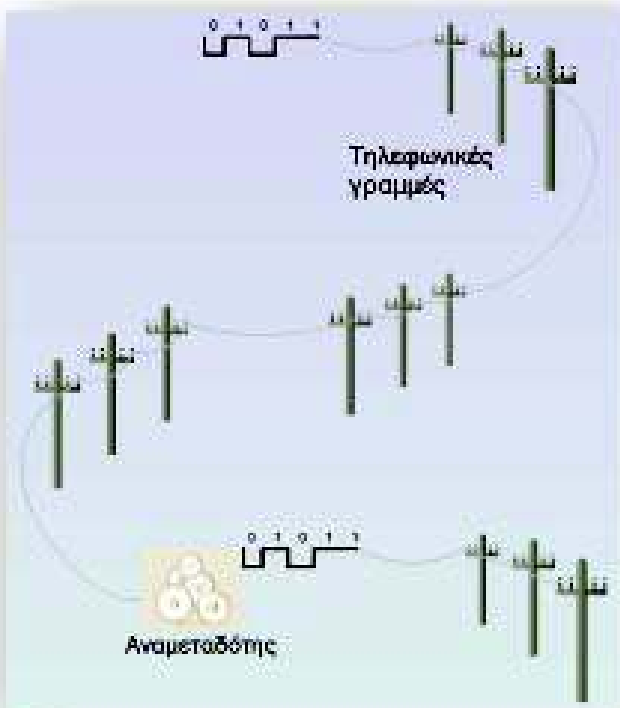
νεται ότι η παραδοσιακή μέθοδος για την αντιμετώπιση του θορύβου είναι η μείωση του εύρους ζώνης του σήματος μέχρι κάποιο όριο **ανοχής**, πέρα από το οποίο η μείωση αυτή περιορίζει το ρυθμό μετάδοσης.

Μια σύγχρονη μέθοδος που ελαχιστοποιεί τις επιδράσεις του θορύβου είναι η **ψηφιακή επεξεργασία σήματος** (*DSP: Digital Signal Processing*). Η *DSP* αφορά τεχνικές που χρησιμοποιούνται προκειμένου να βελτιώσουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των ψηφιακών σημάτων. Ένα κύκλωμα *DSP* έχει την ικανότητα να διακρίνει το θόρυβο ανάμεσα στα διάφορα ψηφιακά σήματα που εκπέμπονται και να τον απομακρύνει. Σε περίπτωση όμως που το σήμα είναι αναλογικό, τότε το μετατρέπει πρώτα σε ψηφιακό και, αφού το απαλλάξει από το θόρυβο, το επαναφέρει πάλι σε αναλογικό. Ασφαλώς μια άλλη προσέγγιση στο πρόβλημα του θορύβου αποτελεί η χρήση τεχνολογίας λιγότερο ευαίσθητης στο θόρυβο, όπως είναι η χρήση οπτικών ινών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, κάθε μέσο μετάδοσης, ανεξάρτητα από τον τύπο του, προκαλεί με διάφορους τρόπους εξασθένηση του σήματος που μεταφέρει. Επιπλέον το σήμα παραμορφώνεται τόσο λόγω της εξασθένησης που υφίσταται από αιτίες που οφείλονται στις ατέλειες και στις ηλεκτρικές ιδιότητες που παρουσιάζει το μέσο μετάδοσης, όπως είναι η χωρητικότητα, η αντίσταση και η επαγωγή, όσο και λόγω της παρουσίας θορύβου και παρεμβολών. Μερικά από τα προβλήματα που δημιουργεί η εξασθένηση μπορούν να εξομαλυνθούν με τη χρήση αναμεταδοτών, οι οποίοι είναι συσκευές που ανιχνεύουν τα σήματα που στέλνονται και στη συνέχεια τα αναμεταδίδουν με την αρχική τους ένταση και οξύτητα (σχήμα 1.26).



Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο μπορούν να μειωθούν οι επιπτώσεις του θορύβου είναι η αύξηση της ισχύος του σήματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενισχυτών. Ο **ενισχυτής** είναι μια συσκευή που αποτελείται από τρανζίστορ ή άλλα στοιχεία, τα οποία μπορούν να ελέγχουν και να αυξάνουν το πλάτος ενός σήματος. Όμως το πλάτος του σήματος δεν αυξάνεται πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο, γιατί μπορεί να αλλάξει η μορφή του (παραμόρφωση).



Ο αναμεταδότης προλαβαίνει τα σήματα, πριν αυτά αλλοιωθούν ανεπανόρθωτα από το θόρυβο ή τα απαλλάσσει απ' αυτόν αναπαράγοντάς τα από την αρχή. Αν οι αναμεταδότες βρίσκονται αρκετά κοντά ο ένας στον άλλο, μπορεί να επιτευχθεί η μετάδοση ενός πολύ υψηλού ρυθμού σημάτων σε αποστάσεις που θεωρητικά είναι απεριόριστες. Αν το μέσο μετάδοσης είναι χάλκινα καλώδια, οι αποστάσεις μεταξύ των αναμεταδοτών πρέπει να κυμαίνονται από 2 έως 4 km, ενώ, αν είναι οπτικές ίνες, από 40 έως 60 km.

Σχήμα 1.26: Οι αναμεταδότες ανιχνεύουν τα σήματα που στέλνονται και τα αναμεταδίδουν με την αρχική τους ένταση και οξύτητα.

Βέβαια οι επιπτώσεις του θορύβου δεν μπορούν να εξαλειφθούν τελείως. Ωστόσο ο πρωταρχικός στόχος της σχεδίασης ενός επικοινωνιακού συστήματος θα πρέπει να επικεντρώνεται στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποφυγή των επιπτώσεων του θορύβου, ώστε να μπορεί να γίνεται πιστή αναπαραγωγή του μηνύματος που εκπέμπεται.

1.4.3 Μέτρηση εξασθένησης - ενίσχυσης σήματος και θορύβου

Τόσο η εξασθένηση όσο και η ενίσχυση του σήματος μετριοούνται σε **decibel (db)**. Αν συμβολίσουμε με P_1 και P_2 τα επίπεδα ισχύος των σημάτων που αποστέλλονται και λαμβάνονται από τον πομπό και το δέκτη αντίστοιχα, τότε ορίζεται:

$$\text{εξασθένηση} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \text{db}$$

$$\text{ενίσχυση} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{db}$$

Επειδή οι μονάδες των P_1 και P_2 είναι Watt, τα db είναι μεγέθη χωρίς διάσταση, που μετρούν απλώς το σχετικό μέγεθος των επιπέδων των δύο σημάτων.

Ανάλογα, ο θόρυβος υπολογίζεται από το λόγο της ισχύος του σήματος S προς την ισχύ του θορύβου N , δηλαδή από το S/N , που ονομάζεται **λόγος του σήματος προς θόρυβο (SNR: Signal-to-Noise-Ratio)** και είναι ένας σημαντικός παράγοντας που προσδιορίζει την επικοινωνία. Ο θόρυβος αποδίδεται σε db και ορίζεται από τον τύπο:

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right) \text{db}$$

Για παράδειγμα, αν $\text{SNR} = 10 \text{ db}$, τότε θα έχουμε:

$$10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{db}, \text{ οπότε } \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right) = 1, \text{ και επομένως } \left(\frac{S}{N} \right) = 10^1 = 10.$$

Με τον ίδιο τρόπο, αν $\text{SNR} = 20 \text{ db}$, παίρνουμε $S/N = 100$, ενώ, αν είναι $\text{SNR} = 30 \text{ db}$, παίρνουμε $S/N = 1.000$ κ.ο.κ.

[Περισσότερα για τον παράγοντα αυτό και για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει τη χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης θα αναφερθούν στην επόμενη ενότητα.]

Παράδειγμα V

Μια γραμμή μετάδοσης μεταξύ δύο τερματικών διατάξεων αποτελείται από τρία



Ένα κανάλι με χρησιμοποιήσιμο εύρος ζώνης 3.000 Hz και SNR ίσο με 30 db (ή $S/N = 10^3$) αποτελεί τυπική περίπτωση μιας αναλογικής τηλεφωνικής σύνδεσης χωρητικότητας 30 Kbps. Στην πράξη όμως ο ρυθμός μετάδοσης στα κανάλια αυτά δεν υπερβαίνει τα 9.600 bps.



τμήματα. Στο πρώτο παρουσιάζεται εξασθένηση 16 db, στο δεύτερο ενίσχυση 20 db και στο τρίτο εξασθένηση 10 db. Υποθέτοντας ένα μέσο επίπεδο 400mW ($1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ Watt}$), το μέσο επίπεδο ισχύος της γραμμής θα είναι:

- ✓ Πρώτο τμήμα (εξασθένηση):

$$16 = 10 \log_{10} \left(\frac{400}{P_2} \right) \text{db, οπότε } P_2 = 10,0475 \text{ mW}$$

- ✓ Δεύτερο τμήμα (ενίσχυση):

$$20 = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{10,0475} \right) \text{db, οπότε } P_2 = 1.004,75 \text{ mW}$$

- ✓ Τρίτο τμήμα (εξασθένηση):

$$10 = 10 \log_{10} \left(\frac{1.004,75}{P_2} \right) \text{db, οπότε } P_2 = 100,475 \text{ mW}$$

Επομένως το μέσο επίπεδο ισχύος της εξόδου θα είναι 100,475 mW.

Με διαφορετικό τρόπο θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι η συνολική εξασθένηση που υφίσταται το σήμα, όταν διαπερνά και τα τρία τμήματα, θα είναι

$$\begin{aligned} 16 &= 10 \log_{10}(400 / P_2) \rightarrow \\ 1,6 &= \log_{10}(400 / P_2) = \log_{10} 400 - \log_{10} P_2 \rightarrow \\ \log_{10} P_2 &= \log_{10} 400 - 1,6 = \log_{10} 400 - 1,6 = 2,602059 - 1,6 = 1,002059 \rightarrow \\ \log_{10} P_2 &= 1,002059 \rightarrow \\ P_2 &= 10^{1,002059} = 10,0475 \end{aligned}$$

6 db (=16 - 20 + 10). Επομένως:

- ✓ Για το σύνολο της γραμμής (εξασθένηση):

$$6 = 10 \log_{10} \left(\frac{400}{P_2} \right) \text{db, οπότε } P_2 = 100,475 \text{ mW}$$



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Βλάβη σήματος, εξασθένηση σήματος, παραμόρφωση πλάτους, θόρυβος, παραμόρφωση λόγω καθυστέρησης, εξωτερικός θόρυβος, βιομηχανικά παράσιτα, ατμοσφαιρικά παράσιτα, εσωτερικός θόρυβος, θερμικός θόρυβος, θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης, συνακρόαση, επεξεργασία ψηφιακού σήματος.

Μάθημα 1.5: Διαμόρφωση σήματος

1.5.1 Εισαγωγή

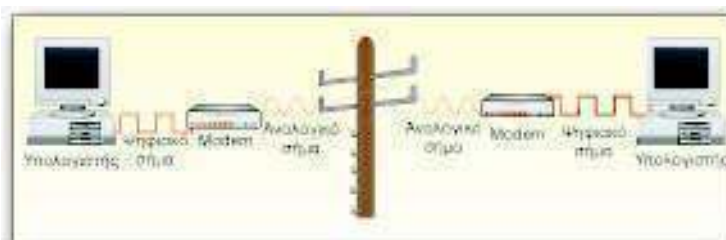
Από το προηγούμενο μάθημα φάνηκε ότι ένα μέσο μετάδοσης μπορεί να λειτουργεί περισσότερο αποδοτικά (χωρίς θόρυβο) σε υψηλές συχνότητες, όπως είναι για παράδειγμα οι συχνότητες της τάξης των 70 έως 150 MHz περίπου. Επομένως ήταν αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος, ώστε τα σήματα υψηλών συχνοτήτων να μπορούν να μεταφέρουν και τις χαμηλότερες συχνότητες. Η τεχνική σύμφωνα με την οποία μεταφέρονται οι χαμηλές συχνότητες από τις υψηλές ονομάζεται **διαμόρφωση (modulation)**, ενώ η διάταξη με την οποία επιτυγχάνεται αυτό ονομάζεται **διαμορφωτής (modulator)**. Η διαμόρφωση πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός σήματος υψηλής συχνότητας, που ονομάζεται **φέρον σήμα** (λέγεται και **φορέας** ή **φέρουσα κυματομορφή** ή απλώς **φέρον**), το οποίο μεταβάλλεται κατάλληλα (δηλαδή διαμορφώνεται) από το σήμα με τις χαμηλές συχνότητες που πρόκειται να μεταδοθεί. Οι υψηλές συχνότητες του φορέα ονομάζονται **φέρουσες συχνότητες** ή **συχνότητες φέροντος (carrier frequency)**. Ο φορέας μπορεί να είναι είτε αναλογικό σήμα είτε μια σειρά παλμών.

Με τη διαμόρφωση επιτυγχάνεται η συστηματική μεταβολή κάποιου χαρακτηριστικού της φέρουσας κυματομορφής, όπως είναι για παράδειγμα το πλάτος, η συχνότητα ή η φάση της, ώστε το σήμα να μπορέσει να περάσει από το μέσο μετάδοσης. Μετά από αυτή τη διαδικασία ο αποστολέας στέλνει το διαμορφωμένο σήμα στον αποδέκτη, ο οποίος με τη σειρά του αποδιαμορφώνει το σήμα που λαμβάνει και εξάγει το σήμα χαμηλών συχνοτήτων που τον ενδιαφέρει. Επομένως **αποδιαμόρφωση (demodulation)** είναι ο μηχανισμός που επαναφέρει το διαμορφωμένο σήμα στην κανονική του μορφή και επιτυγχάνεται από ειδική συσκευή που λέγεται **αποδιαμορφωτής (demodulator)**.

Η διαδικασία διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης φαίνεται στο σχήμα 1.27. Σημειώνεται ότι συνήθως οι λειτουργίες των διαμορφωτών και των αποδιαμορφωτών ενοποιούνται σε μια διάταξη που ονομάζεται **διαποδιαμορφωτής (MODEM: Modulator - Demodulator)**. Στα διάφορα συστήματα επικοινωνίας ο διαποδιαμορφωτής συνδέει τον υπολογιστή με το μέσο μετάδοσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.28. Σήμερα οι διαποδιαμορφωτές εκτελούν και διάφορες άλλες εργασίες, όπως είναι ο διαχωρισμός συχνοτήτων, ο έλεγχος της μορφής και της ισχύος του σήματος, ο συγχρονισμός του πομπού και του δέκτη κτλ.



Η λέξη **MODEM** προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων **MOdulator- DEModulator**, που σημαίνουν διαμορφωτής - αποδιαμορφωτής ή, πιο σύντομα, διαποδιαμορφωτής.



Σχήμα 1.27: Διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση σήματος



Σχήμα 1.28: Διασύνδεση υπολογιστή με την τηλεφωνική γραμμή μέσω διαποδιαμορφωτή (modem) για επιλογική (dial-up) σύνδεση



Η διαμόρφωση είναι απαραίτητη, γιατί:

- ✓ Προσαρμόζει το σήμα στις απαιτήσεις και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης (π.χ. ομοαξονικό, UTP, οπτικές ίνες κτλ.).
- ✓ Περιορίζει το θόρυβο και τις παρεμβολές.
- ✓ Χρησιμοποιείται για την ταυτόχρονη μετάδοση πολλών σημάτων μέσα από το ίδιο μέσο μετάδοσης.
- ✓ Χρησιμοποιείται για να ξεπεραστούν μερικοί περιορισμοί στις επιδόσεις των συσκευών επεξεργασίας.

Παράδειγμα VI

Η τεχνική της διαμόρφωσης χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη ραδιοφωνία για την εκπομπή ομιλίας και μουσικής μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα οποία μεταδίδονται ελεύθερα στο χώρο. Μια υψηλή συχνότητα που μπορεί να μεταδοθεί από μια κεραία χρησιμεύει ως φορέας. Οι χαμηλές συχνότητες, δηλαδή η ομιλία και η μουσική, που δεν μπορούν, για πολλούς λόγους, να μεταδοθούν στον ελεύθερο χώρο, διαμορφώνουν την υψηλή συχνότητα και μεταδίδονται μαζί της.

Παράδειγμα VII

Όπως είναι γνωστό, για τη μετάδοση της φωνής χρησιμοποιείται εύρος ζώνης 4.000 Hz (δηλαδή 3.100 Hz και κάποια ακόμη επιπλέον Hz που απαιτούνται για το διαχωρισμό των λογικών καναλιών), ενώ η συχνότητα του φέροντος πρέπει να είναι 30 KHz. Η διαδικασία της διαμόρφωσης πρέπει να αλλάξει τις αρχικές συχνότητες από 0 - 4.000 Hz σε 30.000 - 34.000 Hz, δηλαδή πρέπει να μεταφέρει το εύρος του σήματος σε υψηλότερες συχνότητες, έτσι ώστε αυτό να περιέλθει στο εύρος του καναλιού και επομένως να μπορεί να μεταδοθεί. Το εύρος ζώνης εξακολουθεί να είναι 4.000 Hz και μπορεί να μεταφέρει την ίδια ποσότητα πληροφοριών, είτε πρόκειται για φωνή είτε για δεδομένα.



Φυσικό κανάλι είναι η ίδια η γραμμή επικοινωνίας. **Λογικά κανάλια** είναι οι ζώνες μικρότερης συχνότητας στις οποίες μπορεί να διαχωριστεί ένα φυσικό κανάλι.

1.5.2 Τεχνικές διαμόρφωσης σήματος

Υπάρχουν πολλές τεχνικές διαμόρφωσης σήματος. Οι κυριότερες είναι η **διαμόρφωση συνεχούς φέροντος κύματος** και η **διαμόρφωση παλμών** ή **παλμοκωδική διαμόρφωση** (PCM: Pulse Code Modulation). Στη διαμόρφωση συνεχούς φέροντος κύματος η κυματομορφή του φέροντος είναι συνεχής (αναλογική κυματομορφή⁷), με ένα από τα χαρακτηριστικά της να μεταβάλλεται αναλογικά με το σήμα του μηνύματος. Στη διαμόρφωση παλμών η φέρουσα κυματομορφή είναι η τετραγωνική (ψηφια-

⁷ Συνήθως πρόκειται για μια ημιτονοειδή κυματομορφή.

κή κυματομορφή), με ένα από τα χαρακτηριστικά της να μεταβάλλεται και πάλι αναλογικά με το σήμα του μηνύματος. Και στις δύο περιπτώσεις το χαρακτηριστικό του φέροντος, που μεταβάλλεται αναλογικά με το σήμα μηνύματος, μπορεί να διαμορφώνεται είτε με συνεχή είτε με διακριτό τρόπο. Η **διακριτή διαμόρφωση παλμών** (*discrete PCM*), που λέγεται και **ψηφιακή διαμόρφωση** (*digital modulation*), είναι μια μέθοδος η οποία προσφέρεται καλύτερα για μηνύματα που από τη φύση τους είναι διακριτά, όπως είναι για παράδειγμα η έξοδος κάποιου τηλετύπου.

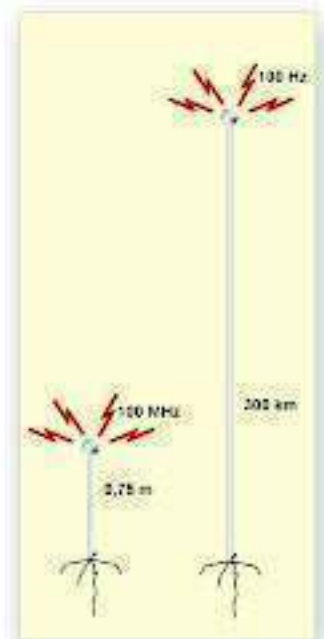
Ένα μήνυμα αποτελείται από μια σειρά συμβόλων κάποιου συγκεκριμένου αλφαβήτου. Κάθε σύμβολο διαβιβάζεται μέσω του μέσου μετάδοσης με μια συγκεκριμένη ηλεκτρική κυματομορφή που είναι γνωστή. Έτσι τα μηνύματα που παριστάνονται με μια σειρά από γνωστές κυματομορφές γίνονται αντιληπτά από το δέκτη, ο οποίος είναι σε θέση να αναγνωρίζει όλα τα σύμβολα που διαβιβάζονται κάθε χρονική στιγμή. Στην περίπτωση όμως της μετάδοσης αναλογικών (συνεχών) σημάτων ο αριθμός των δυνατών κυματομορφών είναι απεριόριστος και άγνωστος. Για παράδειγμα, στη ραδιοφωνική ή στην τηλεοπτική εκπομπή έχουμε άπειρο αριθμό δυνατών μηνυμάτων και οι αντίστοιχες κυματομορφές δεν είναι όλες γνωστές.

1.5.3 Πλεονεκτήματα διαμόρφωσης σήματος

Αν το μέσο μετάδοσης είναι από τη φύση του χαμηλών συχνοτήτων, τότε το σήμα μπορεί να διαβιβαστεί μέσα από αυτό χωρίς διαμόρφωση. Η επικοινωνία αυτής της μορφής αναφέρεται και ως επικοινωνία βασικής ζώνης (βλ. και Μάθημα 1.2). Όμως τα περισσότερα μέσα μετάδοσης έχουν και μία συγκεκριμένη υψηλή περιοχή συχνοτήτων, οπότε, για να μεταδοθεί το σήμα χαμηλών συχνοτήτων, είναι αναγκαία η διαμόρφωση, η οποία θα προσαρμόσει το εύρος ζώνης των χαμηλών συχνοτήτων του σήματος στη συγκεκριμένη υψηλή περιοχή του μέσου μετάδοσης. Η προσαρμογή αυτή έχει ως συνέπεια μερικά άλλα πλεονεκτήματα, τα οποία αξίζει να αναφερθούν:

✓ Διαμόρφωση για εύκολη μετάδοση

Αν το κανάλι επικοινωνίας είναι ο αέρας, χρειάζεται κεραία τόσο για την εκπομπή όσο και για τη λήψη του σήματος. Η αποτελεσματική εκπομπή των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων απαιτεί κεραίες με διαστάσεις τέτοιες, όσο είναι και το μήκος κύματος του σήματος που μεταδίδεται. Επειδή ωστόσο πολλά σήματα, όπως τα ακουστικά, έχουν χαμηλές συχνότητες, της τάξης π.χ. των 100 Hz, για να μεταδοθούν, θα απαιτούσαν κεραίες μήκους πολλών χιλιομέτρων, π.χ. 300 km. Αν όμως χρησιμοποιηθεί η τεχνική της διαμόρφωσης προκειμένου να αποτυπωθεί το σήμα σε ένα φέρον υψηλής συχνότητας, π.χ. των 100 MHz, τότε η κεραία που θα χρειαζόταν δε θα ξεπερνούσε το ένα μέτρο ($\lambda/4 = 3\text{m}/4 = 0,75 \text{ m}$).





Ο όρος **πολυπλεξία** αναφέρεται σε κάθε διαδικασία που επιτρέπει σε περισσότερα από ένα αυτοτελή σήματα να μεταδοθούν ταυτόχρονα μέσω ενός μονοδικού φυσικού διαύλου.



Το **φίλτρο** είναι ένα σύστημα που επεξεργάζεται κάποιο σήμα, με σκοπό την ανίχνευση και κατόπιν το διαχωρισμό ενός επιθυμητού σήματος από το ανεπιθύμητο σύνολο θορύβων ή άλλων σημάτων που συνθέτουν το αρχικό σήμα.



- ✓ **Διαμόρφωση για πολυπλεξία**
Όταν περισσότερα από ένα σήματα χρησιμοποιούν το ίδιο μέσο μετάδοσης, η διαμόρφωση μπορεί να χρησιμεύσει για να αλλάξει τις θέσεις εύρους ζώνης των διάφορων σημάτων, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο στο δέκτη να επιλέξει το επιθυμητό σήμα. Αυτό, για παράδειγμα, γίνεται στη στερεοφωνική ραδιοφωνία *FM*.
- ✓ **Διαμόρφωση για την υπέρβαση των περιορισμών των συσκευών μετάδοσης σημάτων**
Η ευκολία με την οποία μπορούν να κατασκευαστούν οι συσκευές επεξεργασίας σημάτων, όπως είναι τα φίλτρα και οι ενισχυτές, εξαρτάται από το εύρος του σήματος και τη συχνότητά του. Δηλαδή είναι ευκολότερο και οικονομικότερο να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν συσκευές που δέχονται σήματα με στενό εύρος ζώνης παρά το αντίθετο. Όπως είναι γνωστό, η διαμόρφωση μπορεί να αλλάξει τη συχνότητα του σήματος και να μετατρέψει ένα σήμα με μεγάλο εύρος σε ένα άλλο με στενό εύρος. Επομένως, στην περίπτωση που η συχνότητα της συσκευής με τη συχνότητα του σήματος δεν ταιριάζουν, διαμορφώνεται η συχνότητα του σήματος στη σταθερή συχνότητα της συσκευής.
- ✓ **Διαμόρφωση για παραχώρηση συχνότητας**
Η διαμόρφωση δίνει τη δυνατότητα στους διάφορους ραδιοφωνικούς ή τηλεοπτικούς σταθμούς να εκπέμπουν συγχρόνως σε διαφορετικές φέρουσες συχνότητες. Επίσης επιτρέπει στους δέκτες να συντονίζονται προκειμένου να επιλέξουν διαφορετικούς σταθμούς.
- ✓ **Διαμόρφωση για περιορισμό θορύβου και παρεμβολών**
Ο θόρυβος και οι παρεμβολές δεν μπορούν να εξαλειφθούν εντελώς. Είναι όμως δυνατόν να περιοριστούν οι επιπτώσεις τους χρησιμοποιώντας ορισμένους τύπους διαμόρφωσης, γεγονός που το παίρνουν πάντα υπόψη τους οι σχεδιαστές συστημάτων επικοινωνίας.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διαμόρφωση, διαμορφωτής, φέρον σήμα, φέρουσες συχνότητες, αποδιαμόρφωση, διαποδιαμορφωτής (*modem*), παλμοκωδική διαμόρφωση, ψηφιακή διαμόρφωση, πολυπλεξία.

Μάθημα 1.6: Είδη διαμόρφωσης

1.6.1 Αναλογική μετάδοση και διαμόρφωση

Τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες είναι τέτοια, που δεν επιτρέπουν πάντα τη μετάδοση των σημάτων στην αρχική τους μορφή, δηλαδή χωρίς να έχουν υποστεί κάποιου είδους διαμόρφωση. Αυτό οφείλεται κυρίως:

- ✓ στις επαγωγικές επιδράσεις και στη χωρητικότητα που υπάρχει στις γραμμές επικοινωνίας,
- ✓ στο πρόβλημα του θορύβου και
- ✓ στην προσπάθεια για καλύτερη αξιοποίηση του μέσου μετάδοσης.

Σε όλα τα είδη διαμόρφωσης αυτό που γίνεται στην πραγματικότητα είναι η μετάδοση ενός αναλογικού σήματος (φορέα) επάνω στο οποίο προστίθεται το ψηφιακό σήμα, μεταβάλλοντας ένα ή περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του (πλάτος, συχνότητα, φάση). Επομένως, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.29, έχουμε τρεις μορφές διαμόρφωσης:

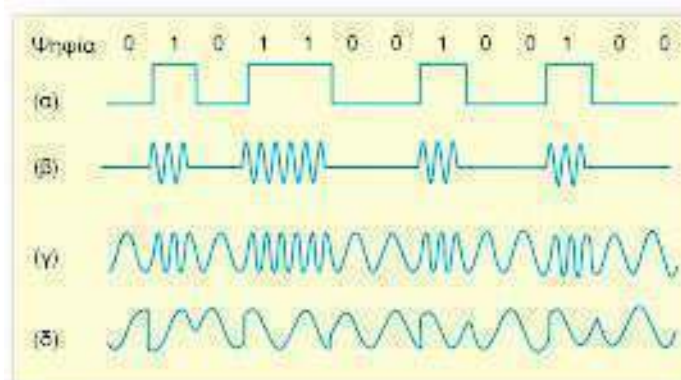
- ✓ **διαμόρφωση πλάτους** (*AM: Amplitude Modulation*) (σχήμα 1.29β),
- ✓ **διαμόρφωση συχνότητας** (*FM: Frequency Modulation*) (σχήμα 1.29γ) και
- ✓ **διαμόρφωση φάσης** (*PM: Pulse Modulation*) (σχήμα 1.29δ).

Κατά τη **διαμόρφωση πλάτους** (*AM: Amplitude Modulation*) το πλάτος του αναλογικού σήματος (φορέα) που μεταδίδεται από το διαποδιαμορφωτή μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του ψηφιακού σήματος. Για παράδειγμα, στο δυαδικό σήμα 010110 του σχήματος 1.30α το φέρον μπορεί να αναπαραστήσει τα δύο ψηφία 1 και 0 εναλλάσσοντας το πλάτος του με δύο συγκεκριμένα επίπεδα (στάθμες). Έτσι στο σχήμα 1.30β το ψηφίο 1 αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη στάθμη και το ψηφίο 0 στη μικρότερη, ενώ στο σχήμα 1.30γ το ψηφίο 1 αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη στάθμη και το ψηφίο 0 στη μηδενική (μικρότερη). Φυσικά ο διαποδιαμορφωτής είναι σε θέση να καθορίσει τη διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων του πλάτους και επομένως να επαναφέρει το αρχικό σήμα.

Στα τηλεφωνικά δίκτυα το κύριο πρόβλημα που υφίσταται με τη διαμόρφωση πλάτους είναι η εξασθένηση. Στον τερματισμό του το σήμα φθάνει εξασθενημένο, με αποτέλεσμα ο διαποδιαμορφωτής να μην μπορεί να ξεχωρίσει αν το εισερχόμενο σήμα μικρού πλάτους (χαμηλής στάθμης) είναι πράγματι μικρό ή ήταν μεγάλο και



Επαγωγή είναι το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο το ηλεκτρικό φορτίο ενός κυκλώματος μεταφέρει αντίθετα φορτία σε ένα γειτονικό του κύκλωμα.



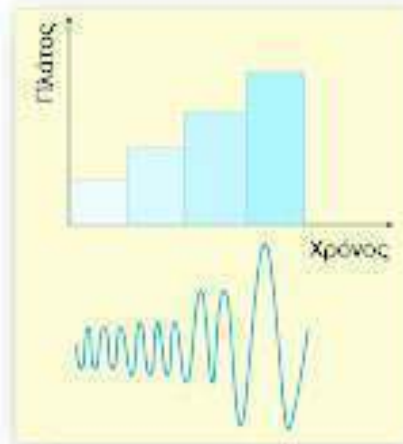
Σχήμα 1.29: Μορφές διαμόρφωσης του δυαδικού σήματος (α): ως προς το πλάτος (β), ως προς τη συχνότητα (γ) και ως προς τη φάση (δ)



Στάθμη ονομάζεται μια τιμή της ηλεκτρικής τάσης, π.χ. ± 5 Volt.

μειώθηκε. Επομένως ο διαποδιαμορφωτής του δέκτη ενδιαφέρεται κυρίως για τις σχετικές τιμές που έχουν τα πλάτη και όχι για τις ακριβείς τιμές τους.

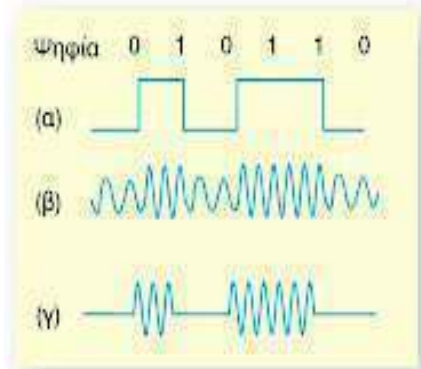
Στην περίπτωση του ψηφιακού σήματος οι ορθογώνιοι παλμοί, αφού μετατραπούν σε αναλογικό σήμα, διέρχονται από ένα φίλτρο που επιτρέπει να περάσουν όσες αρμονικές χωρούν στο πλάτος του μέσου μετάδοσης και απορρίπτει τις αρμονικές των υψηλότερων συχνοτήτων. Οι χαμηλές αρμονικές στη συνέχεια διαμορφώνουν κατά πλάτος το αναλογικό σήμα του φέροντος, το οποίο τελικά διαβιβάζεται στο μέσο. Όμως το πλάτος του σήματος μπορεί να πάρει περισσότερες τιμές, οπότε κάθε στάθμη θα αντιπροσωπεύεται με περισσότερα από ένα ψηφία. Για παράδειγμα, στο σχήμα 1.31 το πλάτος του φέροντος παίρνει τέσσερις τιμές, που αντιπροσωπεύουν τα τέσσερα ζεύγη ψηφίων 00, 01, 10, 11, διπλασιάζοντας μ' αυτό τον τρόπο το ρυθμό μετάδοσης.



Σχήμα 1.31: Διαμόρφωση πλάτους με περισσότερες τιμές

και 0.

Η διαμόρφωση συχνότητας δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τη διαμόρφωση πλάτους, επειδή το πλάτος της συχνότητας του σήματος που εισέρχεται είναι πάντοτε μεγαλύτερο από κάποιο επίπεδο, πράγμα που επηρεάζει τη δυνατότητα του διαποδιαμορφωτή να αντιληφθεί αν το εισερχόμενο σήμα είναι πράγματι χαμηλής στάθμης ή όχι.



Σχήμα 1.30: Διαμόρφωση AM

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, επειδή το σύστημα είναι ευαίσθητο σε θορύβους και επειδή η παραγωγή του φέροντος απαιτεί πολλές μεταβολές στο πλάτος του, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολα υλοποιήσιμη.

Μία από τις πιο συνηθισμένες μορφές διαμόρφωσης είναι η **μετατόπιση συχνότητας** (FSK: *Frequency Shift Keying*). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μετάθεση της συχνότητας του αναλογικού σήματος, αφού ληφθεί υπόψη και το εισερχόμενο ψηφιακό σήμα. Επομένως ένα εισερχόμενο 0 μετατοπίζεται σε κάποια χαμηλή συχνότητα, ενώ ένα εισερχόμενο 1 σε κάποια υψηλή συχνότητα (σχήμα 1.29 γ), ή αντίστροφα. Ο διαποδιαμορφωτής, αφού λάβει το σήμα, διαχωρίζει τις εισερχόμενες συχνότητες, ερμηνεύοντας με αυτό τον τρόπο τα ψηφία 1

Παράδειγμα VIII

Όπως είναι γνωστό, ο διαμοδιαμορφωτής είναι η συσκευή που μπορεί να διαμορφώσει και να αποδιαμορφώσει ένα σήμα. Για το λόγο αυτό η συσκευή τοποθετείται και στον αποστολέα και στον αποδέκτη του σήματος. Έστω ότι το κανάλι επικοινωνίας μπορεί να χωριστεί σε δύο λογικά κανάλια, εκ των οποίων το λογικό κανάλι 1 παρέχει συχνότητες στα 1.075 - 1.275 Hz προς την κατεύθυνση του αποδέκτη και το λογικό κανάλι 2 παρέχει συχνότητες στα 2.025 - 2.225 Hz προς την κατεύθυνση του αποστολέα. Τότε, επάνω στην ίδια γραμμή, την ίδια χρονική στιγμή, μπορεί να συνυπάρχουν τα ίδια ή διαφορετικά ψηφία 1 ή 0, μόνο που θα οδεύουν προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Η επιλογή των παραπάνω συχνοτήτων έγινε, επειδή η περιοχή συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στην τηλεφωνία είναι από 300 έως 3.400 Hz. Αυτό έχει ως συνέπεια, όπου χρησιμοποιούνται οι τηλεφωνικές γραμμές για επικοινωνία ηλεκτρονικών υπολογιστών, να ακολουθείται το ίδιο εύρος ζώνης συχνοτήτων που παρέχουν αυτές οι γραμμές (300 - 3.400 Hz). Έτσι με το χωρισμό του καναλιού επικοινωνίας σε δύο λογικά κανάλια είναι δυνατόν να παρασχεθεί ταυτόχρονη αμφίπλευρη μετάδοση (*full duplex*).

Κατά τη **μετατόπιση φάσης** (*PSK: Phase Shift Keying*) ή, διαφορετικά, **διαμόρφωση φάσης** μετατοπίζεται η φάση του αναλογικού σήματος (φορέα) ανάλογα με την τιμή του ψηφιακού σήματος που μεταδίδεται από το διαμοδιαμορφωτή. Η συχνότητα του σήματος δεν αλλάζει. Με την είσοδο των ψηφίων 0 και 1, μόνο η φάση του σήματος αλλάζει. Στην απλούστερη των περιπτώσεων το ψηφίο 1 μπορεί να επιφέρει μετατόπιση της φάσης του κατά 180° σε σχέση με την προηγούμενη φάση του αναλογικού (ημιτονοειδούς) σήματος, ενώ το ψηφίο 0 δεν επιφέρει καμιά αλλαγή φάσης. Επομένως η μέθοδος βασίζεται στη μεταβολή της φάσης του αναλογικού σήματος και λαμβάνει υπόψη της και το εισερχόμενο ψηφιακό σήμα.

Υπάρχουν δύο τεχνικές διαμόρφωσης φάσης. Στην πρώτη, που λέγεται μέθοδος **σταθερής αναφοράς**⁸, ο αποδέκτης χρειάζεται κάποιο σήμα αναφοράς με το οποίο θα βρίσκεται σε σταθερή φάση, ώστε να μπορεί να ερμηνεύει ποια φάση παριστάνει το ψηφίο 0 και ποια το 1. Το μειονέκτημα της μεθόδου συνίσταται στη σύγκριση με το σήμα αναφοράς του δέκτη. Στη δεύτερη, που λέγεται **διαφορική διαμόρφωση φάσης** (*DPSK: Differential PSK*), δε χρειάζεται το σταθερό σήμα, γιατί δε συγκρίνονται οι ίδιες οι φάσεις του φέροντος αλλά η μεταξύ τους σχέση. Τα ψηφία κωδικοποιούνται σε σχέση με κάποια μεταβολή της φάσης του φέροντος. Για παράδειγμα, μια μετατόπιση της φάσης κατά 90° μπορεί να παριστάνει το ψηφίο 0 και μια μετατόπιση κατά 270° το ψηφίο 1. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να παραστήσουμε και συνδυασμούς ψηφίων με διάφορες μετατοπίσεις φάσης, αυξάνοντας έτσι το ρυθμό μετάδοσης. Μετατοπίσεις φάσεων συμβαίνουν σε κάθε μεταβολή από το ψηφίο 0 ή 1, ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο αυτά μεταδίδονται. Στο σχήμα 1.32 μια μετατό-

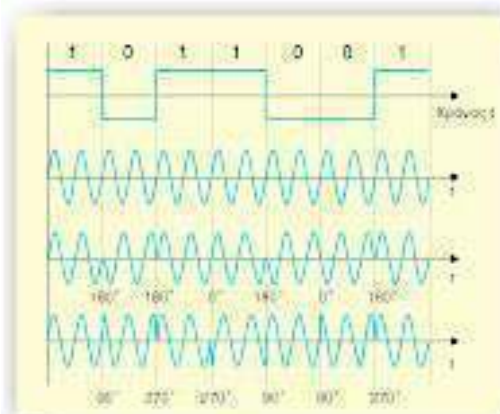


Η περιοχή συχνοτήτων από 300 έως 3.400 Hz, που χρησιμοποιείται από την τηλεφωνία, θεωρείται η καταλληλότερη, από άποψη ευκρίνειας, για την ακοή του ανθρώπου.



Η μετάδοση αναλογικών σημάτων όσον αφορά την κατεύθυνσή της είναι τριών ειδών: η **μονόπλευρη** μετάδοση (*simplex*), όπου τα σήματα κινούνται μόνο προς μία κατεύθυνση (π.χ. οι εκπομπές της τηλεόρασης), η **ημίπλευρη** μετάδοση (*half duplex*), όπου τα σήματα κινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις, όχι όμως ταυτόχρονα (π.χ. ο κλασικός ασύρματος), και τέλος η **αμφίπλευρη** μετάδοση (*full duplex*), όπου τα σήματα κινούνται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις.

⁸ Η μέθοδος, στην πλέον γνωστή μορφή της, χρησιμοποιεί δύο σταθερά σήματα ως φορείς, που αντιπροσωπεύουν τα ψηφία 0 και 1, με διαφορά φάσης 180° .



Σχήμα 1.32: Μέθοδος σταθερής αναφοράς και διαφορική διαμόρφωση φάσης

πιση φάσης 90° σε σχέση με το τρέχον σήμα υπονοεί ότι το επόμενο ψηφίο είναι 0, ενώ μια μετατόπιση 270° υπονοεί το ψηφίο 1.

Για την παράσταση περισσότερων ψηφίων σε κάθε μετατόπιση φάσης χρειαζόμαστε περισσότερες φάσεις και οπωσδήποτε περισσότερες γωνίες, που στην πράξη δύσκολα επιτυγχάνονται ή ανιχνεύονται. Σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης χρησιμοποιούνται συνδυασμοί διαμορφώσεων πλάτους και φάσης. Το είδος αυτό της διαμόρφωσης καλείται **ορθογωνική διαμόρφωση πλάτους** (QAM: *Quadrature Amplitude Modulation*) και χρησιμοποιείται σε εξελιγμένες διατάξεις μετατροπής.

1.6.2 Ψηφιακή μετάδοση και διαμόρφωση

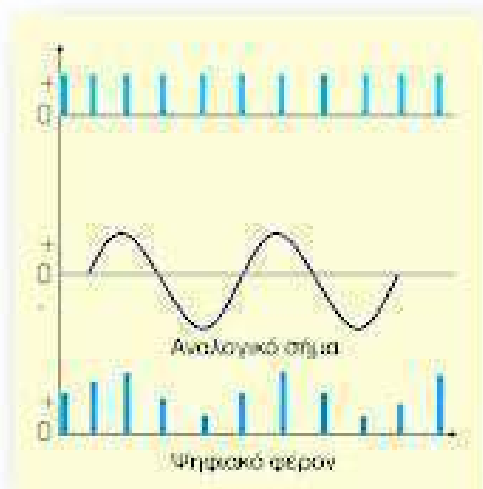
Οι μέθοδοι που περιγράψαμε στην παράγραφο 1.6.1 αφορούν την αναλογική μετάδοση των σημάτων, όπου ο φορέας είναι αναλογικό σήμα. Όμως τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με τη ραγδαία εξέλιξη στη μικροηλεκτρονική, έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και οι τεχνικές που αφορούν την ψηφιακή μετάδοση των σημάτων. Είναι πλέον ορατό σε όλους τους χώρους εφαρμογών ότι επιτελείται σταδιακά, αλλά με διαρκώς αυξανόμενους ρυθμούς, η αντικατάσταση των αναλογικών μέσων μετάδοσης με ψηφιακά, τα οποία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση αναλογικών ή ψηφιακών σημάτων. Οι σημαντικότερες συνθήκες που ευνόησαν την εξέλιξη αυτή είναι:

- ✓ Η ανάγκη για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- ✓ Οι μικρότερες παραμορφώσεις που υφίστανται τα ψηφιακά σήματα σε σχέση με τα αναλογικά.
- ✓ Η δυνατότητα ελέγχου και διόρθωσης των ψηφιακών σημάτων στους αναμεταδότες και στους αποδέκτες, πράγμα που δεν είναι δυνατόν να γίνει στα αναλογικά σήματα.
- ✓ Η ανάπτυξη νέων μέσων μετάδοσης σημάτων και οι τεχνολογικές βελτιώσεις άλλων, όπως είναι οι οπτικές ίνες, οι δορυφόροι κτλ.

Η διαμόρφωση στην ψηφιακή μετάδοση επιτυγχάνεται ως εξής: ένα αναλογικό σήμα διαμορφώνει ένα ψηφιακό φέρον, δηλαδή μια σειρά παλμών των οποίων μεταβάλλει το πλάτος, και κατόπιν το σήμα που προκύπτει αποστέλλεται για μετάδοση (σχήμα 1.33). Σε τακτά χρονικά διαστήματα παίρνονται δείγματα από το πλάτος του αναλογικού σήματος και με βάση αυτά καθορίζεται το πλάτος των αντίστοιχων παλμών του



Παράδειγμα μιας τέτοιας εξέλιξης αποτελεί το τηλεφωνικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιούσε μέχρι πρόσφατα αναλογικές τεχνικές μετάδοσης, που όμως σήμερα έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την ψηφιακή μετάδοση.



Σχήμα 1.33: Παλμοκωδική διαμόρφωση

φέροντος. Σύμφωνα με το θεώρημα του Nyquist, η συχνότητα με την οποία παίρνονται τα δείγματα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια από το εύρος ζώνης που καλύπτει το σήμα. Έτσι, για παράδειγμα, στο τηλεφωνικό σύστημα στο οποίο διατίθεται ένα εύρος ζώνης 4.000 Hz για την πιστή αναπαραγωγή της ομιλίας θα χρειαστούν $4.000 \times 2 = 8.000$ δείγματα παλμών το δευτερόλεπτο.

Η διαμόρφωση του ψηφιακού φέροντος επιτυγχάνεται μέσω ενός αναλογικού σήματος, το οποίο μπορεί επίσης να μεταβάλλει είτε τη διάρκεια των παλμών, οπότε έχουμε τη μέθοδο **διαμόρφωσης διάρκειας παλμών** (*PDM: Pulse Duration Modulation*), είτε τη θέση των παλμών, οπότε έχουμε τη μέθοδο **διαμόρφωσης**

θέσης παλμών (*PPM: Pulse Position Modulation*). Όμως η μέθοδος που κατακτά όλο και περισσότερο έδαφος είναι αυτή της **παλμοκωδικής διαμόρφωσης** (*PCM: Pulse Code Modulation*), σύμφωνα με την οποία τα αναλογικά σήματα μετατρέπονται σε σειρές ψηφίων κατά παρόμοιο τρόπο με τα δεδομένα των υπολογιστών. Η μέθοδος *PCM* προδιαγράφει τον τρόπο μετάδοσης των αναλογικών και των ψηφιακών σημάτων μέσω ψηφιακών συστημάτων. Η μετάδοσή τους γίνεται με πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς ($> 10^6$ bps) από αυτούς των αναλογικών συστημάτων.

Από την πλευρά του αποστολέα, εάν τα σήματα είναι ψηφιακά, είναι ήδη έτοιμα για μετάδοση και δε χρειάζονται καμιά προσαρμογή. Αν όμως είναι αναλογικά, τότε πρέπει να ψηφιοποιηθούν. Η ψηφιοποίηση γίνεται ως ακολούθως:

- ✓ Λαμβάνονται δείγματα του σήματος με συχνότητα που πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια από το εύρος ζώνης που καλύπτει το σήμα.
- ✓ Κωδικοποιούνται τα δείγματα έτσι, ώστε να αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα.
- ✓ Τοποθετούνται στο μέσο μετάδοσης ένα - ένα όλα τα ψηφία που αποτελούν τους χαρακτήρες του δείγματος προκειμένου να σταλούν προς τον αποδέκτη.

Από την πλευρά του αποδέκτη, η αναγνώριση του ψηφιοποιημένου σήματος γίνεται ως ακολούθως:

- ✓ Συλλέγονται τα ψηφία που αποστέλλονται σύμφωνα με τη σειραϊκή μετάδοση (Μάθημα 2.2) και ομαδοποιούνται σε χαρακτήρες δειγμάτων.
- ✓ Αποκωδικοποιούνται τα δείγματα (*decoding*), δηλαδή αναγνωρίζονται από τους συγκεντρωμένους χαρακτήρες.
- ✓ Μετατρέπονται τα δείγματα του ψηφιακού σήματος σε σήμα αναλογικής μορφής (*digital/analog conversion*).



Το **PCM** ανοίγει νέους ορίζοντες στη μεταφορά ήχου, εικόνας και δεδομένων μέσω ενός ψηφιακού δικτύου ολοκληρωμένων υπηρεσιών (*ISDN*).



Κάθε χαρακτήρας (byte) αποτελείται από ένα συνδυασμό 8 ψηφίων 0 ή 1, που ονομάζονται bits.



Κάθε πομπός και κάθε δέκτης διαθέτουν ένα ρολόι που εκπέμπει παλμούς σε κάποια συγκεκριμένη συχνότητα, στην οποία συντονίζεται κάθε εκπεμπόμενο σήμα.



Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται οι γραμμές E1 (αντιστοιχούν στις γραμμές T1 που χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α.) οι οποίες στηρίζονται στο πρωτόκολλο *PCM 30* της *CCITT*. Με βάση το πρωτόκολλο αυτό μεταφέρονται ταυτόχρονα σήματα 32 καναλιών με ρυθμό $32 \times 64 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Mbps}$.

Επομένως το πλάτος κωδικοποίησης προδιαγράφει την αξιοπιστία μεταξύ του σήματος που αποστέλλεται και του σήματος που λαμβάνεται. Αποτελεί σημαντικό παράγοντα, αφού η σωστή επιλογή του αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη ανεκτού *SNR*, σύντομης διάρκειας και χαμηλού κόστους μετάδοσης.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την κωδικοποίηση της πληροφορίας εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι:

- ✓ Το εύρος ζώνης που χρειάζεται ο πομπός για τη μετάδοση των δεδομένων.
- ✓ Η ευκολία με την οποία ο δέκτης διαχωρίζει το σήμα από τον παλμό του ρολογιού του πομπού.
- ✓ Η ευκολία με την οποία ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει σφάλματα που δημιουργήθηκαν κατά τη μετάδοση της πληροφορίας.
- ✓ Η ευκολία κατασκευής του κωδικοποιητή / αποκωδικοποιητή.
- ✓ Η ανοχή στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο που δημιουργούν οι διάφορες συσκευές, ο οποίος αποτελεί έναν από τους λόγους δημιουργίας σφαλμάτων κατά τη μετάδοση.

1.6.3 Κωδικοποίηση

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες κωδικοποίησης σημάτων. Η πρώτη είναι η **μονοπολική**, στην οποία εκτός από τη μηδενική στάθμη χρησιμοποιείται και άλλη μία, όπως στο απλό ψηφιακό σήμα. Είναι η απλούστερη ως προς την εφαρμογή της κατηγορία κωδικοποίησης. Η δεύτερη κατηγορία είναι η **διπολική**, στην οποία υπάρχουν άλλες δύο στάθμες εκτός από τη μηδενική, συνήθως η μία μικρότερη και η άλλη μεγαλύτερη από τη μηδενική. Οι μέθοδοι κωδικοποίησης που υπάρχουν σήμερα είναι αρκετές, εδώ όμως θα αναφερθούν οι πιο γνωστές και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες (σχήμα 1.34).

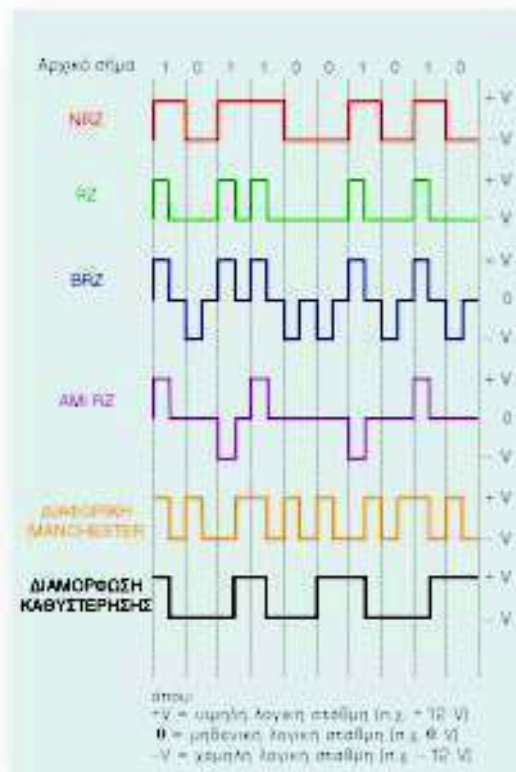
- ✓ Η μέθοδος **μη επαναφοράς στο μηδέν** (*NRZ: Non Return to Zero*) αποτελεί την κλασική μέθοδο μονοπολικής κωδικοποίησης, στην οποία το λογικό μηδέν παριστάνεται από τη μηδενική στάθμη και το λογικό ένα από την υψηλότερη στάθμη.
- ✓ Η μέθοδος της **διπολικής επαναφοράς στο μηδέν** (*BRZ: Bipolar Return to Zero*) είναι μία από τις διπολικές μεθόδους κωδικοποίησης σύμφωνα με την οποία το λογικό μηδέν (0) παριστάνεται από τη στάθμη που είναι χαμηλότερη της μηδενικής και συνήθως συμβολίζεται με -1 , ενώ το λογικό ένα (1) παριστάνεται από την υψηλότερη της μηδενικής στάθμη. Οι στάθμες αυτές διαρκούν μόνο για χρονικό διάστημα ίσο με το πρώτο μισό του χρόνου μετάδοσης του δυαδικού ψηφίου, ενώ

στη συνέχεια το κανάλι επανέρχεται στη μηδενική στάθμη.

- ✓ Με τη μέθοδο της **κωδικοποίησης Manchester** (*Manchester code*) ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου διαιρείται σε δύο ίσα διαστήματα. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή 1 αποστέλλεται έχοντας τη στάθμη υψηλή κατά τη διάρκεια του πρώτου διαστήματος και χαμηλή κατά τη διάρκεια του δεύτερου. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή 0 αποστέλλεται ανάποδα, δηλαδή πρώτα η χαμηλή και μετά η υψηλή στάθμη. Αυτό το σχήμα εξασφαλίζει ότι ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου έχει μια μεταβολή κατάστασης στο μέσο, δηλαδή εναλλαγή της τάσης (π.χ. από -5 V σε $+5\text{ V}$ ή και αντίστροφα), διευκολύνοντας τον αποδέκτη να συγχρονιστεί με τον αποστολέα. Ένα μειονέκτημα αυτής της κωδικοποίησης είναι ότι απαιτεί δύο φορές το εύρος ζώνης της άμεσης δυαδικής κωδικοποίησης, επειδή οι παλμοί έχουν το μισό πλάτος.

- ✓ Η **διαφορική κωδικοποίηση Manchester** (*Manchester differential code*) είναι μία μονοπολική μέθοδος, παραλλαγή της βασικής κωδικοποίησης Manchester. Με τη μέθοδο αυτή υπάρχει πάντα αλλαγή στάθμης στο μέσο κάθε δυαδικού ψηφίου. Εάν το δυαδικό ψηφίο που μεταδίδεται είναι το λογικό ένα (1), τότε η στάθμη δεν αλλάζει στην αρχή του συγκεκριμένου δυαδικού ψηφίου. Εάν είναι το λογικό μηδέν (0), τότε υπάρχει αλλαγή στάθμης, εκτός από το μέσο, και στην αρχή του συγκεκριμένου δυαδικού ψηφίου. Η διαφορική κωδικοποίηση *Manchester* απαιτεί πιο πολύπλοκο εξοπλισμό, αλλά προσφέρει καλύτερη ανοχή στο θόρυβο.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.34, άλλες μέθοδοι κωδικοποίησης είναι η **επαναφορά στο μηδέν** (*RZ: Return to Zero*), η μέθοδος **εναλλακτικού σημείου αντιστροφής** (*AMI-RZ: Alternate Mark Inversion-RZ*) και τέλος η μέθοδος της **διαμόρφωσης καθυστέρησης** (*delayed modulation*).



Σχήμα 1.34: Διάφορες μέθοδοι κωδικοποίησης



Οι διάφορες μέθοδοι κωδικοποίησης διακρίνονται μεταξύ τους ως ακολούθως:

- ✓ Όταν το ψηφίο 1 αντιστοιχεί σε υψηλή τάση και το ψηφίο 0 σε αποβολή ρεύματος, έχουμε τη μέθοδο NRZ.
- ✓ Όταν το ψηφίο 0 αντιστοιχεί σε χαμηλή τάση και το ψηφίο 1 σε υψηλή, δηλαδή έχουμε δύο τάσεις για τα ψηφία 0 και 1, τότε έχουμε τη διπολική μέθοδο.
- ✓ Όταν το ψηφίο 0 αντιστοιχεί με αλλαγή της τάσης, ενώ το ψηφίο 1 με την ίδια τάση με την αρχική, πριν δηλαδή από την εκπομπή, έχουμε τη μέθοδο της διαφορικής κωδικοποίησης Manchester.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διαμόρφωση πλάτους, διαμόρφωση συχνότητας, διαμόρφωση φάσης, μετατόπισης συχνότητας, μετατόπιση φάσης, μέθοδος σταθερής αναφοράς, διαφορική διαμόρφωση φάσης, ορθογωνική διαμόρφωση πλάτους, διαμόρφωση διάρκειας παλμών, διαμόρφωση θέσης παλμών, μονοπολική κωδικοποίηση, διπολική κωδικοποίηση.

Μάθημα 1.7: Μοντέλο επικοινωνίας

Ως επικοινωνία νοείται η **μεταβίβαση πληροφοριών** από κάποιον αποστολέα σε κάποιον παραλήπτη μέσω ενός κοινού συστήματος συμβόλων. Επομένως η επικοινωνία σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα – σύμφωνα και μ' αυτά που έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα – είναι συνυφασμένη με την ύπαρξη ορισμένων λειτουργικών τμημάτων, δηλαδή ενός **πομπού**, ενός **δέκτη** και ενός **μέσου μεταφοράς** της πληροφορίας. Εάν η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη είναι μικρή, τότε το μέσο μεταφοράς της πληροφορίας είναι ο αέρας. Εάν η απόσταση είναι μεγάλη, τότε θα πρέπει να είναι κάποια τηλεφωνική γραμμή. Τα ανωτέρω συνιστούν ένα απλό μοντέλο επικοινωνίας (σχήμα 1.35).

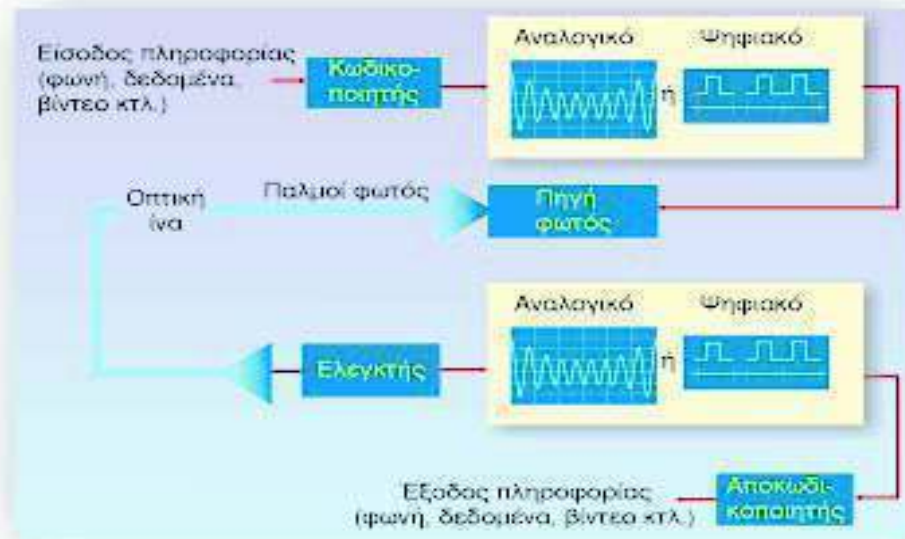
Στο σχήμα 1.36 παρουσιάζεται ένα σύνθετο μοντέλο επικοινωνίας, του οποίου φαίνονται όλα τα λειτουργικά τμήματα. Η πληροφορία που παράγεται και εκπέμπεται από κάποια πηγή εισάγεται, μέσω κάποιας ηλεκτρικής κυματομορφής, στον πομπό. Ο τελικός σκοπός του συστήματος επικοινωνίας είναι η μεταβίβαση μηνυμάτων ή ακολουθίας συμβόλων στο σημείο προορισμού, με όσο γίνεται μεγαλύτερο ρυθμό μεταβίβασης και υψηλότερη πιστότητα. Η πηγή της πληροφορίας και το σημείο προορισμού βρίσκονται σαφώς σε κάποια απόσταση μεταξύ τους και συνδέονται με μία γραμμή επικοινωνίας (κανάλι).

Στην αρχή η πληροφορία που πρόκειται να μεταδοθεί κωδικοποιείται με τη βοήθεια κάποιου κώδικα. Ο πομπός λαμβάνει την παραγόμενη σειρά δυαδικών ψηφίων και τη μετατρέπει σε διαμορφωμένο σήμα, κατάλληλο για μεταφορά από το μέσο μετάδοσης, προκειμένου να τη στείλει στον προορισμό της. Ο δέκτης θα πρέπει να παρακολουθεί το μέσο μετάδοσης, για να αναγνωρίσει την πληροφορία που μεταδίδεται. Όταν ο δέκτης λάβει το σήμα, το αποδιαμορφώνει και μεταφέρει στο σημείο εξόδου την πληροφορία, πάλι με τη μορφή ηλεκτρικής κυματομορφής, για περαιτέρω επεξεργασία. Ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της μεταφερόμενης πληροφορίας, το είδος του μέσου μεταφοράς και τον τρόπο συντονισμού του δέκτη με τον πομπό, προκύπτουν οι διαφορετικές τεχνικές μετάδοσης.

Η γραμμή επικοινωνίας δέχεται ηλεκτρικά / ηλεκτρομαγνητικά σήματα. Η έξοδος του σήματος είναι συνήθως μια παραλλαγή της εισόδου του, λόγω της μη ιδανικής



Σχήμα 1.35: Απλό μοντέλο επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο σημεία



Σχήμα 1.36: Σύνθετο μοντέλο επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο σημεία

συμπεριφοράς του καναλιού. Επιπλέον η πληροφορία έχει υποστεί φθορά από απρόβλεπτα ηλεκτρικά σήματα (θόρυβος), που οφείλονται τόσο σε ανθρώπινες όσο και σε φυσικές αιτίες. Η παραμόρφωση και ο θόρυβος δημιουργούν σφάλματα στην πληροφορία που μεταβιβάζεται και έτσι περιορίζουν το ρυθμό με τον οποίο η πληροφορία θα μπορούσε να μεταδοθεί από την πηγή στον προορισμό της. Η κύρια λειτουργία του κωδικοποιητή, του διαμορφωτή, του αποδιαμορφωτή και τέλος του αποκωδικοποιητή είναι να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της υποβάθμισης του σήματος από το κανάλι και να μεγιστοποιήσουν το ρυθμό και την ακρίβεια της πληροφορίας που μεταδίδεται.

Με βάση τον τύπο της διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται, καθώς και το είδος της πληροφορίας, μπορούμε να διακρίνουμε τα συστήματα επικοινωνίας στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- ✓ Αναλογικά συστήματα επικοινωνίας, σχεδιασμένα για τη μετάδοση αναλογικής πληροφορίας με χρήση αναλογικών μεθόδων διαμόρφωσης.
- ✓ Ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας, σχεδιασμένα για τη μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας με χρήση ψηφιακών μεθόδων διαμόρφωσης.
- ✓ Μεικτά (υβριδικά) συστήματα επικοινωνίας, που χρησιμοποιούν ψηφιακές μεθόδους διαμόρφωσης για τη μετάδοση διακριτών τιμών από αναλογικό σήμα μηνύματος.

Σημειώνεται ότι υπάρχουν και άλλοι τρόποι διάκρισης των συστημάτων επικοινωνίας σε κατηγορίες, που βασίζονται στη συχνότητα του φέροντος και στη φύση του καναλιού επικοινωνίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, το καθένα από τα λειτουργικά τμήματα ενός συστήματος επικοινωνίας θα έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ✓ Οι **πηγές** πληροφορίας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες με βάση το είδος των σημάτων εξόδου τους: στις πηγές αναλογικής πληροφορίας και στις πηγές ψηφιακής (διακριτής) πληροφορίας. Οι πηγές αναλογικής πληροφορίας – όπως το μικρόφωνο, όταν διεγείρεται από ομιλία, ή η βιντεοκάμερα, όταν κάνει λήψη μιας σκηνής – δίνουν ένα ή περισσότερα σήματα που μεταβάλλονται συνεχώς μέσα στο χρόνο. Αντίθετα, η έξοδος των πηγών ψηφιακής πληροφορίας – όπως ένα τηλετύπο ή το αποτέλεσμα μιας διεργασίας που βλέπουμε στην οθόνη ενός υπολογιστή – αποτελείται από μια σειρά διακριτών συμβόλων ή γραμμάτων.
- ✓ Το **μέσο μετάδοσης** πραγματοποιεί τη φυσική (ηλεκτρική) σύνδεση μεταξύ της πηγής και του προορισμού της πληροφορίας. Η γραμμή επικοινωνίας μπορεί να είναι ένα ζεύγος συρμάτων ή ένα τηλεφωνικό καλώδιο ή μια οπτική ίνα ή ακόμα ο ελεύθερος χώρος μέσα στον οποίο μεταδίδεται το σήμα που μεταφέρει την πληροφορία.
- ✓ Ο **δέκτης**, αφού πάρει το εξασθενημένο σήμα από το μέσο μετάδοσης, το επαναφέρει στην πραγματική του κατάσταση. Επιτελεί τη λειτουργία αυτή με τη διεργασία της αποδιαμόρφωσης, η οποία είναι η αντίστροφη της διαμόρφωσης που επιτελείται στον πομπό. Λόγω της παρουσίας θορύβου και άλλων παραμορφωτικών σημάτων, ο δέκτης δεν μπορεί να επαναφέρει τέλεια το σήμα του μηνύματος. Εκτός από την αποδιαμόρφωση, ο δέκτης κάνει συνήθως ενίσχυση και φιλτράρισμα του σήματος.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πηγή, πομπός, δέκτης, μέσο μεταφοράς ή μετάδοσης μοντέλο επικοινωνίας.





Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό, που αποτελείται από επτά μαθήματα, δόθηκαν οι βασικές έννοιες των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Αναλυτικότερα:

- ✓ Στο πρώτο μάθημα έγινε μια ανασκόπηση της βασικής θεωρίας των σημάτων. Αρχικά ορίστηκαν όλα τα χαρακτηριστικά του σήματος, όπως είναι η περίοδος, το μήκος, το πλάτος, η συχνότητα, η ταχύτητα και η φάση του. Τα σήματα διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες: τα αναλογικά, που ορίζονται σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα και επομένως μεταβάλλονται συνεχώς στο χρόνο, και τα ψηφιακά, που ορίζονται σε ορισμένες μόνο, διακριτές χρονικές στιγμές.
- ✓ Στο δεύτερο μάθημα ορίστηκαν τα μέσα μετάδοσης, που αποτελούν το φυσικό δρόμο μέσω του οποίου μεταδίδονται τα σήματα, αναφέρθηκαν τα διαφορετικά μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται σήμερα και δόθηκαν τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά τους. Έγινε επίσης πλήρης περιγραφή των ενσύρματων και των ασύρματων μέσων μετάδοσης και αναφέρθηκαν οι διαφορές των χαρακτηριστικών τους. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην οπτική ίνα και στις τεράστιες δυνατότητές της έναντι των άλλων ενσύρματων μέσων μετάδοσης.
- ✓ Στο τρίτο μάθημα η συγκριτική αξιολόγηση των μέσων μετάδοσης κατέδειξε, εκτός των άλλων, και τη χρησιμότητα των ασύρματων μέσων μετάδοσης, ιδιαίτερα μεταξύ σημείων που απέχουν πολύ ή παρουσιάζουν δυσκολίες στην εγκατάσταση των ενσύρματων μέσων (άνοιγμα φρεατίων - αγωγών στις πόλεις, δυσπρόσιτα εδάφη κτλ.).
- ✓ Στο τέταρτο μάθημα εξετάστηκαν οι αιτίες που προκαλούν τη βλάβη ενός σήματος, όπως είναι η εξασθένηση, η παραμόρφωση και ο θόρυβος. Έγινε σαφές ότι η εξασθένηση οφείλεται στη μεγάλη απόσταση μεταξύ των σημείων που επικοινωνούν, συνέπεια της οποίας είναι η παραμόρφωση του σήματος. Ένας άλλος παράγοντας στον οποίο οφείλεται η παραμόρφωση του σήματος είναι ο θόρυβος. Περιγράφηκαν τα κυριότερα είδη του θορύβου, όπως είναι οι εξωτερικοί θόρυβοι (βιομηχανικά και ατμοσφαιρικά παράσιτα) και οι εσωτερικοί θόρυβοι (θερμικός θόρυβος, θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης και η συνακρόαση), και δόθηκαν πρακτικά παραδείγματα μέτρησης της εξασθένησης - ενίσχυσης του σήματος. Τέλος, περιγράφηκαν οι τρόποι αντιμετώπισης όλων αυτών των προβλημάτων, καθώς και οι διατάξεις με τις οποίες αντιμετωπίζονται (ενισχυτές, αναμεταδότες κτλ.).
- ✓ Στο πέμπτο μάθημα ορίστηκε η διαμόρφωση του σήματος. Έγινε σαφές ότι ένα μέσο μετάδοσης μπορεί να λειτουργεί περισσότερο αποδοτικά (χωρίς θόρυβο) σε υψηλές συχνότητες. Για το λόγο αυτό τα σήματα υψηλών συχνοτήτων μπορούν να διαμορφώνονται έτσι, ώστε να μεταφέρουν και χαμηλές συχνοτήτες.
- ✓ Στο έκτο μάθημα περιγράφηκαν τα είδη διαμόρφωσης. Στην αναλογική μετάδοση σήματος εξετάστηκαν η διαμόρφωση πλάτους, συχνότητας και φάσης, ενώ στην ψηφιακή μετάδοση σήματος εξετάστηκε η παλμοκωδική διαμόρφω-

ση. Ακολούθως έγινε αναφορά στους κωδικοποιητές σήματος, καθώς και μια σύντομη περιγραφή των κυριότερων από αυτούς.

- ✓ Τέλος, στο έβδομο μάθημα περιγράφηκε ένα απλό μοντέλο επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο σημεία, δόθηκαν τα επιμέρους τμήματά του και έγινε αναφορά στις λειτουργίες του καθενός απ' αυτά.



Ερωτήσεις

1. Τι είναι σήμα και ποια είναι τα χαρακτηριστικά του;
2. Ποιες είναι οι μορφές του σήματος; Μπορείς να δώσεις από ένα παράδειγμα;
3. Τι ονομάζεται μέσο μετάδοσης; Μπορείς να αναφέρεις μερικά διαφορετικά είδη μέσων μετάδοσης, καθώς και τους τομείς στους οποίους αυτά βρίσκουν εφαρμογή;
4. Πόσα είδη ενσύρματων μέσων μετάδοσης γνωρίζεις και ποιες οι διαφορές τους;
5. Να αναφέρεις τα χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης.
6. Να περιγράψεις την οπτική ίνα και να τη συγκρίνεις με τα άλλα ενσύρματα μέσα μετάδοσης.
7. Τι γνωρίζεις για τα ραδιοκύματα;
8. Τι γνωρίζεις για τα μικροκύματα;
9. Τι γνωρίζεις για τη δορυφορική επικοινωνία;
10. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ ενός αναλογικού και ενός ψηφιακού σήματος;
11. Τι είναι οι διαμορφωτές (*modems*), ποια τα κύρια χαρακτηριστικά τους και πού χρησιμοποιούνται;
12. Σε τι μετριέται η χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης;
13. Σε πόσες κατηγορίες διακρίνονται τα μέσα μετάδοσης και ποιες οι βασικές διαφορές τους;
14. Τι είναι ο θόρυβος και πόσα είδη θορύβου υπάρχουν;
15. Τι είναι η εξασθένηση σήματος και πώς αντιμετωπίζεται;
16. Τι προκαλεί ο θόρυβος στη μετάδοση ενός σήματος και με ποιον τρόπο περιορίζεται;
17. Τι είναι η διαμόρφωση σήματος και πώς πραγματοποιείται;
18. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της διαμόρφωσης ενός σήματος;
19. Πόσα είδη διαμόρφωσης αναλογικής μετάδοσης σήματος γνωρίζεις;
20. Τι γνωρίζεις για τη διαμόρφωση ψηφιακού σήματος;
21. Ποια είναι τα οφέλη της ψηφιοποίησης;
22. Ποια είναι τα στάδια της ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος;
23. Ποια στάδια ακολουθούνται για την αναγνώριση του ψηφιοποιημένου σήματος από την πλευρά του αποδέκτη;
24. Να αναφέρεις τις βασικές κατηγορίες κωδικοποίησης.
25. Να κάνεις μια σύντομη περιγραφή ενός μοντέλου επικοινωνίας.
26. Από ποια λειτουργικά τμήματα αποτελείται ένα απλό μοντέλο επικοινωνίας;
27. Να περιγράψεις τα λειτουργικά τμήματα ενός σύνθετου μοντέλου επικοινωνίας.

Κεφάλαιο 2

Μετάδοση δεδομένων

- Μάθημα 2.1: Βασικές έννοιες
- Μάθημα 2.2: Χαρακτηριστικά μετάδοσης δεδομένων
- Μάθημα 2.3: Ασυγχρόνιστη και συγχρονισμένη σειραϊκή μετάδοση
- Μάθημα 2.4: Συγκριτική αξιολόγηση
- Μάθημα 2.5: Κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων



Κεφάλαιο 2: Μετάδοση δεδομένων

Σκοπός

Σκοπός του Κεφαλαίου 2 είναι να γνωρίσει ο μαθητής τα χαρακτηριστικά και τις τεχνικές της ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων. Ο μαθητής θα πρέπει να κατανοεί πλήρως όλες τις βασικές έννοιες, τις μορφές και τους τρόπους της ψηφιακής μετάδοσης. Επίσης θα πρέπει να κατανοεί τις κύριες τεχνικές αντιμετώπισης των διάφορων προβλημάτων της ψηφιακής επικοινωνίας, τη λειτουργία της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης, της παράλληλης και της σειραϊκής μετάδοσης, καθώς και τις μεθόδους κωδικοποίησής τους (κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων).

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να κατανοεί τις βασικές έννοιες της ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων και να διακρίνει τα βασικά χαρακτηριστικά της, όπως είναι η κωδικοποίηση της πληροφορίας, ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων, η χωρητικότητα και το εύρος ζώνης καναλιού.
- ✓ Να διακρίνει τις μορφές μετάδοσης δεδομένων (μονόπλευρη, ημίπλευρη, αμφίπλευρη επικοινωνία).
- ✓ Να διακρίνει την παράλληλη από τη σειραϊκή επικοινωνία και να αναγνωρίζει τις διαφορές τους.
- ✓ Να κατανοεί τις διαφορές μεταξύ της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης σειραϊκής επικοινωνίας.
- ✓ Να συγκρίνει τον αναλογικό με τον ψηφιακό τρόπο μετάδοσης.
- ✓ Να συγκρίνει το σειραϊκό με τον παράλληλο τρόπο μετάδοσης.
- ✓ Να συγκρίνει το συγχρονισμένο με τον ασυγχρόνιστο σειραϊκό τρόπο μετάδοσης.
- ✓ Να κατανοεί το ρόλο που διαδραματίζουν στη μετάδοση δεδομένων οι κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων.
- ✓ Να αξιολογεί την ποιότητα ενός καναλιού μετάδοσης.
- ✓ Να αναγνωρίζει τους τρόπους προστασίας και ελέγχου της πληροφορίας κατά τη μετάδοση.



Προερωτήσεις

1. Τι είναι πληροφορία και ποιές μορφές μπορεί να πάρει;
2. Γιατί χρειάζεται η κωδικοποίηση δεδομένων και πώς πραγματοποιείται;
3. Τι εννοούμε, όταν λέμε χωρητικότητα μέσου μετάδοσης και τι εύρος ζώνης καναλιού;
4. Πώς αντιλαμβάνεσαι την έννοια της κατεύθυνσης της μετάδοσης;
5. Σε τι διαφέρει η σύνδεση σημείου προς σημείο από τη σύνδεση εκπομπής;
6. Αν πλεονεκτεί η οπτική μετάδοση δεδομένων γιατί δεν υλοποιείται παντού;
7. Τι εννοούμε, όταν λέμε σειραϊκή και τι παράλληλη μετάδοση;
8. Τι σημαίνει ασυγχρόνιστη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων;
9. Είναι αποδοτικότερη η συγχρονισμένη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων από την ασυγχρόνιστη;
10. Πώς μπορούμε να ελέγξουμε αν η πληροφορία που λαμβάνει ο δέκτης είναι ίδια με την πληροφορία που στέλνει ο πομπός;
11. Ανιχνεύονται τα λάθη κατά τη μετάδοση δεδομένων και, αν ναι, διορθώνονται;



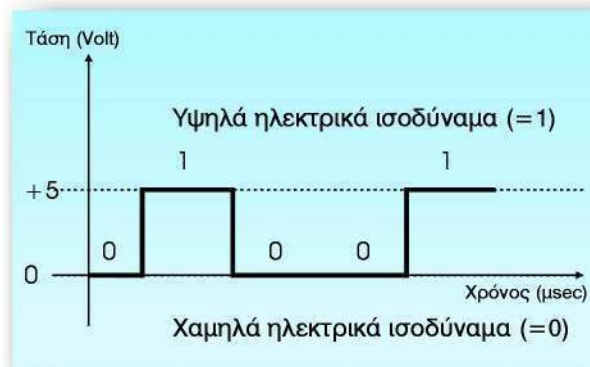
Μάθημα 2.1: Βασικές έννοιες

2.1.1 Εισαγωγή



Στο γνωστό δεκαδικό σύστημα αρίθμησης χρησιμοποιούμε τα δέκα ψηφία 0, 1, 2, ..., 9, σε αντιδιαστολή με το δυαδικό σύστημα αρίθμησης στο οποίο χρησιμοποιούμε μόνο τα ψηφία 0 και 1.

Όπως αναφέραμε στο Κεφάλαιο 1, η πληροφορία, που στην ουσία συνιστά σήμα, μπορεί να είναι οποιασδήποτε μορφής: μια ομιλία στο τηλέφωνο, η εικόνα που λαμβάνει μια κάμερα από ένα βιντεοτηλέφωνο, κάποιο ηλεκτρολογημένο μήνυμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ένα μήνυμα τηλεομοιοτυπίας (*fax*), μια ιστοσελίδα (*WWW page*) από περιήγηση στο Διαδίκτυο (*Internet*) και γενικώς στιδήποτε άλλο μπορεί να διακινηθεί μέσα σε ένα σύστημα με τη μορφή δεδομένων (*data*). Τα **δεδομένα**, που αποτελούν το ακατέργαστο πληροφοριακό υλικό (κείμενο, γραφικά, εικόνα, ήχος, βίντεο κτλ.), μπορεί να είναι είτε ανεξάρτητα το ένα από το άλλο είτε να συνδυάζο-



Σχήμα 2.1: Το δυαδικό (ψηφιακό) σήμα.



Το **bit**, η μικρότερη μονάδα δεδομένων, ισοδυναμεί με έναν παλμό σήματος ή με ένα σημείο σε κάποιο μαγνητικό μέσο που είναι ικανό να αποθηκεύσει το δυαδικό ψηφίο 0 ή 1.

νται μεταξύ τους. Η βασική μονάδα δεδομένων είναι το **δυαδικό ψηφίο** (*binary digit*), το οποίο αναφέρεται διεθνώς ως **bit** και παίρνει δύο τιμές, 1 και 0, σύμφωνα με το δυαδικό σύστημα αρίθμησης που έχει βάση το 2.

Τόσο κατά την επεξεργασία των δεδομένων όσο και κατά τη μετάδοσή τους τα ψηφία παριστάνονται με ηλεκτρικά ισοδύναμα (παλμούς) υψηλής ή χαμηλής στάθμης. Έτσι, για την παράσταση των δεδομένων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ένα σήμα υψηλής στάθμης (π.χ. +5 Volt) παριστάνει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ ένα σήμα χαμηλής στάθμης (π.χ. 0 Volt) το δυαδικό ψηφίο 0 (σχήμα 2.1).



2.1.2 Κωδικοποίηση δεδομένων

Στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα τα δεδομένα παρουσιάζονται με τον ίδιο τρόπο που απεικονίζονται και στο εσωτερικό ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Συνδυάζονται κατά ομάδες, συνηθέστερα των 8 δυαδικών ψηφίων, τους γνωστούς **χαρακτήρες** (*bytes*), οι οποίοι συνιστούν τη βάση των κωδικών παράστασης των αριθμών, των αλφαριθμητικών χαρακτήρων, των ειδικών συμβόλων κτλ. και αποτελούν τα συστατικά στοιχεία των δεδομένων. Επομένως ο **κώδικας** είναι ένα σύνολο από σύμβολα και κανόνες οι οποίοι μας βοηθούν να παραστήσουμε κάποια πληροφορία. Στους κώδικες κάθε χαρακτήρας αντιστοιχεί σε έναν και μοναδικό αλφαριθμητικό ή αριθμητικό χαρακτήρα, σε ένα σημείο στίξης, σε ένα ειδικό σύμβολο κτλ. Γνωστοί κώδικες, οι οποίοι προσδιορίζουν τη μοναδική παράσταση ενός χαρακτήρα με συγκεκριμένο αριθμό δυαδικών ψηφίων, είναι οι κώδικες *ASCII*, *BCD* και *EBCDIC*.

Ειδικότερα, στον κώδικα *ASCII* χρησιμοποιούνται επτά δυαδικά ψηφία (τρανζίστορ), με τα οποία μπορούμε να παραστήσουμε 2^7 (δηλαδή 128) διαφορετικούς χαρακτήρες. Συνοπτικά, ο κώδικας περιλαμβάνει 26 κεφαλαία λατινικά γράμματα, 26 μικρά γράμματα, 10 αριθμούς, σημεία στίξης, σύμβολα και 33 ειδικούς χαρακτήρες. Οι ειδικοί χαρακτήρες χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό της πληροφορίας, τον έλεγχο της επικοινωνίας, τον έλεγχο των συσκευών κτλ.

Όμως η ανάγκη να παρασταθούν και άλλοι χαρακτήρες, όπως για παράδειγμα το αλφάβητο μιας άλλης γλώσσας εκτός από την αγγλική, οδήγησε στη δημιουργία του επεκτεταμένου κώδικα *ASCII*. Στον κώδικα αυτό χρησιμοποιούνται οκτώ δυαδικά ψηφία και επομένως μπορούν να παρασταθούν 2^8 (δηλαδή 256) διαφορετικοί χαρακτήρες. Για την Ελλάδα η επέκταση του *ASCII* στα οκτώ δυαδικά ψηφία ονομάζεται *ΕΛΟΤ 928* και έγινε από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης. Οι πρώτοι 128 χαρακτήρες είναι σχεδόν όμοιοι με τους αντίστοιχους του κώδικα *ASCII*, ενώ στους επόμενους 128 έχουμε τα ελληνικά γράμματα (κεφαλαία και μικρά). Αξίζει να σημειωθεί πως ο *ΕΛΟΤ 928* έχει υιοθετηθεί από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (*ISO: International Standards Organization*) και αναφέρεται ως *ISO 8859-7*. Στο εξής, όταν θα αναφερόμαστε στον κώδικα *ASCII*, θα εννοούμε τον επεκτεταμένο κώδικα.

Ένας άλλος κώδικας είναι ο *BCD*, που χρησιμοποιεί έξι δυαδικά ψηφία για την παράσταση ενός χαρακτήρα, με αποτέλεσμα να προκύπτουν 2^6 (δηλαδή 64) διαφορετικοί χαρακτήρες. Οι χαρακτήρες αυτοί αποτελούνται από τα λατινικά γράμματα (μικρά και κεφαλαία), από 28 ειδικά σύμβολα και από τα σημεία στίξης. Όταν ο κώδικας χρησιμοποιείται στην επικοινωνία, ένα επιπλέον ψηφίο πλαισιώνει καθέναν από τους 64 χαρακτήρες, γνωστό και ως δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας, προκειμένου να ανιχνευτούν τυχόν σφάλματα μετάδοσης μέσω της τεχνικής της δυαδικής ισοτιμίας.

Επέκταση του κώδικα *BCD* στα οκτώ δυαδικά ψηφία αποτελεί ο κώδικας *EBCDIC*, ο οποίος περιλαμβάνει λατινικούς και ελληνικούς χαρακτήρες, κεφαλαία και μικρά, ειδικούς χαρακτήρες και σημεία στίξης. Ο κώδικας *EBCDIC* δε χρησιμοποιείται συχνά στη μετάδοση δεδομένων, παραμένει ωστόσο ένας σημαντικός κώδικας, κυρίως λόγω της ευρείας χρήσης του εξοπλισμού της εταιρείας IBM.



Με ένα τρανζίστορ μπορούμε να παραστήσουμε 2 καταστάσεις, δηλαδή 2^1 . Με κ τρανζίστορ μπορούμε να παραστήσουμε 2^k διαφορετικές καταστάσεις.

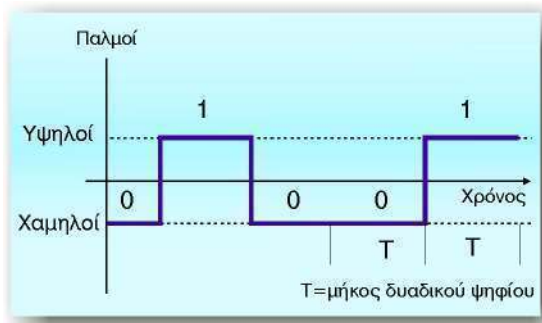


Σύμφωνα με τον κώδικα *ASCII*, κάθε σύμβολο αντιστοιχεί σε οκτώ δυαδικά ψηφία, τα οποία αποτελούν ένα χαρακτήρα. Όμως στον *ΕΛΟΤ 928*, αν και ορισμένα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου είναι ίδια με του λατινικού, η παράστασή τους δεν είναι η ίδια.

Για παράδειγμα, το γράμμα Α του λατινικού αλφαβήτου παριστάνεται με το χαρακτήρα 01000001, ενώ του ελληνικού ως 0100000.

2.1.3 Περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου

Συνοφασμένη με την έννοια της μετάδοσης δεδομένων είναι η περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου. Όπως αναφέρθηκε, τα δυαδικά ψηφία παριστάνονται στο φορέα με ηλεκτρικά ισοδύναμα ή παλμούς (υψηλούς, χαμηλούς). Οι παλμοί αυτοί μεταδίδονται με κάποια χρονική διάρκεια που είναι σταθερή. Επομένως ως **περίοδος (T)** ενός δυαδικού ψηφίου ορίζεται η χρονική διάρκεια του παλμού (σχήμα 2.2). Η περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου αναφέρεται επίσης και ως **μήκος ή διάρκεια δυαδικού ψηφίου**.



Σχήμα 2.2: Περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου

2.1.4 Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων



Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων εξαρτάται τόσο από το είδος του μέσου μετάδοσης όσο και από τις δυνατότητες του διαποδιαμορφωτή που υπάρχει στον πομπό και στο δέκτη.

Έχοντας καθορίσει τη χρονική διάρκεια ενός δυαδικού ψηφίου, είναι δυνατόν να οριστεί το πρώτο χαρακτηριστικό της γραμμής μετάδοσης, που είναι ο **ρυθμός μετάδοσης δεδομένων**. Πρόκειται για τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων που τοποθετεί ο πομπός στο μέσο μετάδοσης ανά μονάδα χρόνου. Επειδή ως μονάδα χρόνου θεωρούμε συνήθως το ένα δευτερόλεπτο, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων μετριέται σε **αριθμό δυαδικών ψηφίων ανά δευτερόλεπτο (bps: bits per second)**.

Επομένως, αν ένας πομπός μεταδίδει m δυαδικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο, τότε ο ρυθμός μετάδοσης της γραμμής θα είναι m δυαδικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο ή, απλούστερα, m bps. Τυπικές τιμές ρυθμού μετάδοσης είναι οι: 2.400 bps, 9.600 bps, 14.400 bps, 33,6 Kbps, 56 Kbps, 2 Mbps, 10 Mbps, 34 Mbps, 155 Mbps και 2 Gbps.

Παράδειγμα Ι

Για ρυθμό μετάδοσης 2.400 bps απαιτείται φορέας που να εναλλάσσει το σήμα του (δηλαδή να έχει συχνότητα) 2.400 φορές το δευτερόλεπτο. Στην περίπτωση αυτή η περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου θα είναι:



$$T = \frac{1}{v} = \frac{1}{2.400} \text{ sec} = 0,000416 \text{ sec ή } 416 \text{ μsec}$$

όπου:

T = η περίοδος ενός δυαδικού ψηφίου και

v = ο αριθμός των εναλλαγών του σήματος.

Επομένως, αν ένας πομπός στέλνει μια σειρά από δυαδικά ψηφία τα οποία έχουν χρονική διάρκεια T sec το καθένα και κατά τη μετάδοσή τους χρησιμοποιεί M λογικές στάθμες, τότε ο ρυθμός μετάδοσης S μπορεί να δοθεί από τον τύπο:

$$S = \frac{1}{T} \cdot \log_2 M$$

όπου:

S = ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων,

T = η χρονική διάρκεια κάθε δυαδικού ψηφίου και

M = οι στάθμες που χρησιμοποιούνται κατά τη μετάδοση.

Παράδειγμα II

Εάν ένας πομπός χρησιμοποιεί 2 λογικές στάθμες για τη μετάδοση, ενώ κάθε δυαδικό ψηφίο διαρκεί 29,762 μsec, τότε ο ρυθμός μετάδοσης θα είναι:

$$S = \frac{1}{29,762 \cdot 10^{-6}} \cdot \log_2 2 = 33.600 \text{ bps}$$

Είναι φανερό ότι, για να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης σε ένα κανάλι, αρκεί ο πομπός να στέλνει τα δυαδικά ψηφία με μικρότερη περίοδο το καθένα ή να χρησιμοποιεί περισσότερες λογικές στάθμες. Βέβαια ο ρυθμός μετάδοσης είναι ένα τεχνικό χαρακτηριστικό, που εξαρτάται από την τεχνολογία του φορέα.

Σημειώνουμε ότι, αν ο φορέας έχει δυνατότητα μετάδοσης 2.400 bps και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά χαρακτήρων *ASCII*, για την παράσταση των οποίων απαιτούνται 8 δυαδικά ψηφία για κάθε χαρακτήρα, τότε σε ένα δευτερόλεπτο θα μεταδοθούν:

$$S = \frac{Q}{n} = \frac{2.400}{8} = 300 \text{ Bps}$$

όπου:

S = ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε Bps (*Bytes per second*),

Q = η δυνατότητα μετάδοσης του φορέα σε bps και

n = το πλήθος των ψηφίων του χαρακτήρα.



Στην ψηφιακή μετάδοση οι λογικές στάθμες είναι 2, ο παλμός για το λογικό 0 και ο παλμός για το λογικό 1.



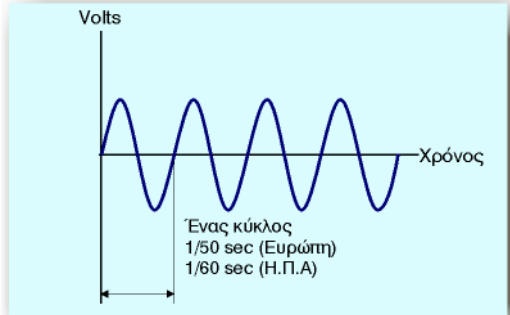
2.1.5 Χωρητικότητα γραμμών επικοινωνίας

Όπως είναι γνωστό και από το Μάθημα 1.2, η **χωρητικότητα** (*capacity*) εκφράζει τη δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων μιας γραμμής επικοινωνίας και ορίζεται ως το μέγιστο ποσό των πληροφοριών που μπορεί να μεταδοθεί διαμέσου της γραμμής αυτής κάτω από ιδανικές συνθήκες. Επειδή η μικρότερη μονάδα πληροφορίας που χρησιμοποιείται είναι το δυαδικό ψηφίο, η δυνατότητα αυτή είναι βολικό να εκφράζεται σε ρυθμό μετάδοσης, δηλαδή σε αριθμό δυαδικών ψηφίων ανά δευτερόλεπτο (*bps*), που μπορεί να μεταφέρει η γραμμή. Φυσικά αυτή η πληροφορία, με αυτή τη μορφή, μεταβιβάζεται στο μέσο μετάδοσης, όπως για παράδειγμα μια τηλεφωνική γραμμή, προκειμένου να διαμορφωθούν τα ψηφιακά δεδομένα σε κάποιας μορφής ημιτονοειδές σήμα (φέρων) και να μεταδοθούν.

Υπάρχει περιορισμός στη συχνότητα του αναλογικού σήματος που μπορεί να μεταφερθεί. Για παράδειγμα, στις κανονικές τηλεφωνικές γραμμές είναι γνωστό ότι το όριο αυτό βρίσκεται στην περιοχή των 3.000 Hz (σχήμα 2.3). Οι αρχικές τεχνικές επέτρεπαν διαμορφώσεις του ενός δυαδικού ψηφίου ανά κύκλο της θεμελιώδους φέρουσας συχνότητας, με αποτέλεσμα ένας διαποδιαμορφωτής (*modem*) των 1.200 bps να χρησιμοποιείται από φορέα των 1.200 Hz διαμορφώνοντας ένα μόνο δυαδικό ψηφίο ανά κύκλο. Νεότερες τεχνικές επέτρεψαν τη διαμόρφωση περισσότερων δυαδικών ψηφίων ανά κύκλο της φέρουσας συχνότητας, με αποτέλεσμα διαποδιαμορφωτές των 2.400 bps, που χρησιμοποιούν φορείς των 1.200 Hz, να διαμορφώνουν δύο δυαδικά ψηφία ανά κύκλο. Ανάλογα, διαποδιαμορφωτές των 4.800 bps, που χρησιμοποιούν φορείς των 1.600 Hz, διαμορφώνουν τρία δυαδικά ψηφία ανά κύκλο, ενώ διαποδιαμορφωτές των 9.600 bps, που χρησιμοποιούν φορείς των 2.400 Hz, διαμορφώνουν τέσσερα δυαδικά ψηφία ανά κύκλο.



Η μονάδα baud δε χρησιμοποιείται συχνά, σε αντιδιαστολή με τη μονάδα bps, που είναι πολύ γνωστή και έχει σαφέστερο νόημα.



Σχήμα 2.3: Ο κύκλος εκφράζει την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ισοδύναμων σημείων του κύματος

Η **φέρουσα συχνότητα**, όπως περιγράφηκε παραπάνω, αποτελεί ένα άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της γραμμής μεταφοράς δεδομένων, που λέγεται επίσης και **ρυθμός διαμορφωμένου σήματος** ή **ρυθμός σηματοδosis** (*baud rate*). Πρόκειται για τον αριθμό των αλλαγών της τάσης του διαμορφωμένου σήματος ανά δευτερόλεπτο,



που μετριέται σε **baud**. Επομένως σε ένα σύστημα μετάδοσης στο οποίο χρησιμοποιούνται μόνο δύο στάθμες τάσης ο ρυθμός μετάδοσης δυαδικών ψηφίων, που μετριέται σε bps, θα είναι ίσος με το ρυθμό σηματοδοσίας, που μετριέται σε baud.

Στο χώρο των υπολογιστών οι δύο όροι, ρυθμός μετάδοσης (*bps*) και ρυθμός σηματοδοσίας (*baud*), παρουσιάζονται συχνά ως συνώνυμοι. Αυτό δε δημιουργεί πρόβλημα, αρκεί οι όροι αυτοί να χρησιμοποιούνται με συνέπεια. Για παράδειγμα, θα μπορούσε κάποιος να αναφερθεί ισοδύναμα σε διαποδιαμορφωτή των 9.600 baud ή διαποδιαμορφωτή των 9.600 bps που χρησιμοποιεί φορέα των 2.400 baud, εννοώντας την ύπαρξη τεσσάρων σταθμών (αλλαγών τάσης), που επιτρέπουν το πέρασμα τεσσάρων δυαδικών ψηφίων ανά κύκλο σε φορέα συχνότητας 2.400 Hz.

Παράδειγμα III

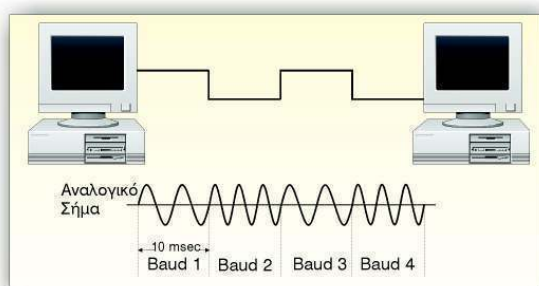
Αν ένα σύστημα μετάδοσης χρησιμοποιεί τέσσερις στάθμες τάσης για τη μετάδοση του διαμορφωμένου σήματος, τότε κάθε μεταβολή του διαμορφωμένου σήματος μπορεί να μεταφέρει δύο δυαδικά ψηφία. Επομένως ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων θα είναι διπλάσιος του ρυθμού μετάδοσης διαμορφωμένου σήματος.

Για παράδειγμα, αν το διαμορφωμένο σήμα αλλάζει δύο στάθμες τάσης κάθε 10 ms (σχήμα 2.4), τότε σύμφωνα με τον τύπο $S = \left(\frac{1}{T}\right) \cdot \log_2 M$ θα έχουμε:

$$S = \frac{1}{0,010} \cdot \log_2 2 = 100 \text{ bps}$$

δηλαδή ο ρυθμός του διαμορφωμένου σήματος ή ρυθμός σηματοδοσίας θα είναι 100 bps. Ο ρυθμός αυτός διπλασιάζεται, αν ανά 10 ms το διαμορφωμένο σήμα αλλάζει 4 στάθμες τάσης, αφού με εφαρμογή του ίδιου τύπου προκύπτει ότι ο ρυθμός σηματοδοσίας είναι 200 bps.

Συνεπώς σε συστήματα κωδικοποίησης με περισσότερα από δύο επίπεδα τάσης μπορούμε να πετύχουμε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.



Σχήμα 2.4: Ρυθμός μετάδοσης διπλάσιος του ρυθμού σηματοδοσίας



Στην πράξη, τον τελικό χρήστη τον ενδιαφέρει ο ρυθμός μετάδοσης της **ωφέλιμης ή καθαρής πληροφορίας**. Πρόκειται για ένα άλλο χαρακτηριστικό της γραμμής μετάδοσης, το οποίο εκφράζει τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων πληροφορίας που τοποθετεί ο πομπός στο μέσο μετάδοσης. Για παράδειγμα, υποθέτοντας ότι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι m bps, δηλαδή ότι σε ένα δευτερόλεπτο μεταφέρονται m δυαδικά ψηφία, εννοούμε ότι στα ψηφία αυτά υπάρχουν και πρόσθετες πληροφορίες, όπως είναι τα ψηφία εκκίνησης και τέλους της μετάδοσης, αν πρόκειται για ασυγχρόνιστη μετάδοση, ή τα ψηφία συγχρονισμού, αν πρόκειται για συγχρονισμένη μετάδοση (Μάθημα 2.4), τα ψηφία ελέγχου σφαλμάτων κτλ. Επομένως η ωφέλιμη πληροφορία που μεταφέρεται και ενδιαφέρει τελικά το χρήστη δεν είναι m δυαδικά ψηφία αλλά λίγο μικρότερη.

Παράδειγμα IV

Στην ασυγχρόνιστη επικοινωνία, με ένα ψηφίο εκκίνησης και ένα ψηφίο τέλους, κάθε χαρακτήρας (byte) απαιτεί 10 δυαδικά ψηφία (8+2). Αφού λοιπόν στα 10 δυαδικά ψηφία τα 8 συνιστούν την ωφέλιμη πληροφορία, ανάλογα στα 1.200 δυαδικά ψηφία η ωφέλιμη πληροφορία θα είναι 960 δυαδικά ψηφία. Επομένως, για ρυθμούς μετάδοσης 1.200 bps, ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας θα είναι 960 bps.

Όπως αναφέρθηκε στο Μάθημα 1.2, στην περίπτωση της ψηφιακής μετάδοσης η χωρητικότητα C μιας γραμμής μετάδοσης ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων που δεν ενέχει σφάλμα. Η χωρητικότητα είναι στενά συνυφασμένη με το εύρος ζώνης, το οποίο μετριέται σε Hertz και εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα στην οποία μπορεί η γραμμή να μεταδώσει. Στην περίπτωση αυτή το εύρος ζώνης εκφράζει το μέγιστο αριθμό των δυαδικών ψηφίων που μπορούν να μεταφερθούν μέσω του καναλιού στη μονάδα του χρόνου. Επομένως ένας πομπός με ρυθμό μετάδοσης ίσο ή μικρότερο από το εύρος ζώνης του καναλιού θα μπορέσει να μεταδώσει χωρίς σφάλμα την πληροφορία. Εάν ο ρυθμός μετάδοσης του πομπού είναι μεγαλύτερος, τότε η πληροφορία θα φτάσει στο δέκτη λανθασμένη, χωρίς αυτός να μπορεί να τη διορθώσει.

Στην ιδανική περίπτωση του καναλιού χωρίς θόρυβο, ο τύπος του Nyquist δίνει τη χωρητικότητα του καναλιού ως:

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2 M$$

όπου:

M = ο αριθμός των διαφορετικών καταστάσεων (στάθμες τάσης) του σήματος,

B = το εύρος ζώνης συχνοτήτων του καναλιού σε Hertz και

C = η χωρητικότητα του καναλιού σε bps.



Παράδειγμα V

Σε ένα κανάλι χωρίς θόρυβο, με εύρος ζώνης 3 KHz (τυπική τιμή για τηλεφωνικές γραμμές) και δύο διαφορετικές καταστάσεις σήματος η χωρητικότητα θα είναι:

$$C = 2 \cdot 3.000 \cdot \log_2 2 = 6.000 \text{ bps}$$

Επομένως ένα χωρίς θόρυβο κανάλι 3 KHz δεν μπορεί να μεταδώσει δυαδικά σήματα με ρυθμό μεγαλύτερο από 6.000 bps. Σε περίπτωση που υπάρχει θόρυβος, η κατάσταση χειροτερεύει αμέσως. Όπως αναφέρθηκε και στο Μάθημα 1.4, ο θόρυβος υπολογίζεται από το λόγο της ισχύος του σήματος προς την ισχύ του θορύβου και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SNR} = 10 \log_{10}(\text{S/N}) \text{ db}$$

Η σχέση που προσδιορίζει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης, δηλαδή τη χωρητικότητα, και περιλαμβάνει το θόρυβο δίνεται από το θεώρημα του Shannon και είναι:

$$\text{Max_Bit_Rate} = C \leq B \log_2 (1 + \text{S/N})$$

όπου:

B = το εύρος του καναλιού (σε Hz) και

S/N = το SNR (σε decibel).

Παράδειγμα VI

Ένα κανάλι που χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 3 KHz και SNR ίσο με 30 db, ή $\text{S/N} = 10^3$ (τυπικές παράμετροι για μια αναλογική τηλεφωνική σύνδεση), θα έχει χωρητικότητα:

$$\begin{aligned} C &= 3.000 \cdot \log_2(1 + 1.000) = 3.000 \cdot \log_2 2^{10} = \\ &= 3.000 \cdot 10 \cdot \log_2 2 = 3.000 \cdot 10 \cdot 1 = 30 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Στην πραγματικότητα όμως ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε τέτοια κανάλια δεν υπερβαίνει τα 9,6 Kbps.

Παράδειγμα VII

Αν ένα κανάλι έχει εύρος ζώνης 3 KHz και SNR 20 db, τότε η μέγιστη χωρητικότητά του θα είναι:

$$C = B \log_2(1 + \text{S/N}) = 3.000 \log_2(1 + \text{S/N}).$$



Όμως:

$$SNR = 10 \log_{10}(S/N) \Leftrightarrow 20 = 10 \log_{10}(S/N) \Leftrightarrow \log_{10}(S/N) = 2 \Leftrightarrow S/N = 100$$

Συνεπώς:

$$C = 3.000 \log_2(1 + 100) \text{ bps} \sim 19.975 \text{ bps}$$



Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Δεδομένα, πληροφορία, δυαδικό ψηφίο (*bit*), χαρακτήρας (*byte*), κώδικας, περίοδος δυαδικού ψηφίου, φέρουσα συχνότητα, ρυθμός διαμορφωμένου σήματος (*baud*), ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας, χωρητικότητα, ωφέλιμη πληροφορία.

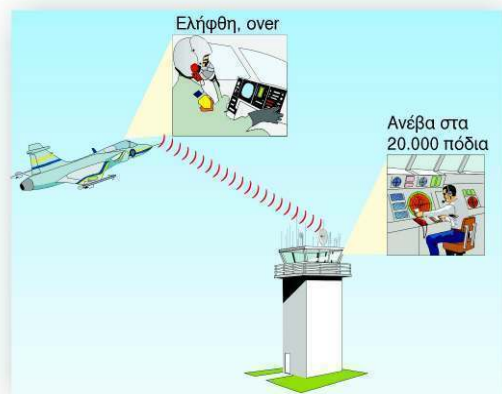


Μάθημα 2.2: Χαρακτηριστικά μετάδοσης δεδομένων

2.2.1 Μορφές μετάδοσης δεδομένων

Η γραμμή επικοινωνίας είναι ένα μέσο το οποίο μεταφέρει πληροφορίες σε ένα δίκτυο επικοινωνίας δεδομένων. Επειδή η γραμμή επικοινωνίας μεταφέρει δεδομένα, συχνά αναφέρεται και ως γραμμή δεδομένων ή γραμμή μετάδοσης ή απλώς γραμμή. Συνήθως η γραμμή αποτελείται από ένα ή περισσότερα κανάλια, με κάθε κανάλι να μεταφέρει πληροφορίες προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση της γραμμής. Γενικά και σε σχέση με την κατεύθυνση των δεδομένων μπορούν να αναγνωριστούν τρία είδη, που περιγράφονται στη συνέχεια.

- ✓ **Μετάδοση μονόπλευρης κατεύθυνσης (simplex):** Σ' αυτή τη μορφή μετάδοσης οι πληροφορίες κινούνται πάντοτε μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Η μετάδοση αυτή λέγεται απλώς και **μονόπλευρη** ή **μονόδρομη**. Παραδείγματα τέτοιας μορφής μετάδοσης αποτελούν οι μεταδόσεις εκπομπής, όπως είναι π.χ. οι ραδιοφωνικές εκπομπές, όπου η πληροφορία μεταδίδεται πάντα από το ραδιοφωνικό πομπό προς τους δέκτες ή η αποστολή δεδομένων από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή προς κάποια τερματική διάταξη.
- ✓ **Μη ταυτόχρονη μετάδοση αμφίπλευρης κατεύθυνσης (half duplex):** Εδώ οι πληροφορίες μπορούν να κινούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις αλλά όχι ταυτόχρονα. Η μετάδοση αυτή λέγεται απλώς και **ημίπλευρη** ή **μη ταυτόχρονη αμφίδρομη**. Κλασικό παράδειγμα μιας τέτοιας μετάδοσης αποτελεί ο ασύρματος, όπου ο εκάστοτε ομιλητής πρέπει πρώτα να σταματήσει να μιλά, λέγοντας το γνωστό «over», για να μπορέσει ο άλλος να μιλήσει. Ο χρόνος που απαιτείται για την αλλαγή της κατεύθυνσης ροής των πληροφοριών ονομάζεται **χρόνος επανεπιστροφής (turnaround time)**.
- ✓ **Ταυτόχρονη μετάδοση αμφίπλευρης κατεύθυνσης (full duplex):** Στην περίπτωση αυτή οι πληροφορίες μπορούν να κινούνται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η μετάδοση αυτή λέγεται απλώς και **αμφίπλευρη** ή **αμφίδρομη**. Κλασικό παράδειγμα αυτής της μορφής μετάδοσης είναι η τηλεφωνική επικοινωνία, όπου και οι δύο συνομιλητές μπορούν να μιλούν ταυτόχρονα. Στη μετάδοση αυτή είτε υπάρ-



Σχήμα 2.5: Παραδείγματα μετάδοσης μονόπλευρης, ημίπλευρης και αμφίπλευρης κατεύθυνσης

χουν διαφορετικά κυκλώματα λήψης και εκπομπής είτε δημιουργούνται λογικά κανάλια για λήψη και εκπομπή στο ίδιο μέσο μετάδοσης. Εννοείται ότι στην αμφίπλευρη μετάδοση δεν υπάρχει χρονική καθυστέρηση (χρόνος επανεπιστροφής) για την αλλαγή της κατεύθυνσης ροής των πληροφοριών.

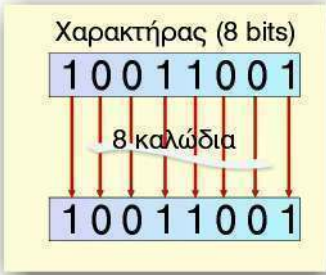
Στο σχήμα 2.5 απεικονίζονται ένα παράδειγμα μονόπλευρης μετάδοσης, ένα ημίπλευρης και ένα αμφίπλευρης.

2.2.2 Τρόποι ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων

2.2.2.1 Παράλληλη μετάδοση δεδομένων

Ως **παράλληλη μετάδοση** (*parallel transmission*) νοείται η ομαδική μεταφορά χαρακτήρων. Στην ψηφιακή μετάδοση υλοποιείται με την ταυτόχρονη μεταφορά των δυαδικών ψηφίων κάθε χαρακτήρα (σχήμα 2.6α). Κατά συνέπεια για κάθε δυαδικό ψηφίο του χαρακτήρα αφιερώνεται μια ιδιαίτερη γραμμή μετάδοσης. Στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται καλώδια πολλών αγωγών, τα οποία επιτρέπουν την ταυτόχρονη διέλευση των ψηφιακών σημάτων. Το μεγάλο μειονέκτημα της παράλληλης μετάδοσης είναι το μεγάλο μήκος της καλωδίωσης που απαιτείται, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους της σύνδεσης. Σε αντιδιαστολή, το βασικό πλεονέκτημα της μετάδοσης αυτής είναι ο μικρότερος χρόνος μεταφοράς των δεδομένων σε σύγκριση με αυτόν της σειραϊκής μετάδοσης.

Η παράλληλη μετάδοση χρησιμοποιείται ευρύτατα στην επικοινωνία μεταξύ της κεντρικής μονάδας ενός συστήματος ηλεκτρονικών υπολογιστών και των περιφερειακών του μονάδων, όπως είναι για παράδειγμα οι εκτυπωτές, οι ταινίες, οι δίσκοι, οι ψηφιακές κάμερες κτλ. Οι περιφερειακές αυτές συσκευές πρέπει να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση (συνήθως μικρότερη από 15 μέτρα) από την κεντρική μονάδα. Σε τέτοια απόσταση η παράλληλη μετάδοση μπορεί να πετύχει υψηλούς ρυθμούς, ενώ είναι ενδεχόμενο να δημιουργηθούν προβλήματα, όσο η απόσταση μεγαλώνει.



Σχήμα 2.6α: Παράλληλη μετάδοση πληροφορίας



Η σημασία της παράλληλης μετάδοσης έγκειται στο γεγονός ότι τα δυαδικά ψηφία ενός χαρακτήρα μεταδίδονται όλα μαζί, αν και οι ίδιοι οι χαρακτήρες μεταδίδονται ο ένας μετά τον άλλο (σειραϊκά).



Η παράλληλη μετάδοση δεδομένων συνδέεται με τον καταμερισμό του χώρου, ενώ η σειραϊκή με τον καταμερισμό του χρόνου.

2.2.2.2 Σειραϊκή μετάδοση δεδομένων

Στη **σειραϊκή μετάδοση** (*serial transmission*) ψηφιακών δεδομένων τα δυαδικά ψηφία κάθε χαρακτήρα στέλνονται διαδοχικά, το ένα μετά το άλλο (σε σειρά), από τον πομπό στο δέκτη, διαμέσου μίας γραμμής επικοινωνίας (σχήμα 2.6β). Παρά το γεγονός ότι με την παράλληλη σύνδεση η μεταφορά των δεδομένων είναι ταχύτερη, η σειραϊκή μετάδοση χρησιμοποιείται περισσότερο, επειδή:



- ✓ Απαιτούνται λιγότεροι αγωγοί από ό,τι στην παράλληλη μετάδοση, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος σύνδεσης.
- ✓ Η υφιστάμενη παραμόρφωση του σήματος κατά τη μεταφορά της πληροφορίας είναι μικρότερη από ό,τι στην παράλληλη μετάδοση.

Στις σειραϊκές συνδέσεις χρησιμοποιούνται καλώδια τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση των δεδομένων μέσα από ένα μόνο αγωγό. Η μεταφορά δεδομένων είναι αργή, αλλά το σήμα ελέγχεται από τον πομπό και περνά το μέσο με τις μικρότερες κατά το δυνατόν παραμορφώσεις. Από το δέκτη χρησιμοποιείται η ίδια τεχνική, με τον αντίστροφο όμως τρόπο. Αφού τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι μια σειρά από δυαδικά ψηφία, θα πρέπει να είναι γνωστό το σημείο που τερματίζεται ένας χαρακτήρας και αρχίζει ο επόμενος. Για το σκοπό αυτό στη σειραϊκή μετάδοση εφαρμόζονται δύο τεχνικές, η συγχρονισμένη και η ασυγχρόνιστη μετάδοση. Σε κάθε περίπτωση ο συγχρονισμός μεταξύ του σημείου αποστολής (πομπός) και του σημείου αποδοχής (δέκτης) του σήματος είναι απαραίτητος.

Τόσο με την έννοια του συγχρονισμού του πομπού και του δέκτη όσο και με τις δύο τεχνικές σειραϊκής μετάδοσης δεδομένων θα ασχοληθούμε στο επόμενο μάθημα.



Σχήμα 2.6β: Σειραϊκή μετάδοση πληροφορίας.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μετάδοση μονόπλευρης κατεύθυνσης, μη ταυτόχρονη μετάδοση αμφίπλευρης κατεύθυνσης, ταυτόχρονη μετάδοση αμφίπλευρης κατεύθυνσης, παράλληλη μετάδοση, σειραϊκή μετάδοση.



Μάθημα 2.3: Ασυγχρόνιστη και συγχρονισμένη σειραϊκή μετάδοση

2.3.1 Εισαγωγή

Όπως είναι ήδη γνωστό, για να είναι επιτυχής η μεταφορά της πληροφορίας από ένα σημείο σε ένα άλλο, πρέπει να υπάρχει συνεργασία μεταξύ του πομπού και του δέκτη, δηλαδή ο χρόνος αποστολής ενός δυαδικού ψηφίου από τον πομπό πρέπει να συμπίπτει με το χρόνο ανίχνευσης του μέσου μετάδοσης από το δέκτη. Μικρές αποκλίσεις στα συστήματα χρονισμού του πομπού και του δέκτη συσσωρεύονται και μπορεί να οδηγήσουν σε λήψη εσφαλμένης πληροφορίας ή και σε απώλεια δεδομένων. Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές συγχρονισμού των κυκλωμάτων του πομπού και του δέκτη, τις οποίες και θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Πριν προχωρήσουμε όμως στην αναλυτική παρουσίαση των δύο τεχνικών μετάδοσης δεδομένων, είναι απαραίτητο να δοθεί ο ορισμός μερικών εννοιών που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

- ✓ **Ομάδα (block)** ονομάζεται ένα μικρό σύνολο χαρακτήρων που είναι έτοιμοι προς μετάδοση. Στην περίπτωση μηνυμάτων με πολλούς χαρακτήρες, είναι δυνατόν πολλές ομάδες να συνιστούν ένα **πλαίσιο (frame)**.
- ✓ **Προπορευόμενα δυαδικά ψηφία (preamble bits)** ονομάζονται τα δυαδικά ψηφία που προηγούνται της ομάδας δεδομένων και καθορίζουν την αρχή της.
- ✓ **Παρεπόμενα δυαδικά ψηφία (postamble bits)** ονομάζονται τα δυαδικά ψηφία που ακολουθούν την ομάδα δεδομένων και καθορίζουν το τέλος της.

Μία από τις βασικές απαιτήσεις κατά τη μεταφορά των ψηφιακών δεδομένων είναι η συσκευή - δέκτης να γνωρίζει το ρυθμό μετάδοσης και τις χρονικές στιγμές άφιξης των δυαδικών ψηφίων που στέλνονται από τη συσκευή - πομπό. Για το λόγο αυτό ο **συγχρονισμός** μεταξύ του σημείου που στέλνει και του σημείου που λαμβάνει το σήμα είναι απαραίτητη προϋπόθεση, ώστε να μην υπάρξει εσφαλμένη λήψη ή και απώλεια δεδομένων. Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων κυκλωμάτων χρονισμού, τα οποία καθορίζουν το ρυθμό μετάδοσης και λήψης στον πομπό και στο δέκτη αντίστοιχα. Αν, για παράδειγμα, ο πομπός στέλνει ένα δυαδικό ψηφίο κάθε 10 ms, θα πρέπει αντίστοιχα ο δέκτης να ανιχνεύει το μέσο μετάδοσης κάθε 10 ms και κατά προτίμηση στη μέση περίπου της διάρκειας εκπομπής ενός δυαδικού ψηφίου.

Παράδειγμα VIII

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7, ο συγχρονισμός του πομπού με το δέκτη γίνεται μέσω ενός φορέα που αντιστοιχεί σε ένα περιοδικό σήμα περιόδου T . Έτσι ο πομπός στέλνει ανά δευτερόλεπτο $1/T$ αριθμό δυαδικών ψηφίων. Για παράδειγμα, στην περίπτωση αποστολής δεδομένων με ρυθμό μετάδοσης 1.600 bps, ο πομπός στέλνει ένα δυαδικό ψηφίο κάθε $1/1.600$ sec και ο δέκτης πρέπει να ελέγχει το μέσο μετάδο-



σης ακριβώς κάθε 1/1.600 sec.

Η χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης συνίσταται στο γεγονός ότι στην ασυγχρόνιστη τα δύο σημεία επικοινωνίας πρέπει να βρίσκονται σε συγχρονισμό μόνο κατά το χρονικό διάστημα που γίνεται η μετάδοση και η λήψη ενός χαρακτήρα. Το χρονικό διάστημα μεταξύ των διαδοχικών μεταδόσεων δύο χαρακτήρων δεν έχει συγχρονισμό και λέγεται **άεργος χρόνος** (*idle time*). Αντίθετα, στη συγχρονισμένη μετάδοση τα σημεία που επικοινωνούν πρέπει να βρίσκονται σε διαρκή συγχρονισμό. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται μια ξεχωριστή γραμμή συγχρονισμού ή ενσωματώνεται η πληροφορία συγχρονισμού στα δεδομένα.

Στην ασυγχρόνιστη μετάδοση οι χαρακτήρες μεταδίδονται ένας - ένας, αφού όμως πριν και μετά από κάθε χαρακτήρα μεταδοθούν ειδικά ψηφία που σηματοδοτούν την έναρξη και το τέλος της αποστολής του, με σκοπό να ειδοποιηθεί ο αποδέκτης που παίρνει το μήνυμα. Αντίθετα, στη συγχρονισμένη μετάδοση οι χαρακτήρες αποστέλλονται συνήθως κατά ομάδες.

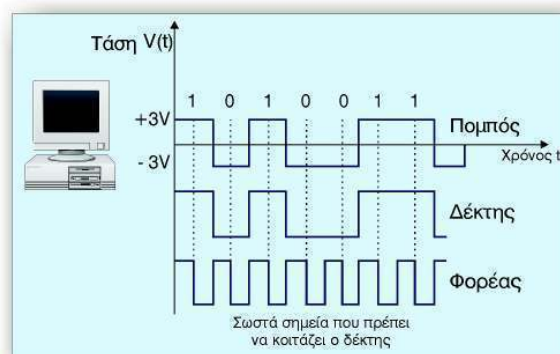
Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο συγχρονισμός στη σειραϊκή μετάδοση μπορεί να επιτευχθεί είτε με ασυγχρόνιστη είτε με συγχρονισμένη μετάδοση. Στην πρώτη περίπτωση κάθε χαρακτήρας του μηνύματος υφίσταται ανεξάρτητο χειρισμό, με αποτέλεσμα ο δέκτης να επανασυγχρονίζεται αμέσως μετά τη λήψη του. Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση το όλο μήνυμα, υπό μορφή πλαισίου χαρακτήρων, μεταδίδεται σαν συνεχόμενη σειρά δυαδικών ψηφίων και ο δέκτης έχει την ευθύνη του συγχρονισμού κάθε εισερχόμενου δυαδικού ψηφίου και για όλη τη διάρκεια μετάδοσης του πλαισίου.

Όμως, ανεξάρτητα από το αν η μετάδοση είναι συγχρονισμένη ή ασυγχρόνιστη, η σειραϊκή μετάδοση παρουσιάζει ορισμένα, όπως θα δούμε σε επόμενα μαθήματα, προβλήματα συγχρονισμού μεταξύ πομπού και δέκτη, τα οποία μπορεί να διευθετηθούν με διεργασίες γνωστές ως:

- ✓ **συγχρονισμός προσανατολισμένος προς δυαδικό ψηφίο** (*bit ή clock oriented synchronization*),
- ✓ **συγχρονισμός προσανατολισμένος προς χαρακτήρα** (*character ή byte oriented synchronization*) και
- ✓ **συγχρονισμός προσανατολισμένος προς πλαίσιο** (*frame ή block oriented synchronization*).

2.3.2 Ασυγχρόνιστη μετάδοση

Η παλαιότερη και πιο απλή μέθοδος μετάδοσης είναι η **ασυγχρόνιστη μετάδοση** (*asynchronous transmission*). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα δεδομένα μεταδίδονται με τη μορφή χαρακτήρων. Ο συγχρονισμός ανάμεσα στον πομπό και στο δέκτη γίνεται με τη βοήθεια του **παλμού αρχής** (*pulse start*) και του **παλμού τέρματος** (*pulse stop*) που πλαισιώνουν κάθε μεταδιδόμενο χαρακτήρα. Με βάση τους παλμούς αυ-



Σχήμα 2.7: Συγχρονισμός



τούς ο δέκτης αναγνωρίζει την αρχή και το τέρμα του εκάστοτε μεταδιδόμενου χαρακτήρα (σχήμα 2.8). Έτσι, κατά τη μετάδοση, πριν από κάθε χαρακτήρα υπάρχει ο παλμός αρχής, που έχει την τιμή του δυαδικού ψηφίου 0. Το δυαδικό αυτό ψηφίο χρησιμοποιείται για να ειδοποιήσει το δέκτη ότι ακολουθούν τα υπόλοιπα δυαδικά ψηφία που αποτελούν το χαρακτήρα. Μετά τη μετάδοση του χαρακτήρα ακολουθεί ο παλμός τέρματος, που μπορεί να είναι, ανάλογα με την περίπτωση, ένα ή δύο δυαδικά ψηφία. Όταν δεν υπάρχουν δεδομένα προς μετάδοση, ο πομπός στέλνει έναν παλμό τέρματος.

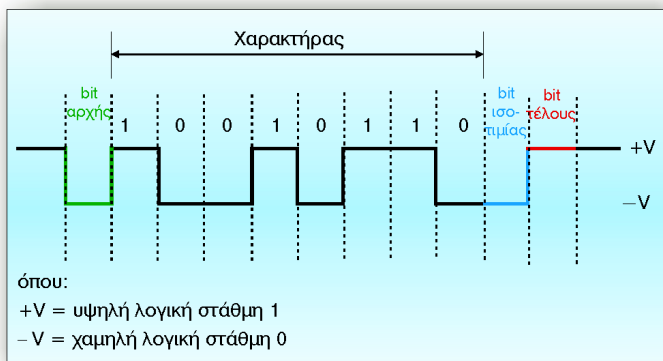
Ο δέκτης αναγνωρίζει την αρχή ενός καινούριου χαρακτήρα με τη μετάβαση από το 1 στο 0.

Η ασυγχρόνηση μετάδοση (σχήμα 2.8) είναι ο απλούστερος τρόπος σειριακής μετάδοσης. Η αποστολή της πληροφορίας γίνεται με τη διαδοχική μετάδοση χαρακτήρων του ίδιου κώδικα (π.χ. ASCII). Κάθε χαρακτήρας μεταδίδεται χωριστά, ενώ τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν στη μετάδοση των χαρακτήρων ποικίλλουν. Για την αναγνώριση της αρχής και του τέρματος κάθε χαρακτήρα υπάρχει μια καλά καθορισμένη διαδικασία που προβλέπει τα ακόλουθα:

✓ Το δυαδικό ψηφίο είναι το ελάχιστο ποσό πληροφορίας που μπορεί να αποσταλεί. Κάθε δυαδικό ψηφίο αντιστοιχεί σε μία λογική στάθμη (λογικό 1 ή λογικό 0), που υποδεικνύει μία στάθμη τάσης (π.χ. +12 Volt για το λογικό 1 και -12 Volt για το λογικό 0).

- ✓ Όταν δε μεταδίδονται χαρακτήρες, η γραμμή μετάδοσης θεωρείται ότι βρίσκεται σε υψηλή λογική στάθμη, δηλαδή στο λογικό 1, ενώ, όταν μεταδίδονται χαρακτήρες, η γραμμή θεωρείται ότι βρίσκεται σε χαμηλή λογική στάθμη, δηλαδή στο λογικό 0.
- ✓ Για την αποστολή ενός χαρακτήρα ο πομπός ρίχνει τη στάθμη στο λογικό 0 για χρονικό διάστημα ενός δυαδικού ψηφίου, προκειμένου να σηματοδοτήσει την έναρξη της αποστολής του. Αυτή η πτώση της τάσης παριστάνει τον παλμό αρχής.
- ✓ Ο πομπός στέλνει στο δέκτη διαδοχικά τα δυαδικά ψηφία που αντιστοιχούν στο χαρακτήρα που μεταδίδεται. Προαιρετικά, ο πομπός μπορεί να συμπεριλάβει στην αποστολή του και ένα δυαδικό ψηφίο που ονομάζεται **δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας** ή **bit ισοτιμίας** (*parity bit*), το οποίο χρησιμοποιείται από το δέκτη προκειμένου να αναγνωρίσει τυχόν λάθος στη μετάδοση.
- ✓ Η αποστολή τερματίζεται με την επαναφορά της στάθμης του μέσου μετάδοσης στο λογικό 1, τουλάχιστον για χρονικό διάστημα ενός δυαδικού ψηφίου, πριν ξεκινήσει η μετάδοση του επόμενου χαρακτήρα. Αυτή η ανόρθωση της τάσης παριστάνει τον παλμό τέρματος και μπορεί να έχει διάρκεια ίση με 1, 1,5 ή 2 φορές τη διάρκεια ενός δυαδικού ψηφίου.

Για την απόκτηση των δυαδικών ψηφίων από το χαρακτήρα ο δέκτης πρέπει να γνωρίζει τη διάρκεια κάθε δυαδικού ψηφίου. Στην ασυγχρόνηση μετάδοση ο δέκτης επανασυγχρονίζεται με κάθε παλμό τέρματος, με αποτέλεσμα να επιτρέπεται μια



Σχήμα 2.8: Ασυγχρόνηση μετάδοση ενός χαρακτήρα



μικρή απόκλιση σε ό,τι αφορά το χρόνο διάρκειας των δυαδικών ψηφίων. Ο ρόλος του παλμού αρχής είναι να προκαλέσει την εκκίνηση ενός χρονοδιακόπτη (ρολόι) που υπάρχει στο δέκτη, ο οποίος θα κάνει δειγματοληψία στη γραμμή τόσες φορές όσα είναι τα δυαδικά ψηφία του χαρακτήρα που αποστέλλεται (π.χ. 8 φορές, αν πρόκειται για χαρακτήρα *ASCII*) και με συχνότητα που καθορίζεται από το ρυθμό της μετάδοσης. Ο παλμός τέρματος χρησιμοποιείται για να επαναφέρει το δέκτη σε μια τέτοια κατάσταση, ώστε να μπορεί να αναγνωρίσει ένα νέο παλμό αρχής.

Για να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της ασυγχρόνιστης μετάδοσης, συνήθως αναφέρονται ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων ανά χαρακτήρα, η ύπαρξη ή μη δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας, καθώς και η χρονική διάρκεια (σε αριθμό δυαδικών ψηφίων) του παλμού τέρματος. Για παράδειγμα, γράφοντας «28800 bps 8N1» εννοούμε ασυγχρόνιστη μετάδοση στα 28.800 bps με 8 δυαδικά ψηφία ανά χαρακτήρα, χωρίς δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας (*None parity*) και με διάρκεια παλμού τέρματος ένα δυαδικό ψηφίο.

Επειδή η υλοποίησή της είναι εύκολη, η ασυγχρόνιστη επικοινωνία έχει καθιερωθεί ως κύρια μέθοδος στην περίπτωση συσκευών χαμηλού κόστους, όπως είναι για παράδειγμα η κατηγορία των προσωπικών υπολογιστών (*PC*).

2.3.3 Συγχρονισμένη μετάδοση

Αντίθετα από την ασυγχρόνιστη μετάδοση, όπου κάθε χαρακτήρας μεταδίδεται χωριστά, στη **συγχρονισμένη μετάδοση** (*synchronous transmission*) οι χαρακτήρες μεταδίδονται κατά ομάδες (σχήμα 2.9).

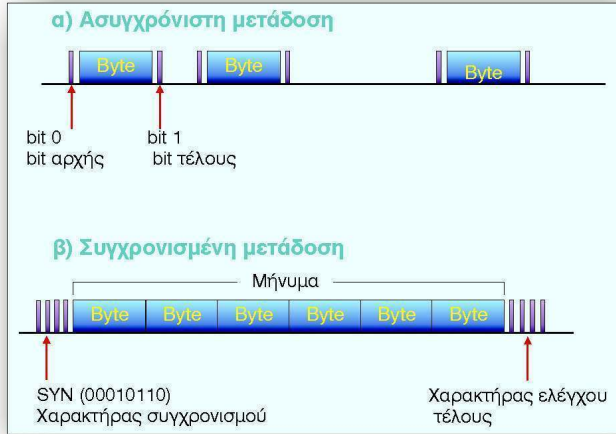
Όμως, επειδή τα δυαδικά ψηφία των δεδομένων οδηγούνται στο δέκτη το ένα μετά το άλλο, πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος που να καθορίζει πού αρχίζει το μήνυμα και πού τελειώνει. Ο καθορισμός της αρχής και του τέλους του μηνύματος γίνεται με την αποστολή ειδικών χαρακτήρων, των προπορευόμενων και των παρεπόμενων δυαδικών ψηφίων αντίστοιχα, και λέγεται **συγχρονισμός**. Το πώς είναι δομημένες οι μορφές των προπορευόμενων και των παρεπόμενων δυαδικών ψηφίων εξαρτάται από το εάν η μετάδοση είναι προσανατολισμένη προς χαρακτήρα, προς δυαδικό ψηφίο ή προς πλαίσιο.

Συνήθως η συγχρονισμένη σειραϊκή μετάδοση εφαρμόζεται στην αποστολή μεγάλου αριθμού δεδομένων, όπου απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην επικοινωνία απομακρυσμένων συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, στο βιντεοτηλέφωνο, το οποίο σήμερα αποτελεί ένα από τα πιο εξελιγμένα μέσα επικοινωνίας στο χώρο της τηλεφωνίας, κ.α. Το κόστος της σειραϊκής επικοινωνίας δε θεωρείται σήμερα υψηλό, αυξάνεται όμως με το μήκος της καλωδιακής εγκατάστασης.

Στην περίπτωση της συγχρονισμένης σειραϊκής μετάδοσης που είναι **προσανατολισμένη προς χαρακτήρα** (*character oriented*), η αναγνώριση εκκίνησης μιας ομάδας χαρακτήρων γίνεται με την αποστολή ενός ειδικού χαρακτήρα στην αρχή της ομάδας, που ονομάζεται **χαρακτήρας συγχρονισμού (SYNC)**. Είναι όμως ενδεχόμενο ο χαρακτήρας



Στον κώδικα ASCII ο χαρακτήρας συγχρονισμού είναι γνωστός ως **SYN** και έχει τιμή 3232 στο δεκαεξαδικό ή 000 10 110 στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης.



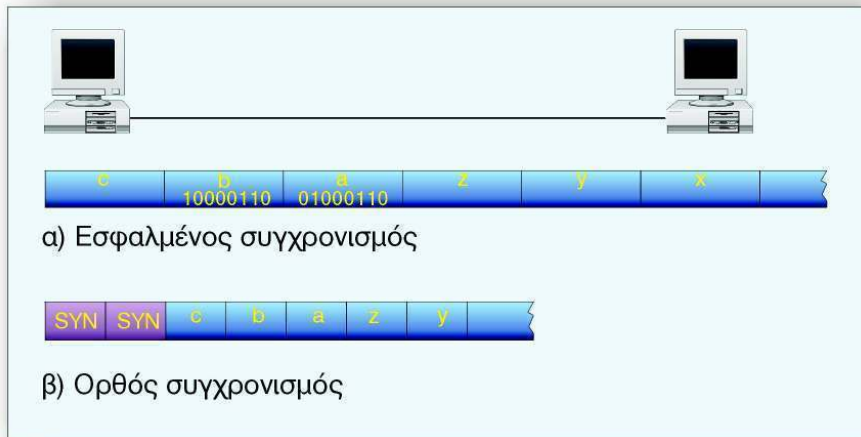
Σχήμα 2.9: Παράσταση ασυγχρόνιστης και συγχρονισμένης μετάδοσης

συγχρονισμού να εκφράζει επίσης και κάποιο χαρακτήρα δεδομένων που αποστέλλεται, με αποτέλεσμα ο δέκτης να θεωρήσει, εσφαλμένα, ότι ξεκινά μια νέα ομάδα χαρακτήρων. Για την αποφυγή ενός τέτοιου ενδεχόμενου ο χαρακτήρας συγχρονισμού αποστέλλεται δύο φορές στην αρχή κάθε πακέτου. Κατόπιν αποστέλλονται οι χαρακτήρες της πληροφορίας, ενώ το τέλος της ομάδας βεβαιώνεται με την αναγνώριση από το δέκτη ενός άλλου χαρακτήρα τερματισμού, που συμβολίζεται ως **EOB** (End Of Block). Στο σχήμα 2.10 απεικονίζεται μία τυπική περίπτωση

εσφαλμένης και μία περίπτωση ορθής συγχρονισμένης μετάδοσης.

Η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να επιτευχθεί ο συγχρονισμός είναι η ακόλουθη:

- ✓ Ο δέκτης που περιμένει μήνυμα συγκρίνει την τιμή του **καταχωρητή μετατόπισης (shift register)** με την τιμή που έχει ο χαρακτήρας συγχρονισμού.
- ✓ Αν οι δύο αυτές τιμές δε συμπέσουν, δεν επιτυγχάνεται συγχρονισμός (σχήμα 2.11).
- ✓ Αν οι δύο αυτές τιμές συμπέσουν, επιτυγχάνεται συγχρονισμός.
- ✓ Στην περίπτωση συγχρονισμού ένας μετρητής αυξάνεται κατά μία μονάδα κάθε φορά που εισέρχεται ένα δυαδικό ψηφίο στο δέκτη (σχήμα 2.12). Όταν ο μετρητής καταγράψει την είσοδο όλων των δυαδικών ψηφίων του χαρακτήρα (π.χ. 8



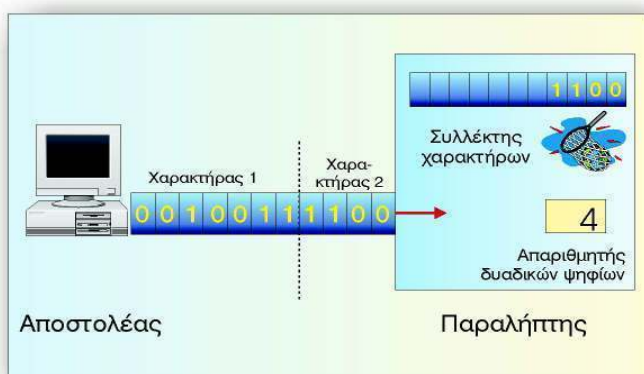
Σχήμα 2.10: Παράδειγμα εσφαλμένης και ορθής συγχρονισμένης μετάδοσης



δυναμικά ψηφία για ASCII χαρακτήρες), ο μετρητής μηδενίζεται, προκειμένου να μετρήσει τα δυαδικά ψηφία του χαρακτήρα που ακολουθεί.

- ✓ Ένας ειδικός χαρακτήρας, γνωστός ως **EOF** (*End Of File*), σηματοδοτεί τον τερματισμό της μετάδοσης του μηνύματος.

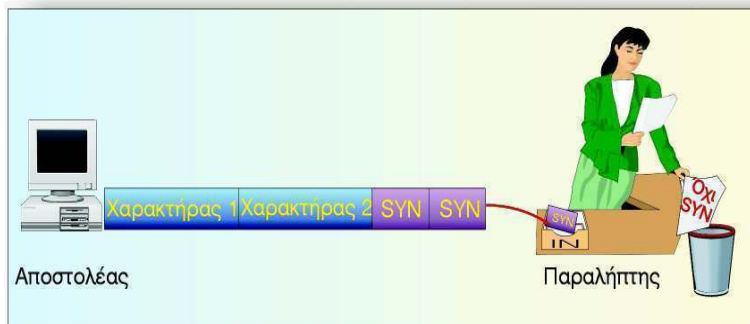
Η διαδικασία συγχρονισμού στη σειραϊκή μετάδοση δεδομένων προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση ενός κοινού ρολογιού, στο μεν πομπό για τη μετακίνηση των δεδομένων από τον καταχωρητή μετατόπιση στη γραμμή μετάδοσης, στο δε δέκτη για τον έλεγχο του χρόνου στη γραμμή της δειγματοληψίας. Η ύπαρξη κοινού ρολογιού στον πομπό και στο δέκτη απαλλάσσει τη μετάδοση από τη χρησιμοποίηση των παλμών αρχής και τέρματος κάθε χαρακτήρα που μεταδίδεται. Επομένως, προκειμένου να συγχρονιστεί ο δέκτης με τον πομπό, είναι αναγκαίο, εκτός από το σήμα που μεταφέρει την πληροφορία, να μεταδίδεται και το σήμα χρονισμού.



Σχήμα 2.12: Διαδικασία συγχρονισμού

τος στα αντίστοιχα δυαδικά ψηφία που παριστάνει, τα οποία τοποθετούνται στη συνέχεια σε σειρά, το ένα μετά το άλλο, προκειμένου να γίνει η μετάδοση. Το κύκλωμα αυτό τοποθετείται στον πομπό, ενώ και από την πλευρά του δέκτη απαιτείται αναλογικά η μετατροπή των δυαδικών ψηφίων, ένα προς ένα, και η αντιστοίχισή τους σε χαρακτήρες. Μ' αυτό τον τρόπο στον πομπό γίνεται η **κατάτμηση** του χαρακτήρα, ενώ στο δέκτη η **επανασύνθεσή** του. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που κάνει αυτές τις μετατροπές έχει τυποποιηθεί και ονομάζεται **πρότυπο κύκλωμα RS-232C** (περισσότερα γι' αυτό στην επόμενη παράγραφο). Τέλος, όπως και στην ασυγχρόνιστη σειραϊκή μετάδοση, έτσι και στη συγχρονισμένη χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για την αναγνώριση λαθών κατά τη μετάδοση, όπως είναι το δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας, ο κώδικας *CRC* κτλ., θέματα που θα αναλυθούν στο Μάθημα 2.6.

Στην περίπτωση της μετάδοσης που είναι **προσανατολισμένη προς δυαδικό ψηφίο** (*bit oriented*), το τμήμα των δεδομένων αντιμετωπίζεται σαν μια διαδοχή από δυαδικά



Σχήμα 2.11: Παράδειγμα εσφαλμένου συγχρονισμού

δεται και το σήμα χρονισμού. Εναλλακτικές τεχνικές χρησιμοποιούν ξεχωριστή γραμμή συγχρονισμού ή ενσωματώνουν την πληροφορία συγχρονισμού στα δεδομένα. Σε κάθε περίπτωση ο ακριβής χρόνος αποστολής και άφιξης κάθε δυαδικού ψηφίου είναι γνωστός.

Πέρα από το συγχρονισμό πομπού και δέκτη, απαιτείται ένα κύκλωμα μετατροπής κάθε χαρακτήρα του μηνύμα-

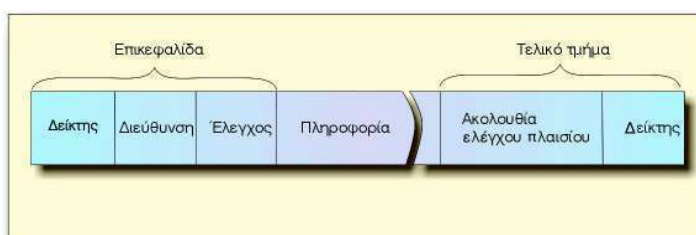


Το ρολόι είναι συσκευή του υπολογιστή που εκπέμπει παλμούς ορισμένης συχνότητας. Το σήμα χρονισμού που εκπέμπει είναι μια τετραγωνική κυματομορφή με συχνότητα ίση με το ρυθμό μετάδοσης.



ψηφία. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, δύο ειδικής μορφής χαρακτήρες δηλώνουν την αρχή μιας ομάδας, ενώ ένας ειδικός χαρακτήρας, με το συμβολισμό **EOT** (*End Of Transmission*), σηματοδοτεί τον τερματισμό της μετάδοσης του μηνύματος.

Στη μετάδοση που είναι **προσανατολισμένη προς πλαίσιο** (*frame oriented*) η σειρά χαρακτήρων του μηνύματος ομαδοποιείται και διαιρείται σε πλαίσια (*frames*), τα οποία συμπεριλαμβάνουν και τους χαρακτήρες συγχρονισμού. Ο πομπός και ο δέκτης πρέπει να βρίσκονται σε πλήρη συγχρονισμό για όλο το χρονικό διάστημα που διαρκεί η μετάδοση του πλαισίου. Το συνολικό πλαίσιο αποκτά μια συγκεκριμένη δομή (σχήμα 2.13) και αποτελείται από τους χαρακτήρες συγχρονισμού, οι οποίοι με τη σειρά τους συγκροτούν την **επικεφαλίδα** (*header*), το μήνυμα που μερικές φορές μπορεί να είναι μεταβλητού μήκους, το **τέλος του κειμένου** (*trailer*) κτλ.



Σχήμα 2.13: Δομή πλαισίου μετάδοσης

2.3.4 Το κύκλωμα EIA-232D/V.24

Το κύκλωμα *EIA-232D* έχει αναγνωριστεί ως το διεθνές πρότυπο σύμφωνα με το οποίο όλες οι μονάδες επικοινωνιών μπορούν να συνδεθούν φυσικά με μια γραμμή επικοινωνίας. Καθιερώθηκε το 1986, σε αντικατάσταση του κυκλώματος *RS-232C*, με το οποίο διαφοροποιείται ελάχιστα. Είναι επίσης γνωστό και ως πρότυπο *V.24*. Διαθέτει 25 ακροδέκτες, καθένας από τους οποίους προορίζεται για συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ο ακροδέκτης 1 αφορά τη γείωση της συσκευής, ο 2 μεταδίδει δεδομένα από το τερματικό στο διαποδιαμορφωτή, ο 3 λαμβάνει δεδομένα από το διαποδιαμορφωτή, ο 4 χρησιμοποιείται για να ζητηθεί να αποσταλούν δεδομένα στο διαποδιαμορφωτή, ο 5 για να δηλωθεί ότι ο διαποδιαμορφωτής είναι έτοιμος να δεχτεί δεδομένα κτλ.

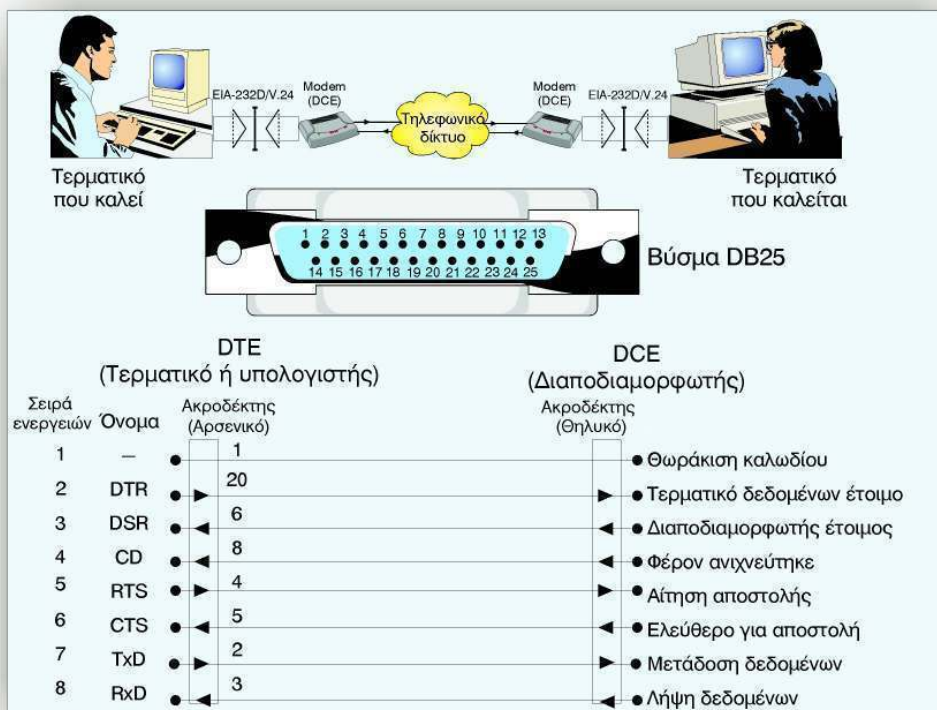
Αναλυτικότερα:

- ✓ Οι μηχανικές προδιαγραφές του κυκλώματος *EIA-232 D/V.24* αφορούν ένα συνδετήρα 25 ακροδεκτών, με πλάτος $47,04 \pm 1,3$ mm (από κέντρο σε κέντρο βίδας) και με εξίσου ακριβείς προδιαγραφές για όλες τις άλλες διαστάσεις. Η επάνω σειρά έχει ακροδέκτες με αρίθμηση από 1 έως 13 (από αριστερά προς τα δεξιά), ενώ η κάτω σειρά έχει ακροδέκτες με αρίθμηση από 14 έως 25 (με την ίδια σειρά) (σχήμα 2.14).
- ✓ Οι ηλεκτρικές προδιαγραφές του κυκλώματος *RS-232C/D* ορίζουν ότι μια τάση από -15 έως -3 Volt παριστάνει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ μια άλλη τάση από $+3$ έως $+15$ Volt παριστάνει το δυαδικό ψηφίο 0.
- ✓ Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων δεν υπερβαίνει τα 20 Kbps.



Το κύκλωμα *RS-232D* συνιστά πρότυπο και αποτελεί εξέλιξη του κυκλώματος *RS-232C*. Σχεδιάστηκε από το Σύνδεσμο Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών (*EIA: Electronic Industry Association*) και αναφέρεται ως πρότυπο **EIA/RS-232C**.

- ✓ Το μήκος της επιτρεπόμενης καλωδίωσης φθάνει τα 15 μέτρα.
- ✓ Οι λειτουργικές προδιαγραφές καθορίζουν τα κυκλώματα που είναι συνδεδεμένα σε καθέναν από τους 25 ακροδέκτες, καθώς και το περιεχόμενό τους (σχήμα 2.14). Καθένα από αυτά τα κυκλώματα εκτελεί μια ειδική λειτουργία.
- ✓ Από τις 25 λειτουργίες που καθορίζονται από τους αντίστοιχους ακροδέκτες οι 8 υλοποιούνται σχεδόν πάντοτε. Η υλοποίησή τους γίνεται με την ακόλουθη σειρά:



Σχήμα 2.14: Το κύκλωμα EIA-232D/V.24

- Όταν η τερματική μονάδα τεθεί σε λειτουργία, τίθεται σε λογικό 1 η λειτουργία **τερματικό δεδομένων έτοιμο** (*DTR: Data Terminal Ready*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 20.
- Όταν ο διαποδιαμορφωτής τεθεί σε λειτουργία, τίθεται σε λογικό 1 η λειτουργία **διαποδιαμορφωτής έτοιμος** (*DSR: Data Set Ready*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 6.
- Όταν ο διαποδιαμορφωτής ανιχνεύσει ένα φέρον στην τηλεφωνική γραμμή, τίθεται σε λογικό 1 η λειτουργία **φέρον ανιχνεύτηκε** (*CD: Carrier Detect*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 8.
- Η λειτουργία **αίτηση αποστολής** (*RTS: Request To Send*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 4, δηλώνει ότι η τερματική μονάδα θέλει να στείλει δεδομένα.
- Η λειτουργία **ελεύθερο για αποστολή** (*CTS: Clear To Send*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 5, δηλώνει ότι ο διαποδιαμορφωτής είναι προετοιμασμένος για να λάβει δεδομένα.
- Η λειτουργία **μετάδοση δεδομένων** (*TxD: Transmitted Data*), που καθορίζεται από τον ακροδέκτη 2, δηλώνει ότι τα δεδομένα μεταδίδονται στο κύκλωμα μετάδοσης.
- Η λειτουργία **λήψη δεδομένων** (*RxD: Received Data*), που καθορίζεται από



τον ακροδέκτη 3, δηλώνει ότι τα δεδομένα παραλήφθηκαν από το κύκλωμα λήψης.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η διαδοχή των λειτουργιών βασίζεται σε ζεύγη δράσης - αντίδρασης. Για παράδειγμα, όταν το τερματικό θέσει σε λογικό 1 τη λειτουργία *RTS* (αίτηση αποστολής), ο διαποδιαμορφωτής, εάν είναι σε θέση να πάρει δεδομένα, αποκρίνεται με τη λειτουργία *CTS* (ελεύθερο για αποστολή). Τέλος, παρέχονται και άλλα πρόσθετα κυκλώματα, όπως για παράδειγμα η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, η δοκιμή και ο έλεγχος του διαποδιαμορφωτή, ο χρονισμός των δεδομένων, η αναγνώριση σημάτων κουδουνιού, η αποστολή δεδομένων στην αντίθετη κατεύθυνση σε ένα δευτερεύον κανάλι κτλ., όμως σπανίως χρησιμοποιούνται στην πράξη.

2.3.5 Το κύκλωμα RS-499

Το κύκλωμα *RS-499* είναι το νεότερο πρότυπο, το οποίο οφείλει την επικράτησή του αφ' ενός στην αδυναμία του *EIA/RS-232D/V.24* να ξεπεράσει τους τεχνικούς περιορισμούς των 15 μέτρων καλωδίωσης και του μέγιστου ρυθμού μετάδοσης των 20 Kbps και αφ' ετέρου στην υποστήριξή του από ολόκληρο τον τεχνικό κόσμο. Είναι γνωστό ότι το *ANSI* (*American National Standards Institute*) δεν αναγνωρίζει το *EIA-232D/V.24* ως πρότυπο, ενώ αντίθετα αναγνωρίζει ως πρότυπο τη διεπαφή *RS-499*. Τα κυκλώματα που περιλαμβάνει το *RS-499* ανέρχονται σε 37 ή 9, ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται κανάλι επιστροφής, οπότε και απαιτούνται λιγότερα κυκλώματα. Αποτέλεσμα των διαφορετικών ηλεκτρικών και φυσικών διεπαφών που χρησιμοποιεί το *RS-499* είναι ότι έχει την ικανότητα να λειτουργεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις, που προσεγγίζουν τα 60 μέτρα, καθώς και σε μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης, που φθάνουν τα 2 Mbps.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Ομάδα, πλαίσιο (*frame*), προπορευόμενα δυαδικά ψηφία, παρεπόμενα δυαδικά ψηφία, συγχρονισμός, άεργος χρόνος, συγχρονισμός προσανατολισμένος προς δυαδικό ψηφίο, συγχρονισμός προσανατολισμένος προς χαρακτήρα, συγχρονισμός προσανατολισμένος προς πλαίσιο, ασυγχρόνιστη μετάδοση, παλμός αρχής, παλμός τέρματος, δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας, συγχρονισμένη μετάδοση, χαρακτήρας συγχρονισμού (*SYNC*), χαρακτήρας τερματισμού (*EOB*), καταχωρητής ολίσθησης, χαρακτήρας τερματισμού μετάδοσης μηνύματος (*EOF*), ρολόι, κύκλωμα *RS-232C*, κύκλωμα *EIA-232D/V.24*, κύκλωμα *RS-499*, επικεφαλίδα (*header*), τελικό τμήμα (*trailer*), αποσύνθεση, ανασύνθεση, λειτουργία φέρον ανιχνεύτηκε, λειτουργία αίτηση αποστολής, λειτουργία ελεύθερο για αποστολή, λειτουργία μετάδοση δεδομένων, λειτουργία λήψη δεδομένων.



Μάθημα 2.4: Συγκριτική αξιολόγηση

2.4.1 Σύγκριση ψηφιακής και αναλογικής μετάδοσης

Η ψηφιακή μετάδοση έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι της αναλογικής. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Οι ψηφιακοί παλμοί έχουν μικρότερη ευαισθησία στο θόρυβο από ό,τι τα αναλογικά σήματα. Ο λόγος είναι ότι ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει ευκολότερα τις δύο διακριτές στάθμες του ψηφιακού σήματος από ό,τι τις θεωρητικά άπειρες στάθμες ενός αναλογικού σήματος.
- ✓ Η ψηφιακή μετάδοση παρουσιάζει πολύ χαμηλό ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων. Βέβαια τα αναλογικά κυκλώματα διαθέτουν ενισχυτές που προσπαθούν να εξουδετερώσουν την εξασθένηση του σήματος στη γραμμή, αλλά δεν μπορούν να την εξουδετερώσουν εντελώς, ιδιαίτερα εάν η εξασθένηση είναι διαφορετική για διαφορετικές συχνότητες. Επειδή το λάθος είναι αθροιστικό, τα σήματα που διατρέχουν μεγάλες αποστάσεις περνούν μέσα από πολλούς ενισχυτές, με αποτέλεσμα να υφίστανται σημαντική παραμόρφωση. Σε αντιδιαστολή, οι ψηφιακοί ενισχυτές μπορούν να αποκαταστήσουν το εξασθενημένο εισερχόμενο σήμα ακριβώς στην αρχική του μορφή, επειδή οι μόνες πιθανές τιμές είναι 0 και 1. Οι ψηφιακοί ενισχυτές δεν επηρεάζονται από λάθη που συσσωρεύονται.
- ✓ Στην ψηφιακή μετάδοση όλες οι πληροφορίες, όπως είναι η φωνή, τα δεδομένα, η μουσική, οι εικόνες, το βίντεο κτλ., μπορούν να συνδυαστούν προκειμένου να γίνει μια πιο αποτελεσματική χρήση του εξοπλισμού.
- ✓ Η ψηφιακή μετάδοση έχει πολύ υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από ό,τι η αναλογική. Τους ρυθμούς αυτούς είναι δυνατόν να επιτύχουμε χρησιμοποιώντας τις γραμμές της τηλεπικοινωνιακής δομής που υπάρχει.
- ✓ Η ψηφιακή μετάδοση και οι σχετικές μ' αυτήν τεχνικές γίνονται συνεχώς φθηνότερες από την αναλογική μετάδοση. Αυτό συμβαίνει, επειδή το κόστος των ψηφιακών υπολογιστών και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων συνεχώς μειώνεται.
- ✓ Στην ψηφιακή μετάδοση γίνεται καλύτερη διαχείριση των ψηφιακών σημάτων από ό,τι στην αναλογική.
- ✓ Στην ψηφιακή μετάδοση ο ρυθμός μπορεί να αυξομειώνεται, έτσι ώστε να προσαρμόζεται ανάλογα με τις διάφορες απαιτήσεις μετάδοσης και τους τύπους των συσκευών.

Εκτός από αυτά τα πλεονεκτήματα, τα ψηφιακά συστήματα επεξεργασίας σημάτων (πληροφοριών) μάς παρέχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες και υπηρεσίες



Οι υπηρεσίες που προσφέρει η ψηφιακή μετάδοση στηρίζουν όλες τις τηλεματικές εφαρμογές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα. Οι πλέον ενδιαφέρουσες υπηρεσίες είναι το μετά από απαίτηση βίντεο (*video on demand*), η τηλεδιάσκεψη, η τηλεεργασία, το εικονοτηλέφωνο κτλ.



Με την **πολυπλεξία** επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη και χωρίς αλληλεπιδράσεις μετάδοση χωριστών σημάτων μέσα από το ίδιο μέσο μετάδοσης.



από ό,τι τα αντίστοιχα αναλογικά συστήματα, επειδή βασίζονται σε υπολογιστές γενικού ή ειδικού σκοπού. Για παράδειγμα, σε ένα ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο μπορούμε να έχουμε ένα πλήθος από συμπληρωματικές υπηρεσίες, που υλοποιούνται από τους υπολογιστές στους οποίους το ψηφιακό κέντρο βασίζεται. Οι υπηρεσίες αυτές είναι αδύνατον να υπάρξουν σε ένα αναλογικό κέντρο.

2.4.2 Σύγκριση παράλληλης και σειραϊκής μετάδοσης

Η συγκριτική αξιολόγηση της παράλληλης και της σειραϊκής μετάδοσης δεδομένων δείχνει τη συμπληρωματικότητά τους. Ειδικότερα, το κύριο πλεονέκτημα της παράλληλης σύνδεσης συνίσταται στο γεγονός ότι προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, εφόσον την ίδια χρονική στιγμή μεταφέρονται οκτώ δυαδικά ψηφία (ένας χαρακτήρας). Το μεγάλο μειονέκτημά της όμως συνίσταται στο συγκριτικά υψηλότερο κόστος καλωδίωσης, που αυξάνεται με την απόσταση. Επιπρόσθετα στην παράλληλη μετάδοση υπάρχει μεγάλη παραμόρφωση σε συνδέσεις που υπερβαίνουν τα 15 μέτρα.

Σε αντίθεση, το κύριο πλεονέκτημα της σειραϊκής μετάδοσης δεδομένων συνίσταται στο συγκριτικά χαμηλότερο κόστος σύνδεσης, αφού χρησιμοποιούνται πολύ λιγότεροι αγωγοί από ό,τι στην παράλληλη. Επίσης η μετάδοση αυτής της μορφής είναι πιο αξιόπιστη, ακόμα και σε μακρινές συνδέσεις, αφού η παραμόρφωση είναι μικρότερη.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η παράλληλη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις στις οποίες η απόσταση είναι πολύ μικρή, οπότε και η διαφορά του κόστους είναι μηδαμινή, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης είναι πολλαπλάσιος.

2.4.3 Σύγκριση συγχρονισμένης και ασυγχρόνιστης σειραϊκής μετάδοσης

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση μεταξύ συγχρονισμένης και ασυγχρόνιστης ψηφιακής μετάδοσης είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ο πομπός και ο δέκτης που χρησιμοποιούνται στην ασυγχρόνιστη μετάδοση είναι πολύ πιο απλοί από αυτούς της συγχρονισμένης. Αυτό οφείλεται στα απλούστερα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται στην ασυγχρόνιστη μετάδοση.
- ✓ Η συγχρονισμένη μετάδοση αξιοποιεί καλύτερα το κανάλι σε σχέση με την ασυγχρόνιστη. Η αποστολή κάθε χαρακτήρα στην ασυγχρόνιστη μετάδοση χρειάζεται πρόσθετα δυαδικά ψηφία, πέρα από αυτά που σχετίζονται με την πληροφορία, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της μετάδοσης του χαρακτήρα. Αντίθετα, στη συγχρονισμένη μετάδοση χρειάζεται μόνο μία μικρή ακολουθία δυαδικών ψηφίων, στην αρχή και στο τέλος του πλαισίου, για τη μετάδοση ενός σαφώς μεγαλύτερου αριθμού χαρακτήρων.



- ✓ Στη συγχρονισμένη μετάδοση είναι πάντα γνωστός ο αριθμός των χαρακτήρων που μεταδίδονται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ενώ στην ασυγχρόνιστη δεν είναι.
- ✓ Η συγχρονισμένη μετάδοση έχει καλύτερη απόδοση στην αναγνώριση σφαλμάτων από ό,τι η ασυγχρόνιστη.
- ✓ Η συγχρονισμένη μετάδοση υπερτερεί σε μεθόδους γνώσης και διόρθωσης σφαλμάτων. Τις τεχνικές αυτές θα τις αναπτύξουμε στο επόμενο κεφάλαιο.
- ✓ Η ασυγχρόνιστη μετάδοση είναι υλοποιήσιμη με πολύ μικρό κόστος εξοπλισμού. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο είναι ιδιαίτερα δημοφιλής σε μια μεγάλη κατηγορία υπολογιστικών συστημάτων και περιφερειακών συσκευών.

Από την ανάπτυξη της λειτουργίας της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης είναι φανερό πως η συγχρονισμένη μετάδοση έχει περισσότερα πλεονεκτήματα όσον αφορά το ρυθμό μεταφοράς της πληροφορίας. Η απόδοση της συγχρονισμένης μετάδοσης είναι υψηλότερη, αφού ο συγχρονισμός γίνεται μια φορά για κάθε τμήμα δεδομένων. Αντίθετα, στην ασυγχρόνιστη μετάδοση έχουμε πληροφορία συγχρονισμού για κάθε χαρακτήρα.

Παράδειγμα IX

Ας υποθέσουμε πως έχουμε ασυγχρόνιστη μετάδοση στα 14.400 bps 8 Odd 1. Για τη μεταφορά κάθε χαρακτήρα ωφέλιμης πληροφορίας (7 bits) απαιτούνται 10 δυαδικά ψηφία (7 bits + start bit + stop bit + parity bit). Επομένως ο ρυθμός μεταφοράς της ωφέλιμης πληροφορίας είναι το 70% του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων, δηλαδή 10.080 bps.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

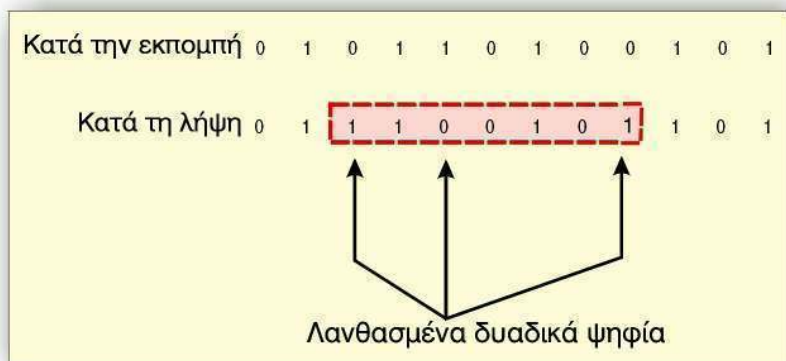
Ευαισθησία στο θόρυβο, κόστος σύνδεσης, κόστος εξοπλισμού, αύξηση ρυθμού μετάδοσης, συμπληρωματικές υπηρεσίες, αποτελεσματική χρήση εξοπλισμού, αναγνώριση σφαλμάτων.



Μάθημα 2.5: Κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων

2.5.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα μαθήματα, κατά τη μετάδοση δεδομένων μέσω των γραμμών επικοινωνίας συμβαίνουν σφάλματα. Λέμε ότι δημιουργήθηκε κάποιο **σφάλμα** (*error*), όταν διαπιστωθεί ότι τα δεδομένα που έφτασαν στο σταθμό προορισμού διαφέρουν από αυτά που στάλθηκαν από το σταθμό αποστολής. Επειδή ο προφανής στόχος είναι η εκμηδένιση κάθε αιτίας σφάλματος, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων, οι σπουδαιότερες από τις οποίες θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.



Σχήμα 2.15: Σφάλματα υπό μορφή δέσμης κατά τη μετάδοση

Τα σφάλματα που δημιουργούνται μπορεί να είναι είτε μεμονωμένα είτε υπό μορφή δέσμης. **Μεμονωμένα** ή **ανεξάρτητα** λέγονται εκείνα τα σφάλματα των οποίων η παρουσία δεν επηρεάζει το σύνολο της πληροφορίας που μεταδίδεται. Για παράδειγμα, ένα λανθασμένο δυαδικό ψηφίο σε οποιαδήποτε θέση ενός μηνύματος δεν επηρεάζει όλο το μήνυμα. Όμως, πρακτικά, τα σφάλματα που εντοπίζονται σε μια μετάδοση δεδομένων είναι συνήθως συγκεντρωμένα ή, όπως συνηθίζεται να λέγεται, είναι υπό μορφή **δέσμης** (σχήμα 2.15).

Σε μια μετάδοση δεδομένων ενδιαφέρει το **ποσοστό σφαλμάτων**, δηλαδή η αναλογία των λανθασμένων δυαδικών ψηφίων που ελήφθησαν ως προς το συνολικό αριθμό των δυαδικών ψηφίων που εστάλησαν. Για παράδειγμα, σε μια τηλεφωνική σύνδεση το ποσοστό σφαλμάτων είναι συνήθως της τάξης του 10^{-6} .

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, οι πιο συνηθισμένες αιτίες προβλημάτων που οδηγούν σε λήψη εσφαλμένων δεδομένων ή σε απώλεια πληροφορίας είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Κανένα φυσικό μέσο μετάδοσης δεν είναι



Σχήμα 2.16: Αλλοίωση σήματος



τέλειο. Αυτό σημαίνει ότι το μεταδιδόμενο σήμα που τα διαπερνά αλλοιώνεται με τον έναν ή τον άλλο τρόπο. Η αλλοίωση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η ταχύτητα μετάδοσης ενός σήματος ποικίλλει ανάλογα με τη συχνότητά του (σχήμα 2.16).

- ✓ Το σήμα εξασθενεί, καθώς διαπερνά το φυσικό μέσο μετάδοσης. Η εξασθένηση οφείλεται στη μείωση του πλάτους του σήματος και στη διανυόμενη απόσταση (σχήμα 2.17).
- ✓ Η ύπαρξη θορύβου στο μέσο μετάδοσης αλλοιώνει το σήμα. Για το θόρυβο και τα είδη του έχει ήδη γίνει αναφορά στο Μάθημα 1.4.
- ✓ Τα συνήθη μέσα μετάδοσης, όπως είναι οι τηλεφωνικές γραμμές, είναι σχεδιασμένα για μεταφορά φωνής (αναλογική μετάδοση) και όχι δεδομένων (ψηφιακή μετάδοση).



Σχήμα 2.17: Εξασθένηση σήματος

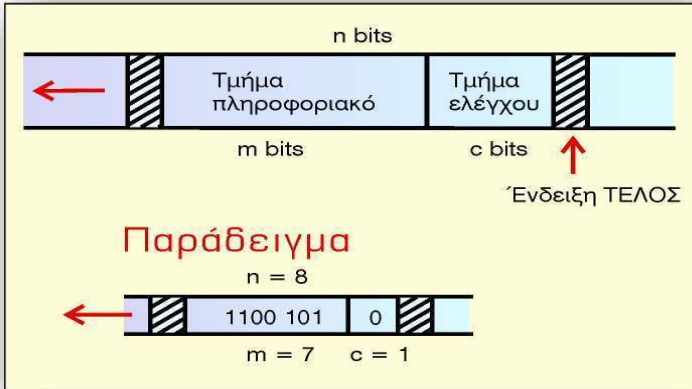
Στην ψηφιακή μετάδοση το αποτέλεσμα κάποιου σφάλματος είναι, στη χειρότερη των περιπτώσεων, η καταστροφή των δυαδικών ψηφίων ή η αλλαγή της τιμής ενός ψηφίου από 1 σε 0 και αντίστροφα. Επομένως, αντίθετα με την τηλεφωνική επικοινωνία, στην οποία υπάρχουν όρια ανοχής, στην επικοινωνία δεδομένων τα σφάλματα και η απώλεια της πληροφορίας οδηγούν τη μετάδοση σε διακοπή. Έτσι προκύπτει η αναγκαιότητα της καθιέρωσης μηχανισμών που να επιτρέπουν, αν όχι τη διόρθωση, τουλάχιστον τον εντοπισμό των σφαλμάτων.

Η αντιμετώπιση των σφαλμάτων γίνεται στην πράξη με τους ακόλουθους γενικούς μηχανισμούς:

- ✓ **Αγνόηση των σφαλμάτων.** Αυτή η λύση γίνεται δεκτή, όταν η παρουσία σφαλμάτων δε δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην πράξη. Τέτοια περίπτωση αποτελεί η μετάδοση τηλεγραφικών κειμένων, όπου ένα λάθος, (π.χ. παράλειψη άρθρου) δε δυσκολεύει την ανάγνωση του κειμένου.
- ✓ **Ανίχνευση των σφαλμάτων.** Η λύση αυτή προτείνεται, όταν τα σφάλματα εντοπίζονται στο σταθμό προορισμού. Σ' αυτή την περίπτωση δίνεται συνήθως κάποια αναφορά προς το σταθμό αποστολής ότι η πληροφορία έφτασε λανθασμένη, προκειμένου να επαναμεταδοθεί.
- ✓ **Ανίχνευση και διόρθωση των σφαλμάτων.** Η λύση αυτή προτείνεται, όταν τα σφάλματα εντοπίζονται στο σταθμό προορισμού. Σ' αυτή την περίπτωση γίνεται ανίχνευση των σφαλμάτων και προσπάθεια διόρθωσής τους, χωρίς να απαιτείται επαναμετάδοση.

Η ανίχνευση μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα προειδοποιητικό σήμα που εκπέμπεται από το σταθμό προορισμού, μόλις εντοπιστεί το σφάλμα. Όσο για τη διόρθωση, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με αποκωδικοποιητή, που διορθώνει αυτόματα κάποια από τα παραγόμενα σφάλματα (άμεση διόρθωση σφαλμάτων), είτε με επαναμετάδοση, όταν ο αποκωδικοποιητής δεν μπορεί να εντοπίσει τα λάθη.

Στην περίπτωση της ανίχνευσης ή της ανίχνευσης και διόρθωσης των σφαλμάτων,



Σχήμα 2.18: Πληροφοριακό τμήμα και τμήμα ελέγχου

μεταβιβάζονται τόσο η ωφέλιμη ή καθαρή πληροφορία, δηλαδή οι απαιτούμενοι κώδικες της πληροφορίας, όσο και οι **πρόσθετες ή πλεοναστικές πληροφορίες**, που χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων. Οι πρόσθετες αυτές πληροφορίες καλούνται και **δυναμικά ψηφία ελέγχου**. Η ακολουθία των n δυαδικών ψηφίων που μεταβιβάζονται αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο είναι το **πληροφοριακό τμήμα**, που αποτελείται από m δυαδικά ψηφία, στο οποίο περιέχεται η πληροφορία που μεταβιβάζεται, ενώ το δεύτερο είναι το **τμήμα ελέγχου**, που αποτελείται από c δυαδικά ψηφία, έτσι ώστε $n = m + c$. Συνήθως το τμήμα ελέγχου αποτελεί και το τέλος της ακολουθίας των δυαδικών ψηφίων που μεταβιβάζονται

(σχήμα 2.18).

Το τμήμα ελέγχου δημιουργείται στο σταθμό αποστολής, πάντα με βάση το πληροφοριακό τμήμα και σύμφωνα με κάποιον προκαθορισμένο αλγόριθμο κωδικοποίησης, που ονομάζεται **κωδικοποίηση ελέγχου σφάλματος**. Η κωδικοποίηση ελέγχου σφάλματος:

- ✓ έχει σκοπό τον περιορισμό της πιθανότητας να συμβεί σφάλμα κατά τη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας,
- ✓ βασίζεται σε μια καλά υπολογισμένη χρήση πρόσθετης (πλεοναστικής) πληροφορίας και
- ✓ πραγματοποιείται από τον κωδικοποιητή και τον αποκωδικοποιητή του μέσου μετάδοσης.

Όταν η πληροφορία φτάσει στο σταθμό προορισμού, αναδημιουργείται το τμήμα ελέγχου, σύμφωνα με τον ίδιο αλγόριθμο, και συγκρίνεται με το τμήμα ελέγχου που μεταβιβάστηκε. Αν δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία των τμημάτων αυτών, τότε διαπιστώνεται το σφάλμα με βάση το σύστημα κωδικοποίησης που εφαρμόστηκε και ακολούθως εντοπίζεται η θέση του εσφαλμένου δυαδικού ψηφίου, προκειμένου να γίνει η διόρθωσή του.

Οι κώδικες που εφαρμόζονται στη μετάδοση πληροφοριών διαιρούνται σε **ανιχνευτικούς κώδικες** (*error detection codes*) και σε **διορθωτικούς κώδικες** (*error correcting codes*). Οι πρώτοι δίνουν τη δυνατότητα να διαπιστωθεί η ύπαρξη των σφαλμάτων, ενώ οι δεύτεροι επιτρέπουν επιπλέον και τον εντοπισμό των θέσεων των εσφαλμένων δυαδικών ψηφίων. Το τμήμα ελέγχου των διορθωτικών κωδίκων είναι πάντα πολύ μεγαλύτερο από το τμήμα ελέγχου των ανιχνευτικών κωδίκων. Επομένως η διόρθωση σφαλμάτων απαιτεί πολύ περισσότερα δυαδικά ψηφία ελέγχου από ό,τι η ανίχνευση σφαλμάτων.



2.5.2 Κώδικες ανίχνευσης σφαλμάτων

Η μεταβίβαση μιας πληροφορίας σε ένα σύστημα μετάδοσης δεδομένων επιβάλλει σχεδόν πάντα την πραγματοποίηση του ελέγχου της μετάδοσης, δηλαδή το αν ο αποδέκτης πήρε πραγματικά αυτό που έστειλε ο αποστολέας. Υπάρχουν αρκετά συστήματα ελέγχου της μετάδοσης, πολλά από τα οποία προϋποθέτουν αρκετή εμπειρία στις τεχνικές μετάδοσης, σε συνδυασμό με γνώσεις που στηρίζονται σε προηγμένες μαθηματικές τεχνικές. Ασφαλώς στόχος του κεφαλαίου αυτού δεν είναι να δώσει με λεπτομέρεια όλες τις υπάρχουσες τεχνικές ελέγχου της μετάδοσης δεδομένων, πολλές από τις οποίες είναι ακόμη αντικείμενο μελέτης, αλλά μάλλον να παρουσιάσει τις απλούστερες από αυτές, προκειμένου να γίνει κατανοητός ο τρόπος αντιμετώπισης των σφαλμάτων.

2.5.2.1 Ανίχνευση σφαλμάτων με την τεχνική του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας

Μερικά συστήματα μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιούν τον **κατακόρυφο έλεγχο πλεονασμού** (*VRC: Vertical Redundancy Checking*), μια τεχνική σύμφωνα με την οποία κάθε χαρακτήρας που μεταδίδεται συνοδεύεται από ένα **δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας** (*parity bit*). Ο έλεγχος αυτός λέγεται και **έλεγχος ισοτιμίας** (*parity check*). Κατά την αποστολή ο πομπός θέτει στο δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας την τιμή 0 ή 1. Η θέση του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας καθορίζεται από το εκάστοτε πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της πληροφορίας.

Υπάρχουν δύο κλασικοί έλεγχοι ισοτιμίας, ο **έλεγχος περιττής ισοτιμίας** (*odd parity check*) και ο **έλεγχος άρτιας ισοτιμίας** (*even parity check*). Ο έλεγχος είναι απλός και πραγματοποιείται ως εξής:

Στο μεταφερόμενο χαρακτήρα μετράμε τα ψηφία που έχουν τιμή 1 και:

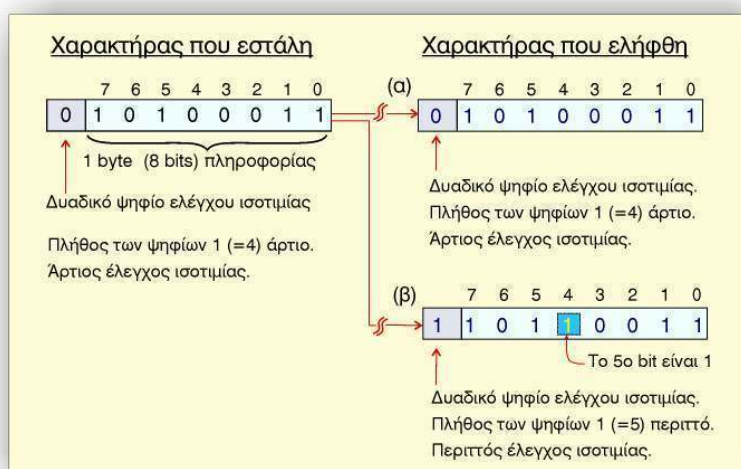
- ✓ αν ο συνολικός αριθμός των δυαδικών ψηφίων που έχουν την τιμή 1 είναι περιττός, λέμε ότι έχουμε περιττό έλεγχο ισοτιμίας·
- ✓ αν ο συνολικός αριθμός των δυαδικών ψηφίων που έχουν την τιμή 1 είναι άρτιος, λέμε ότι έχουμε άρτιο έλεγχο ισοτιμίας.

Όταν ο δέκτης ανιχνεύσει σφάλμα στο ψηφίο ισοτιμίας, γνωρίζει ότι έχει συμβεί σφάλμα μετάδοσης.

Παράδειγμα X

Στο σχήμα 2.19 περιγράφονται δύο σενάρια μεταφοράς ενός χαρακτήρα πληροφορίας.

Σχήμα 2.19: Ανίχνευση σφάλματος με την τεχνική του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας





Στην πρώτη περίπτωση έχουμε μεταφορά χωρίς σφάλμα, επειδή το άρτιο ψηφίο ισοτιμίας της αποστολής είναι σύμφωνο με το άρτιο ψηφίο ισοτιμίας της λήψης. Επομένως στην περίπτωση αυτή υπάρχει άρτιος έλεγχος ισοτιμίας (σχήμα 2.19α). Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε εσφαλμένη μεταφορά, επειδή το άρτιο ψηφίο ισοτιμίας της αποστολής δε συμφωνεί με το περιττό ψηφίο ισοτιμίας της λήψης (σχήμα 2.19β). Αυτό συνέβη, γιατί κατά τη μεταφορά της πληροφορίας υπήρξε σφάλμα στο 5ο ψηφίο.

Ο έλεγχος ισοτιμίας είναι η παλαιότερη από τις τεχνικές ανίχνευσης σφαλμάτων. Τα πλεονεκτήματά της είναι η απλότητα του αλγορίθμου και η εύκολη υλοποίησή της. Έτσι, αντίθετα με τις επιδόσεις της, που δε θεωρούνται υψηλές, ειδικά όταν ο ρυθμός μετάδοσης είναι υψηλός, η μέθοδος, εφαρμόζεται ευρύτατα. Αυτό συμβαίνει, επειδή ο ρυθμός αναγνώρισης των σφαλμάτων είναι χαμηλός, με αποτέλεσμα, όταν δημιουργηθεί κάποιο σφάλμα, να αλλοιώνονται πολλά γειτονικά ψηφία. Ο έλεγχος ισοτιμίας σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να δώσει θετικό αποτέλεσμα, ωστόσο πρέπει να έχουμε υπόψη μας το ενδεχόμενο να υπάρχουν και σφάλματα που δεν ανιχνεύτηκαν.

Ένα πρόσθετο μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η μη αναγνώριση άρτιου αριθμού σφαλμάτων. Είναι αυτονόητο ότι κάθε περιττός αριθμός σφαλμάτων που θα δημιουργηθεί στη μετάδοση θα προκαλέσει την αύξηση ή τη μείωση των ψηφίων 1 στην ακολουθία των δυαδικών ψηφίων και επομένως θα αλλάξει την τιμή του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας (από άρτια σε περιττή ή αντίστροφα). Αν όμως δημιουργηθεί άρτιος αριθμός σφαλμάτων, τότε δε θα αλλάξει η τιμή του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας και επομένως δε θα ανιχνευτούν αυτά τα σφάλματα.

Παράδειγμα XI

Στο σχήμα 2.20 ο χαρακτήρας αποτελείται από 7 bits πληροφορίας και από 1 bit που παριστάνει το δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας. Με τα υπογραμμισμένα δυαδικά ψηφία () δηλώνονται οι σειρές στις οποίες ανιχνεύτηκε το σφάλμα. Με τον αστερίσκο (*) σημειώνονται οι εσφαλμένες σειρές που δεν ανιχνεύονται με τη μέθοδο της ισοτιμίας. Όπως φαίνεται, η μέθοδος της ισοτιμίας δεν ανιχνεύει όλα τα σφάλματα. Δηλαδή δεν μπορεί να ανιχνεύσει άρτιο αριθμό σφαλμάτων, αφού το δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας που στάλθηκε είναι ίδιο με το δυαδικό ψηφίο ισοτιμίας που έφτασε στον παραλήπτη.

Ακολουθία των 7+1 bits που στάλθηκε	Ακολουθία των 7+1 bits που έφτασε
1 0 1 1 0 0 1 | 0	1 0 <u>0</u> 1 0 0 1 | 1
1 1 1 0 1 0 1 | 1	1 <u>0</u> 1 <u>1</u> 1 0 1 | 1*
1 0 0 0 0 0 0 | 1	1 0 0 0 0 0 0 | 1
1 0 0 0 0 0 0 | 1	<u>0</u> 0 <u>1</u> 0 <u>1</u> 0 0 | 0
1 0 0 0 0 1 1 | 1	1 <u>1</u> <u>1</u> 0 0 <u>0</u> <u>0</u> | 1*

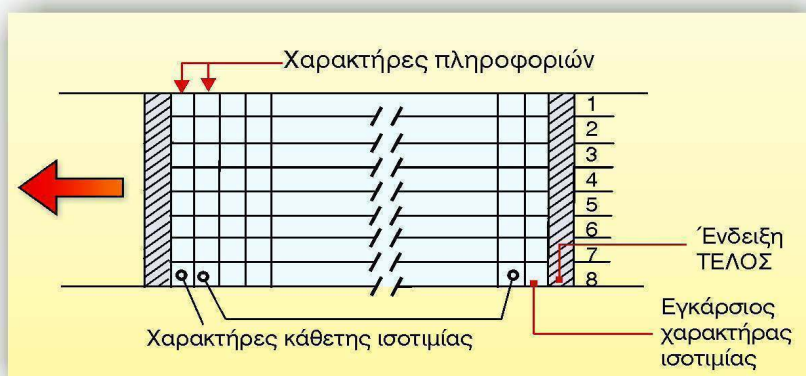
Σχήμα 2.20: Αδυναμία ανίχνευσης σφαλματος με την τεχνική του δυαδικού ψηφίου ισοτιμίας

Η μέθοδος που περιγράφηκε εφαρμόζεται ευρύτατα στην πράξη, επειδή χρησιμοποιεί απλούς αλγορίθμους δημιουργίας και ελέγχου της ισοτιμίας και επομένως μη δαπανηρά κυκλώματα.

2.5.2.2 Ανίχνευση σφαλμάτων με τη δισδιάστατη τεχνική ελέγχου ισοτιμίας

Η τεχνική του **δισδιάστατου ελέγχου ισοτιμίας**, που είναι γνωστή και ως **διαμήκης έλεγχος πλεονασμού** (*LRC: Longitudinal Redundancy Checking*), χρησιμοποιεί πρόσθετα ψηφία ελέγχου προκειμένου να ελεγχθεί η ορθότητα μιας ολόκληρης ομάδας χαρακτήρων (σχήμα 2.21). Σύμφωνα μ' αυτή την τεχνική ανίχνευσης σφαλμάτων, το μήνυμα που αποστέλλει ο πομπός και είναι οργανωμένο σε ομάδες χαρακτήρων υφίσταται επεξεργασία από έναν αριθμητικό αλγόριθμο, ο οποίος παράγει ένα αριθμητικό αποτέλεσμα (χαρακτήρα) που μεταδίδεται μαζί με το μήνυμα.

Κάθε στήλη του πίνακα χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση ενός αλφαριθμητικού

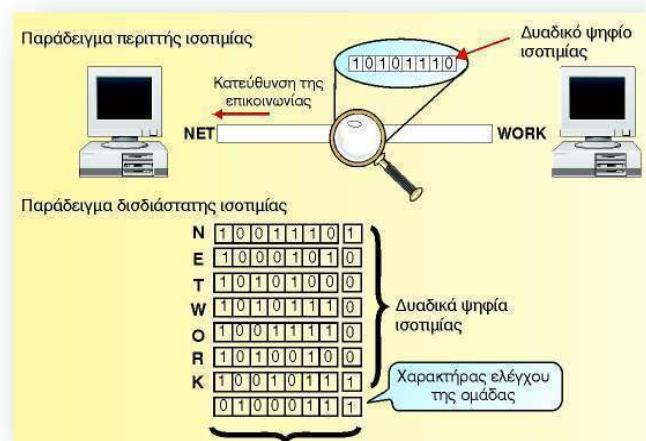


Σχήμα 2.21: Δισδιάστατη τεχνική ελέγχου ισοτιμίας

Ο χαρακτήρας του αριθμητικού αποτελέσματος που παράγεται από τον αλγόριθμο αποτελείται από τα οριζόντια δυαδικά ψηφία ελέγχου, δηλαδή από δυαδικά ψηφία ισοτιμίας, καθένα από τα οποία προέρχεται από τα αντίστοιχα δυαδικά ψηφία των χαρακτήρων της ομάδας και μεταβιβάζεται τελευταία. Τα οριζόντια δυαδικά ψηφία ελέγχου αποτελούν το λεγόμενο χαρακτήρα ισοτιμίας (*parity byte*), που λέγεται και άθροισμα ελέγχου (*checksum*), και δημιουργούνται στο σταθμό αποστολής.

χαρακτήρα, όπως γίνεται στον κατακόρυφο έλεγχο ισοτιμίας. Είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί και εγκάρσιος έλεγχος πλεονασμού, με αποτέλεσμα να δημιουργείται και πρόσθετος εγκάρσιος χαρακτήρας ισοτιμίας (σχήμα 2.22).

Το μήνυμα που λαμβάνει ο δέκτης υφίσταται επεξεργασία από τον ίδιο αλγόριθμο, ενώ το παραγόμενο αριθμητικό αποτέλεσμα συγκρίνεται με το αποτέλεσμα που έλαβε μαζί με το μήνυμα. Αν τα συγκρινόμενα αριθμητικά αποτελέσματα είναι ίδια, ο δέκτης θεωρεί ότι το μήνυμα είναι σωστό. Διαφορετικά, θεωρεί ότι έχει συμβεί κάποιο σφάλμα. Η μέθοδος αυτή αυξάνει δυναμικά την πιθανότητα ανίχνευσης σφάλματος, καθώς επίσης και τη δυνατότητα εντοπισμού της θέσης ενός μεμονωμένου λανθασμένου δυαδικού ψηφίου. Στα περισσότερα συστήματα που χρησιμοποιούν διαμήκη έλεγχο πλεονασμού τα μηνύματα στα οποία εντοπίζεται σφάλμα επαναμεταδίδονται.



Σχήμα 2.22: Εγκάρσιος και διαμήκης έλεγχος ισοτιμίας

2.5.2.3* Μέθοδος κυκλικού πλεονασμού ελέγχου

Η μέθοδος του **κυκλικού πλεονασμού ελέγχου** (*CRC: Cyclic Redundancy Check*) ονομάζεται και **πολυωνυμικός κώδικας**. Υπάρχουν πολλοί κώδικες οι οποίοι στηρίζονται στη χρησιμοποίηση ακολουθιών (σειρών) από δυαδικά ψηφία υπό μορφή πολυωνυμικών παραστάσεων με συντελεστές 0 και 1. Η πληροφορία που μεταδίδεται οργανώνεται σε πλαίσια των k δυαδικών ψηφίων. Σε ένα πλαίσιο των k bits τα k δυαδικά ψηφία θεωρούνται συντελεστές ενός πολυωνύμου $k-1$ βαθμού, που περιλαμβάνει k όρους, από x^{k-1} έως x^0 , ονομάζεται **γεννήτορας** και συμβολίζεται με $G(x)$. Το πιο σημαντικό δυαδικό ψηφίο είναι το αριστερό, δηλαδή ο συντελεστής του x^{k-1} . Το επόμενο σημαντικό δυαδικό ψηφίο είναι ο συντελεστής του x^{k-2} κ.ο.κ.

Παράδειγμα XII

Το πλαίσιο 110001 των 6 bits παριστάνει ένα πολυώνυμο 5ου βαθμού με 6 όρους, που έχουν συντελεστές τα δυαδικά ψηφία 1, 1, 0, 0, 0 και 1. Επομένως το πολυώνυμο θα είναι το: $x^5 + x^4 + x^0$.

Οι πράξεις στα πολυώνυμα γίνονται modulo 2, σύμφωνα με τους κανόνες της άλγεβρας, που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν κρατούμενα στην πρόσθεση και δανεικά στην αφαίρεση. Αυτό φαίνεται και στις τέσσερις πράξεις που ακολουθούν.

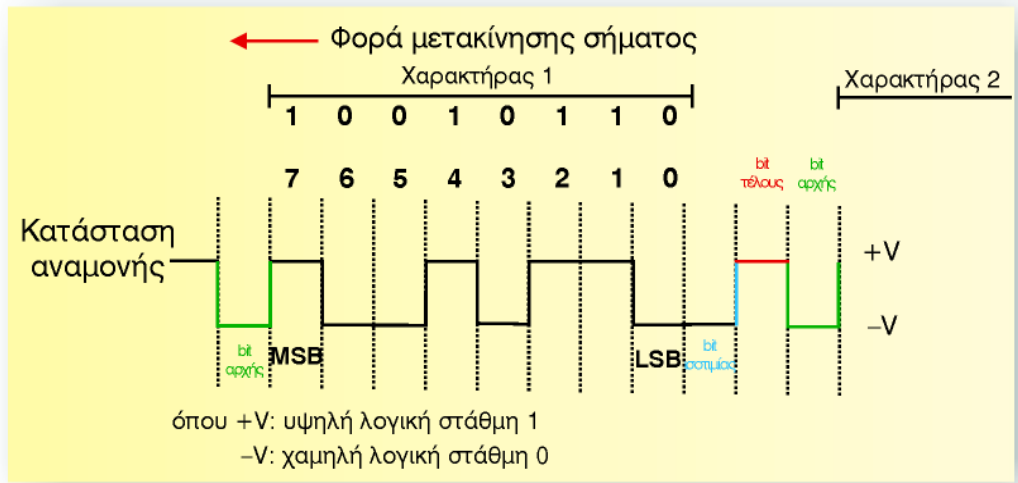
1001101	00110011	11110000	01010101
+ 11001010	+ 11001101	- 10100110	- 10101111
-----	-----	-----	-----
01010001	11111110	01010110	11111010

Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος του πολυωνυμικού κώδικα, ο πομπός και ο δέκτης πρέπει να συμφωνήσουν εκ των προτέρων στη μορφή του πολυωνύμου - γεννήτορα, δηλαδή του $G(x)$. Τόσο το πιο σημαντικό όσο και το λιγότερο σημαντικό δυαδικό ψηφίο του πολυωνύμου - γεννήτορα πρέπει να είναι το δυαδικό ψηφίο 1. Το **πιο σημαντικό ψηφίο** (*MSB: Most Significant Bit*) είναι το ψηφίο εκκίνησης της πληροφορίας στη γραμμή μετάδοσης, δηλαδή το 7ο ή το 8ο δυαδικό ψηφίο (σχήμα 2.23). Ακολούθως εμφανίζονται όλα τα άλλα δυαδικά ψηφία και τελευταίο το **λιγότερο σημαντικό ψηφίο** (*LSB: Least Significant Bit*), που είναι το 0 ή το 1ο δυαδικό ψηφίο.

Για να υπολογιστεί το άθροισμα ελέγχου μερικών πλαισίων των m bits, τα οποία αντιστοιχούν στο πολυώνυμο $M(x)$, πρέπει κάθε πλαίσιο να είναι μεγαλύτερο από το πολυώνυμο - γεννήτορα. Η βασική ιδέα είναι να προσαρτηθεί ένα άθροισμα στο τέλος του πλαισίου, έτσι ώστε το πολυώνυμο που παριστάνεται από το πλαίσιο μαζί με το άθροισμα ελέγχου να διαιρείται ακριβώς με το $G(x)$. Όταν ο δέκτης πάρει το πλαίσιο μαζί με το άθροισμα ελέγχου, το διαιρεί με το $G(x)$ και, αν υπάρχει υπόλοιπο, σημαίνει ότι υπήρξε σφάλμα μετάδοσης. Άρα αντί για πράξεις επάνω σε κώδικες - λέξεις είναι δυνατόν να γίνονται πράξεις στα αντίστοιχα πολυώνυμα που αυτές αντιπροσωπεύουν.



Τα 8 ψηφία που συνθέτουν ένα χαρακτήρα αριθμούνται από το 0 έως το 7.

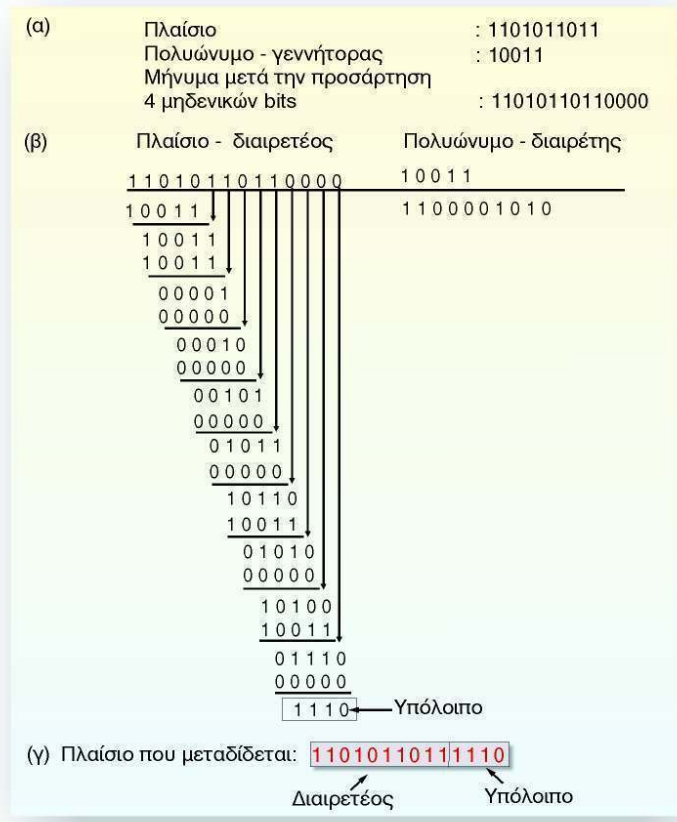


Σχήμα 2.23: Μετάδοση των δυαδικών ψηφίων στη γραμμή επικοινωνίας

Η μέθοδος ελέγχου μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- ✓ Πριν από τη μετάδοση η πληροφορία χωρίζεται σε πλαίσια (σχήμα 2.24α).
- ✓ Κάθε πλαίσιο διαιρείται με ένα προκαθορισμένο πολυώνυμο. Η διαίρεση γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και η δεκαδική. Ο διαιρέτης λέμε ότι χωράει σε ένα διαιρετέο, όταν ο διαιρετέος έχει τόσα δυαδικά ψηφία όσα έχει και ο διαιρέτης, μόνο που η αφαίρεση γίνεται **modulo 2**, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα (σχήμα 2.24β).
- ✓ Τόσο το πλαίσιο της πληροφορίας όσο και το υπόλοιπο της διαίρεσης αποστέλλονται στον αποδέκτη (σχήμα 2.24γ).
- ✓ Ο αποδέκτης διαιρεί το πλαίσιο της πληροφορίας με το ίδιο προκαθορισμένο πολυώνυμο και εξετάζει αν το υπόλοιπο της διαίρεσης που υπολόγισε συμπίπτει με το υπόλοιπο που του έστειλε ο πομπός. Η όλη διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 2.25.

Η μέθοδος CRC είναι πιο αποτελεσματική από τις



Σχήμα 2.24: Διαίρεση δυαδικών αριθμών



μεθόδους της δυαδικής ιστοιμίας. Η πιθανότητα να περάσουν απαρατήρητα λάθη σε ένα τμήμα δυαδικών ψηφίων είναι πολύ μικρή, π.χ. της τάξης του 10^{-9} . Μερικά από τα πιο γνωστά πολυώνυμα - διαιρέτες είναι τα:

CRC-12

(1100000001111)

$$x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x^1 + x^0$$

CRC-16

(110000000000000101)

$$x^{16} + x^{15} + x^2 + x^0$$

CCITT-16

(10001000000100001)

$$x^{16} + x^{12} + x^5 + x^0$$



Σχήμα 2.25: Διαδικασία ελέγχου κυκλικού κώδικα.

2.5.3 Κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων

Από τη στιγμή που ανιχνευθούν τα σφάλματα το σύστημα θα πρέπει να προχωρήσει αυτόματα σε κάποια διορθωτική ενέργεια. Η διόρθωση των σφαλμάτων μπορεί να γίνει με δύο τεχνικές: η πρώτη ονομάζεται τεχνική του **αυτόματου αιτήματος επαναμετάδοσης** (*ARQ: Automatic repeat ReQuest*) και αφορά τη διόρθωση των σφαλμάτων με απόρριψη των εσφαλμένων δεδομένων και επαναμετάδοση των ορθών· η δεύτερη ονομάζεται τεχνική της **αυτόματης διόρθωσης σφαλμάτων** (*AEC: Automatic Error Correction*) και αφορά τη διόρθωση των εσφαλμένων δεδομένων με χρήση διάφορων τεχνικών.

Ωστόσο μερικά συστήματα μετάδοσης δεδομένων αφήνουν το σφάλμα να το διορθώσει ο ίδιος ο χρήστης αργότερα. Για παράδειγμα, σε πολλά συστήματα που δε χρησιμοποιείται η αυτόματη επαναμετάδοση είναι εύκολο για το χρήστη να εισαγάγει και πάλι από το τερματικό του το μήνυμα που ελήφθη λανθασμένα ή να ζητήσει την επαναμετάδοσή του. Γενικά, θεωρείται πολύ καλύτερο να υπάρχει κάποιος τρόπος αυτόματης επαναμετάδοσης των εσφαλμένων μηνυμάτων, κάτι που τα περισσότερα από τα νέα συστήματα μετάδοσης δεδομένων πραγματοποιούν.

Οι τρόποι διόρθωσης των σφαλμάτων περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

2.5.3.1 Διόρθωση σφαλμάτων με επαναμετάδοση

Στα συστήματα χειρισμού δεδομένων συναντώνται πολλές διαφορετικές μέθοδοι ανίχνευσης σφαλμάτων και αυτόματης επαναμετάδοσης. Τα συστήματα αυτά διαφέρουν ως προς τον αριθμό των χαρακτήρων που μπορούν να επαναμεταδώσουν, όταν γίνει η ανίχνευση σφάλματος. Μερικά επαναμεταδίδουν ένα μόνο χαρακτήρα, ενώ άλλα επαναμεταδίδουν πολλούς χαρακτήρες ή και πολλά μηνύματα. Υπάρχουν δύο πλεονεκτήματα όσον αφορά την επαναμετάδοση μικρής ποσότητας δεδομένων:



- ✓ **Μετάδοση** είναι η αποστολή του μηνύματος από τον πομπά.
- ✓ **Επαναμετάδοση ή επανεκπομπή** είναι η επανάληψη της μετάδοσης.
- ✓ **Αναμετάδοση** είναι η μετάδοση ενός μηνύματος το οποίο λαμβάνεται εξασθενημένο και προωθείται ενισχυμένο.



- ✓ Εξασφαλίζεται μικρότερος χρόνος επαναμετάδοσης. Ασφαλώς, σε κανονικές συνθήκες, είναι πιο γρήγορη η επαναμετάδοση 5 χαρακτήρων παρά 500. Ωστόσο, αν ο ρυθμός σφαλμάτων είναι ένας εσφαλμένος χαρακτήρας στους 100.000 (τυπικό νούμερο στην τηλεφωνία), η επί τοις εκατό απώλεια σε ρυθμό μετάδοσης δεν είναι σημαντική. Θα ήταν σημαντική, αν έπρεπε να επαναμεταδοθεί μια ομάδα τουλάχιστον 5.000 χαρακτήρων.
- ✓ Εξασφαλίζεται μείωση του απαιτούμενου αποθηκευτικού χώρου. Είναι φυσικό, όταν επαναμεταδίδεται μια μεγάλη ομάδα δεδομένων, να υπάρχει πρόβλεψη προσωρινής αποθήκευσής τους, μέχρι να επιβεβαιωθεί από το δέκτη ότι η μετάδοση είναι ορθή. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που εισάγονται από το πληκτρολόγιο αποθηκεύονται σε μια ενδιάμεση μνήμη, προκειμένου να είναι διαθέσιμα στην περίπτωση που θα χρειαστεί να επαναμεταδοθούν αυτόματα. Σε μερικές περιπτώσεις αρκετές συσκευές εισόδου συνδέονται σε μια μονάδα ελέγχου, που διαθέτει τον απαιτούμενο αποταμιευτή.

Η χρησιμοποίηση μικρών ομάδων χαρακτήρων για επαναμετάδοση έχει και μειονεκτήματα, που είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Οι κώδικες ανίχνευσης σφαλμάτων μπορεί να είναι αποδοτικότεροι, όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ομάδες δεδομένων.
- ✓ Όταν οι ομάδες δεδομένων αποστέλλονται με συγχρονισμένο τρόπο μετάδοσης, μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα ανάμεσα στις αναγνωρίσεις των χαρακτήρων ελέγχου και στις διαδικασίες επαναφοράς της γραμμής, το οποίο μένει ανεκμετάλλετο. Όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα που μεταδίδονται ανάμεσα στις αναγνωρίσεις, τόσο ελαχιστοποιείται ο χρόνος που χάνεται. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα μετάδοσης είναι σε θέση να συμβιβάσει με τον καλύτερο τρόπο τους παραπάνω συντελεστές.

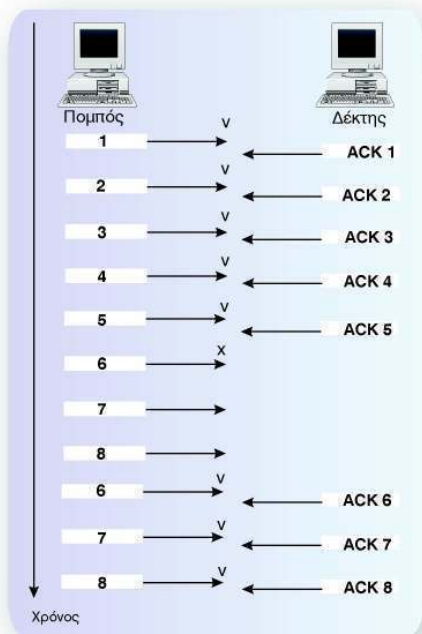
Όπως σημειώθηκε, μετά την αναγνώριση της λήψης κάποιας λανθασμένης ομάδας δεδομένων ακολουθεί η διόρθωσή της. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η τεχνική του αυτόματου αιτήματος επαναμετάδοσης (ARQ), ο δέκτης αποστέλλει στον πομπό μηνύματα **επιβεβαίωσης λήψης (ACK: ACKnowledgement)** ή **εσφαλμένης λήψης (NAK: Negative Acknowledgement)**, προκειμένου αυτός να ενεργήσει ανάλογα. Γενικά, τρεις είναι οι τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων με επαναμετάδοση.

✓ Τεχνική άμεσης αναγνώρισης

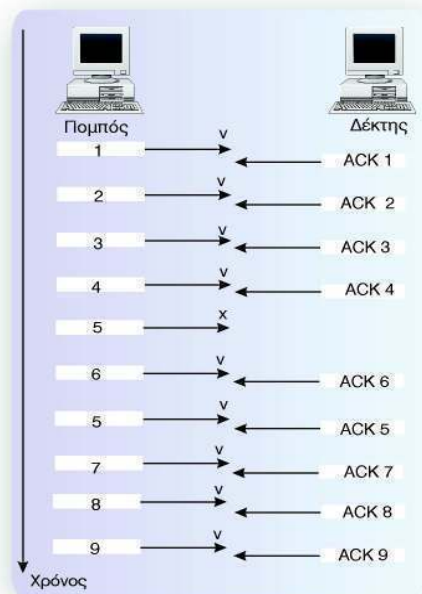
Σ' αυτή την περίπτωση ο πομπός, αφού στείλει μια ομάδα δεδομένων, περιμένει να πάρει επιβεβαίωση (ACK ή NAK), προκειμένου να αποστείλει την επόμενη ομάδα δεδομένων. Αν ο πομπός πάρει επιβεβαίωση λήψης (ACK), συνεχίζει κανονικά την αποστολή της επόμενης ομάδας. Αν όμως λάβει αρνητική επιβεβαίωση (NAK) για κάποια ομάδα δεδομένων, τότε επαναμεταδίδει το σύνολο των χαρακτήρων του



Σχήμα 2.26: Τεχνική της άμεσης αναγνώρισης.



Σχήμα 2.27: Τεχνική της έμμεσης ανάγνωσης.



Σχήμα 2.28: Τεχνική της έμμεσης ανάγνωσης με επιλεκτική επαναμετάδοση

μηνύματος. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή και ως **σταμάτα και περιμένε διορθωση με αίτημα επαναμετάδοσης** (*stop and wait ARQ*) (σχήμα 2.26).

✓ Τεχνική έμμεσης αναγνώρισης

Μ' αυτή τη μέθοδο ο πομπός στέλνει συνεχώς ομάδες χαρακτήρων, χωρίς να περιμένει σήμα αναγνώρισης (*ACK* ή *NAK*) από το δέκτη για κάθε ομάδα. Όμως, αν ανιχνευθεί σφάλμα από το δέκτη, τότε ο πομπός επαναμεταδίδει όλες τις ομάδες, από την ομάδα που εντοπίστηκε το σφάλμα έως την τελευταία που έχει ήδη μεταδοθεί. Η τεχνική αυτή λέγεται και **πήγαινε πίσω - N διορθώσεις με αίτημα επαναμετάδοσης** (*go back - N ARQ*) (σχήμα 2.27).

✓ Τεχνική έμμεσης αναγνώρισης με επιλεκτική επαναμετάδοση

Η μέθοδος αυτή ακολουθεί την ίδια διαδικασία με την τεχνική της έμμεσης αναγνώρισης, με τη διαφορά ότι το σήμα αρνητικής αναγνώρισης (*NAK*) του σταθμού του παραλήπτη προκαλεί την επαναμετάδοση μόνο της ομάδας των χαρακτήρων στην οποία αναφέρεται και όχι όλων των ομάδων που έχουν ήδη μεταδοθεί. Για παράδειγμα, αν ο πομπός έχει στείλει τις ομάδες χαρακτήρων 1, 2, 3 και λάβει *NAK* 1, επαναμεταδίδει μόνο την ομάδα 1 και συνεχίζει τη μετάδοση από την ομάδα 4. Η τεχνική αυτή λέγεται και **επιλεκτική επαναμετάδοση** (*selective retransmission*) (σχήμα 2.28).

Σε πιο σύνθετους σχηματισμούς ειδικά πλαίσια, που λέγονται **πλαίσια ελέγχου**, μεταδίδονται μεταξύ των σταθμών που επικοινωνούν προκειμένου να ελέγξουν τυχόν σφάλματα. Σε άλλες περιπτώσεις τα πλαίσια δεδομένων είναι δυνατόν να μεταφέρουν δυαδικά ψηφία ελέγχου, τα οποία χρησιμοποιούνται ως θετικές αναγνωρίσεις. Μ' αυτό τον τρόπο, όταν απαιτείται μια θετική αναγνώριση, χρησιμοποιείται ένα πλαίσιο δεδομένων για τη μεταφορά της, με αποτέλεσμα να μειώνεται η επιβάρυνση της μετάδοσης στην περίπτωση που δεν υπάρχουν σφάλματα.

Είναι δυνατόν:

- ✓ Οι χαρακτήρες ελέγχου, τα ίδια τα πλαίσια ελέγχου και οι χαρακτήρες τέλους μετάδοσης να αλλοιωθούν από το θόρυβο. Αν συμβεί αυτό, υπάρχει κίνδυνος:
 - να χαθεί ένα ολόκληρο πλαίσιο ή
 - να ενωθούν δύο πλαίσια.
- ✓ Κατά τη διαδικασία του αυτόματου αιτήματος επαναμετάδοσης ένα πλαίσιο να σταλεί δύο φορές.

Για να αποφευχθούν τα σφάλματα αυτά, υπάρχει ένας μετρητής που μετρά μόνο τα μονά ή μόνο τα ζυγά πλαίσια που μεταδίδονται. Σε μερικές περιπτώσεις αποστέλλεται ένας χαρακτήρας ελέγχου που δηλώνει ότι πρόκειται για μετάδοση μονού ή ζυγού πλαισίου.

Είναι δύσκολο να χαθούν δύο πλαίσια μαζί ή να μεταδοθούν δύο πλαι-



σια δύο φορές, έτσι που να μην μπορεί ο μετρητής να ανιχνεύσει το σφάλμα. Ωστόσο, για να αποφευχθεί και αυτή η σπάνια περίπτωση, τα περισσότερα νέα σχήματα χρησιμοποιούν αύξοντες αριθμούς, αντί του μετρητή που μετρά μόνο τα μονά ή μόνο τα ζυγά πλαίσια. Οι αύξοντες αριθμοί, εκτός του ότι παρέχουν καλύτερη προστασία, ελαχιστοποιώντας τα χαμένα ή τα διπλά πλαίσια, επιτρέπουν τη μετάδοση περισσότερων δεδομένων, πριν χρειαστεί η επιβεβαίωση λήψης.

2.5.3.2 Αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων

Το χαρακτηριστικό της τεχνικής της αυτόματης διόρθωσης σφαλμάτων είναι ότι, μαζί με τα δυαδικά ψηφία της πληροφορίας, αποστέλλονται και ορισμένα άλλα τα οποία βοηθούν όχι μόνο στην ανίχνευση τυχόν σφαλμάτων αλλά και στη διόρθωσή τους. Συγκεκριμένα, στο μεταδιδόμενο κώδικα μπορεί να ενσωματωθούν πρόσθετα δυαδικά ψηφία, έτσι ώστε ο ίδιος ο κώδικας να προχωρεί στην αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της ανίχνευσης. Επειδή η επαναμετάδοση του μηνύματος δεν είναι απαραίτητη, ο δέκτης δεν μπορεί να στείλει *ACK* ή *NAK*. Για το λόγο αυτό η μέθοδος είναι γνωστή και ως **πρόσθια διόρθωση σφαλμάτων** (*FEC: Forward Error Correction*).

Σε περιπτώσεις που υπάρχει πολύς θόρυβος η μέθοδος απαιτεί μεγάλο αριθμό πρόσθετων ψηφίων. Επομένως οι κώδικες που δίνουν ασφαλή αποτελέσματα με την πρόσθια διόρθωση σφαλμάτων μειονεκτούν, επειδή μειώνουν τη χωρητικότητα της γραμμής επικοινωνίας.

Η αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων μπορεί να πάρει διάφορες μορφές. Ο πλέον γνωστός κώδικας αυτόματης διόρθωσης σφαλμάτων είναι ο **κώδικας Hamming**, που διορθώνει απλά σφάλματα με την προσθήκη δυαδικών ψηφίων ελέγχου. Παράδειγμα χρησιμοποίησης της μεθόδου της αυτόματης διόρθωσης σφαλμάτων αποτελεί το σχήμα κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται στους δίσκους *CD-ROM*, στους οποίους το φυσικό μέσο αποθήκευσης είναι πολύ ευαίσθητο σε σφάλματα. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε με την προοπτική να διορθώνεται αυτόματα ένας μεγάλος αριθμός σφαλμάτων, ώστε το σύστημα αποθήκευσης να έχει τον απαιτούμενο βαθμό αξιοπιστίας.

Αν η γραμμή επικοινωνίας είναι μονόπλευρη, η τεχνική πρόσθιας διόρθωσης σφαλμάτων, όπως αυτή που χρησιμοποιείται στους δίσκους *CD-ROM*, είναι πάρα πολύ χρήσιμη. Όμως ένας τυπικός δίαυλος υποστηρίζει αμφίπλευρη μετάδοση, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η επαναμετάδοση. Γενικά, όταν πρόκειται για γραμμές μετάδοσης φωνής, οι κώδικες πρόσθιας διόρθωσης σφαλμάτων δεν καλύπτουν ούτε το συνολικό κόστος ούτε το εύρος ζώνης, στο βαθμό που το καλύπτουν οι κώδικες ανίχνευσης σφαλμάτων, οι οποίοι έχουν ήδη σχεδιαστεί, ώστε να συνδυάζονται με τη δυνατότητα αυτόματης επαναμετάδοσης των δεδομένων που παρουσιάζουν κάποιο σφάλμα.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Σφάλμα, μεμονωμένα σφάλματα, δέσμη σφαλμάτων, ποσοστό σφαλμάτων, αγνόηση σφαλμάτων, ανίχνευση σφαλμάτων, ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων, καθαρή πληροφορία, πρόσθετη πληροφορία, δυαδικά ψηφία ελέγχου, πληροφοριακό τμήμα, τμήμα ελέγχου, κωδικοποίηση ελέγχου σφάλματος, ανιχνευτικοί κώδικες, διορθωτικοί κώδικες, κατακόρυφος έλεγχος πλεονασμού, έλεγχος ισοτιμίας, έλεγχος περιττής ισοτιμίας, έλεγχος άρτιας ισοτιμίας, διαμήκης έλεγχος πλεονασμού, κυκλικός έλεγχος πλεονασμού, γεννήτορας, πιο σημαντικό ψηφίο, λιγότερο σημαντικό ψηφίο, αυτόματο αίτημα επαναμετάδοσης, αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων, επιβεβαίωση λήψης, εσφαλμένη λήψη, τεχνική άμεσης αναγνώρισης, τεχνική έμμεσης αναγνώρισης, επιλεκτική επαναμετάδοση, πλαίσια ελέγχου, πρόσθια διόρθωση σφαλμάτων.



Ανακεφαλαίωση

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύθηκε τις γνώσεις και τα στοιχεία που απαιτούνται για την κατανόηση του αντικειμένου της ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων. Σε συνδυασμό με τις γνώσεις που αποκτήθηκαν από το Κεφάλαιο 1 και αφορούσαν κυρίως την αναλογική μετάδοση, αναλύθηκαν έννοιες που αφορούν την ψηφιακή μετάδοση της πληροφορίας, όπως είναι η κωδικοποίηση των δεδομένων και ο ρυθμός μετάδοσής τους, η χωρητικότητα της γραμμής επικοινωνίας κτλ. (Μάθημα 2.1). Παρουσιάστηκαν τα είδη μετάδοσης όσον αφορά την κατεύθυνσή της (μονόπλευρη, ημίπλευρη και αμφίπλευρη) και δόθηκαν οι βασικές αρχές της παράλληλης και της σειραϊκής μετάδοσης (Μάθημα 2.2). Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι αρχές της συγχρονισμένης και της ασυγχρόνιστης σειραϊκής μετάδοσης (Μάθημα 2.3). Ακολούθησε συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ του αναλογικού και του ψηφιακού τρόπου μετάδοσης δεδομένων, μεταξύ της παράλληλης και της σειραϊκής μετάδοσης και τέλος μεταξύ της συγχρονισμένης και της ασυγχρόνιστης σειραϊκής μετάδοσης δεδομένων (Μάθημα 2.4). Το κεφάλαιο ολοκληρώθηκε με τη μελέτη των τεχνικών ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων (Μάθημα 2.5).





Ερωτήσεις

1. Τι είναι πληροφορία και τι δεδομένα σε ένα επικοινωνιακό σύστημα; Ποιές μορφές μπορεί να έχει η πληροφορία;
2. Τι είναι η κωδικοποίηση δεδομένων και πώς πραγματοποιείται;
3. Πώς μετρείται ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και πώς ο ρυθμός διαμορφωμένου σήματος ενός καναλιού;
4. Τι εννοούμε, όταν λέμε χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης και τι εύρος ζώνης καναλιού;
5. Τι παριστάνει το SNR και ποιός ο ρόλος του;
6. Πόσα είδη επικοινωνίας έχουμε σε σχέση με την κατεύθυνση της πληροφορίας;
7. Σε τι διαφέρει η μονόπλευρη από την ημίπλευρη επικοινωνία;
8. Σε τι συνίσταται η αμφίπλευρη επικοινωνία και σε τι διαφέρει από τις άλλες; Δώσε ένα παράδειγμα.
9. Πώς αντιλαμβάνεσαι την έννοια της κατεύθυνσης της μετάδοσης μιας πληροφορίας; Τι σημαίνει μετάδοση δεδομένων σημείου προς σημείο και τι εκπομπή δεδομένων;
10. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ ενός αναλογικού και ενός ψηφιακού σήματος;
11. Τι εννοούμε, όταν λέμε οπτική μετάδοση δεδομένων;
12. Τι εννοούμε, όταν λέμε σειραϊκή και τι παράλληλη μετάδοση;
13. Τι είναι η ασυγχρόνιστη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων;
14. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά και ποια τα πλεονεκτήματα της συγχρονισμένης μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων;
15. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά των διαποδιαμορφωτών;
16. Τι είναι το κύκλωμα $EA-232D/V24$ και από πόσους ακροδέκτες αποτελείται; Να αναφέρεις τις λειτουργίες των βασικότερων από αυτούς.
17. Πώς μπορούμε να ελέγξουμε αν η πληροφορία που λαμβάνει ο δέκτης είναι ίδια με την πληροφορία που στέλνει ο πομπός;
18. Ποιες μεθόδους ανίχνευσης σφαλμάτων γνωρίζεις;
19. Ποιες μεθόδους διόρθωσης σφαλμάτων γνωρίζεις;

Κεφάλαιο 3

Πολυπλεξία

- Μάθημα 3.1:** Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας - χρόνου
- Μάθημα 3.2:** Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών πολυπλεξίας
- Μάθημα 3.3:** Στατιστική πολυπλεξία



Κεφάλαιο 3: Πολυπλεξία

Σκοπός

Το Κεφάλαιο 3 στοχεύει να εξοικειώσει το μαθητή με τις τεχνικές της πολυπλεξίας και να συμβάλει στην κατανόηση της χρησιμότητάς της στην πράξη, πώς δηλαδή μπορεί να επιτευχθεί η καλύτερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας ενός φυσικού καναλιού.

Εξετάζονται έτσι οι τεχνικές της πολυπλεξίας με επιμερισμό συχνότητας και της πολυπλεξίας με επιμερισμό χρόνου και μέσα από πρακτικά παραδείγματα επιχειρείται να αναδειχθούν οι συγκριτικές διαφορές τους.

Τέλος, παρέχονται πρόσθετες γνώσεις που αφορούν τη μέθοδο της στατιστικής πολυπλεξίας, η οποία αποτελεί βελτίωση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου, ολοκληρώνοντας κατ' αυτό τον τρόπο τη μελέτη των τεχνικών εξοικονόμησης χωρητικότητας και διαμοιρασμού ενός φυσικού καναλιού σε πολλούς χρήστες.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να γνωρίζει τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας ενός φυσικού καναλιού.
- ✓ Να διακρίνει τις βασικές αρχές των τεχνικών της πολυπλεξίας που εφαρμόζονται στα συστήματα μετάδοσης δεδομένων.
- ✓ Να αναγνωρίζει τα είδη της πολυπλεξίας και τον τρόπο που επηρεάζουν τη μετάδοση.
- ✓ Να διακρίνει τις τεχνικές με τις οποίες διαμοιράζεται ένα φυσικό κανάλι σε πολλούς χρήστες.

Προερωτήσεις

1. Μπορούν να εξευρεθούν οικονομικότεροι τρόποι επικοινωνίας πολλών χρηστών από το ίδιο μέσο μετάδοσης;
2. Γνωρίζεις γιατί η πολυπλεξία βοηθά στη μετάδοση δεδομένων;
3. Ποιες τεχνικές πολυπλεξίας γνωρίζεις;
4. Γνωρίζεις πώς μπορεί να διαμοιραστεί το εύρος ενός καναλιού;
5. Είναι δυνατόν να μεταδώσουν ταυτόχρονα από το ίδιο κανάλι δύο ή περισσότεροι χρήστες χωρίς να επικαλύπτονται ή να παρενοχλούνται οι μεταδόσεις τους;
6. Αφού οι χρήστες δε χρησιμοποιούν συνεχώς όλο το εύρος της γραμμής που τους διατίθεται, γνωρίζεις αν υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι μετάδοσης, ώστε αυτό να χρησιμοποιείται και από άλλους;
7. Γνωρίζεις σε τι βοηθά η στατιστική πολυπλεξία;



Μάθημα 3.1: Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας – χρόνου

3.1.1 Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, σε πολλά συστήματα επικοινωνίας το κόστος των γραμμών μεταφοράς αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους για τον εξοπλισμό και τη συντήρηση του όλου συστήματος. Επομένως είναι λογικό να επιδιώκεται η από κοινού χρήση των ήδη εγκατεστημένων γραμμών μεταφοράς, ώστε να είναι εφικτή η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση και χρησιμοποίηση της χωρητικότητάς τους. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με οικονομία οι γραμμές μεταφοράς. Ο ένας έχει σχέση με τη σχεδίαση των επιμέρους τερματικών συνδέσεων, ενώ ο άλλος έχει σχέση με τον τρόπο αποστολής των σημάτων από το μέσο μετάδοσης. Η σχεδίαση των επιμέρους τερματικών συνδέσεων αφορά τους διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης των τερματικών διατάξεων που επικοινωνούν μεταξύ τους και θα μας απασχολήσει λεπτομερέστερα στα επόμενα κεφάλαια, ειδικότερα στα μαθήματα της αρχιτεκτονικής των δικτύων. Εδώ, προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο είναι εφικτή η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των γραμμών επικοινωνίας δεδομένων, θα αναφερθούμε μόνο σε ειδικές μορφές αυτών των γραμμών, όπως είναι:

- ✓ η γραμμή σημείου προς σημείο (*point-to-point line*),
- ✓ η γραμμή πολλαπλών σημείων (*multipoint* ή *multidrop line*),
- ✓ η επικοινωνία ευρείας εκπομπής (*broadcast*).

Ο δεύτερος τρόπος εξοικονόμησης χωρητικότητας και καλύτερης εκμετάλλευσης των γραμμών μεταφοράς αφορά την **πολυπλεξία**, δηλαδή τη διαδικασία αποστολής διακριτών σημάτων από την ίδια γραμμή επικοινωνίας και την ταυτόχρονη και χωρίς αλληλεπιδράσεις μετάδοσή τους.

Η τεχνική της πολυπλεξίας που θα εφαρμοστεί στις γραμμές μεταφοράς αποτελεί βασικό παράγοντα προκειμένου να επιτευχθεί μείωση του κόστους επικοινωνίας, ιδιαίτερα για υπολογιστές που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε μακρινές αποστάσεις. Επίσης η τεχνική αυτή διευκολύνει την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων τηλεπικοινωνιακών αγαθών. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι πολυπλεξίας, τις οποίες θα αναπτύξουμε αναλυτικότερα στη συνέχεια:

- ✓ η πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (*FDM: Frequency Division Multiplexing*),
- ✓ η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (*TDM: Time Division Multiplexing*) και
- ✓ η στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (*STDM: Statistical Time Division Multiplexing*).



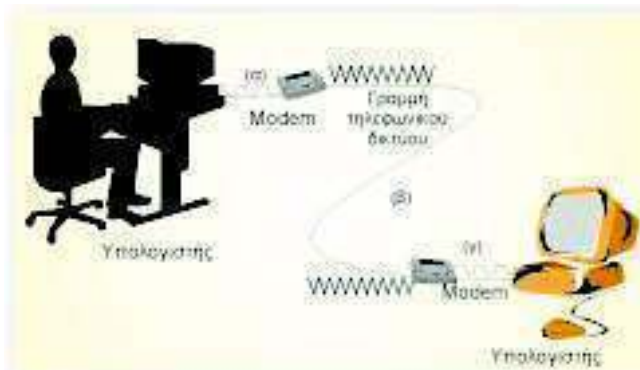
Όλα τα διαθέσιμα τηλεπικοινωνιακά αγαθά ονομάζονται και **πόροι** του συστήματος.

3.1.2 Τύποι γραμμών επικοινωνίας δεδομένων

Οι γραμμές επικοινωνίας δεδομένων διακρίνονται, ανάλογα με το πλήθος των σταθμών που επικοινωνούν, ως ακολούθως:

- ✓ **Γραμμή σημείου προς σημείο (point-to-point line).** Η γραμμή σημείου προς σημείο αποτελεί τον πιο απλό τρόπο σύνδεσης ενός δικτύου επικοινωνίας. Γενικά, η πληροφορία που μεταδίδεται μέσω της σημείου προς σημείο γραμμής επικοινωνίας συνδέει δύο τερματικές διατάξεις (σχήμα 3.1). Το μήκος της γραμμής μπορεί να ποικίλλει, ενώ το είδος της μετάδοσης μπορεί να είναι μονόπλευρης, ημίπλευρης ή αμφίπλευρης κατεύθυνσης.

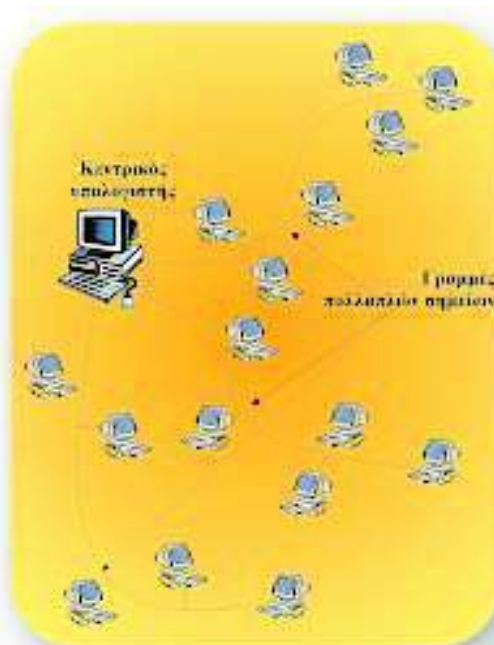
Η περίπτωση του σχήματος 3.1 είναι η πιο γνωστή και απλή σύνδεση. Μία περισσότερο σύνθετη περίπτωση είναι αυτή του σχήματος 3.2, σύμφωνα με την οποία πολλά τερματικά συνδέονται με έναν κεντρικό υπολογιστή. Η διάταξη αυτή, λόγω του σχήματός της, είναι γνωστή ως διάταξη άστρου.
- ✓ **Γραμμή πολλαπλών σημείων (multipoint ή multidrop line).** Η γραμμή πολλαπλών σημείων συνδέει δύο ή περισσότερες τερματικές διατάξεις με



Σχήμα 3.1: Βασικές γραμμές επικοινωνίας σημείου προς σημείο: τερματικού προς διαποδιαμορφωτή (α), διαποδιαμορφωτή προς διαποδιαμορφωτή (β) και διαποδιαμορφωτή προς Η/Υ (γ)



Σχήμα 3.2: Διάταξη άστρου. Κάθε σύνδεση τερματικού προς τον κεντρικό υπολογιστή αποτελεί γραμμή επικοινωνίας σημείου προς σημείο.



Σχήμα 3.3: Γραμμές πολλαπλών σημείων



μία γραμμή επικοινωνίας. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.3, στη γραμμή αυτή η πληροφορία είναι δυνατόν να ξεκινά από ένα σημείο και να καταλήγει σε άλλα γνωστά σημεία. Ένα παράδειγμα τέτοιας σύνδεσης αποτελεί και η συνδρομητική τηλεόραση, όπου ο πομπός γνωρίζει από πριν τους δέκτες. Το σχήμα αυτό επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ απλών τερματικών διατάξεων με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης, που δε διαθέτουν αποθηκευτικές δυνατότητες. Συνηθέστερη όμως είναι η χρησιμοποίηση του σχήματος αυτού στην περίπτωση σύνθετων τερματικών διατάξεων, που διαθέτουν αποθηκευτικά μέσα και μεταδίδουν σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

- ✓ **Επικοινωνία ευρείας εκπομπής (broadcast).** Πρόκειται για μια απλή γραμμή επικοινωνίας η οποία επιμερίζεται μεταξύ όλων των τερματικών διατάξεων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού του είδους επικοινωνίας είναι οι ραδιοφωνικές και οι τηλεοπτικές (μη συνδρομητικές) εκπομπές, όπου καθένας που διαθέτει ένα δέκτη (ραδιόφωνο/τηλεόραση) μπορεί να λαμβάνει το πρόγραμμα που μεταδίδεται. Στο σχήμα αυτό ο πομπός δε γνωρίζει τον αριθμό των δεκτών μιας περιοχής, ο οποίος θεωρητικά μπορεί να είναι άπειρος. Αντίθετα, στη συνδρομητική ή καλωδιακή τηλεόραση όσοι λαμβάνουν το πρόγραμμα είναι νόμιμα εγγεγραμμένοι συνδρομητές στην εταιρεία παροχής της αντίστοιχης υπηρεσίας.

3.1.3 Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας

Η **πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (FDM: Frequency Division Multiplexing)** χρησιμοποιείται και στην αναλογική μετάδοση. Το αρχικό εύρος ζώνης του μέσου (φυσικό κανάλι) επιμερίζεται σε πολλές μικρότερες ζώνες συχνότητας, τα λεγόμενα λογικά κανάλια, ώστε κάθε χρήστης να κατέχει αποκλειστικά τη δική του ζώνη συχνότητας. **Λογικό κανάλι** είναι κάθε ξεχωριστή γραμμή μεταφοράς που συνδέεται με την κύρια γραμμή επικοινωνίας (φυσικό κανάλι) και έχει πάντοτε μικρότερο ή ίσο εύρος ζώνης μ' αυτήν.

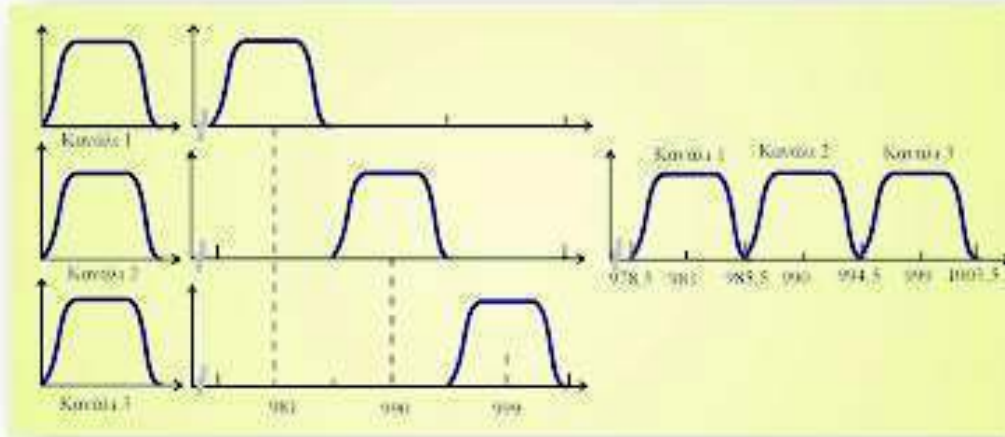
Παράδειγμα 1

Οι εκπομπές του ραδιοφώνου στα μεσαία κύματα αποτελούν ένα καλό παράδειγμα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας. Το φυσικό κανάλι είναι η ραδιοφωνική ζώνη που λειτουργεί από 500 έως 1.500 KHz περίπου, δηλαδή έχει εύρος ζώνης 1 MHz περίπου. Συνήθως, κάθε φέρον σήμα διαμορφώνεται από την αρχική ζώνη συχνότητας (χαμηλή) σε μια υψηλότερη ζώνη, για να μπορέσει να μεταδοθεί, ενώ χρησιμοποιούνται διάφορα φίλτρα, ώστε το εύρος ζώνης να περιοριστεί για κάθε κανάλι, π.χ., στα 9 KHz. Το σχήμα 3.4 δείχνει τις ζώνες συχνότητας τριών καναλιών που χρησιμοποιούν τεχνική *FDM* με συχνότητες 981, 990 και 999 KHz αντίστοιχα.

Όμως, στην πραγματικότητα, μέσω ενός καναλιού μπορούν να μεταφερθούν ταυτόχρονα πολύ περισσότερα από τρία διαφορετικά σήματα, ιδιαίτερα όταν το διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι πολύ μεγαλύτερο από 1 MHz. Αυτό συμβαίνει, για



Το **φίλτρο** είναι ένα σύστημα επεξεργασίας σημάτων που έχει ως σκοπό την ανίχνευση και κατόπιν το διαχωρισμό του επιθυμητού σήματος από το ανεπιθύμητο σύνολο θορύβων ή άλλων σημάτων που συνθέτουν το αρχικό σήμα.



Σχήμα 3.4: Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας

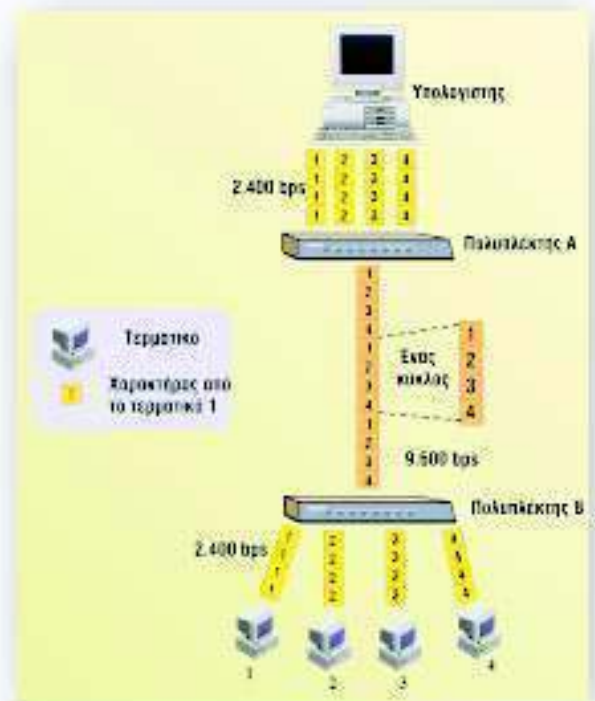
παράδειγμα, στην περίπτωση που η πολυπλεξία αφορά πολλά κανάλια, οπότε διατίθενται 9 KHz για κάθε κανάλι, προκειμένου αυτά να παραμείνουν χωρισμένα. Άρα η αρχική κατανομή του διατιθέμενου εύρους ζώνης συχνοτήτων είναι τέτοια, ώστε η ζώνη συχνότητας κάθε καναλιού να διαφέρει από την επόμενη της κατά 9 KHz. Με τον τρόπο αυτό τα κανάλια μπορούν να λειτουργήσουν από κοινού χωρίς επικαλύψεις (παράσιτα), αφού ανά δύο δεν κατέχουν τις ίδιες ζώνες συχνότητας. Όμως, παρ' όλο που υπάρχουν ζώνες προστασίας ανάμεσα στα κανάλια, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια επικάλυψη μεταξύ των γειτονικών καναλιών, αφού τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται δε διακόπτον απότομα τις άκρες των συχνοτήτων, με αποτέλεσμα η επικάλυψη αυτή να γίνεται αισθητή στο γειτονικό κανάλι σαν θόρυβος (παράσιτα).

Στη ραδιοφωνική ζώνη των FM, όπου το εύρος ζώνης είναι 20 MHz, δηλαδή από 88 έως 108 MHz, εκπέμπουν πολλοί κρατικοί και ιδιωτικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί.

3.1.4 Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου

Στην **πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου** (TDM: Time Division Multiplexing) οι χρήστες εναλλάσσονται κυκλικά, σαν να βρίσκονται γύρω από στρογγυλό τραπέζι, και καθένας από αυτούς παίρνει όλο το εύρος ζώνης του φυσικού καναλιού για σύντομο συνήθως αλλά πλήρως καθορισμένο χρονικό διάστημα (σχήμα 3.5).

Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην ψηφιακή μετάδοση. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, όταν έχουμε πολλές εισόδους που μοιράζονται το ίδιο ψηφιακό κανάλι, δημιουργείται μια νέα ροή δυαδικών ψηφίων, που προκύπτει από το συνδιασμό των δυαδικών ψηφίων όλων των επιμέρους ροών κυκλοφορίας.



Σχήμα 3.5: Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου



Παράδειγμα II

Ομάδα (block) ονομάζεται ένα σύνολο χαρακτήρων που είναι έτοιμοι προς μετάδοση. Στην περίπτωση μηνυμάτων με πολλούς χαρακτήρες, πολλές ομάδες συνιστούν ένα **πλαίσιο**.

Αν το φυσικό κανάλι περιλαμβάνει τέσσερα διαφορετικά λογικά κανάλια, τότε η μέθοδος της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου καθορίζει ότι το πρώτο δυαδικό ψηφίο θα προέρχεται από το πρώτο λογικό κανάλι, το δεύτερο από το δεύτερο λογικό κανάλι κ.ο.κ. Μ' αυτή τη λογική το ένατο, για παράδειγμα, δυαδικό ψηφίο θα προέρχεται και πάλι από το πρώτο λογικό κανάλι, το δέκατο από το δεύτερο κ.ο.κ., ώστε να συνεχίζεται ο κύκλος.



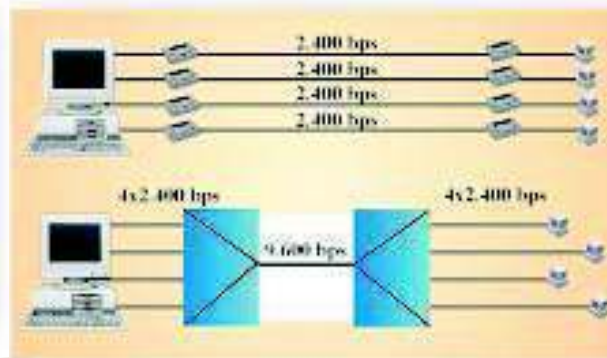
Παράδειγμα III

Στη συγχρονισμένη επικοινωνία οι χαρακτήρες αποστέλλονται κατά ομάδες, ενώ οι ειδικοί χαρακτήρες *SYN* και *EOF* σηματοδοτούν την αρχή και το τέλος της μετάδοσης.

Ένα πρακτικό παράδειγμα πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι αυτό που γίνεται σε ορισμένες χώρες όπου οι ιδιωτικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί, εκτός από το φυσικό κανάλι, διαθέτουν και δύο άλλα λογικά κανάλια, της μουσικής και της διαφήμισης, τα οποία εναλλάσσονται κατά διαστήματα, στην ίδια συχνότητα, εκπέμποντας για κάποιο περιορισμένο χρονικό διάστημα πότε μουσική και πότε διαφήμιση, αργότερα περισσότερη μουσική κ.ο.κ.

Συνήθως η τεχνική *TDM* εφαρμόζεται στις περιπτώσεις συγχρονισμένης επικοινωνίας. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται κατά ομάδες ή πλαίσια. Ο ρυθμός μετάδοσης των πλαισίων και το μήκος τους είναι σταθεροί παράμετροι και προσδιορίζουν τη χωρητικότητα του φυσικού καναλιού. Σε κάθε πλαίσιο κάθε διαδοχική θέση δίνεται

μόνιμα για χρήση από ένα συγκεκριμένο τερματικό. Σημειώνουμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης του πλαισίου συμπίπτει με το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων κάθε τερματικού και ότι η ύπαρξη συγχρονισμού κάθε τερματικού με το ρυθμό μετάδοσης του πλαισίου αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο της τεχνικής.



Σχήμα 3.6: Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (γ) αποτελεί συμφερότερη λύση από το σχηματισμό σημείου προς σημείο (α), καθώς και από το σχηματισμό γραμμής πολλαπλών σημείων (β).

Παράδειγμα IV

Το σχήμα 3.6 παριστάνει το διάγραμμα μιας εφαρμογής αυτής της τεχνικής, δηλαδή τους διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης τεσσάρων τερματικών

μιας επιχείρησης, εγκατεστημένων στις ίδιες θέσεις, και τη σύνδεσή τους με το κεντρικό σύστημα της επιχείρησης. Ασφαλώς ο σχεδιασμός 3.6α είναι ασύμφορος λόγω του κόστους διατήρησης τεσσάρων γραμμών επικοινωνίας. Ο

(β)

(α)

σχεδιασμός 3.6β είναι κατάλληλος μόνο σε περιπτώσεις χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου, ώστε η λειτουργία του ενός τερματικού να μην επηρεάζει τη λειτουργία του άλλου. Για παράδειγμα, η χρήση του 60% του χρόνου λειτουργίας κάθε τερματικού προκαλεί συμφόρηση στη γραμμή πολλαπλών σημείων επικοινωνίας. Τέλος, ο σχεδιασμός 3.6γ με χρήση δύο συσκευών πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και μιας κοινής γραμμής μετάδοσης αντί τεσσάρων δείχνει ως η πλέον συμφέρουσα λύση.

Στην τεχνική *TDM* υπάρχουν δύο στάθμες συγχρονισμού, ο **συγχρονισμός πλαισίου** και ο **συγχρονισμός λέξης**. Ο συγχρονισμός πλαισίου είναι αναγκαίος για να αναγνωρίζεται η έναρξη της μετάδοσης κάθε πλαισίου, ενώ ο συγχρονισμός λέξης είναι αναγκαίος για να διαχωρίζονται τα δεδομένα μέσα σε κάθε πλαίσιο.

Παράδειγμα V

Η τεχνική *TDM* εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία στα δίκτυα τηλεφωνίας που αναπτύσσονται τελευταία με βάση την τεχνική της παλμοκωδικής διαμόρφωσης (*PCM*). Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα της *CCITT*, η ψηφιοποίηση του αναλογικού σήματος γίνεται σε τρία στάδια ως εξής:

✓ Στάδιο δειγματοληψίας

Από 30 τηλεφωνικά κανάλια, περιορισμένα σε μία ζώνη των 4 KHz περίπου το καθένα, λαμβάνονται δείγματα αναλογικής φωνής με ρυθμό 8.000 φορές το δευτερόλεπτο.

✓ Στάδιο κβαντοποίησης

Κάθε δείγμα διαχωρίζεται σε 256 διακριτά (ξεχωριστά) επίπεδα τάσης, δηλαδή 8 δυαδικά ψηφία για κάθε δείγμα.

✓ Στάδιο κωδικοποίησης

Τα 30 τηλεφωνικά κανάλια αντιστοιχούν σε 30 θέσεις πλαισίων των 32 θέσεων, που μεταφέρονται με κανάλι χωρητικότητας 2.048 Mbps. Οι υπόλοιπες δύο θέσεις διατίθενται για τη σηματοδότηση και τον αυτοέλεγχο του δικτύου. Έτσι από τη συνολική χωρητικότητα σε κάθε κανάλι φωνής διατίθενται 64 Kbps (2.048 Kbps / 32).

Η τεχνική της *TDM* δεν εφαρμόζεται σε συστήματα που έχουν διαφορετικό εύρος ζώνης και κατά συνέπεια διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων τους, ενώ αντίθετα εφαρμόζεται σε συστήματα που έχουν παραπλήσιο εύρος ζώνης και κατά συνέπεια ίδιο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων τους. Με την τεχνική της **ελαστικής αποθήκευσης και συμπλήρωσης παλμών** τα ασυγχρόνιστα σήματα είναι δυνατόν να αποθηκευτούν από μια διάταξη (μικρο-υπολογιστή επικοινωνιών), που λέγεται **συλλέκτης (concentrator)**, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να ξαναδιαβαστούν με ρυθμό διαφορετικό από το ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύτηκαν (σχήμα 3.7). Πρακτικά, ο συλλέκτης προσφέρει μνήμη, προκειμένου να αποθηκευτούν προσωρινά τα

Η **συμφόρηση** στη γραμμή επικοινωνίας προκαλείται, όταν υπάρχουν πάρα πολλά μηνύματα που μεταδίδονται ή πρόκειται να μεταδοθούν μέσω της γραμμής αυτής.

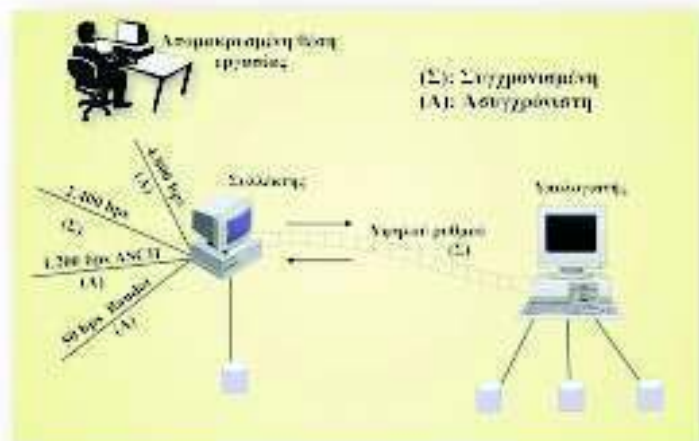
Ο **συγχρονισμός** συμβαίνει, όταν ο ρυθμός μετάδοσης του πομπού συμπίπτει με το ρυθμό λήψης του δέκτη.



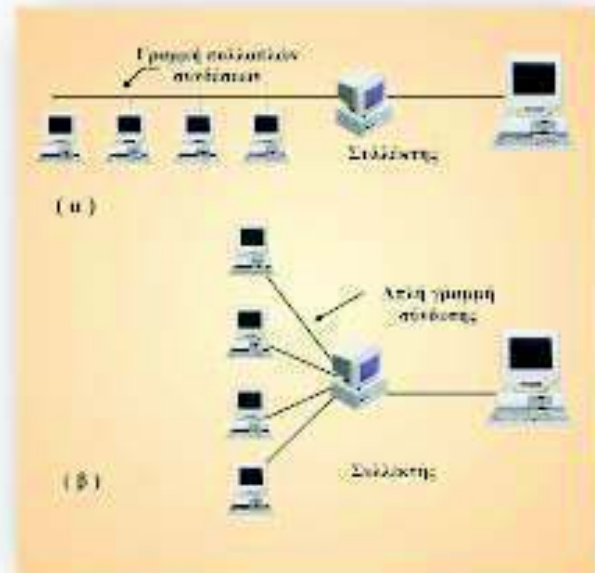
Η **παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM)** είναι μέθοδος μετατροπής αναλογικών σημάτων ομιλίας σε ψηφιακά σήματα. Στη μέθοδο αυτή η διαμόρφωση του ψηφιακού φέροντος επιτυγχάνεται μέσω ενός αναλογικού σήματος.



Ως **ελαστική αποθήκευση** εννοούμε τη μη υποχρεωτική αποθήκευση, η οποία εξαρτάται από τον όγκο των πληροφοριών που πρόκειται να διαχειριστεί ο συλλέκτης.



Σχήμα 3.7: Συλλέκτης

Σχήμα 3.8: Σύνδεση τερματικών με συλλέκτη:
(α) σε γραμμή πολλαπλών συνδέσεων και (β) σε απλή γραμμή σύνδεσης

Ένα παράδειγμα ανάλογης διάταξης με το συλλέκτη είναι το μαγνητόφωνο. Τα δεδομένα μπορούν να εγγραφούν σε ένα μαγνητόφωνο και να διαβαστούν από αυτό με διαφορετική ταχύτητα.

μηνύματα των τερματικών διατάξεων, ώστε με τη βοήθεια του κατάλληλου **λογισμικού επικοινωνίας** (*communication software*) να ελέγξει την κατανομή της διαθέσιμης χωρητικότητας της γραμμής επικοινωνίας.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.7, ο συλλέκτης δέχεται δεδομένα εισόδου από μια ομάδα τερματικών και συγκεντρώνει τα δεδομένα εξόδου σε μια γραμμή, κάνοντας επίσης και την αντίστροφη λειτουργία. Στο σχήμα 3.8 βλέπουμε δύο μοντέλα: στο πρώτο (α) τα τερματικά είναι συνδεδεμένα σε γραμμή πολλαπλών συνδέσεων, ενώ στο δεύτερο (β) κάθε τερματικό έχει τη δική του γραμμή απλής σύνδεσης σημείου προς σημείο, που το συνδέει με το συλλέκτη.

Παράδειγμα VI

Έστω ότι ένας δορυφόρος καταγράφει τα αποτελέσματα τριών πειραμάτων και τα εκπέμπει στη Γη. Τα πειράματα διαρκούν ένα δευτερόλεπτο, εκτελούνται συγχρόνως και τα σήματά τους συλλέγονται και αποθηκεύονται σε τρεις διαφορετικές διατάξεις ψηφιακής αποθήκευσης. Τα τρία σήματα που συλλέγονται έχουν ρυθμούς 2.000, 4.000 και 5.000 μηνυμάτων το δευτερόλεπτο και κωδικοποιούνται σε χαρακτήρες των 8 δυαδικών ψηφίων. Στο τέλος κάθε δευτερολέπτου τα δεδομένα που συλλέγονται μεταδίδονται στη Γη. Κατά τη μετάδοση κάθε αποθηκευτική διάταξη αποστέλλει τα δεδομένα με τον ίδιο ρυθμό (για παράδειγμα 5.000 μηνύματα το δευτερόλεπτο).

Τα μηνύματα και των τριών αποθηκευτικών διατάξεων υφίστανται πολυπλεξία, ώστε τελικώς να μεταδίδεται στη Γη ένα σύγχρονο σήμα *TDM*. Ωστόσο η διαδικασία αυτή εμφανίζει ένα σημαντικό πρόβλημα. Οι πρώτες 2.000 λέξεις από κάθε σήμα μπορούν να προωθηθούν για πολυπλεξία χωρίς καμιά δυσκολία. Κατά τη διάρκεια της πολυπλεξίας των επόμενων 2.000 χαρακτήρων δεν υπάρχει συμμετοχή από το πρώτο σήμα, ενώ κατά τους 1.000 τελευταίους χαρακτήρες δεν υπάρχει συμμετοχή από το πρώτο και το δεύτερο σήμα. Όμως εξαιτίας του θορύβου ο δέκτης θα εξακολουθεί να διαβάζει χαρακτήρες, ακόμα και όταν αυτοί δε μεταδίδονται από τα κανάλια, με αποτέλεσμα να έχουμε λάθη στη μετάδοση. Για να αποφευχθούν λανθασμένες ερμηνείες του θορύβου σαν σήμα, οι χρονικές περίοδοι που αντιστοιχούν στα σήματα τα οποία έχουν τερματίσει τη μετάδοσή τους γεμίζονται με **βουβές σειρές** από δυαδικούς χαρακτήρες. Οι σειρές αυτές έχουν επιλεγεί και κωδικοποιηθεί προσεκτικά με τέτοιο τρόπο, ώστε ο δέκτης να τις αναγνωρίζει με ευκολία.

Το χαρακτηριστικό των συλλεκτών και των διατάξεων πολυπλεξίας είναι ότι διαθέτουν μόνο μία γραμμή εξόδου. Σαφώς απαιτείται κάποιο **σχήμα προτεραιότητας** (*priority scheme*) ή **επιβολή πειθαρχίας**. Η παραδοσιακή μέθοδος υπαγορεύει ότι κάθε τερματικό πρέπει να μένει σιωπηρό, μέχρι που ο **ελεγκτής κυκλοφορίας** της διάταξης να του δώσει την άδεια. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως **διαλογή** (*polling*). Οι λεπτομέρειες της μεθόδου της διαλογής που εφαρμόζουν οι συλλέκτες και οι διατάξεις πολυπλεξίας διαφοροποιούνται ανάλογα με το αν πρόκειται για απλές ή πολλαπλές συνδέσεις.

Στην περίπτωση πολλαπλών συνδέσεων διακρίνουμε δύο είδη διαλογής. Το πρώτο είδος ονομάζεται **διαλογή κυλιόμενων κλήσεων** (*roll-call polling*) και λειτουργεί ως εξής: ο συλλέκτης στέλνει ένα μήνυμα σε κάθε τερματικό διαδοχικά, προκειμένου να διαπιστώσει αν το τερματικό έχει να μεταδώσει κάτι ή όχι. Αυτά τα μηνύματα περιέχουν μια διεύθυνση θέσης ή διεύθυνση σταθμού, έτσι ώστε να αναγνωρίζεται το τερματικό στο οποίο απευθύνεται ο συλλέκτης. Κάθε τερματικό ξέρει τη δική του διεύθυνση και ανταποκρίνεται στη δική του κλήση, παρ' όλο που παίρνει όλες τις κλήσεις. Εάν το τερματικό που πήρε την κλήση έχει να στείλει δεδομένα, τα στέλνει. Αν όχι, τότε στέλνει πίσω ένα ειδικό μήνυμα απόρριψης κλήσης.

Συνήθως ο συλλέκτης καλεί από μία φορά, διαδοχικά, όλα τα τερματικά. Ασφαλώς τα τερματικά υψηλής προτεραιότητας παίρνουν περισσότερες από μία κλήσεις σε κάθε γύρο. Στις ημίπλευρες γραμμές επικοινωνίας κάθε κλήση απαιτεί δύο γύρους. Ο ένας γύρος απαιτείται για να μπορέσει ο συλλέκτης να αποστείλει την κλήση και ο άλλος για να επιτρέψει στο τερματικό να μεταδώσει. Το αποτέλεσμα αυτής της τακτικής είναι να έχουμε μεγάλη καθυστέρηση στη συμπλήρωση του κύκλου, ακόμα και όταν τα περισσότερα τερματικά παραμένουν αδρανή τον περισσότερο χρόνο. Στη μετάδοση αυτή χρησιμοποιείται τόσο η συγχρονισμένη όσο και η ασυγχρόνιστη επικοινωνία.

Το δεύτερο είδος διαλογής πολλαπλών συνδέσεων ονομάζεται **διαλογή κόμβου** (*hub-polling*) και σχεδιάστηκε προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα που αναφέρθηκε



Βουβά ονομάζονται τα δεδομένα εκείνα που δεν αποδίδουν κανένα νόημα, αλλά βοηθούν στην εξάλειψη (επικάλυψη) του θορύβου.



Διεύθυνση θέσης ονομάζουμε έναν αριθμό που δηλώνει σε ποια θέση ή σειρά βρίσκεται η τερματική μονάδα, π.χ. (1), αν είναι πρώτη, (2), αν είναι δεύτερη κ.ο.κ.



Τηλεπικοινωνιακά αδρανές είναι ένα τερματικό που, ενώ είναι σε λειτουργία, δεν παίρνει ούτε στέλνει μηνύματα για μεγάλο χρονικό διάστημα.



παραπάνω. Στο είδος αυτό ο συλλέκτης καλεί το πιο απομακρυσμένο τερματικό. Αν αυτό το τερματικό έχει δεδομένα, τα στέλνει, διαφορετικά εκπέμπει ένα μήνυμα κλήσης στο γειτονικό του τερματικό. Αν και αυτό είναι αδρανές, στέλνει το μήνυμα κλήσης στο γειτονικό τερματικό κ.ο.κ., μέχρι το μήνυμα κλήσης να βρει ένα τερματικό που έχει να μεταδώσει κάτι ή μέχρι να γυρίσει πίσω στο συλλέκτη. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι το μήνυμα κλήσης δε χρειάζεται να διατρέξει διαδοχικά όλες τις τερματικές διατάξεις που είναι συνδεδεμένες στη γραμμή επικοινωνίας, μέχρι να βρεθεί κάποιο τερματικό που έχει κάτι να μεταδώσει.

Τέλος, στην περίπτωση των **απλών συνδέσεων** δε χρειάζεται να εφαρμοστεί η μέθοδος της διαλογής προκειμένου να αποφευχθεί το χάος στις γραμμές. Παρ' όλα αυτά η διαλογή κυλιόμενων κλήσεων χρησιμοποιείται συχνά προκειμένου να επιτραπεί στο συλλέκτη να αποκτήσει τα δεδομένα εισόδου με μεθοδικό τρόπο και με σειρά. Τα μηνύματα διαλογής διαφέρουν από εκείνα των πολλαπλών συνδέσεων, γιατί δε χρειάζονται οι διευθύνσεις θέσης. Στην περίπτωση των απλών συνδέσεων στην οποία εφαρμόζεται η μέθοδος της διαλογής κάθε τερματικό παίρνει αποκλειστικά τα σήματα διαλογής (*rolls*) που του απευθύνονται.



Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Πολυπλεξία, γραμμή σημείου προς σημείο, γραμμή πολλαπλών σημείων, μετάδοση ευρείας εκπομπής, πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας, πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, ομάδα (*block*), συγχρονισμός πλαισίου, συγχρονισμός λέξης, διαλογή, διαλογή κυλιόμενων κλήσεων, διαλογή κόμβου, βουβά δεδομένα.

Μάθημα 3.2: Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών πολυπλεξίας

Οι τεχνικές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας (*FDM*) και χρόνου (*TDM*) εκπληρώνουν τον ίδιο σκοπό. Στην πρώτη τα σήματα διαχωρίζονται στην περιοχή συχνοτήτων και εκπέμπουν ταυτόχρονα. Στη δεύτερη τα αναλογικά σήματα διαχωρίζονται χρονικά, αλλά εκπέμπονται στην ίδια περιοχή συχνοτήτων.

Από πρακτική άποψη η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου φαίνεται να υπερέχει σε δύο τουλάχιστον σημεία σε σχέση με αυτήν της συχνότητας. Τα σημεία αυτά είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Το πρώτο σημείο υπεροχής αφορά το υλικό. Οι συσκευές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας αποτελούνται από αναλογικά κυκλώματα διαμορφωτών - αποδιαμορφωτών, γεννήτριες φέρουσας και φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων για κάθε κανάλι. Αντίθετα, οι συσκευές πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου χρησιμοποιούν ψηφιακό υλικό και αποτελούνται από έναν πολυπλέκτη και ένα συλλέκτη. Το ψηφιακό υλικό είναι από τη φύση του τμηματικό και αυτοτελές, προσφέροντας αξιόπιστη κατασκευαστική απλότητα και πιο αποδοτική λειτουργία.
- ✓ Ένα δεύτερο πλεονέκτημα των συστημάτων πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι η σχετικά χαμηλή διασταύρωση μεταξύ των καναλιών, αφού δεν εμφανίζονται μη γραμμικά φαινόμενα στα κυκλώματα χειρισμού των σημάτων στον πομπό και στο δέκτη. Με τον όρο **διασταύρωση** (*cross talk*) εννοείται η ενδεχόμενη επικάλυψη γειτονικών καναλιών, ενώ ως **μη γραμμικά φαινόμενα** εννοούνται εκείνα τα οποία σε ένα συγκεκριμένο, μικρό, χρονικό διάστημα παρουσιάζουν απότομες μεταβολές ή διακυμάνσεις. Τα μη γραμμικά φαινόμενα προκαλούν ενδοδιαμόρφωση και παραμόρφωση, που στα συστήματα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας επηρεάζουν όλα τα κανάλια τόσο της χαμηλής όσο και της υψηλής συχνότητας. Σημειώνεται ότι στα κυκλώματα των συστημάτων αυτών δεν επιτυγχάνεται εύκολα γραμμικότητα φάσης και πλάτους, ειδικότερα όταν ο αριθμός των καναλιών που υφίστανται πολυπλεξία είναι μεγάλος.

Αντίθετα, στην πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου δεν υπάρχει ουσιαστικά διασταύρωση λόγω μη γραμμικών φαινομένων, αφού τα σήματα αυτά είναι απολύτως διαχωρισμένα και δεν επικαλύπτονται. Αυτό συμβαίνει, επειδή ο χειρισμός των σημάτων από τα διάφορα κανάλια δε γίνεται ταυτόχρονα, αλλά κατανέμεται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Επιπλέον είναι δυνατόν να επιτευχθεί ευκολότερα η γραμμικότητα των κυκλωμάτων στα συστήματα πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου από ό,τι στα αντίστοιχα συστήματα συχνότητας. Όμως η προστασία που προσφέρει η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου όσον αφορά τη διασταύρωση προϋποθέτει ένα υψηλού εύρους ζώνης φυσικό κανάλι, όπως επίσης και απουσία παραμόρφωσης που οφείλεται στην καθυστέρηση.



Οι γεννήτριες φέρουσας δημιουργούν ένα οποιοδήποτε φέρον σήμα. Το φίλτρο διέλευσης ζώνης δέχεται το τυχαίο φέρον σήμα δίνοντάς του μια συγκεκριμένη συχνότητα για μετάδοση.



Ως γραμμικότητα φάσης νοείται η μη απότομη μεταβολή της φάσης μέσα στο χρόνο.



Το κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα και των δύο τεχνικών πολυπλεξίας είναι το γεγονός ότι, αν ένα τερματικό είναι τηλεπικοινωνιακά αδρανές, τότε η αντίστοιχη χωρητικότητα του καναλιού παραμένει αναξιοποίητη σε βάρος της οικονομίας του δικτύου. Σημειώνεται ότι προκειμένου να μειωθεί το κόστος επικοινωνίας –και ειδικότερα στις περιπτώσεις συνδέσεων τερματικών διατάξεων επικοινωνίας που εφαρμόζεται η τεχνική της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου– οι διαδοχικές θέσεις πλαισίων ή και όλες οι θέσεις των πλαισίων που παραμένουν αδρανείς διατίθενται εξ ολοκλήρου σε τερματικές μονάδες που έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε χωρητικότητα. Συνήθως η τεχνική αυτή αναπτύσσεται σε συνδυασμό με τη χρήση συλλεκτών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η σύγκριση μεταξύ των δύο αυτών τεχνικών, όσον αφορά το παρεχόμενο εύρος ζώνης, δίνει το ίδιο αποτέλεσμα. Αυτό φαίνεται και στο παράδειγμα που ακολουθεί.



Σε πολλά τηλεπικοινωνιακά συστήματα το κόστος των γραμμών επικοινωνίας υπερβαίνει το κόστος του εξοπλισμού που συνδέεται σ' αυτές τις γραμμές.

Παράδειγμα VII

Θεωρούμε ότι διατίθενται 10 σήματα εισόδου με περιορισμένο εύρος ζώνης 3.000 Hz. Στα σήματα αυτά έχει εφαρμοστεί μια ειδικού τύπου διαμόρφωση πλάτους αναλογικού σήματος σε ένα σύστημα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας, σύμφωνα με την οποία αποκόπτεται η μία πλευρική μπάντα, εφόσον μεταφέρει την ίδια ακριβώς πληροφορία, προκειμένου να εξοικονομηθεί χωρητικότητα στο κανάλι επικοινωνίας. Επομένως το εύρος ζώνης του σήματος που θα προκύψει θα είναι 30.000 Hz ($= 10 \cdot 3.000$).

Εφαρμόζοντας πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου και με ρυθμό δειγματοληψίας 3.000 Hz σε κάθε κανάλι, το σήμα *TDM* θα αποστέλλεται με σειρά δειγμάτων που θα απέχουν χρονικά κατά $1/(10 \cdot 3.000)$ δευτερόλεπτα, οπότε το εύρος ζώνης του σήματος εξόδου *TDM* θα είναι 30.000 Hz, δηλαδή ίσο με το εύρος ζώνης του σήματος εξόδου *FDM*.

Τέλος, το κυριότερο μειονέκτημα της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι ότι η ακρίβεια της μορφής του σήματος, η χρονική αστάθειά του και ο συγχρονισμός του καταλήγουν να γίνονται μεγάλα προβλήματα, όταν έχουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σημάτων.



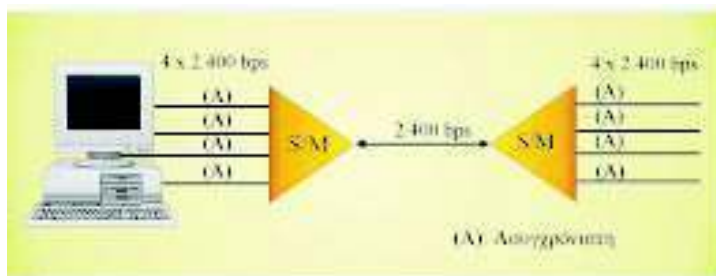
Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Γεννήτριες φέρουσας, φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων, πολυπλέκτης, συλλέκτης, διασταύρωση, γραμμικότητα φάσης, μη γραμμικά φαινόμενα.

Μάθημα 3.3: Στατιστική πολυπλεξία

Η **στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου** (*STDM: Statistical TDM*), ή απλώς στατιστική πολυπλεξία, αποτελεί επέκταση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και έχει ως στόχο να μειώσει τα προβλήματα που αυτή η τελευταία παρουσιάζει.

Το πρώτο σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι η διαφορετική «μεταχείριση» της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης από την στατιστική πολυπλεξία. Μια τυπική μορφή στατιστικής πολυπλεξίας αποτελεί το σχήμα 3.9, στο οποίο ο στατιστικός πολυπλέκτης λειτουργεί με το μέσο όρο των ροών κυκλοφορίας των δεδομένων που έρχονται από τέσσερις, ασυγχρόνιστες, χαμηλού ρυθμού ροές κυκλοφορίας δεδομένων (π.χ. 2.400 bps). Αυτές οι ροές δεδομένων ενοποιούνται σε μία γραμμή επικοινωνίας που κατευθύνεται στον πολυπλέκτη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στην τεχνική πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου η ενοποιημένη γραμμή επικοινωνίας θα απαιτούσε ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον ίσο με το άθροισμα των ρυθμών μετάδοσης των τεσσάρων γραμμών που καταφθάνουν στον πολυπλέκτη, δηλαδή 9.600 bps ($=4 \cdot 2.400$), όπως άλλωστε φαίνεται και στο σχήμα 3.9. Μια τέτοια τακτική δεν είναι συμφέρουσα, ιδιαίτερα όταν οι τερματικές διατάξεις παραμένουν αδρανείς για κάποια χρονικά διαστήματα ή μεταδίδουν σποραδικά καταγισμούς δεδομένων.



Σχήμα 3.9: Ασυγχρόνιστη στατιστική πολυπλεξία

Στο σχήμα 3.9 η ενοποιημένη γραμμή μεταφέρει δεδομένα με τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης που μεταφέρουν οι τέσσερις γραμμές των τερματικών διατάξεων. Αυτό σημαίνει ότι, για να λειτουργεί σωστά το σύστημα, ο μέσος φόρτος της γραμμής κάθε τερματικής διάταξης, για μεγάλη χρονική περίοδο, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 25% της συνολικής ικανότητας μεταφοράς της γραμμής.

Το δεύτερο σημείο που αξίζει να τονιστεί είναι το γεγονός ότι στις συγχρονισμένες γραμμές επικοινωνίας, λόγω της φύσης της μετάδοσης, η στατιστική πολυπλεξία εφαρμόζεται δυσκολότερα από ό,τι στην περίπτωση των ασυγχρόνιστων γραμμών επικοινωνίας. Ο λόγος είναι ότι στη συγχρονισμένη μετάδοση οι τερματικές διατάξεις παραμένουν αδρανείς (χρόνος αργίας) για ελάχιστο χρονικό διάστημα, ενώ οι ομάδες δεδομένων είναι απαραίτητο να διατηρούν την ολοκληρωμένη μορφή τους για όσο χρόνο διαπερνούν τους πολυπλέκτες.

Αντίθετα, στην περίπτωση της ασυγχρόνιστης επικοινωνίας τα μηνύματα καταφθάνουν από τα τερματικά με τυχαίο ρυθμό και παραμένουν προσωρινά αποθηκευμένα, μέχρι να μεταδοθούν από την ενοποιημένη γραμμή, με νέο ρυθμό μετάδοσης. Επειδή το μήκος των μηνυμάτων είναι τυχαίο, σε κάθε μήνυμα προστίθεται ένα **πρόθεμα**,



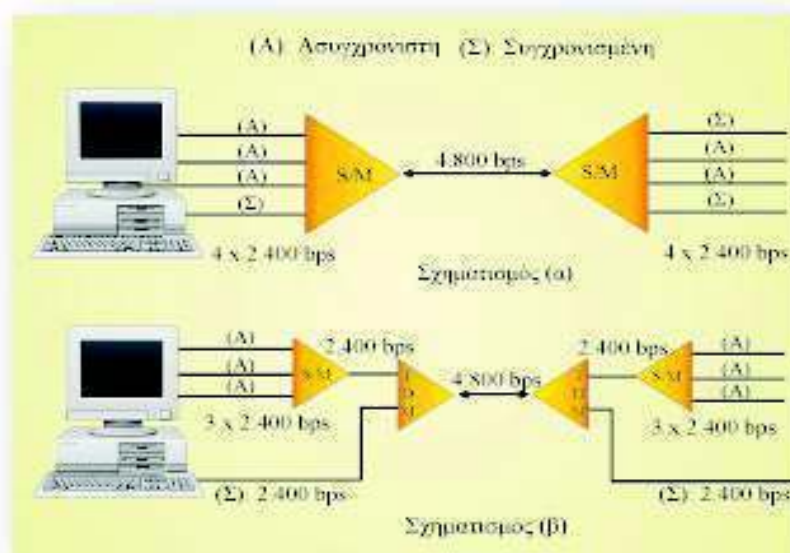
Το **πρόθεμα** είναι ένας κωδικοποιημένος χαρακτήρας που μπαίνει μπροστά στο μήνυμα.



Ο σκοπός του **υπολογιστή επικοινωνιών** είναι να απαλλάξει τον κεντρικό υπολογιστή από το φόρτο της επικοινωνίας με τα περιφερειακά. Ένα μεγάλο μέρος των πρωτοκόλλων επικοινωνίας υφίστανται επεξεργασία σ' αυτόν. Ο υπολογιστής επικοινωνιών εκτελεί συνήθως περιορισμένο αριθμό εντολών. Για το λόγο αυτό κατασκευάζεται με τέτοια αρχιτεκτονική, που δίνει βαρύτητα σ' αυτή τη λειτουργία και επομένως αυξάνει την απόδοσή του. Για παράδειγμα, πολλοί αλγόριθμοι ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων εκπομπής πραγματοποιούνται απευθείας στο υλικό (*hardware*) των υπολογιστών επικοινωνιών, απαλλάσσοντας έτσι τον κεντρικό υπολογιστή από το φόρτο της αντίστοιχης υπολογιστικής διαδικασίας.

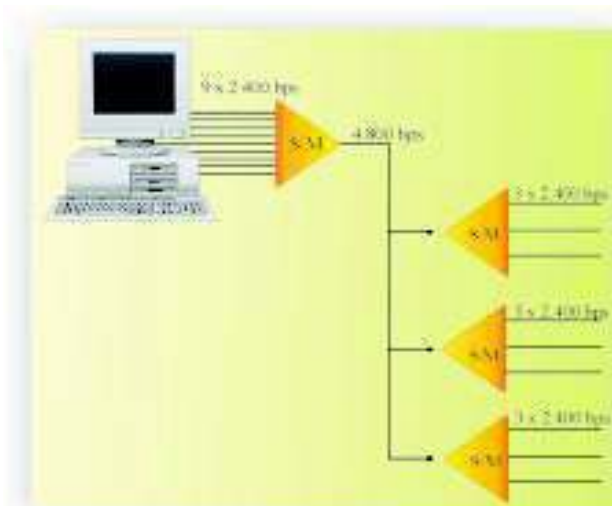
που δηλώνει το μήκος του. Με βάση την πληροφορία αυτή ο δέκτης διακρίνει τα διαδοχικά μηνύματα. Το πρόθεμα περιλαμβάνει πολλές φορές και πληροφορία σχετική με τη διεύθυνση προορισμού του μηνύματος στο δίκτυο, τη διεύθυνση του αποστολέα, καθώς επίσης και οτιδήποτε σχετικό με την προτεραιότητα διακίνησης του μηνύματος από σημείο σε σημείο. Η πρόσθεση του προθέματος στο μήνυμα αποτελεί συνήθως μέρος της λειτουργίας του **υπολογιστή επικοινωνιών**. Στην τεχνική της στατιστικής πολυπλεξίας τα μηνύματα, ανεξάρτητα από το μήκος τους, μεταδίδονται με τη μορφή μικρότερων τμημάτων σταθερού μήκους, τα οποία είναι ίσα είτε με ένα πλαίσιο είτε με μία θέση πλαισίου είτε με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο των πλαισίων ή των θέσεων του πλαισίου.

Στην πράξη εφαρμόζονται αρκετά σχήματα στατιστικής πολυπλεξίας. Μερικές ενδιαφέρουσες περιπτώσεις παρουσιάζονται στα σχήματα 3.10, 3.11 και 3.12.

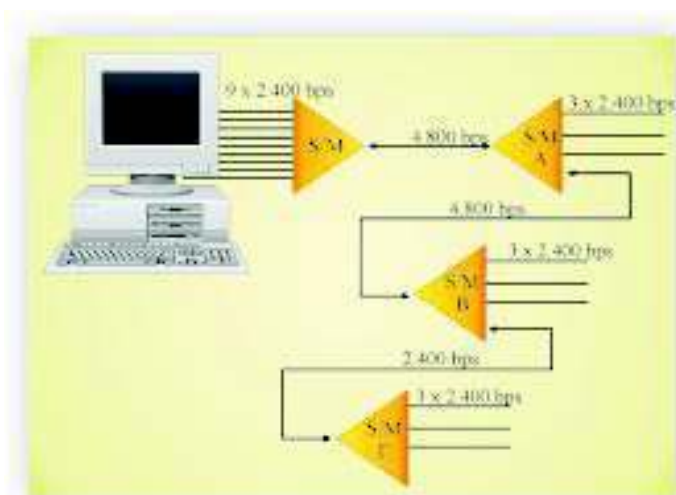


Σχήμα 3.10: Ισοδύναμοι σχηματισμοί στατιστικής πολυπλεξίας ασυγχρόνιστων και συγχρονισμένων γραμμών επικοινωνίας:

- (α) στατιστική πολυπλεξία τριών ασυγχρόνιστων γραμμών και μιας συγχρονισμένης,
- (β) συγχρονισμένη κυκλοφορία μέσω ενός TDM καναλιού σε συνδυασμό με στατιστική πολυπλεξία τριών ασυγχρόνιστων καναλιών που χρησιμοποιούν το υπόλοιπο TDM κανάλι.



Σχήμα 3.11: Στατιστικοί πολυπλέκτες πολλαπλών σημείων



Σχήμα 3.12: Διαδοχικοί στατιστικοί πολυπλέκτες

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, χρόνος αργίας, τυχαίος ρυθμός μετάδοσης, πρόθεμα.





Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο 3 αναζητήθηκαν οικονομικότερες μορφές επικοινωνίας. Η λύση του προβλήματος η οποία προτάθηκε έχει ως στόχο την πολλαπλή και ταυτόχρονη χρήση του διαθέσιμου μέσου μετάδοσης. Σε συνάρτηση με τους τύπους των γραμμών επικοινωνίας, έγινε αναλυτική αναφορά στην τεχνική της πολυπλεξίας και ειδικότερα στις τρεις μεθόδους πολλαπλής χρήσης καναλιού που χρησιμοποιεί και είναι:

- ✓ Η πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας, που αφορά την αναλογική μεταφορά δεδομένων, κατά την οποία το φυσικό κανάλι επιμερίζεται σε πολλές ζώνες με μικρότερο εύρος ζώνης η καθεμιά (λογικά κανάλια). Κάθε χρήστης κατέχει αποκλειστικά τη δική του ζώνη συχνότητας. Βάσει αυτής της μεθόδου όλες οι τερματικές μονάδες είναι συνεχώς συνδεδεμένες με το δίκτυο. Ο χρήστης μιας τέτοιας τερματικής μονάδας δεν αντιλαμβάνεται το φόρτο εργασίας του δικτύου, επειδή το λογικό κανάλι σύνδεσης του τερματικού του είναι πάντα στη διάθεσή του.
- ✓ Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, που αφορά τη συγχρονισμένη και την ασυγχρόνιστη ψηφιακή μετάδοση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή κάθε τερματική μονάδα συνδέεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με το δίκτυο για ένα προκαθορισμένο και περιορισμένο χρονικό διάστημα, εκμεταλλευόμενη όλες τις δυνατότητες του φυσικού καναλιού. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει μετάδοση με το μέγιστο δυνατό ρυθμό μετάδοσης του καναλιού, αλλά για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα. Η σύνδεση με το φυσικό κανάλι γίνεται κυκλικά, ανεξάρτητα από το αν υπάρχουν ή όχι δεδομένα για να μεταδοθούν, με αποτέλεσμα το κανάλι να υποαπασχολείται. Αυτό είναι δυνατόν να αποφευχθεί με την τρίτη μέθοδο.
- ✓ Η στατιστική πολυπλεξία, που αποτελεί βελτίωση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και έχει ως στόχο τη μείωση των προβλημάτων που αυτή παρουσιάζει. Στην περίπτωση της πολυπλεξίας ασυγχρόνιστων γραμμών επικοινωνίας, ο στατιστικός πολυπλέκτης λειτουργεί με το μέσο όρο των ροών κυκλοφορίας δεδομένων που έρχονται από τις ασυγχρόνιστες ροές κυκλοφορίας των τερματικών διατάξεων προς τον πολυπλέκτη. Πολύ πιο σύνθετη είναι η περίπτωση της πολυπλεξίας συγχρονισμένων γραμμών επικοινωνίας, κατά την οποία οι τερματικές διατάξεις, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στην ασυγχρόνιστη μετάδοση, παραμένουν απασχολημένες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε κάθε περίπτωση είναι δυνατή η βοήθεια συλλεκτών προκειμένου να αποθηκευθούν τα ασυγχρόνιστα σήματα που καταφθάνουν τυχαία από τις επικοινωνιακά ενεργές τερματικές μονάδες, μέχρι να περάσουν από τον πολυπλέκτη και να μεταδοθούν από το φυσικό κανάλι επικοινωνίας. Τέλος, παρουσιάστηκαν πρακτικά παραδείγματα εφαρμογής στατιστικών πολυπλεκτών, ώστε να φανεί η χρησιμότητά τους.

Το κεφάλαιο ολοκληρώθηκε με παράθεση των μειονεκτημάτων και των πλεονεκτημάτων των τεχνικών πολλαπλής χρήσης καναλιού, συγκρίνοντας τα φαινόμενα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια του χειρισμού των σημάτων μετάδοσης, καθώς και το παρεχόμενο εύρος ζώνης των δύο τεχνικών.

Ερωτήσεις

1. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι γραμμών επικοινωνίας και σε τι διαφέρουν;
2. Τι σημαίνει πολυπλεξία στη μετάδοση δεδομένων;
3. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας;
4. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου;
5. Σε τι διαφέρουν και σε τι μοιάζουν οι τεχνικές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας και χρόνου;
6. Τι είναι η στατιστική πολυπλεξία;
7. Σε τι διαφοροποιείται η στατιστική πολυπλεξία από την πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου;
8. Τι είναι ο συλλέκτης και πού χρησιμοποιείται;
9. Ανάλυσε και εξήγησε τα σχήματα 3.10, 3.11 και 3.12.





Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάνης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Drefler F., *Using Networks*, QUE, 1998.
3. Drefler F., Freed L., *How Networks Works*, QUE, 1998.
4. Kalvin P. P., Silberschatz A., *Operating Systems Concepts*, Publishing Co 1994.
5. Μαυροματάκου Α. Κ., *Φυσική*, έκδοση Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών, τόμος 1ος, Αθήνα 1998.
6. Πομπόρτσος Α. Σ., *Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών*, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1990.
7. Σχολικό βιβλίο Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου ΟΕΔΒ, *Εφαρμογές Πληροφορικής - Υπολογιστών*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1998.
8. Stallings W., *Data and Computer Communications*, Macmillan Publishing Company, 2nd edition, 1990.
9. Tanenbaum S. A., *Computer Networks*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.



Διευθύνσεις Διαδικτύου (URLs)

- ✓ <http://www.ieee.org>
- ✓ <http://www.iso.ch/>
- ✓ <http://www.elot.gr>
- ✓ <http://www.itu.int/>
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/osi_prot.htm
- ✓ <http://www.cisco.com/warp/public/535/4.html>
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ibmsna.htm
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/xns.htm
- ✓ http://aol.pcwebopedia.com/TERM/c/circuit_switching.html
- ✓ <http://www.vislab.usyd.edu.au/photronics/networks/networks/network5.html>

Ενότητα B

Δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων

Κεφάλαιο 4: Δικτυακά μοντέλα

Κεφάλαιο 5: Αρχιτεκτονική δικτύων

Κεφάλαιο 6: Τεχνολογίες δικτύων



Ενότητα Β: Δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 4: Δικτυακά μοντέλα

Μάθημα 4.1:	Εισαγωγή στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών	137
4.1.1	Γενικά στοιχεία	137
4.1.2	Δομικά στοιχεία δικτύου επικοινωνίας	142
4.1.3	Το υποδίκτυο επικοινωνίας	143
Μάθημα 4.2:	Δικτυακά μοντέλα υπολογιστών	144
4.2.1	Ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης	144
4.2.2	Ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης	144
4.2.3	Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη	146
4.2.4	Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία	150
4.2.5	Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία	151
Μάθημα 4.3:	Αξιοπιστία μετάδοσης - Απόδοση δικτύου	153
4.3.1	Αξιοπιστία μετάδοσης	153
4.3.1.1	Αιτίες των σφαλμάτων μετάδοσης	153
4.3.1.2	Μηχανισμοί εντοπισμού και αντιμετώπισης των σφαλμάτων μετάδοσης	153
4.3.1.3	Δείκτης αξιοπιστίας μετάδοσης	154
4.3.2	Απόδοση δικτύου	154
4.3.2.1	Ρυθμός διέλευσης	155
4.3.2.2	Καθυστέρηση μεταφοράς	155
4.3.2.3	Χαρακτηρισμός της απόδοσης δικτύου	156
Μάθημα 4.4:	Τεχνολογική εξέλιξη δικτύων δεδομένων	157
Μάθημα 4.5:	Χρήση δικτύων	161
4.5.1	Η χρήση των δικτύων στην κοινωνία της πληροφορίας	161
4.5.2	Η νέα δυναμική	163
Ανακεφαλαίωση		164
Ερωτήσεις		165



Κεφάλαιο 5: Αρχιτεκτονική δικτύων

Μάθημα 5.1:	Πρωτόκολλα επικοινωνίας	169
5.1.1	Εισαγωγή	169
5.1.2	Πρωτόκολλα επικοινωνίας	169
5.1.3	Ιεραρχία πρωτοκόλλων	170
5.1.4	Τύποι πρωτοκόλλων	171
5.1.5	Μεταφορά δεδομένων μέσω πρωτοκόλλων	176
Μάθημα 5.2:	Λειτουργίες πρωτοκόλλων	178
5.2.1	Κατάτμηση μηνυμάτων	178
5.2.2	Επανασυναρμολόγηση	179
5.2.3	Ενθυλάκωση	179
5.2.4	Έλεγχος σύνδεσης	180
5.2.5	Έλεγχος ροής	180
5.2.6	Έλεγχος σφαλμάτων	180
5.2.7	Τμηματοποίηση	181
5.2.8	Διευθυνσιοδότηση	181
5.2.9	Προτεραιότητα διεκπεραίωσης	181
5.2.10	Ασφάλεια	181
5.2.11	Συγχρονισμός	182
Μάθημα 5.3:	Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων	183
5.3.1	Διεπαφές	183
5.3.2	Υπηρεσίες	184
5.3.2.1	Προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες	185
5.3.2.2	Μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες	186
5.3.2.3	Επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες	187
5.3.2.4	Ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες	187
Μάθημα 5.4:	Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων	188
5.4.1	Εισαγωγή	188



5.4.2	Μετάδοση δεδομένων στο OSI	190
5.4.3	Υπηρεσίες και λειτουργίες των επιπέδων του OSI	194
5.4.3.1	Φυσικό επίπεδο	194
5.4.3.2	Επίπεδο γραμμής δεδομένων	195
5.4.3.3	Επίπεδο δικτύου	196
5.4.3.4	Επίπεδο μεταφοράς	197
5.4.3.5	Επίπεδο συνόδου	198
5.4.3.6	Επίπεδο παρουσίασης	199
5.4.3.7	Επίπεδο εφαρμογής	200
5.4.4	Οικογένειες πρωτοκόλλων	200
Μάθημα 5.5:	Διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης	
	- Πρότυπα και συστάσεις	203
5.5.1	Η ανάγκη προτυποποίησης	203
5.5.2	Διεθνείς οργανισμοί για πρότυπα	203
5.5.2.1	Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης	204
5.5.2.2	Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών	205
5.5.2.3	Το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών	206
5.5.2.4	Άλλοι οργανισμοί	206
5.5.3	Διαδικασία τυποποίησης προτύπων	207
Μάθημα 5.6:	Μοντέλο αναφοράς TCP/IP	208
5.6.1	Εισαγωγή	208
5.6.2	Μετάδοση δεδομένων TCP/IP	209
5.6.3	Τα επίπεδα του TCP/IP	213
5.6.3.1	Επίπεδο πρόσβασης δικτύου	213
5.6.3.2	Επίπεδο Διαδικτύου	213
5.6.3.2.1	Το πρωτόκολλο Διαδικτύου	214
5.6.3.2.2	Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων	217
5.6.3.2.3	Το πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου ...	217
5.6.3.3	Επίπεδο μεταφοράς	217
5.6.3.3.1	Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης	218
5.6.3.3.2	Πρωτόκολλο αυτοδύναμου πακέτου δεδομένων χρήστη	220



5.6.3.4	Επίπεδο εφαρμογής	221
5.6.3.4.1	Πρωτόκολλο εξομίσωσης τερματικού	222
5.6.3.4.2	Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων	222
5.6.3.4.3	Πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου	223
5.6.3.4.4	Υπηρεσίες καταλόγου	225
5.6.3.4.5	Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου	226
Μάθημα 5.7:	Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς	
	TCP/IP και OSI	228
5.7.1	Εισαγωγή	228
5.7.2	Ομοιότητες	228
5.7.3	Διαφορές	228
Ανακεφαλαίωση	.....	232
Ερωτήσεις	.....	234

Κεφάλαιο 6: Τεχνολογίες δικτύων

Μάθημα 6.1:	Τεχνολογία σημείου προς σημείο - Μεταγωγή ..	238
6.1.1	Δίκτυα μεταγωγής	238
Μάθημα 6.2:	Τεχνική μεταγωγής κυκλώματος - μηνύματος ...	240
6.2.1	Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος	240
6.2.2	Δίκτυα μεταγωγής μηνύματος	242
Μάθημα 6.3:	Τεχνικές μεταγωγής πακέτου	245
6.3.1	Δίκτυα μεταγωγής πακέτου	245
6.3.2	Δίκτυα μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου	247
6.3.3	Δίκτυα μεταγωγής πακέτου με νοητά κυκλώματα	248
Μάθημα 6.4:	Σύγκριση τεχνικών μεταγωγής	250
Μάθημα 6.5:	Τεχνολογίες επικοινωνιών εκπομπής - Ραδιοφωνικά δίκτυα	253
6.5.1	Εισαγωγή	253
6.5.2	Ασύρματη επικοινωνία - Ραδιοκύματα	254
Μάθημα 6.6:	Τεχνολογίες επικοινωνιών εκπομπής -	



Δορυφορικά δίκτυα	256
Ανακεφαλαίωση	258
Ερωτήσεις	259
Βιβλιογραφία	260
Διευθύνσεις διαδικτύου (URLs)	260
Γλωσσάριο τόμου Ι	i - vii

Κεφάλαιο 4

Δικτυακά μοντέλα

- Μάθημα 4.1: Εισαγωγή στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών
- Μάθημα 4.2: Δικτυακά μοντέλα υπολογιστών
- Μάθημα 4.3: Αξιοπιστία μετάδοσης - Απόδοση δικτύου
- Μάθημα 4.4: Τεχνολογική εξέλιξη δικτύων δεδομένων
- Μάθημα 4.5: Χρήση δικτύων





Κεφάλαιο 4: Δικτυακά μοντέλα

Σκοπός

Σκοπός του Κεφαλαίου 4 είναι να συνειδητοποιήσει ο μαθητής τη σημασία της επικοινωνίας από τα πρώτα χρόνια της παρουσίας του ανθρώπου στη Γη, να τη συνδέσει με τα σύγχρονα επικοινωνιακά μοντέλα και να γνωρίσει τις βασικές έννοιες που σχετίζονται με τα δίκτυα υπολογιστών. Έννοιες που αφορούν τα χαρακτηριστικά και την ταξινόμηση των δικτύων υπολογιστών, σε συνδυασμό με την απόδοση του δικτύου η οποία αντικατοπτρίζει την αξιοπιστία και την ποιότητα της μετάδοσης, εισάγουν το μαθητή σταδιακά σε βαθύτερες έννοιες - αντικείμενα των δικτυακών μοντέλων επικοινωνίας. Τέλος, στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιαστεί, μέσω της διαχρονικής τεχνολογικής εξέλιξης των δικτύων υπολογιστών και πιο συγκεκριμένα του Διαδικτύου, η σημερινή τεχνολογική κατάσταση και οι πλέον ορατές χρήσεις των δικτύων υπολογιστών.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να γνωρίζει τη διαχρονική εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων και των δικτύων υπολογιστών, καθώς και τις χρήσεις τους.
- ✓ Να γνωρίζει τα δομικά στοιχεία των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, τις κατηγορίες τους και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.
- ✓ Να διακρίνει και να ταξινομεί τα δικτυακά μοντέλα ως προς διάφορα χαρακτηριστικά, όπως είναι το μέσο μετάδοσης, η γεωγραφική κάλυψη, το είδος της σύνδεσης, η τοπολογία και η τεχνολογία.
- ✓ Να μπορεί να περιγράφει τα δικτυακά μοντέλα και να δίνει παραδείγματα χρησιμοποίησής τους.
- ✓ Να γνωρίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός δικτύου, όπως είναι η διέλευση ή η καθυστέρηση, και γενικότερα να αντιμετωπίζει τα προβλήματα που αφορούν την ποιότητα και την αξιοπιστία της μετάδοσης.
- ✓ Να αναγνωρίζει τη χρήση των διάφορων τύπων δικτύων.



Προερωτήσεις

1. Ποιους τρόπους επικοινωνίας γνωρίζεις;
2. Τι είναι ένα σύστημα επικοινωνίας και ποια νομίζεις ότι είναι τα δομικά χαρακτηριστικά του;
3. Γνωρίζεις τους λόγους που ώθησαν και ωθούν τους ανθρώπους να αναπτύξουν δρόμους επικοινωνίας;
4. Ποια είναι τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζονται στις σύγχρονες μορφές επικοινωνίας;
5. Ποια νομίζεις ότι είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των σύγχρονων μορφών επικοινωνίας;



Μάθημα 4.1: Εισαγωγή στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών

4.1.1 Γενικά στοιχεία

Όπως είναι γνωστό, διάφοροι τύποι δικτύων έχουν δημιουργηθεί και λειτουργήσει από τα παλιά χρόνια έως σήμερα. Τα δίκτυα αυτά έχουν ποικίλες εφαρμογές στην οικονομική και στην κοινωνική ζωή των λαών, όπως είναι για παράδειγμα το ταχυδρομικό δίκτυο, το δίκτυο ύδρευσης, το δίκτυο ηλεκτρισμού, τα πάσης φύσεως δίκτυα μεταφοράς (οδικά, σιδηροδρομικά, ακτοπλοϊκά, αεροπορικά) κτλ. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η λέξη δίκτυο έχει μια πολύ γενικευμένη έννοια.

Τα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των **τηλεπικοινωνιακών δικτύων** (*telecommunication networks*), δηλαδή σε εκείνα τα συστήματα που επιτρέπουν στους χρήστες τους να μεταβιβάζουν ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες, ενώ βρίσκονται σε απόσταση. Τα πλέον γνωστά και εκτεταμένα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι το τηλεφωνικό δίκτυο και τα δίκτυα της τηλεόρασης. Να σημειωθεί ότι το κοινό χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι έχουν σχεδιαστεί ειδικά για την ικανοποίηση μιας συγκεκριμένης ανάγκης, δηλαδή για τη μετάδοση φωνής στην πρώτη περίπτωση και κινούμενης εικόνας και ήχου στη δεύτερη, με αποτέλεσμα να απαιτούν ειδικό τερματικό εξοπλισμό για τη λειτουργία τους, δηλαδή τις συσκευές τηλεφώνου και τηλεόρασης αντίστοιχα. Με την εισαγωγή της μικροηλεκτρονικής και την εφαρμογή των νέων τεχνικών ψηφιακής μετάδοσης και επεξεργασίας δεδομένων άλλαξαν οι κλασικές μορφές επικοινωνίας, με αποτέλεσμα την κατάργηση στην πράξη ορισμένων γνωστών υπηρεσιών ή εφαρμογών, όπως είναι για παράδειγμα η τηλεγραφία.

Σημαντικά βήματα στην ιστορική εξέλιξη των συστημάτων τηλεπικοινωνίας μπορεί να θεωρηθούν τα ακόλουθα:

- ✓ Ο Βρετανός Charles Morrison το 1753 ανέπτυξε ένα από τα πρώτα συστήματα επικοινωνιών που χρησιμοποιούσαν ηλεκτρικές μεθόδους.
- ✓ Ο Γάλλος μοναχός Abbe Nollet, κάνοντας επίδειξη της θεωρίας του για την ταχύτητα μετάδοσης του ηλεκτρικού σήματος, έβαλε διακόσιους περίπου Καρθουσιανούς μοναχούς να σχηματίσουν έναν ανοικτό κύκλο με 1,5 χιλιόμετρα διάμετρο, κρατώντας ανάμεσά τους ένα σιδερένιο σύρμα. Συνέδεσε το σύρμα που κρατούσε ο πρώτος μοναχός σε μια ηλεκτροστατική γεννήτρια και υπέβαλε τους μοναχούς σε διαδοχική ηλεκτροπληξία, για να αποδείξει τη θεωρία του. Σχημάτισε έτσι το πρώτο δίκτυο δακτυλίου, το οποίο αποτελούσαν από μοναχούς.
- ✓ Τα πρώτα τηλεγραφικά συστήματα αναπτύσσονται το 1837 από το Samuel Morse στην Αμερική και από τους Cooke και Wheatstone στην Αγγλία, ενώ το

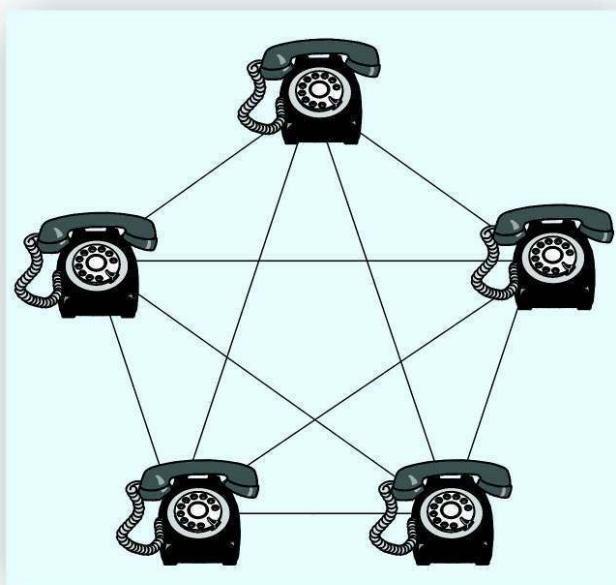
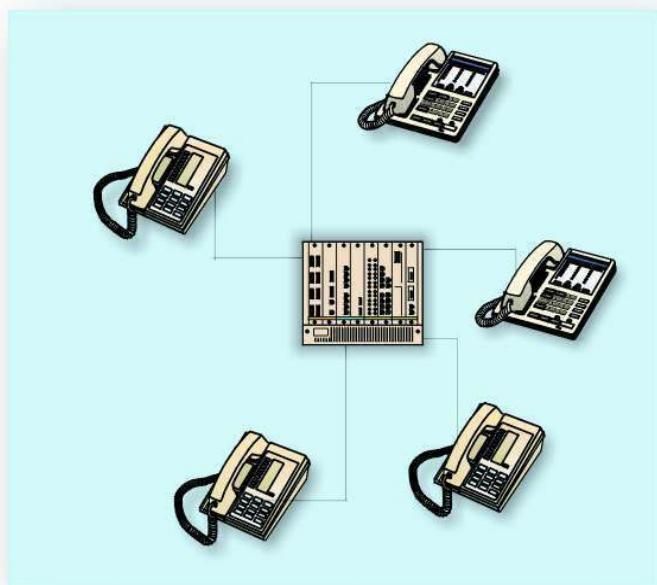


Αρχέγονους τρόπους επικοινωνίας είχαν επινοήσει οι άνθρωποι από πολύ παλιά προκειμένου να μεταφέρουν γρήγορα και σωστά κάποια πληροφορία. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν φωτιές από βουνό σε βουνό, για να μεταδώσουν κάποια πληροφορία, ενώ άλλοι λαοί χρησιμοποιούσαν τον ήχο των τυμπάνων ή τα σήματα καπνού.



πρώτο εμπορικό τηλεγραφικό δίκτυο υλοποιείται το 1844, ανοίγοντας το δρόμο για την εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών.

- ✓ Ο Σκωτσέζος Graham Bell εφευρίσκει το τηλέφωνο το 1876 και αρχίζει η εποχή της κυριαρχίας των αναλογικών μεθόδων μετάδοσης της πληροφορίας, έναντι των ψηφιακών που χρησιμοποιούσε ο τηλεγράφος. Αρχικά κάθε ζεύγος συσκευών απαιτούσε τη δική του γραμμή επικοινωνίας, με αποτέλεσμα να χρειάζονται για n συσκευές $n(n-1)/2$ συνδέσεις. Έτσι κάθε συνδρομητής διαθέτετε $n-1$ συνδέσεις. Το σχήμα όμως αυτό ήταν ασύμφορο και η σπατάλη πόρων προφανής. Η λύση στο πρόβλημα δόθηκε με τη δημιουργία ενός τηλεφωνικού κέντρου στο οποίο συνδέονται όλες οι συσκευές (σχήμα 4.1). Ο συνδρομητής καλεί το τηλεφωνικό κέντρο και ζητά να μιλήσει με κάποιον άλλο συνδρομητή. Το τηλεφωνικό κέντρο καλεί το δεύτερο συνομιλητή και τον συνδέει με τον πρώτο. Στην πορεία, με τη σύνδεση περισσότερων τηλεφωνικών κέντρων, αρχίζουν να δημιουργούνται τα πρώτα τηλεφωνικά δίκτυα.
- ✓ Το τέλος του 19ου αιώνα έχει να επιδείξει και την εφεύρεση του ραδιοφώνου. Τα πρώτα ραδιοφωνικά συστήματα αναπτύχθηκαν από τον Ιταλό Marconi, ο οποίος το 1897 κατάφερε να μεταδώσει ραδιοκύματα σε απόσταση 9 μιλίων. Η πρώτη υπερατλαντική ραδιοεπικοινωνία επιτεύχθηκε το 1901 μεταξύ της Κορνουάλης και του Νιουφάουντλαντ, ενώ το 1910 οι πρώτοι ραδιοφωνικοί σταθμοί άρχισαν να εκπέμπουν σε εμπορική βάση με τη σημερινή μορφή τους. Ο τηλεγράφος και



Σχήμα 4.1: Παράδειγμα τηλεφωνικού δικτύου 5 συσκευών με και χωρίς τηλεφωνικό κέντρο, που απαιτεί 5 και 10 γραμμές επικοινωνίας αντίστοιχα.

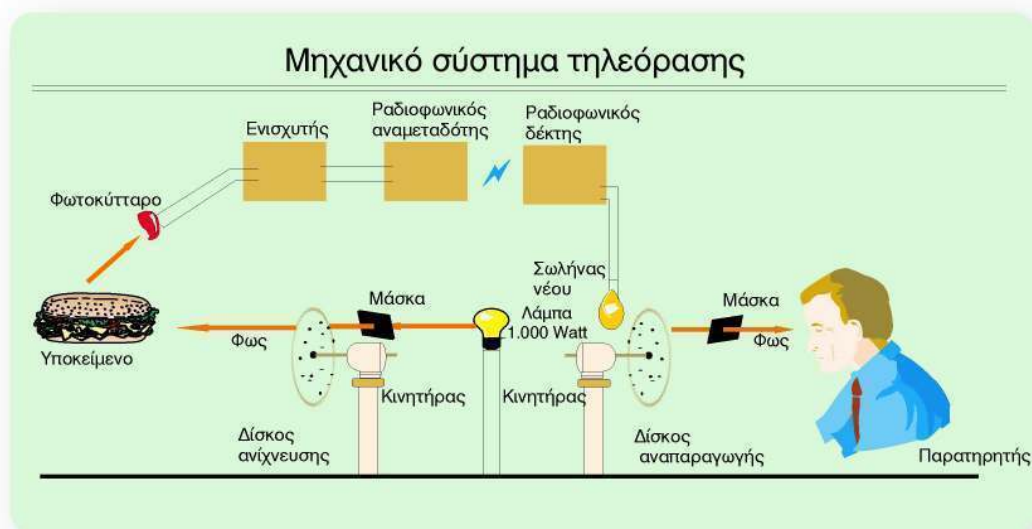


αργότερα η τηλεφωνία και η τηλεόραση (σχήμα 4.2) αποτελούν τα πρώτα σοβαρά βήματα στην ανάπτυξη των επικοινωνιών.

- ✓ Ο 20ός αιώνας έχει να παρουσιάσει θαυμαστά επιτεύγματα, όπως το τηλεοπτικό δίκτυο της δεκαετίας του 1940, το πρώτο ψηφιακό τηλεφωνικό σύστημα το 1959, τις δορυφορικές επικοινωνίες το 1960, καθώς και τις πρώτες επικοινωνίες μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Σήμερα, με την ανατολή του 21ου αιώνα, στις ανεπτυγμένες τουλάχιστον κοινωνίες, η επικοινωνία των υπολογιστών είναι μια καθημερινή πραγματικότητα όχι μόνο στο επίπεδο των οργανισμών και των επιχειρήσεων αλλά και στο επίπεδο του απλού χρήστη, ο οποίος έχει τη δυνατότητα, με τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό, να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε, σχεδόν οπουδήποτε και αν βρίσκεται. Η αλματώδης αυτή εξέλιξη των τηλε-



Ο Marconi, μετά την εφεύρεσή του, πέρασε το υπόλοιπο της ζωής του προσπαθώντας να βελτιώσει τις τεχνικές μετάδοσης των ραδιοκυμάτων και, όταν πέθανε το 1937, ο κόσμος τον τίμησε με 2 λεπτών σιγή όλων των ραδιοφωνικών σταθμών του πλανήτη.



Σχήμα 4.2: Μηχανικό σύστημα τηλεόρασης του 1920

πικοινωνιών και των υπολογιστικών συστημάτων οδήγησε στην ανάπτυξη διάφορων τύπων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη γρήγορη και ασφαλή μετάδοση των δεδομένων (κειμένα, φωνή, εικόνα, γραφικά, βίντεο κτλ.) μεταξύ υπολογιστών που βρίσκονται σε ποικίλες αποστάσεις, από λίγα μόλις μέτρα μέχρι χιλιάδες χιλιόμετρα.

Τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών λειτουργούν κυρίως με προγραμματιζόμενες συσκευές γενικού σκοπού. Για παράδειγμα, μια τερματική συσκευή δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να είναι ένας προσωπικός υπολογιστής ή, γενικότερα, συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση πολλών διαφορετικών μορφών αναπαράστασης της πληροφορίας. Με τον τρόπο αυτό τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να υποστηρίξουν μια μεγάλη και ολοένα αυξανόμενη ποικιλία εφαρμογών.



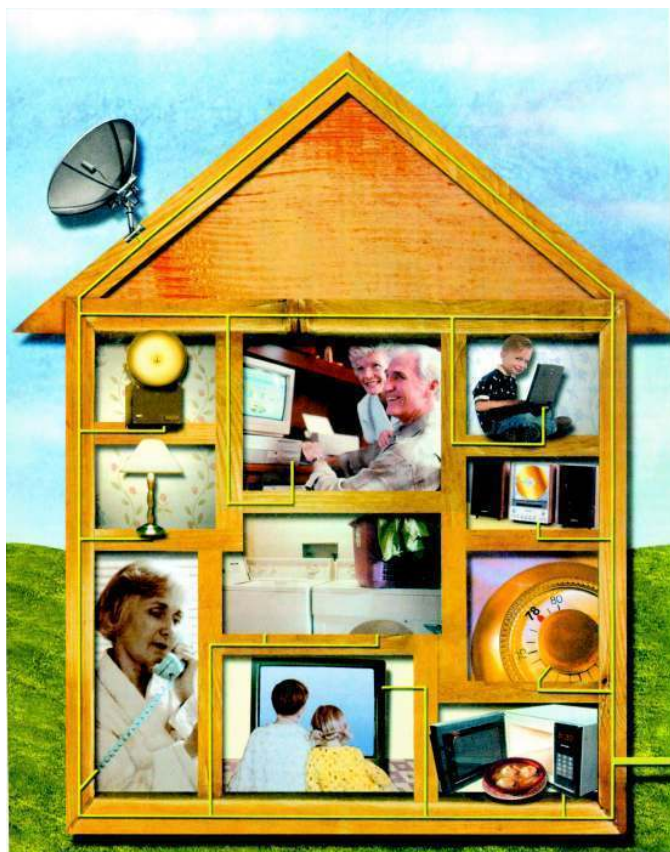
Χαρακτηριστικά παραδείγματα προσφοράς τέτοιων υπηρεσιών μπορεί να αναζητήσει κανείς στο παγκόσμιο δίκτυο διασύνδεσης υπολογιστών, γνωστό και ως **Διαδίκτυο (Internet)**, το οποίο συνδέει φυσικά πρόσωπα, εταιρείες, οργανισμούς κτλ. και παρέχει ένα πλήθος νέων δυναμικών. Η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών του Διαδικτύου επιτυγχάνεται με όλο και ταχύτερους ρυθμούς, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη και ασφα-

λή μετάδοση διάφορων τύπων δεδομένων. Με την εμφάνιση των **ψηφιακών δικτύων ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN: Integrated Services Digital Networks)** και των δικτύων **ασυγχρόνου τρόπου μεταφοράς (ATM: Asynchronous Transfer Mode)**, τα οποία αναπτύσσονται με ταχύτατους ρυθμούς, προβλέπεται η σύγκλιση όλων των υπάρχοντων τηλεπικοινωνιακών δικτύων που χρησιμοποιεί στις καθημερινές δραστηριότητές του ο άνθρωπος (τηλεφωνικά, τηλεοπτικά, ραδιοφωνικά κτλ.) προς ένα και μοναδικό δίκτυο, μέσα από το οποίο θα γίνεται η διαχείριση και η χρήση όλων αυτών των μορφών επικοινωνίας με μειωμένο το κόστος σύνδεσης και λειτουργίας.

Πιο αναλυτικά, στα δίκτυα οικιών του μέλλοντος θεωρείται εφικτή η ενοποίηση όλων των μορφών επικοινωνίας κάτω από ένα και μόνο δίκτυο επικοινωνίας, μέσα από το οποίο ο άνθρωπος θα μπορεί να βλέπει τηλεόραση, να χρησιμοποιεί το τηλέφωνο, να αναζητεί στο Διαδίκτυο, να διαχειρίζεται τους τραπεζικούς του λογαριασμούς, να ελέγχει την ασφάλεια της κύριας ή της εξοχικής κατοικίας του κτλ. (σχήμα 4.3). Πολλές τέτοιου είδους τεχνολογίες και υπηρεσίες έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους.

Η επικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρονικών υπολογιστών εκμεταλλεύτηκε σε μεγάλο βαθμό το ήδη υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο, τα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, που υπάρχουν σε αφθονία στις προηγμένες χώρες, και τελευταία, με τη διάδοση της ψηφιακής τηλεόρασης, τις εκπομπές του ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος. Το ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN) είναι μια προσπάθεια ενοποίησης όλων αυτών των δικτύων. Μέσα από αυτό υπάρχει η δυνατότητα

επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων ηλεκτρονικών υπολογιστών (φωνή, εικόνα, βίντεο) με μια απλή σύνδεση, με τρόπο ανάλογο με αυτόν που σήμερα επιτυγχάνεται με μια απλή τηλεφωνική σύνδεση.



Σχήμα 4.3: Δίκτυα οικιών του μέλλοντος. Τα δίκτυα αυτά θα διανέμουν σήματα δεδομένων και ψυχαγωγίας που παράγονται τοπικά, καθώς και σήματα που μεταφέρονται από το Διαδίκτυο μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης (*broadband connection*).



Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει τη διαχρονική εξέλιξη των υπηρεσιών των δικτύων τηλεπικοινωνίας από το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα έως σήμερα.

Χρονολογία	Υπηρεσίες δικτύων τηλεπικοινωνίας
1850-1900	Τηλέγραφος Τηλέφωνο
1901-1950	Ραδιόφωνο Τηλεομοιοτυπία (<i>fax</i>) Τηλεόραση <i>Telex</i>
1951-1960	Ασύρματη τηλεφωνία Τηλέτυπο
1961-1970	Δορυφορικές επικοινωνίες Έγχρωμη τηλεόραση Δίκτυα υπολογιστών μεταγωγής κυκλώματος
1971-1980	Καλωδιακή τηλεόραση Δίκτυα υπολογιστών μεταγωγής πακέτων Κινητή τηλεφωνία Οπτική τηλεδιάσκεψη Δίκτυα ψηφιακής μετάδοσης
1981-1990	<i>Videotex</i> <i>Teletex</i> Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο Δίκτυα <i>ISDN</i>
1991- 2000	Παγκόσμιος ιστός - Διαδίκτυο Δίκτυα <i>ATM</i> Ψηφιακή τηλεόραση <i>B-ISDN</i> Κατ' απαίτηση βίντεο (<i>Video on demand</i>) Βιντεοτηλεφωνία Ηλεκτρονικό εμπόριο Πρωτόκολλο ασύρματων εφαρμογών (<i>WAP: Wireless Applications Protocol</i>)

Πίνακας 4.1: Διαχρονική εξέλιξη υπηρεσιών δικτύων τηλεπικοινωνίας

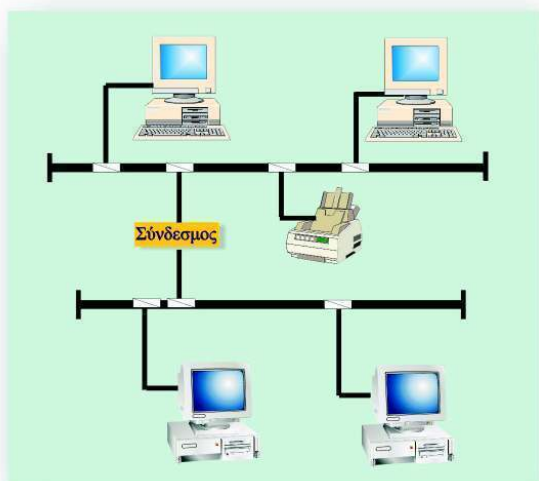


4.1.2 Δομικά στοιχεία δικτύου επικοινωνίας

Σε ένα οποιοδήποτε δίκτυο είναι δυνατόν να διακρίνουμε τους κόμβους που το αποτελούν, τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι κόμβοι αυτοί, καθώς και το κανάλι επικοινωνίας μέσω του οποίου διακινούνται οι πληροφορίες. Για παράδειγμα, το οδικό δίκτυο συνδέει πόλεις, το κανάλι επικοινωνίας είναι οι δρόμοι και το υλικό που διακινείται μέσω αυτού είναι τα οχήματα και οι άνθρωποι.

Σε αναλογία, ένα δίκτυο υπολογιστών συνδέει συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, αυτόνομους υπολογιστές και άλλες περιφερειακές συσκευές και γενικώς κάθε είδους τερματικές διατάξεις που διαθέτουν επεξεργαστή. Το κανάλι επικοινωνίας μπορεί να είναι τα καλώδια, τα λέιζερ, τα μικροκύματα κτλ., μέσω των οποίων μεταφέρονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο διάφορες πληροφορίες (σχήμα 4.4).

Επομένως ένα **δίκτυο υπολογιστών** είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων μεταξύ τους ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων τερματικών διατάξεων, που επικοινωνούν με συγκεκριμένους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί λέγονται **πρωτόκολλα** επικοινωνίας και είναι υπεύθυνα για την ποιότητα και την πιστότητα των πληροφοριών που μεταδίδονται στο κανάλι επικοινωνίας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των κανόνων καθορίζει και την **αποδοτικότητα** του δικτύου, η οποία, όπως θα δούμε σε επόμενα μαθήματα, μετρείται με συγκεκριμένο τρόπο.



Σχήμα 4.4: Δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Πιο αναλυτικά, τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου υπολογιστών είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Οι **κόμβοι επικοινωνίας** (*hosts*). Γενικά, οι κόμβοι είναι ηλεκτρονικά συστήματα που διαθέτουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη. Στην πράξη, ένας κόμβος μπορεί να είναι ένα σύστημα υπολογιστών, σταθμοί αναμετάδοσης ραδιοκυμάτων - μικροκυμάτων, επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί που αναμεταδίδουν και αποκωδικοποιούν δορυφορικά σήματα ή, τέλος, ένας απλός ηλεκτρονικός υπολογιστής οποιοδήποτε είδους και μεγέθους. Οι κόμβοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο ή περισσότερων γραμμών μετάδοσης. Ο ρόλος τους είναι να στέλνουν σωστά τα δεδομένα στον προορισμό τους και να ελέγχουν την κυκλοφορία στο δίκτυο. Επίσης πολλές φορές διορθώνουν σφάλματα που παρουσιάζονται στα δεδομένα, ενισχύουν σήματα που εξασθενούν από την απόσταση την οποία έχουν διανύσει, ειδοποιούν τον αποστολέα για ενδεχόμενες απώλειες δεδομένων κτλ.
- ✓ Το **φυσικό μέσο μετάδοσης ή σύνδεσμος**. Είναι το μέσο από το οποίο θα περάσουν τα δεδομένα υπό μορφή σημάτων επικοινωνίας. Τέτοιου είδους μέσα μπορεί να είναι καλώδια διάφορων τύπων, οπτικές ίνες, ασύρματες ζεύξεις κτλ.
- ✓ Οι **διατάξεις διασύνδεσης**. Πρόκειται για μονάδες υλικού που εξασφαλίζουν τη διασύνδεση των συσκευών και τη μεταφορά των πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου. Συνήθως οι διατάξεις αυτές παρεμβάλλονται ανά-

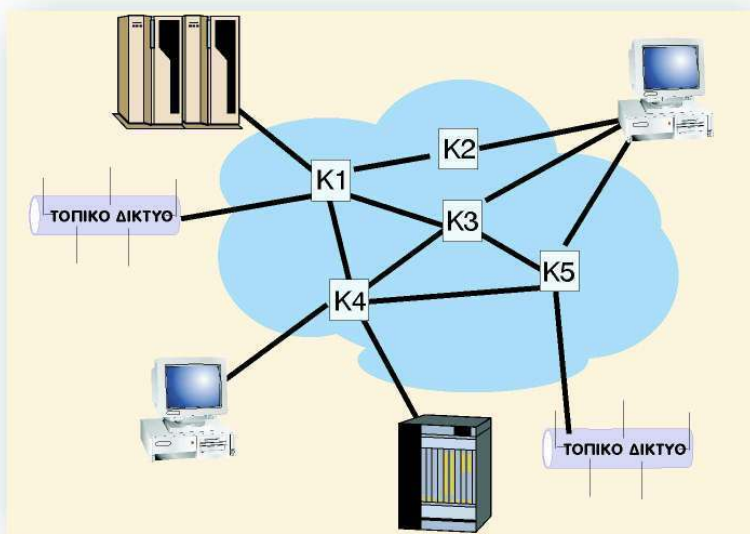


μεσα στον κόμβο και στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Τυπικές λειτουργίες που εκτελούν τέτοιου είδους διατάξεις είναι η διαμόρφωση και η αποδιαμόρφωση, καθώς και ο έλεγχος ορθότητας των μεταφερόμενων δεδομένων.

- ✓ Το **λογισμικό δικτύου**. Πρόκειται για το σύνολο των προγραμμάτων που εξασφαλίζουν τη σύνδεση και ελέγχουν την επικοινωνία των υπολογιστών του δικτύου. Τυπικές λειτουργίες του λογισμικού είναι ο έλεγχος και η εκχώρηση του δικαιώματος πρόσβασης στους χρήστες του δικτύου.
- ✓ Το **λογισμικό εφαρμογών δικτύου**. Πρόκειται για προγράμματα εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που τους προσφέρει ένα δίκτυο υπολογιστών. Προγράμματα αυτής της μορφής είναι ενδεχόμενο να αποτελούν απλές ή σύνθετες επεκτάσεις δικτυακών εφαρμογών, που έχουν αναπτυχθεί για περιβάλλον αυτόνομων συστημάτων υπολογιστών.

4.1.3 Το υποδίκτυο επικοινωνίας

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στα δομικά στοιχεία ενός δικτύου συμπεριλαμβάνονται τα μέσα μετάδοσης και οι κόμβοι επικοινωνίας. Τα στοιχεία αυτά είναι υπεύθυνα για τη φυσική επικοινωνία του δικτύου, η οποία γίνεται μέσω των κόμβων και των μεταξύ τους γραμμών επικοινωνίας, συνθέτοντας με αυτό τον τρόπο (σχήμα 4.5) το αποκαλούμενο **υποδίκτυο επικοινωνίας** (*communications subnetwork*). Οι χρήστες ενός δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους πάντοτε μέσω των κόμβων επικοινωνίας, οι οποίοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να ταυτίζονται και με τους ίδιους τους χρήστες. Τα μικρά δίκτυα, όπως είναι για παράδειγμα το δίκτυο ενός σχολικού εργαστηρίου, δεν είναι λειτουργικά απαραίτητο να διαθέτουν ανεξάρτητο υποδίκτυο επικοινωνίας, οπότε η έννοια του υποδικτύου επικοινωνίας ταυτίζεται με την έννοια του κόμβου.



Σχήμα 4.5: Υποδίκτυο επικοινωνίας.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, δίκτυο υπολογιστών, ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (*ISDN*), δίκτυο ασυγχρόνου τρόπου μεταφοράς (*ATM*), πρωτόκολλο επικοινωνίας, αποδοτικότητα κόμβος επικοινωνίας, μέσο μετάδοσης, σύνδεσμος, λογισμικό δικτύου, δίκτυο επικοινωνίας, υποδίκτυο επικοινωνίας.



Μάθημα 4.2: Δικτυακά μοντέλα υπολογιστών

Τα δίκτυα υπολογιστών είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Αν και τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου ποικίλλουν, πολλά από αυτά μπορεί να υπάρχουν αυτόνομα ή σε συνδυασμό με άλλα, προκειμένου να οριοθετήσουν κάποιες μορφές ταξινόμησης. Τα σπουδαιότερα κριτήρια βάσει των οποίων γίνονται οι ταξινομήσεις δικτύων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης,
- ✓ ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης,
- ✓ ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη,
- ✓ ταξινόμηση ως προς την τοπολογία,
- ✓ ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία.

4.2.1 Ταξινόμηση ως προς το μέσο μετάδοσης

Στην απλούστερη μορφή σύνδεσης οι κόμβοι συνδέονται απευθείας με κάποιο φυσικό μέσο ή σύνδεσμο, όπως είναι για παράδειγμα ένα καλώδιο χαλκού, μια οπτική ίνα ή μια ασύρματη ζεύξη. Δύο είναι οι κυριότερες μορφές συνδέσεων:

- ✓ Η **καλωδιακή** ή **ενσύρματη** επικοινωνία, η οποία περιλαμβάνει όλων των ειδών τις εναέριες, τις επίγειες ή τις υπόγειες συνδέσεις αυτού του είδους. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων αποτελούν όλα τα χάλκινα καλωδιακά δίκτυα, όπως επίσης και τα οπτικά δίκτυα.
- ✓ Η **ασύρματη** επικοινωνία, στην οποία το μέσο μετάδοσης είναι η γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα. Στα δίκτυα αυτά η πληροφορία μεταφέρεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα που εξαρτάται κάθε φορά από το ρυθμό μετάδοσης που απαιτείται να έχει το δίκτυο. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων αποτελούν τα δίκτυα μικροκυματικών ζεύξεων, τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών, καθώς και τα δορυφορικά δίκτυα.

4.2.2 Ταξινόμηση ως προς το είδος της σύνδεσης

Με κριτήριο το είδος της σύνδεσης οι σύνδεσμοι διακρίνονται στις ακόλουθες δύο κατηγορίες:

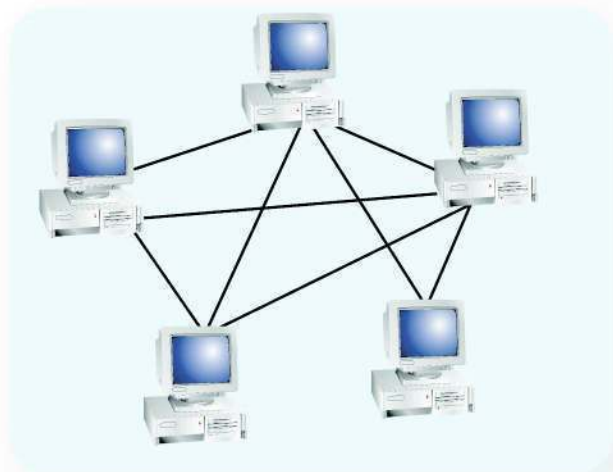
- ✓ **Σύνδεσμος σημείου προς σημείο** (*point-to-point connection*), ο οποίος συνδέει δύο μόνο κόμβους κάθε φορά. Πρόκειται για την απλούστερη μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων, που επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεσή τους



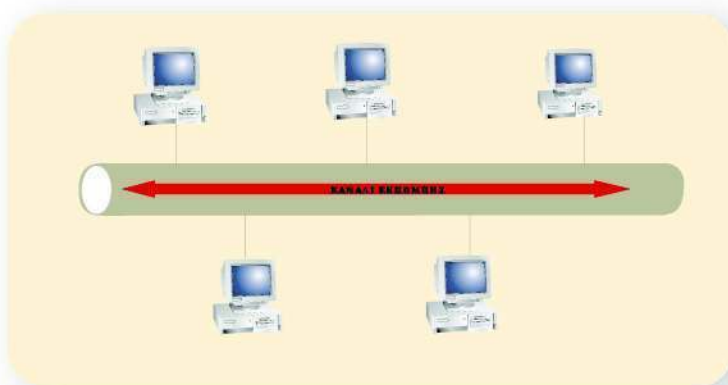
με κάποια γραμμή επικοινωνίας (σχήμα 4.6). Όταν δύο κόμβοι δεν επικοινωνούν με απευθείας σύνδεση, έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν μέσω κάποιων άλλων κόμβων, με αποτέλεσμα η επικοινωνία να γίνεται τμηματικά. Φυσικά δεν είναι απαραίτητο η επικοινωνία δύο κόμβων να γίνεται πάντα μέσω των ίδιων γραμμών μετάδοσης, αφού είναι δυνατόν να αλλάξει η διαδρομή για διάφορους λόγους. Στο πλαίσιο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές για τον έλεγχο και τον καθορισμό της δρομολόγησης των δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Γνωστά δίκτυα με συνδέσεις σημείου προς σημείο είναι τα δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής, το Διαδίκτυο, καθώς και άλλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως για παράδειγμα, το τηλεφωνικό δίκτυο, τα παλαιά τηλεγραφικά δίκτυα κτλ.

- ✓ **Σύνδεσμος ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής (broadcasting)**, ο οποίος συνδέει δύο ή και περισσότερους κόμβους ταυτόχρονα (σχήμα 4.7). Τα δίκτυα ευρείας εκπομπής διαθέτουν ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας, το οποίο μοιράζονται όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Αποτέλεσμα αυτής της σύνδεσης είναι κάθε μήνυμα που αποστέλλεται να παραλαμβάνεται από όλους ανεξαιρέτως τους χρήστες που βρίσκονται στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό ο σύνδεσμος αυτής της μορφής λέγεται και **σύνδεσμος σημείου με πολλαπλά σημεία (point to multipoint connection)**. Το μήνυμα που στέλνεται από έναν κόμβο σε έναν άλλο είναι εφοδιασμένο με τη διεύθυνση του παραλήπτη και λαμβάνεται από όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Όταν ένας κόμβος δεχτεί το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Αν η διεύθυνση είναι του παραλήπτη, τότε παραλαμβάνει και καταχωρίζει το μήνυμα στον αποταμιευτή του *buffer* για περαιτέρω επεξεργασία, διαφορετικά το αγνοεί.

Αρκετές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο χρησιμοποίησης του κοινού μέσου μετάδοσης από τους κόμβους. Εκτός από τα τοπικά δίκτυα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, άλλα γνωστά δίκτυα ανοικτής ακρόασης είναι αυτά του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, στα οποία όμως οι δέκτες δεν έχουν τη δυνατότητα εκπομπής.



Σχήμα 4.6: Δίκτυο επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο. Το σήμα λαμβάνεται μόνο από το σταθμό στον οποίο αποστέλλεται και όχι από όλους τους σταθμούς.



Σχήμα 4.7: Δίκτυο ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής. Το σήμα λαμβάνεται από όλους τους σταθμούς.



4.2.3 Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη



Το **IEEE** (*Institute of Electronics and Electrical Engineers*) είναι το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών.

Ένα άλλο κριτήριο ταξινόμησης των δικτύων υπολογιστών είναι η έκταση την οποία αυτά καταλαμβάνουν. Τρεις είναι οι κύριες μορφές δικτύων αυτής της ταξινόμησης, που όμως έχουν ασαφή γεωγραφικά όρια διαχωρισμού και τείνουν να προδιαγράψουν τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε κάθε κατηγορία. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **τοπικά δίκτυα** (*LAN: Local Area Networks*),
- ✓ **μητροπολιτικά δίκτυα** (*MAN: Metropolitan Area Networks*),
- ✓ **δίκτυα ευρείας περιοχής** (*WAN: Wide Area Networks*).

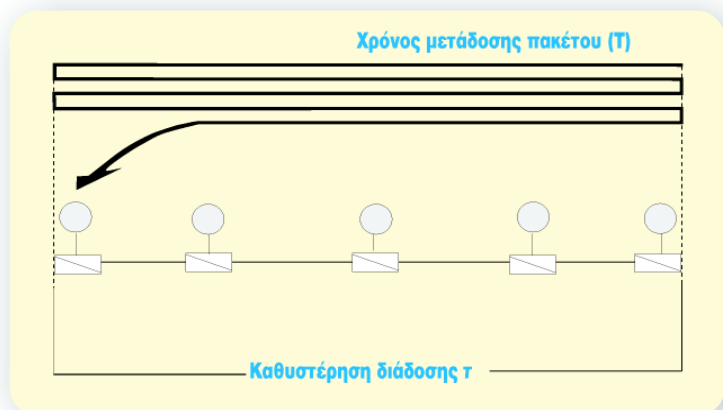
Η ταξινόμηση αυτή οφείλεται στο *IEEE* και λαμβάνει υπόψη της, πέρα από τη γεωγραφική εμβέλεια του δικτύου, και άλλα χαρακτηριστικά, τα σπουδαιότερα των οποίων είναι:

- ✓ Ο αριθμός των χρηστών που μπορεί το δίκτυο να εξυπηρετήσει.
- ✓ Ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων.
- ✓ Το περιθώριο λάθους που υπάρχει κατά τη μετάδοση των δεδομένων.
- ✓ Ο τρόπος με τον οποίο το δίκτυο δρομολογεί τα δεδομένα από τον έναν κόμβο στον άλλο.
- ✓ Η καθυστέρηση της μετάδοσης των δεδομένων.
- ✓ Το μέγεθος του συντελεστή σύζευξης.

Σημειώνεται ότι ως **συντελεστής σύζευξης** (*coupling coefficient*) ορίζεται ο λόγος $a = \tau/T$, όπου τ είναι η καθυστέρηση διάδοσης του σήματος από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο και T ο μέσος χρόνος μετάδοσης του πακέτου. Ο συντελεστής αυτός είναι ενδεικτικός του τρόπου κατανομής των χρηστών σε σχέση με το μέσο χρόνο μετάδοσης

του πακέτου (σχήμα 4.8). Στα τοπικά δίκτυα η τιμή του a είναι θετική αλλά πολύ μικρότερη της μονάδας ($0 < a < 1$), στα μητροπολιτικά είναι συνήθως κοντά στο 1 ($0,1 < a < 1$), ενώ στα δίκτυα ευρείας περιοχής είναι αρκετά μεγαλύτερη του 1 ($a > 1$). Όμως ο υπολογισμός του a είναι μια σύνθετη υπόθεση, αφού ανάγεται στον υπολογισμό του μέσου χρόνου μετάδοσης του πακέτου T , ο οποίος συμπεριλαμβάνει και το χρόνο καθυστέρησης του πακέτου στους κόμβους από τους οποίους διέρχεται.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, με την αλματώδη ανάπτυξη νέων τεχνικών μετάδοσης και τεχνολογιών διασύνδεσης, πολλά από τα παραπάνω χαρακτηριστικά που αφορούν την ταξινόμηση των δικτύων έχουν μεταβληθεί σημαντικά. Για παράδειγμα, σήμερα, με την εξέλιξη των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, η κατηγορία των μητροπολιτικών δικτύων ουσιαστικά έχει αφομοιωθεί από τις άλλες δύο κατηγορίες δικτύων.



Σχήμα 4.8: Συντελεστής σύζευξης $a = \tau/T$



- ✓ **Τοπικά δίκτυα** (*LAN: Local Area Networks*) ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη είναι περιορισμένη (σχήμα 4.9). Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας συνήθως δεν εκτείνονται πέρα από 100 km. Τα πρώτα τοπικά δίκτυα περιορίζονταν σε μήκος καλωδίωσης έως 20 km και έδιναν ρυθμούς μετάδοσης έως 16 Mbps. Μετέπειτα επεκτάθηκαν σε μήκος έως 100 km, δίνοντας ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως 100 Mbps. Με τις σημερινές τεχνολογίες οι ρυθμοί μετάδοσης υπερβαίνουν το 1 Gbps και τείνουν να φτάσουν τα 2 Gbps.

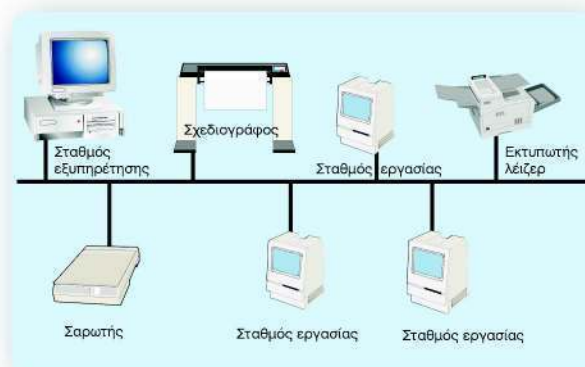
Τοπικό μπορεί να είναι το δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων. Για παράδειγμα, το δίκτυο μιας εταιρείας που διασυνδέει τις αποθήκες, το τμήμα παραγγελιών, το λογιστήριο και τις άλλες υπηρεσίες της στο ίδιο κτίριο αποτελεί ένα τοπικό δίκτυο. Τοπικά δίκτυα συγκροτούνται συνήθως ανάμεσα σε προσωπικούς υπολογιστές, χωρίς να αποκλείεται και ο συνδυασμός μεσαίων ή μεγάλων υπολογιστών. Το φυσικό μέσο μετάδοσης είναι συνήθως κάποιος τύπος χάλκινου καλωδίου (π.χ. ομοαξονικό, συνεστραμμένου ζεύγους κτλ.) ή ακόμα και οπτικές ίνες. Το λειτουργικό σύστημα μπορεί να είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα δικτύου ή ένας συνδυασμός λειτουργικών συστημάτων με δικτυακές δυνατότητες ή επεκτάσεις. Οι υπολογιστές αυτοί μπορεί να είναι οποιοδήποτε μεγέθους και ποικίλων δυνατοτήτων. Συνήθως τα φυσικά μέσα μετάδοσης των τοπικών δικτύων είναι ιδιόκτητα.

Ενδεικτικά, ένα τοπικό δίκτυο θα μπορούσε να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| ● Γεωγραφική κάλυψη: | 0 - 100 km |
| ● Αριθμός υπολογιστών: | περίπου 1.000 |
| ● Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: | 1 Mbps - 1 Gbps |
| ● Ρυθμός λαθών: | 1 bit στα 10^9 bits |
| ● Καθυστερήση μετάδοσης: | 1 - 100 ms |
| ● Συντελεστής σύζευξης: | $0 < a < < 1$ |

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός ενός δικτύου ως τοπικού δε συνεπάγεται αυτόματα και την ικανοποίηση όλων των τιμών των παραπάνω χαρακτηριστικών. Απλές μέθοδοι δρομολόγησης συναντώνται στα μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα, που χρησιμοποιούν ειδικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές για τη διασύνδεσή τους, όπως διακοπτικά στοιχεία, δρομολογητές, γέφυρες και επαναλήπτες. Γι' αυτές τις ειδικές ηλεκτρονικές διατάξεις και τη χρησιμότητά τους θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα στα Κεφάλαια 9, 13 και 16.

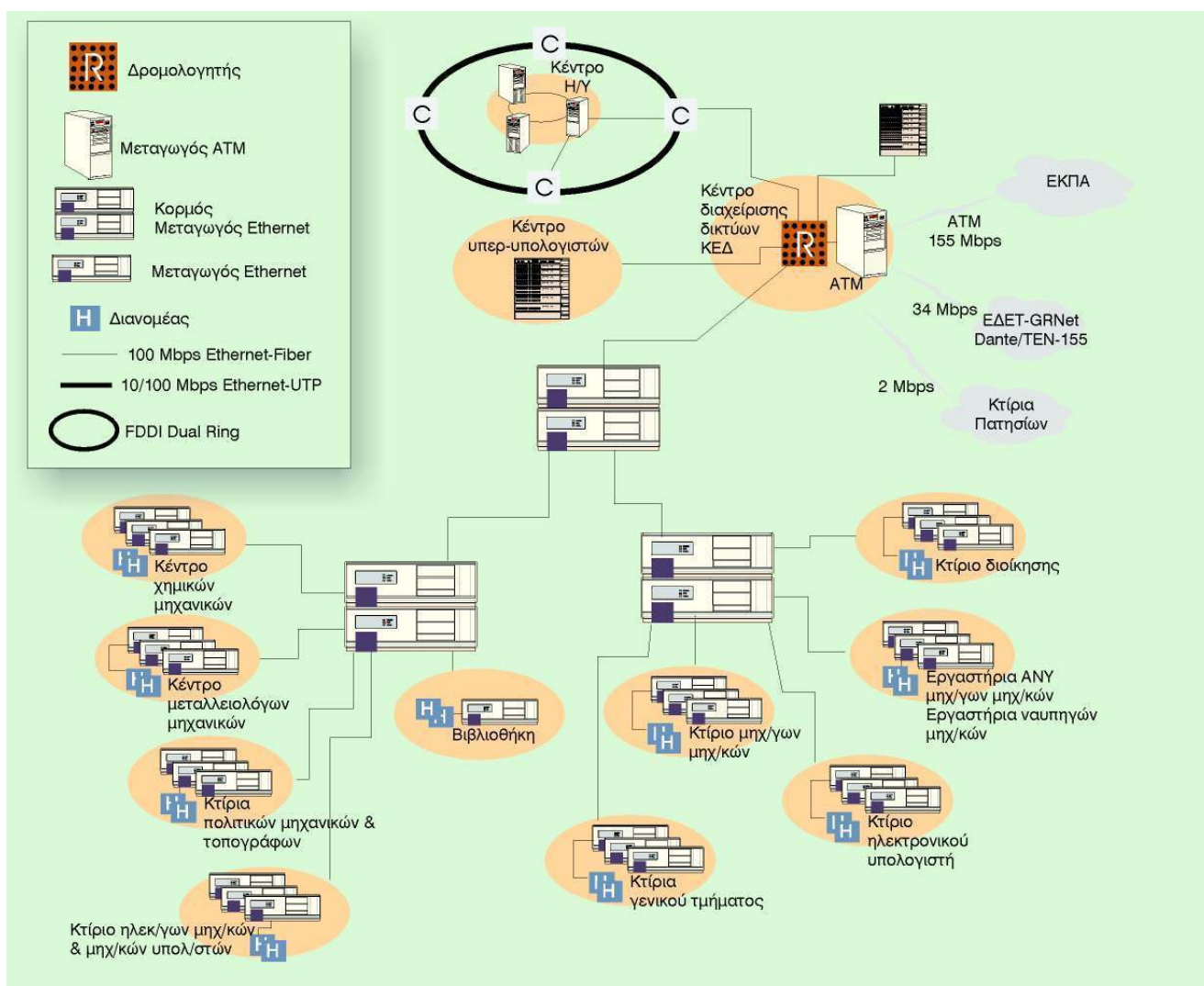
Πολλά πρότυπα τοπικών δικτύων έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα, δύο όμως είναι τα κυριότερα, του *Ethernet* και του *Token Ring*.



Σχήμα 4.9: Τοπικό δίκτυο



- ✓ **Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN: Metropolitan Area Networks)** ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη βρίσκεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των τοπικών και των δικτύων ευρείας περιοχής (σχήμα 4.10). Προέκυψαν από την ανάγκη να καλυφθούν μεγάλες γεωγραφικά αποστάσεις με δίκτυα που έχουν χαρακτηριστικά τοπικών δικτύων, τουλάχιστον όσον αφορά το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας δεν υπερβαίνουν σε μήκος εγκατεστημένης καλωδίωσης τα 200 km, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης μπορεί να κυμαίνονται από 56 Kbps έως 100 Mbps, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Συνήθως τα φυσικά μέσα μετάδοσης των μητροπολιτικών δικτύων είναι ιδιόκτητα.



Σχήμα 4.10: Το δίκτυο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου διαθέτει πολλά από τα χαρακτηριστικά ενός μητροπολιτικού δικτύου.



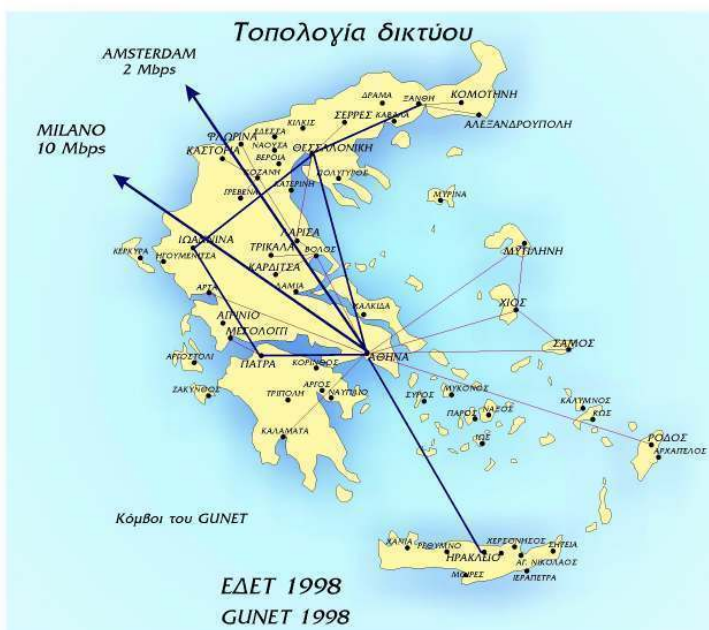
Ενδεικτικά, ένα μητροπολιτικό δίκτυο θα μπορούσε να διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Γεωγραφική κάλυψη: 100 - 200 km
- Αριθμός υπολογιστών: 5.000 - 10.000
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: 100 Mbps
- Ρυθμός λαθών: 1 bit στα 10^9 bits
- Καθυστέρηση μετάδοσης: 1- 100 ms
- Συντελεστής σύζευξης: περίπου 1 ($0,1 < \alpha < 10$)

Δύο είναι τα κυριότερα πρότυπα επικοινωνίας που αντιπροσωπεύουν τα μητροπολιτικά δίκτυα: το **δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων (FDDI: Fiber Distributed Data Interface)** και το **δίκτυο διπλού διαύλου κατανεμημένης ουράς (DQDB: Distributed Queue Dual Bus)**. Όσον αφορά την τεχνολογία τους, τα δίκτυα FDDI τείνουν να αφομοιωθούν από τα τοπικά δίκτυα, ενώ τα δίκτυα DQDB από τα δίκτυα ευρείας περιοχής.

- ✓ **Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN: Wide Area Networks)** ονομάζονται τα δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη υπερβαίνει τα 200 km, ενώ οι υπολογιστές που τα αποτελούν βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Τα δίκτυα αυτά είναι συνήθως υπεραστικά ή διεθνή. Οι ρυθμοί μετάδοσής τους διαβαθμίζονται ανάλογα με την τεχνολογία τους, σήμερα όμως ξεπερνούν τα 622 Mbps, φτάνοντας και το 1 Gbps. Το πλήθος των υπολογιστών και των λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής μπορεί να είναι τεράστιο, ενώ σε αρκετά εκατομμύρια ανέρχεται και ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν μέσω αυτού, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με το Διαδίκτυο (σχήμα 4.11). Σε ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να ενώνονται άλλα μικρότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, μητροπολιτικά δίκτυα, τοπικά δίκτυα και αυτόνομοι υπολογιστές. Για τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων δικτύων χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές, όπως είναι οι δρομολογητές και οι κατανεμητές.

Ενδεικτικά και κατά την ταξινόμηση του



Σχήμα 4.11: Τμήμα του Διαδικτύου των ελληνικών πανεπιστημίων μέσω του οποίου θα υλοποιηθεί και το πανελλήνιο δίκτυο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης EDUnet.

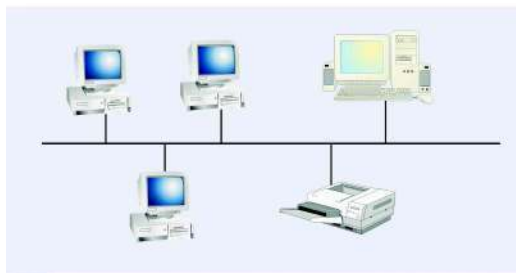


IEEE, τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου ευρείας περιοχής είναι τα ακόλουθα:

- Γεωγραφική κάλυψη: > 200 km
- Αριθμός υπολογιστών: > 10.000
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων: > 1 Mbps
- Ρυθμός λαθών: 1 bit στα 10^6 bits
- Καθυστέρηση μετάδοσης: 100 - 1.000 ms
- Συντελεστής σύζευξης: $a \gg 1$

Αρχικά ο εξοπλισμός διασύνδεσης και τα φυσικά μέσα σύνδεσης των δικτύων ευρείας περιοχής είχαν δημόσιο χαρακτήρα, σήμερα όμως αυτό δεν είναι απαραίτητο να ισχύει. Παραδείγματα δικτύων ευρείας περιοχής συνιστούν το τηλεφωνικό δίκτυο, άλλα δημόσια δίκτυα μεταφοράς δεδομένων, καθώς και το Διαδίκτυο.

Στην κατηγοριοποίηση που αναφέρθηκε κάθε τύπος δικτύου απαιτεί διαφορετικές αρχές σχεδιασμού και διαφορετική τεχνολογία υλοποίησης από τους υπόλοιπους τύπους δικτύων. Καθοριστικό παράγοντα για αυτό αποτελεί και το φυσικό μέσο μετάδοσης, που ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία και τους φυσικούς περιορισμούς. Για παράδειγμα, η ασύρματη τεχνολογία έχει συνήθως ως αποτέλεσμα χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από την αντίστοιχη ενσύρματη. Όμως παρέχει ευελιξία και ωφέλεια κόστους, επειδή αποτελεί συστατικό στοιχείο της κινητής επικοινωνίας και δεν απαιτεί ενσύρματη εγκατάσταση.



Σχήμα 4.12: Δίκτυο τοπολογίας διαύλου

4.2.4 Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία

Ως **τοπολογία δικτύου** χαρακτηρίζεται η φυσική διάταξη των καλωδίων που συνδέουν τους κόμβους του δικτύου. Μερικές από τις πιο γνωστές τοπολογίες είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **Διαύλου, λεωφόρου ή αρτηρίας (bus)**. Στην περίπτωση αυτή οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μέσω ενός καλωδίου του οποίου τα άκρα είναι ανοικτά (σχήμα 4.12). Η χρήση αυτής της τοπολογίας περιορίζεται συνήθως σε μικρά τοπικά δίκτυα. Μειονέκτημα αυτού του είδους σύνδεσης είναι ότι, αν το καλώδιο κοπεί σε κάποιο σημείο, το δίκτυο δεν μπορεί να λειτουργήσει.
- ✓ **Δακτυλίου (ring)**. Στην τοπολογία αυτή (σχήμα 4.13) οι υπολογιστές του δικτύου συνδέονται επίσης μέσω ενός μόνο καλωδίου, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, με τη διαφορά ότι τα άκρα του είναι μεταξύ τους ενωμένα.
- ✓ **Άστρου (star)**. Στην τοπολογία αυτή (σχήμα 4.14) υπάρχει ένας κατακεντρωμένος ή κεντρικός υπολογιστής ο οποίος συνδέεται με κάθε υπολογιστή του δικτύου απευθείας με μια μόνιμη γραμμή σύνδεσης. Δύο υπολογιστές του δικτύου της μορφής αυτής μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους μόνο μέσω του κεντρικού υπολογιστή.

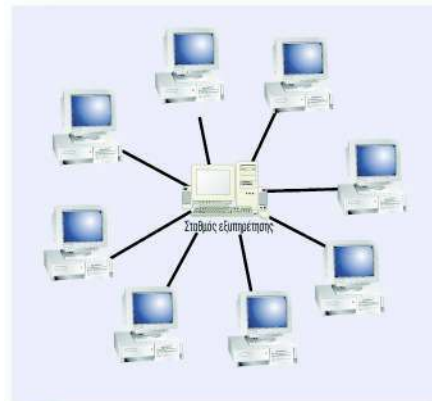


Σχήμα 4.13: Δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου

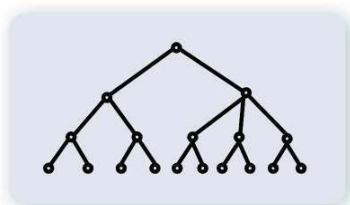


- ✓ **Δέντρου** (*tree*). Η τοπολογία του δέντρου (σχήμα 4.15), η οποία είναι παράγωγη της τοπολογίας του άστρου, έχει ιεραρχική δομή σχήματος δέντρου. Η ρίζα έχει την κύρια ευθύνη και μοιράζεται ιεραρχικά τους κόμβους των κλάδων του δέντρου.
- ✓ **Δικτυωτού** (*mesh*). Η τοπολογία αυτή (σχήμα 4.16), η οποία λέγεται και πλέγμα, δεν έχει κάποια συγκεκριμένη μορφή ούτε αποτελεί συνένωση άλλων δικτύων γνωστής μορφής.
- ✓ **Μεικτή** (*mixed*). Η μεικτή τοπολογία αποτελεί συνένωση πολλών διαφορετικών τοπολογιών (σχήμα 4.17).

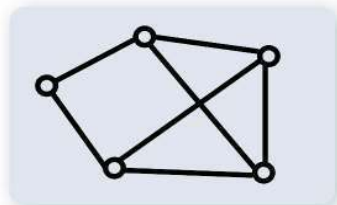
Σημειώνεται ότι οι κόμβοι του δικτύου που συνδέονται μεταξύ τους με γραμμές υψηλού ρυθμού μετάδοσης σχηματίζουν το λεγόμενο **κορμό** (*backbone*) του δικτύου. Οι κόμβοι αυτοί συχνά λειτουργούν ως **πύλες** (*gateways*) για δίκτυα χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης.



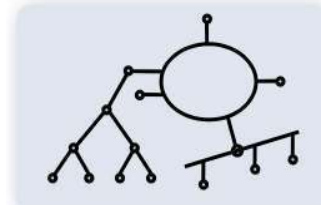
Σχήμα 4.14: Δίκτυο τοπολογίας άστρου.



Σχήμα 4.15: Δίκτυο τοπολογίας δέντρου



Σχήμα 4.16: Δίκτυο τοπολογίας δικτυωτού



Σχήμα 4.17: Δίκτυο μεικτής τοπολογίας

4.2.5 Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία

Ως προς την τεχνολογία των δικτύων, οι πρώτες προσπάθειες ταξινόμησης αφορούν τη διασύνδεση δύο μόνο υπολογιστών. Όπως είναι γνωστό, οι προσπάθειες αυτές κατέληξαν στη δημιουργία των προτύπων της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης. Τα πρότυπα αυτά περιγράφηκαν στο Μάθημα 2.3 και έχουν ως ακολούθως:

- ✓ **Πρότυπο RS-232C** και μετέπειτα **RS-422**, **RS-423** και **RS-449**. Σε φυσικό επίπεδο η διασύνδεση δύο υπολογιστών επιτεύχθηκε το 1969 με τη δημοσίευση του προτύπου **RS-232C**. Το πρότυπο αυτό αφορά την έως 38 Kbps σειραϊκή μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση που δεν υπερβαίνει τα 30 μέτρα. Πρόκειται για χαμηλού ρυθμού μεταφορά δεδομένων, κατάλληλη για κοντινές αποστάσεις, η οποία γίνεται σειραϊκά, δηλαδή μεταφέρεται ένας χαρακτήρας κάθε φορά.
- ✓ **Πρότυπο ελέγχου συγχρονισμένης γραμμής δεδομένων (SDLC: Synchronous Data Link Control)**. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 εισάγεται το πρότυπο της **συγχρονισμένης μετάδοσης**, το οποίο αύξησε το ρυθμό μετάδοσης και το ωφέλιμο μήκος της γραμμής μετάδοσης. Το πρότυπο αυτό, που είναι γνωστό ως **SDLC**, στηρίζεται στη δημιουργία πακέτων και επομένως στην εξοικονόμηση του χρόνου που χάνεται από τα κενά των διαδοχικών χαρακτήρων της σει-

Η σημερινή τεχνολογική εξέλιξη δημιούργησε μια γρήγορη, ισόχρονη, χαμηλού κόστους σειραϊκή διεπαφή που λέγεται **USB (Universal Serial Bus)**. Η διεπαφή αυτή έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης, μέσω διανομέα, με πολλές άλλες συσκευές, περιφερειακά, τηλεφωνικές συσκευές κτλ., τις οποίες μπορεί και να διαχειριστεί.



Το **πακέτο** είναι μια ακολουθία από δυαδικά ψηφία στην οποία έχουν ενσωματωθεί δύο προκαθορισμένες αλλά διαφορετικές σειρές δυαδικών ψηφίων, εκ των οποίων η μία τίθεται στην αρχή του πακέτου και λέγεται **επικεφαλίδα** (*header*), ενώ η άλλη τίθεται στο τέλος του πακέτου και λέγεται **ουρά** (*trailer*). Ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων στο πακέτο ποικίλλει, ενώ το μέγεθός του παίζει πολλές φορές καθοριστικό ρόλο στην απόδοση του δικτύου.

ραϊκής μετάδοσης.

Τόσο η ασυγχρόνιστη όσο και η συγχρονισμένη μεταφορά δεδομένων, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα έως σήμερα στη διασύνδεση δύο κόμβων για ανταλλαγή πληροφοριών, δεν απαντούν στο ερώτημα πώς διασυνδέονται περισσότεροι από δύο κόμβοι. Το ερώτημα αυτό, που απασχόλησε τους μηχανικούς επικοινωνιών από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, απαντήθηκε με την αποδοχή της τεχνολογίας της **μεταγωγής**. Σημειώνεται ότι μπορεί κανείς να διακρίνει τρεις μεγάλες περιόδους που χαρακτηρίζουν την εξέλιξη της τεχνολογίας των δικτύων υπολογιστών η οποία εξειδικεύτηκε με τις παρακάτω τεχνικές:

- ✓ η τεχνική της **μεταγωγής κυκλώματος** (*circuit switching*),
- ✓ η τεχνική της **μεταγωγής πακέτου ή αποθήκευσης και προώθησης** (*packet switching* ή *store and forward*) και
- ✓ η τεχνική του **ασυγχρόνιστου τρόπου μεταφοράς** (*ATM: Asynchronous Transfer Mode*).

Η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος οφείλει την ανάπτυξή της στο τηλεφωνικό δίκτυο, ενώ η τεχνική της μεταγωγής πακέτου αφορά τα δίκτυα δεδομένων. Στην πρώτη περίπτωση η μετάδοση δεδομένων είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση μιας φυσικής ζεύξης (κυκλώματος) μεταξύ των κόμβων, ενώ στη δεύτερη τα πακέτα αποστέλλονται συνεχόμενα στο δίκτυο, με αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου μετάδοσης της πληροφορίας.

Η ανάπτυξη της τεχνικής των **ψηφιακών δικτύων ολοκληρωμένων υπηρεσιών** (*ISDN*) αποτελεί μια προσπάθεια για τη μετάδοση όλων των μορφών πληροφορίας, όπως δεδομένα ηλεκτρονικών υπολογιστών, βίντεο, εικόνας, φωνής κ.ά., από το ίδιο μέσο μετάδοσης. Η τεχνική των δικτύων *ISDN* προωθήθηκε σε δύο επίπεδα, την τεχνική των δικτύων **στενής ζώνης** (*narrowband*), γνωστή και ως *N-ISDN*, και την τεχνική των δικτύων **ευρείας ζώνης** (*broadband*), γνωστή και ως *B-ISDN*. Η πρώτη παρέχει συνδέσεις συνολικού εύρους ζώνης 144 Kbps (2B + D), ενώ η δεύτερη 1.984 Kbps (30B + D). Η τεχνική *B-ISDN* μετεξελίχτηκε, ιδιαίτερα στην περίπτωση των δικτύων ευρείας περιοχής, ώστε να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη μιας νέας τεχνικής, του **ασυγχρόνιστου τρόπου μεταφοράς** (*ATM: Asynchronous Transfer Mode*). Σύμφωνα μ' αυτή τη νέα τεχνική, οι πληροφορίες οποιασδήποτε μορφής τεμαχίζονται σε μικρά πακέτα των 53 δυαδικών ψηφίων, τα οποία συνδυαζόμενα συνθέτουν ροές κυκλοφορίας πολύ υψηλών ρυθμών μετάδοσης, που κινούνται μεταξύ 150 Mbps και φθάνουν σταδιακά το 1 Gbps. Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να συνεργαστεί με όλους σχεδόν τους τύπους των πρωτοκόλλων. Τελευταίες ανακαλύψεις προωθούν την ανάπτυξη της τεχνικής *ATM* και στα τοπικά δίκτυα. Τα δίκτυα αυτά είναι γνωστά και ως **τοπικά δίκτυα ασυγχρόνιστου τρόπου μεταφοράς** (*LATM: Local ATM*).

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Ενσύρματη επικοινωνία, ασύρματη επικοινωνία, σύνδεσμος σημείου προς σημείο, σύνδεσμος ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής, τοπικά δίκτυα, μητροπολιτικά δίκτυα, δίκτυα ευρείας περιοχής, τοπολογία δικτύου (διάυλος, δακτύλιος, άστρο, δέντρο, δικτυωτό, μεικτό) μεταγωγή, μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή πακέτων, αποθήκευση και προώθηση.



Μάθημα 4.3: Αξιοπιστία μετάδοσης – Απόδοση δικτύου

4.3.1 Αξιοπιστία μετάδοσης

Είναι προφανές ότι ένα δίκτυο θα πρέπει να μεταφέρει χωρίς σφάλματα την πληροφορία από το ένα στο άλλο άκρο του. Επειδή όμως, όπως συμβαίνει άλλωστε σε όλους τους τομείς της ζωής μας, τα σφάλματα είναι αναπόφευκτα, το δίκτυο θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με μηχανισμούς εντοπισμού και αντιμετώπισης των **σφαλμάτων μετάδοσης**.

4.3.1.1 Αιτίες των σφαλμάτων μετάδοσης

Τα σφάλματα μεταφοράς προκύπτουν από διάφορες αιτίες. Συχνά πρόκειται για **σφάλματα κατά τη μετάδοση** των δεδομένων από το φυσικό μέσο μεταφοράς (π.χ. χάλκινο καλώδιο, οπτική ίνα ή ασύρματη ζεύξη). Σ' αυτή την περίπτωση αντιστρέφεται η τιμή σε ένα δυαδικό ψηφίο ή σε μία ομάδα από συνεχόμενα δυαδικά ψηφία (από 0 γίνεται 1 και το αντίστροφο). Αιτίες εμφάνισης τέτοιων σφαλμάτων είναι η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, ο εξωτερικός θόρυβος και ο θόρυβος από τα κυκλώματα πομπού και δέκτη.

Μία άλλη συχνή αιτία εμφάνισης σφαλμάτων μετάδοσης στα δίκτυα δεδομένων είναι η **απόρριψη πακέτων** στους κόμβους. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο τα πακέτα να αποθηκεύονται προσωρινά στους αποταμιευτές των κόμβων. Επειδή όμως οι αποταμιευτές είναι συγκεκριμένης χωρητικότητας, ένα πακέτο είναι πιθανό να βρει τον αποταμιευτή γεμάτο κατά την άφιξή του στον κόμβο. Σ' αυτή την περίπτωση το πακέτο απορρίπτεται από τον κόμβο.

Τέλος, οι βλάβες ή οι δυσλειτουργίες του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, όπως επίσης και η **εσφαλμένη διαμόρφωση** και **παραμετροποίηση** του δικτυακού λογισμικού, είναι επίσης πιθανές αιτίες εμφάνισης σφαλμάτων μετάδοσης (π.χ. μια λανθασμένη ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης ενός κόμβου μπορεί να ανακατευθύνει όλα τα πακέτα μιας ροής δεδομένων προς έναν ανύπαρκτο προορισμό). Σ' αυτή την περίπτωση ο παραλήπτης - κόμβος μπορεί να μη λάβει δεδομένα που του είχαν αποσταλεί ή μπορεί και να λάβει δεδομένα που δεν προορίζονταν γι' αυτόν.

4.3.1.2 Μηχανισμοί εντοπισμού και αντιμετώπισης των σφαλμάτων μετάδοσης

Το δίκτυο θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τα εσφαλμένα πακέτα, πριν τα παραδώσει στον προορισμό τους. Για το λόγο αυτό το δίκτυο προσθέτει σε κάθε πακέτο μία επιπλέον πληροφορία πριν από τη μεταφορά του. Έτσι, ανάλογα με το χρη-



σιμοποιούμενο μηχανισμό εντοπισμού και την έκταση της επιπλέον πληροφορίας, το δίκτυο εντοπίζει αλλοιώσεις σε ένα, δύο ή και περισσότερα δυαδικά ψηφία ταυτόχρονα. Αυτή η πρόσθετη πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διόρθωση των εσφαλμένων δυαδικών ψηφίων. Εάν ένα δυαδικό ψηφίο αναγνωριστεί ως λανθασμένο, τότε η διόρθωσή του απαιτεί απλώς την αντιστροφή του 0 σε 1 ή του 1 σε 0.

Μία άλλη τεχνική αντιμετώπισης των σφαλμάτων μετάδοσης είναι η **επαναμετάδοση** των εσφαλμένων ή των απολεσθέντων πακέτων, στην οποία ο παραλήπτης ζητά την επανεκπομπή του συγκεκριμένου πακέτου από τον αποστολέα.

Τέλος, αρκετές σύγχρονες εφαρμογές παρουσιάζουν μια μικρή ανοχή στην εμφάνιση σφαλμάτων. Για παράδειγμα, κατά τη μετάδοση κινούμενης εικόνας ένα πακέτο αντιστοιχεί σε ένα πολύ μικρό τμήμα της εικόνας (π.χ. 8 x 8 κουκκίδες). Σε περίπτωση απώλειας του πακέτου ενεργοποιούνται διάφορες τεχνικές αναδημιουργίας του τμήματος της εικόνας από τα γειτονικά του, αντίστοιχα, τμήματα. Έτσι η απώλεια ενός πακέτου γίνεται αντιληπτή στον τελικό χρήστη με μια μικρή ποιοτική υποβάθμιση της λαμβανόμενης εικόνας, η οποία είναι συνήθως μέσα στα αποδεκτά όρια.

4.3.1.3 Δείκτης αξιόπιστης μετάδοσης

Γενικότερα για τις συσκευές, ως δείκτης αξιοπιστίας χρησιμοποιείται ο **μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών**, ο οποίος προσδιορίζει τη μέση χρονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών βλαβών. Αυτός ο δείκτης μπορεί φυσικά να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις συσκευές δικτύου. Ειδικότερα για τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών, ορίζεται ο ακόλουθος **δείκτης αξιόπιστης μετάδοσης**:

$$\text{Δείκτης αξιόπιστης μετάδοσης} = 1 - \frac{\text{εσφαλμένα δεδομένα}}{\text{σύνολο ληφθέντων δεδομένων}}$$

Ως **εσφαλμένα** θεωρούνται εκείνα τα δεδομένα των οποίων τα σφάλματα μετάδοσης δεν εντοπίστηκαν ή εντοπίστηκαν αλλά δεν κατέστη δυνατόν να διορθωθούν από τους μηχανισμούς αντιμετώπισης σφαλμάτων του δικτύου. Επίσης ως εσφαλμένα θεωρούνται και εκείνα τα πακέτα που ελήφθησαν περισσότερες από μία φορές (π.χ. γιατί ζητήθηκε εσφαλμένα η επανεκπομπή τους). Όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο δείκτης αξιοπιστίας, τόσο πιο αξιόπιστο είναι το δίκτυο για τη μετάδοση δεδομένων.

4.3.2 Απόδοση δικτύου

Όπως όλα σχεδόν τα συστήματα, έτσι και τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών πρέπει να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνουν την καλύτερη κατά το δυνατόν απόδοση. Δύο μετρήσιμοι όροι που χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά το παρελθόν για το χαρακτηρισμό της απόδοσης του δικτύου είναι ο **ρυθμός διέλευσης** (*throughput*) και η **καθυστερήση μεταφοράς** (*transmission delay*).



4.3.2.1 Ρυθμός διέλευσης

Ο **ρυθμός διέλευσης** εκφράζει το πλήθος των δυαδικών ψηφίων που μπορεί να μεταφερθεί αξιόπιστα μέσα από το δίκτυο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο με ρυθμό διέλευσης 10 Mbps περιμένουμε ότι θα μπορεί να μεταφέρει, από άκρο σε άκρο του δικτύου, 10 εκατομμύρια δυαδικά ψηφία στο χρονικό διάστημα του ενός δευτερολέπτου. Όμως, στην πράξη, αυτό μεταφέρει πολύ λιγότερα.

Σε γενικές γραμμές, ο ρυθμός διέλευσης ενός δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι ένας πολύ σύνθετος παράγοντας, ο οποίος εξαρτάται από τους ρυθμούς μετάδοσης των κόμβων, από τις λειτουργίες ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας των κόμβων, καθώς και από το ρυθμό εμφάνισης σφαλμάτων κατά τη μεταφορά δεδομένων. Εάν η δικτυακή εφαρμογή απαιτεί τη μεταφορά αρχείων μεγάλου μεγέθους, όπως είναι για παράδειγμα η μεταφορά άρθρων από ψηφιακή βιβλιοθήκη, τότε ο ρυθμός διέλευσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα χαρακτηρισμού της απόδοσης του δικτύου.

4.3.2.2 Καθυστέρηση μεταφοράς

Η καθυστέρηση μεταφοράς εκφράζει το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να μεταφερθεί ένα δυαδικό ψηφίο από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο και ισούται με το ακόλουθο άθροισμα:

$$\text{καθυστέρηση μεταφοράς} = \text{χρόνος μετάδοσης στο μέσο} + \text{χρόνος μετάδοσης στο δίκτυο} + \text{χρόνος αναμονής στους κόμβους}$$

- ✓ Ο πρώτος όρος του αθροίσματος, ο **χρόνος μετάδοσης στο μέσο**, αφορά το χρόνο που απαιτείται προκειμένου να μεταδοθεί ένα δυαδικό ψηφίο διαμέσου των φυσικών μέσων που συνθέτουν την από άκρη σε άκρη διαδρομή. Επειδή δεν υπάρχει υλικό το οποίο μπορεί να μεταδοθεί με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν του φωτός, ο χρόνος μετάδοσης στο μέσο έχει ως κατώτερο φράγμα το πηλίκο της απόστασης των δύο άκρων του διά την ταχύτητα της μετάδοσης του φωτός.
- ✓ Ο δεύτερος όρος του αθροίσματος, ο **χρόνος μετάδοσης στο δίκτυο**, ισούται με το αντίστροφο του ρυθμού διέλευσης του δικτύου. Για παράδειγμα, σε ένα δίκτυο με ρυθμό διέλευσης 10 Mbps ο χρόνος μετάδοσης ενός δυαδικού ψηφίου (*bit time*) θα είναι ίσος με 0,1 μsec.
- ✓ Τέλος, ο τρίτος όρος του αθροίσματος, ο **χρόνος αναμονής στους κόμβους**, αφορά το χρόνο που περιμένει ένα πακέτο στον προσωρινό αποταμιευτή κάθε κόμβου, μέχρι να εξυπηρετηθεί. Ο ακριβής υπολογισμός του χρόνου αναμονής είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα στο πεδίο των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών και, τουλάχιστον από όσα γνωρίζουμε, μπορούμε να εκφράσουμε προσεγγιστικές εκτιμήσεις μόνο για μερικές ειδικές κατηγορίες δικτύων.

Στα σύγχρονα δίκτυα ο χρόνος μετάδοσης αποτελεί τον κύριο όρο στο άθροισμα υπολογισμού της καθυστέρησης μεταφοράς. Εάν η δικτυακή εφαρμογή απαιτεί μικρούς χρόνους απόκρισης και ανταλλάσσει αρχεία μικρού μεγέθους μεταξύ των πελατών και των σταθμών εξυπηρέτησης (π.χ. τηλεειδοποίηση ή τηλεέλεγχος), τότε η καθυστέρηση



μεταφοράς παίζει σημαντικό ρόλο στο χαρακτηρισμό της απόδοσης του δικτύου.

Παράδειγμα Ι

Έστω ότι δύο κόμβοι, σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη αντίστοιχα, ενώνονται με απευθείας σύνδεσμο, ο οποίος έχει ρυθμό μετάδοσης 1 Mbps, δεν παρουσιάζει σφάλματα κατά τη μεταφορά δεδομένων και διατίθεται αποκλειστικά για την εξυπηρέτηση αυτών των δύο κόμβων μόνο.

Γνωρίζοντας ότι η απόσταση Αθήνας - Θεσσαλονίκης ισούται με 500 km, μπορούμε να υπολογίσουμε την καθυστέρηση μεταφοράς D από την ακόλουθη σχέση:

$$D = \frac{500 \text{ km}}{300.000 \text{ km/sec}} + \frac{1 \text{ bit}}{10^6 \text{ bps}} \Leftrightarrow D = 1,67 \text{ msec} + 0,001 \text{ msec}$$

Τονίζουμε ότι ο σύνδεσμος διατίθεται αποκλειστικά για την εξυπηρέτηση των δύο κόμβων και επομένως τα πακέτα της ροής δεδομένων κάθε κόμβου δε θα επιβαρύνονται με χρόνο αναμονής.

Σ' αυτό το παράδειγμα φαίνεται ότι ο χρόνος μετάδοσης στο μέσο είναι τρεις τάξεις μεγαλύτερος από το χρόνο μετάδοσης στο δίκτυο. Αυτή η διαφορά θα αμβλυνθεί σημαντικά στα μελλοντικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς ο ρυθμός διέλευσής τους αναμένεται να αυξηθεί κατά πολύ σε σχέση με τα σύγχρονα δίκτυα.

4.3.2.3 Χαρακτηρισμός της απόδοσης δικτύου

Οι δύο όροι που παρουσιάσαμε στις προηγούμενες παραγράφους χρησιμοποιήθηκαν ευρύτητα κατά το παρελθόν για να χαρακτηρίσουν την απόδοση ενός δικτύου. Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε ότι, μέχρι πρόσφατα, οι δικτυακές εφαρμογές δεν είχαν ιδιαίτερες απαιτήσεις **ποιότητας εξυπηρέτησης** (QoS: *Quality of Service*) από το δίκτυο. Για παράδειγμα, κανένας χρήστης δεν ξεκινούσε τη μεταφορά κάποιου αρχείου του από απομακρυσμένο κόμβο έχοντας προσυμφωνήσει με το δίκτυο έναν αυστηρό χρόνο παράδοσης.

Όμως στα σύγχρονα δίκτυα άρχισαν ήδη να εμφανίζονται διάφορες υπηρεσίες που έχουν πολύ αυστηρές προδιαγραφές όσον αφορά την παρεχόμενη από το δίκτυο ποιότητα εξυπηρέτησης. Για παράδειγμα, στην εκπομπή κινούμενης εικόνας, όπου κάθε στιγμή (καρέ) μεταδίδεται στο δίκτυο με σταθερό ρυθμό, συνήθως ίσο με 30 καρέ/sec, η διακύμανση της καθυστέρησης μεταφοράς πακέτου δεν μπορεί να υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή. Έτσι, κατά την είσοδό του στο δίκτυο, κάθε καρέ απέχει από το προηγούμενο και το επόμενο του χρόνο ίσο με 33 msec. Κάθε καρέ, κατά τη μεταφορά του από το δίκτυο, υφίσταται διαφορετική καθυστέρηση από τα υπόλοιπα. Αν η διαφορά στην καθυστέρηση που έχουν υποστεί δύο διαδοχικά καρέ υπερβαίνει τα 33 msec, τότε το δεύτερο καρέ δε θα είναι διαθέσιμο προς απεικόνιση στην ώρα του, με συνέπεια κάποια στιγμιαία παραμόρφωση της λαμβανόμενης εικόνας.

Επομένως στην απόδοση ενός δικτύου θα πρέπει να συνυπολογίζονται και τα προκαθορισμένα και προσυμφωνημένα όρια αποδεκτής ποιότητας εξυπηρέτησης των διάφορων κλήσεων.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Αξιοπιστία, σφάλμα μετάδοσης, απόδοση, ρυθμός διέλευσης, καθυστέρηση, χρόνος μετάδοσης στο μέσο, χρόνος μετάδοσης στο δίκτυο, χρόνος αναμονής στους κόμβους, ποιότητα εξυπηρέτησης.



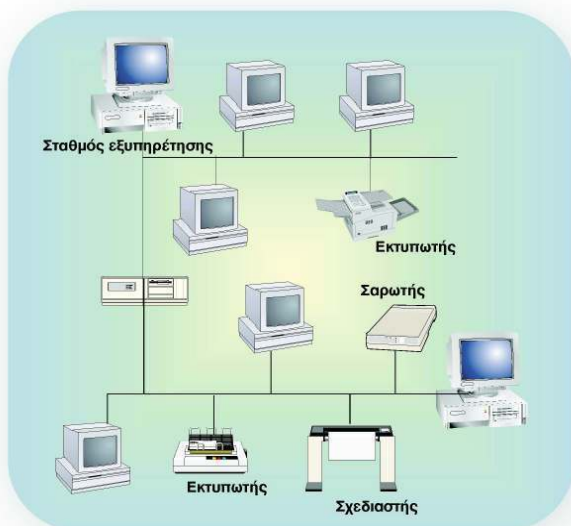
Μάθημα 4.4: Τεχνολογική εξέλιξη δικτύων δεδομένων

Δε θα ήταν υπερβολή να ισχυριστεί κανείς ότι σήμερα τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι ένα βασικό εργαλείο της καθημερινής μας ζωής, τόσο στο χώρο του σπιτιού όσο – και πολύ περισσότερο – στον εργασιακό χώρο, όπου βρίσκουν πολύ μεγάλη εφαρμογή. Η ευρεία χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των δικτύων έχει αλλάξει δραστικά, τα τελευταία χρόνια, τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί μια επιχείρηση. Σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή της νέας τεχνολογίας είναι τόσο καθοριστική, ώστε να επηρεάζει την ικανότητα της επιχείρησης να σταθεί ανταγωνιστικά μέσα στο χώρο της.

Από την εποχή που ο Βρετανός Charles Morrison, το 1753, ανέπτυξε ένα από τα πρώτα δίκτυα επικοινωνιών που χρησιμοποιούσαν ηλεκτρικές μεθόδους πολλά έχουν αλλάξει. Σήμερα, στις ανεπτυγμένες τουλάχιστον κοινωνίες, η επικοινωνία των υπολογιστών δίνει τη δυνατότητα στον καθένα να επικοινωνήσει με απομακρυσμένους υπολογιστές. Η παράλληλη εξέλιξη των επικοινωνιών και των υπολογιστικών συστημάτων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διάφορων τύπων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αυτά τα δίκτυα είναι υπεύθυνα για τη γρήγορη και ασφαλή μετάδοση διάφορων τύπων δεδομένων μεταξύ των κόμβων, οι οποίοι μπορεί να βρίσκονται σε απόσταση που κυμαίνεται από λίγα μόλις μέτρα μέχρι χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά.

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα μαθήματα, η ανάπτυξη των διάφορων τύπων δικτύων άρχισε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 από το **Τμήμα Προηγμένων Αμυντικών Ερευνητικών Προγραμμάτων** (*ARPA: Advanced Research Projects Agency*) της Αμερικής. Το επιστέγασμα ήταν η έναρξη της λειτουργίας του *ARPANET*, ενός δικτύου τεσσάρων υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποίησε το ήδη υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο, καθώς και ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μεταγωγή των πακέτων, τον έλεγχο και τη διόρθωση των σφαλμάτων μετάδοσης. Επάνω σ' αυτό το δίκτυο συνδέθηκαν σταδιακά πολλά ερευνητικά και πανεπιστημιακά ιδρύματα. Σημειώνεται ότι η αρχική έρευνα χρηματοδοτήθηκε από το αμερικανικό Υπουργείο Άμυνας (*DoD: Department of Defense*) και είχε σκοπό την επικοινωνία των πολιτικο-στρατιωτικών κέντρων της Αμερικής.

Η δεκαετία του 1970 ήταν η περίοδος που τα μεγάλα υπολογιστικά συστήματα (*mainframes*) έδιναν σταδιακά τη θέση τους στα μικρότερα (*minicomputers* και *microcomputers*). Η φιλοσοφία άλλαξε και δόθηκε έμφαση στην περιφερειακά κατανεμημένη επεξεργαστική δύναμη και όχι στην κεντρική επεξεργαστική υπερδύναμη των μεγάλων υπολογιστικών συστημάτων. Ωστόσο το κόστος για τις περιφερειακές συσκευές ήταν αρκετά μεγάλο. Τη λύση έδωσαν τα τοπικά δίκτυα, μέσω των οποίων όλοι οι χρήστες του δικτύου είχαν πρόσβαση σε κοινούς πόρους, όπως είναι τα περιφερειακά μηχανήματα. Το σχήμα 4.18 παρουσιάζει την περίπτωση κατά την οποία διαφορετικοί τύποι διασυνδεδεμένων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν πρόσβαση σε



Σχήμα 4.18: Η χρήση πόρων ενός τοπικού δικτύου.



Το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο τοπικό δίκτυο ήταν το *ARCNET*, το οποίο παρουσιάστηκε από την *Data Point* το 1976. Γρήγορα ακολούθησαν το *Ethernet* από τη *Xerox*, το *Token Ring* της *IBM*, καθώς και πολλοί άλλοι τύποι τοπικών δικτύων. Για αποστάσεις που δεν ξεπερνούν τα 10 km το *Ethernet* είναι το πρότυπο τοπικό δίκτυο που κυριαρχεί στην αγορά μέχρι και σήμερα. Για παράδειγμα, το δίκτυο του σχολείου σας είναι πολύ πιθανό να είναι αυτού του τύπου.

κάποια ηλεκτρονική διάταξη. Έτσι με την ανάπτυξη νέων συσκευών μεταγωγής όλο και περισσότεροι χρήστες μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε συσκευές συνδεδεμένες με το δίκτυο.

Η αλλαγή στο σχεδιασμό των υπολογιστών αναμφίβολα επηρέασε και την ανάπτυξη του *ARPANET*, το οποίο όμως σταδιακά μεγάλωνε, καθώς ομοσπονδιακές υπηρεσίες της Αμερικής και πανεπιστήμια που συμμετείχαν στην έρευνα συνδέονταν μαζί του, με αποτέλεσμα να προκύψει επιτακτική η ανάγκη της δημιουργίας πρωτοκόλλων που θα ρύθμιζαν την κυκλοφορία στο διαρκώς αυξανόμενο υποδίκτυο. Μέσω του δικτύου αυτού οι ειδικοί συμφώνησαν στην προτυποποίηση της μορφής του πακέτου, καθώς και σε ένα κοινό σχήμα διευθυνσιοδότησης. Η μοναδικότητα της μορφής του πακέτου έδωσε τη δυνατότητα διασύνδεσης όλων των διαφορετικών τύπων δικτύων, που προσαρμόστηκαν στους νέους κανόνες, συμπεριλαμβανομένων τόσο των τοπικών δικτύων με συνδέσεις σημείου προς πολλά σημεία που βρίσκονταν ήδη σε πειραματική λειτουργία όσο και των δικτύων με συνδέσεις σημείου προς σημείο. Ταυτό-

χρονα οι ερευνητές μπόρεσαν να αναπτύξουν εφαρμογές επικοινωνιών στηριζόμενοι στη ρεαλιστική υπόθεση ότι τα δεδομένα είναι δυνατόν να μεταφερθούν με πακέτα σταθερής μορφής και μεγέθους.

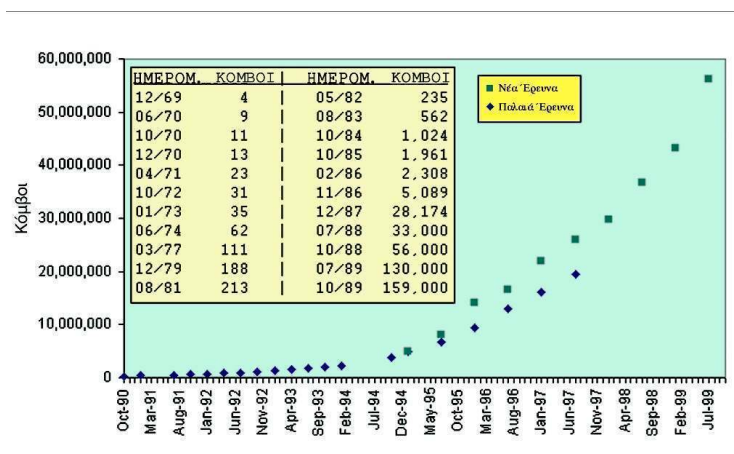
Κατάληξη του *ARPANET* ήταν η ανάπτυξη του μοντέλου *TCP/IP*, το οποίο εκτός των άλλων επέτρεπε στα τότε υπάρχοντα τοπικά δίκτυα των διάφορων οργανισμών, εταιρειών και πανεπιστημίων να συνδέονται στο *ARPANET*. Το νέο πρωτόκολλο που δημιουργήθηκε στηρίχτηκε τόσο στη λογική του *ARPANET* όσο και στο **πρότυπο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων** (*OSI: Open Systems Interconnection*), το οποίο θα αναλυθεί στο Μάθημα 5.4. Το 1983 το *TCP/IP* έγινε το μοναδικό επίσημο πρωτόκολλο του *ARPANET*. Το ίδιο έτος όλο το πολιτικο-στρατιωτικό τμήμα του *ARPANET* αποσχίστηκε δημιουργώντας το *MILNET*, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1990 το *ARPANET* σταμάτησε τη λειτουργία του, καθώς υπερκαλύφτηκε από νεότερα δίκτυα, που το ίδιο δημιούργησε.

Τα οφέλη από αυτή την εξέλιξη έγιναν αμέσως φανερά, αφού το *ARPANET* θεωρήθηκε, όχι τυχαία, ο προπομπός του Διαδικτύου, που σήμερα χρησιμοποιείται παγκοσμίως στη διασύνδεση μεγάλου αριθμού υπολογιστών και δικτύων, αλλάζοντας τη μορφή της κοινωνίας με την εισαγωγή της αμεσότητας στην πληροφόρηση. Ασφαλώς υπήρξαν και άλλα δίκτυα που δημιουργήθηκαν σχεδόν παράλληλα με το *ARPANET* και σήμερα έχουν αφομοιωθεί από το Διαδίκτυο. Ένα από αυτά, το σπουδαιότερο ίσως, ήταν το *NSFNET* (*National Science Foundation Network*), το οποίο δημιουργήθηκε από τον ομώνυμο οργανισμό και συνέδεε πανεπιστήμια και οργανισμούς που δεν είχαν την τύχη να βρίσκονται κάτω από την «ομπρέλα» του *ARPANET*. Από τότε που τα δύο δίκτυα ενοποιήθηκαν άρχισε μια εκθετική αύξηση των δικτύων που συνδέονταν με το νέο γίγαντα (σχήματα 4.19 και 4.20). Ήταν αυτό το ενοποιημένο δίκτυο

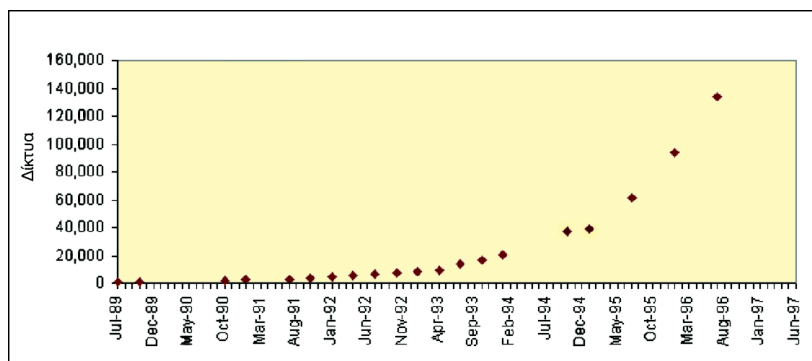


που στα μέσα της δεκαετίας του 1980 μετονομάστηκε ανεπίσημα σε Διαδίκτυο.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 αναπτύχθηκαν και άλλα δίκτυα, κυρίως ευρωπαϊκά, που ακολούθησαν το πρότυπο που δημιουργήθηκε από τη **Διεθνή Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας (CCITT: Comite Consultatif International de Telegraphique et Telephonique)**. Το επικρατέστερο από αυτά, το X.25,



Σχήμα 4.19: Αύξηση των συνδεδεμένων κόμβων στο Διαδίκτυο



Σχήμα 4.20: Αύξηση των συνδεδεμένων δικτύων στο Διαδίκτυο

αναπτύχθηκε με σκοπό να προσφέρει διασύνδεση μεταξύ των δημόσιων δικτύων μεταγωγής πακέτων και των πελατών τους. Οι ρυθμοί μετάδοσής του είναι χαμηλοί, με προδιαγραφές που δεν ξεπερνούν τα 64 Kbps.

Η αδυναμία του X.25 να δώσει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων προκάλεσε την αντικατάστασή του από μια νέα τεχνική, τη **μεταγωγή πλαισίου (FR: Frame Relay)**, η οποία θα παρουσιαστεί στο Μάθημα 15.2. Η τεχνική



Τα πρώτα προγράμματα που αναπτύχθηκαν για δίκτυα με πακέτα δεδομένων στο χώρο της αγοράς είχαν στόχο την επικοινωνία ενός μεγάλου κόμβου με πολλούς τερματικούς σταθμούς. Εκείνη την εποχή αρκετές εταιρείες κατασκεύασαν τέτοια δίκτυα με οδηγό το πρόγραμμα *TYMNET* της *Tymshare Co* και αφού διατέθηκαν στην αγορά οι πρώτοι επεξεργαστές για την επικοινωνία δικτύων με πακέτα δεδομένων.



Ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με την ιστορία και τα μεγέθη του Διαδικτύου στην πάροδο του χρόνου μπορεί κανείς να βρει στις URL διευθύνσεις της Ενότητας II.



αυτή αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της γρήγορης και αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων, κυρίως κατά τη διασύνδεση και την επικοινωνία μεταξύ τοπικών δικτύων με δίκτυα ευρείας περιοχής ή τοπικών δικτύων μεταξύ τους. Στις περιπτώσεις αυτές παρατηρείται η λεγόμενη **καταιγιστική κίνηση** (*bursty traffic*), όπου συμβαίνουν σύντομες αλλά πολύ μεγάλου όγκου μετακινήσεις δεδομένων. Η μεταγωγή πλαισίου εμφανίστηκε στην αρχή της δεκαετίας του 1990 και βασίζεται στα προϋπάρχοντα πρότυπα του *X.25* και του *ISDN*.

Όπως αναφέρθηκε στο Μάθημα 4.2, η ανάπτυξη του *ISDN* αποτέλεσε και τη βάση της νέας τεχνικής του *ATM*, το μεγάλο πλεονέκτημα της οποίας συνίσταται στο γεγονός ότι μπορεί να λειτουργήσει με όλους τους τύπους των πρωτοκόλλων *TCP/IP*, *X.25*, *Frame Relay* κτλ. και ότι είναι ανεξάρτητη από την απόσταση, μπορεί δηλαδή να καλύψει τόσο τα τοπικά όσο και τα δίκτυα ευρείας περιοχής.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

ARPANET, πρότυπο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI*), μεταγωγή πλαισίου, καταιγιστική κίνηση.



Μάθημα 4.5: Χρήση δικτύων

4.5.1 Η χρήση των δικτύων στην κοινωνία της πληροφορίας

Η ευρύτατη χρήση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιφέρει ριζικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της οικονομικής και της κοινωνικής ζωής, όπως είναι η αμεσότητα στην πληροφόρηση, η νέα (ηλεκτρονική) οικονομία η αναμόρφωση της όλης εκπαιδευτικής διαδικασίας, η υγεία, η ψυχαγωγία κτλ. Η ευρεία χρήση τους οφείλεται τόσο στη συνεχή μείωση του κόστους των υπολογιστών όσο και στην παράλληλη αύξηση των δυνατοτήτων τους. Τα οφέλη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ακολούθως:

- ✓ **Διαμοιρασμός πόρων δικτύου.** Η διασύνδεση των υπολογιστών έχει μεγάλη επίδραση στον εργασιακό χώρο, αφού αυξάνει τη λειτουργικότητά του προσθέτοντας δυνατότητες, όπως είναι για παράδειγμα:
 - **Ο διαμοιρασμός εφαρμογών.** Οι εφαρμογές λογισμικού υψηλού κόστους, όπως ένας προσομοιωτής ή ένα στατιστικό ή σχεδιαστικό πακέτο, μπορούν να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από διάφορους χρήστες στο δίκτυο, χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάστασή τους σε καθέναν υπολογιστή ξεχωριστά.
 - **Ο διαμοιρασμός περιφερειακών συσκευών.** Όλα τα συστήματα ενός δικτύου μπορούν να χρησιμοποιούν οποιαδήποτε περιφερειακή συσκευή, όπως έναν έγχρωμο εκτυπωτή λέιζερ, ένα σαρωτή υψηλής ευκρίνειας κτλ.
 - **Ο διαμοιρασμός αρχείων.** Διάφορα κοινόχρηστα αρχεία μπορούν να αποθηκεύονται σε ένα μόνο υπολογιστή του δικτύου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβασή τους σε όλους τους υπολογιστές των ενδιαφερόμενων χρηστών.
- ✓ **Επικοινωνία και πληροφόρηση.** Οι υπηρεσίες του Διαδικτύου αποτελούν εύχρηστους και άμεσους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η οπτική τηλεδιάσκεψη, οι ειδήσεις κτλ. είναι σήμερα πραγματικότητα για εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Ταυτόχρονα παραδοσιακές και νέες πηγές πληροφόρησης, όπως οι εφημερίδες, η τηλεόραση, το ραδιόφωνο, τα περιοδικά, είναι διαθέσιμα στο Διαδίκτυο για τους συνδρομητές - χρήστες του.

Η αύξηση της επεξεργαστικής δυνατότητας και η συνεχιζόμενη τεχνολογική εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιτρέψει την ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών ιδιαίτερης πολυπλοκότητας και υψηλών προδιαγραφών. Τέτοιες εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ισχύ επεξεργασίας και ικανότητα μεταφοράς δεδομένων είναι:



Η αναμόρφωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας αφορά τη διάχυση του εκπαιδευτικού υλικού και την εισαγωγή της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης. Ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας μαθημάτων σχετικών με την πληροφορική και τις επικοινωνίες, τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες μπορεί να αλλάξει, μέσω της ανάπτυξης του κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού, διευκολύνοντας τον τρόπο παρουσίασης και κατανόησής τους. Στη χώρα μας, στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής αναβάθμισης, έχουν δημιουργηθεί — ή βρίσκονται στο τελικό στάδιο ολοκλήρωσης— προϊόντα λογισμικού που λειτουργούν επικουρικά στη διδασκαλία πολλών δικτυακών μαθημάτων.



- ✓ η **οπτική τηλεδιάσκεψη** (*video-conference*),
- ✓ η **αναγνώριση φωνής** (*speech recognition*),
- ✓ η **επεξεργασία εικόνας** (*image processing*),
- ✓ οι **μηχανολογικές και επιστημονικές εφαρμογές**,
- ✓ τα **συστήματα προσομοίωσης** (*simulation systems*) κ.ά.

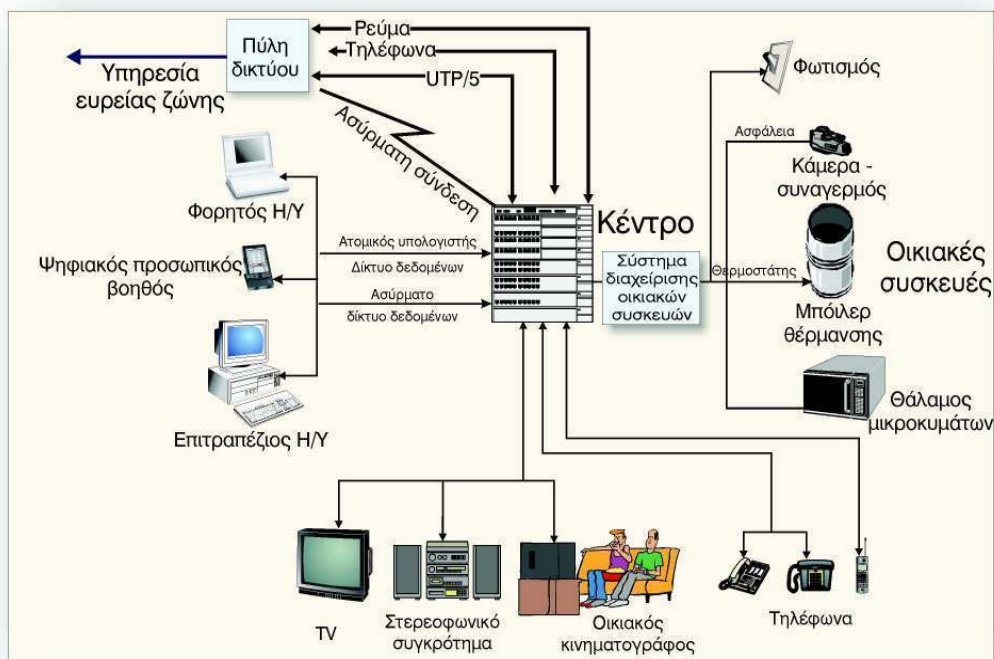
Επιπλέον οι εφαρμογές που ήδη αναπτύσσονται στα δίκτυα νέων τεχνολογιών είναι πάρα πολλές και αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά αρκετούς τομείς της κοινωνικής και της οικονομικής δραστηριότητας. Αναλυτικότερα, μερικές τέτοιες εφαρμογές είναι:

- ✓ **Η τηλεδιάσκεψη.** Αποτελεί μια εναλλακτική οικονομική λύση για τα επαγγελματικά ταξίδια. Όλοι οι χρήστες θα βρίσκονται και θα συνομιλούν σε έναν ιδεατό χώρο, θα μοιράζονται τις ηλεκτρονικές σημειώσεις τους και θα γράφουν τις παρατηρήσεις τους σε έναν ηλεκτρονικό πίνακα.
- ✓ **Η τηλεϊατρική.** Πρόκειται για εφαρμογή που έχει στόχο την άμεση πρόσβαση σε ιατρικές πληροφορίες τεράστιου όγκου, την αναζήτηση παρόμοιων περιστατικών και τη ζωντανή σύνδεση του ιατρικού και του νοσηλευτικού προσωπικού με κόμβους επιστημονικής υποστήριξης. Οι δυνατότητες αυτές μπορούν να υποστηριχθούν από τα δίκτυα υψηλών επιδόσεων και αναμένεται ότι θα βελτιώσουν το επίπεδο των προσφερόμενων ιατρικών υπηρεσιών.
- ✓ **Η τηλεεκπαίδευση.** Σύμφωνα με την εφαρμογή αυτή, κάθε εκπαιδευόμενος θα μπορεί από το χώρο του να παρακολουθεί τη διδασκαλία ενός θέματος, όποτε θέλει, με το ρυθμό που κρίνει αποδοτικό, επιλέγοντας ή επαναλαμβάνοντας τμήματά της και έχοντας ταυτόχρονα πρόσβαση σε μια τεράστια ποικιλία επικουρικού και συμπληρωματικού υλικού, όπως π.χ. ψηφιακές βιβλιοθήκες, ηλεκτρονικά εργαστήρια, εκπαιδευτικό λογισμικό κτλ.
- ✓ **Το ηλεκτρονικό εμπόριο.** Όπως γίνεται και σήμερα, έτσι και με τα δίκτυα υψηλών επιδόσεων ο καθένας θα μπορεί να κάνει μια έρευνα αγοράς για τα προϊόντα που τον ενδιαφέρουν, πριν τα αγοράσει. Η μεγάλη διαφορά όμως είναι ότι η έρευνα θα γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο από το χώρο του καθενός, εύκολα και γρήγορα, ψάχνοντας σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό κατάστημα του πλανήτη εμπορεύεται τα προϊόντα που τον ενδιαφέρουν. Έτσι θα μπορεί να πραγματοποιήσει με ασφάλεια και εμπιστευτικότητα, οποιαδήποτε εμπορική συναλλαγή επιθυμεί, όπως π.χ. παραγγελίες, πληρωμές κ.ά. χωρίς να μετακινηθεί από το χώρο του.
- ✓ **Τα ψυχαγωγικά προγράμματα.** Η εκπομπή ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών προγραμμάτων υψηλής πιστότητας και ευκρίνειας, η επιλογή προβολής ταινιών ή εκτέλεσης μουσικών έργων κατ' απαίτηση και η ζωντανή σύνδεση με οποιοδήποτε ηλεκτρονικό τόπο του πλανήτη εξελίσσεται ένα ενδιαφέρον φαινόμενο ή παρουσιάζεται μια ευχάριστη εκδήλωση είναι από τις πρώτες υπηρεσίες που εμφανίζονται στα δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

4.5.2 Η νέα δυναμική

Η δικτύωση των υπολογιστών έχει αλλάξει πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια. Πριν από μία εικοσαετία τα δίκτυα των υπολογιστών ήταν προνόμιο των πανεπιστημίων και άλλων ισχυρών οργανισμών και θεωρούνταν εργαλεία που χρησιμοποιούνταν μόνο από ειδικούς και για ειδικούς σκοπούς. Σήμερα υπάρχει μεγάλη ποικιλία από υπολογιστές, από προσωπικούς μέχρι υπερυπολογιστές, οι οποίοι συνήθως συνδέονται σε κάποιο δίκτυο. Το προνόμιο της χρήσης ενός δικτύου έχει επεκταθεί και στον απλό χρήστη, που έχει τη δυνατότητα να συνδέεται με το Διαδίκτυο από το σπίτι του και να το χρησιμοποιεί για πληροφόρηση, για ψυχαγωγία ή για ενημέρωση σε θέματα που τον ενδιαφέρουν. Τελευταία εμφανίζονται και τα οικιακά τοπικά δίκτυα, όπου οι περισσότεροι του ενός ηλεκτρονικοί υπολογιστές που βρίσκονται στο σπίτι είναι δυνατόν να δικτυωθούν χρησιμοποιώντας για την επικοινωνία τους τις ήδη υπάρχουσες τηλεφωνικές ή ηλεκτρικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, καθώς επίσης και τεχνικές για ασύρματη σύνδεση (σχήμα 4.21).

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια κάθε κατασκευαστής δικτύου είχε μια δική του αρχιτεκτονική, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλά προβλήματα ασυμβατότητας μεταξύ των δικτύων. Σήμερα η βιομηχανία των υπολογιστών έχει συμφωνήσει σε μια σειρά **διεθνών προτύπων**, στην οποία περιγράφονται κοινές αρχιτεκτονικές, συμβατές μεταξύ τους. Ένα από αυτά τα πρότυπα είναι γνωστό ως **μοντέλο αναφοράς OSI** (*OSI Reference Model*). Η ιδέα του *OSI* είναι να σχεδιάζει κανείς δίκτυα σε μια σειρά επιπέδων, καθένα από τα οποία να βασίζεται και να εξυπηρετεί το προηγούμενο. Το *OSI* θα μελετηθεί πιο αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 4.21: Συνδέσεις σε οικιακό τοπικό δίκτυο

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διαμοιρασμός πόρων δικτύου, επικοινωνία και πληροφόρηση, τηλεδιάσκεψη, τηλεϊατρική, τηλεκπαίδευση, ηλεκτρονικό εμπόριο, ψυχαγωγικά προγράμματα, διεθνή πρότυπα.



Ανακεφαλαίωση

Τα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Όπως είναι γνωστό, η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών υπολογιστών προώθησε τη διασύνδεση των διάφορων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών και τη συνεργασία μεταξύ των χρηστών. Από την εξέλιξη αυτή δεν ήταν δυνατόν να εξαιρεθούν τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Ένα δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτελείται από τα στοιχεία που επικοινωνούν μεταξύ τους, το υλικό (πληροφορία) που ανταλλάσσουν τα στοιχεία αυτά, καθώς και τις γραμμές επικοινωνίας μέσω των οποίων διακινείται η πληροφορία. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάστηκαν με κάθε λεπτομέρεια όλα τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν το δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικότερα οι κόμβοι, τα φυσικά μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται, οι διατάξεις διασύνδεσης, καθώς και το λογισμικό διαχείρισης του δικτύου. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ταξινόμηση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών σύμφωνα με ορισμένα καίρια χαρακτηριστικά τους, όπως είναι το μέσο μετάδοσης, το είδος της σύνδεσης, η γεωγραφική κάλυψη, το είδος της τοπολογίας και τέλος η τεχνολογία του δικτύου. Παράγοντες που επηρεάζουν βασικές παραμέτρους του δικτύου, όπως είναι η αξιοπιστία της μετάδοσης και η απόδοση του δικτύου, αναλύθηκαν με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της εξυπηρέτησης (QoS: *Quality of Service*).

Τέλος, εξετάστηκε η διαχρονική τεχνολογική εξέλιξη των δικτύων δεδομένων, με κύρια έμφαση στην πορεία του Διαδικτύου και στο ρόλο των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών στην κοινωνία της πληροφορίας.



Ερωτήσεις

1. Ποια είναι τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών;
2. Πώς ταξινομούνται τα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών κατά το *IEEE* και ποια είναι τα κυριότερα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται αυτή η ταξινόμηση;
3. Ποιοι είναι οι λόγοι που οδήγησαν στην αλματώδη ανάπτυξη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών;
4. Τι είναι οι συνδέσεις εκπομπής; Δώσε ορισμένα παραδείγματα δικτύων της κατηγορίας αυτής.
5. Τι είναι οι συνδέσεις σημείου προς σημείο; Δώσε ορισμένα παραδείγματα δικτύων της κατηγορίας αυτής.
6. Ποιες είναι οι σημαντικότερες μορφές επικοινωνίας κάθε δεκαετίας από τα τέλη του 19ου αιώνα έως σήμερα;
7. Ποιος είναι ο ρόλος των κόμβων σε ένα δίκτυο επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών;
8. Τι είναι το υποδίκτυο επικοινωνίας και ποιος ο ρόλος του;
9. Ποιες είναι οι κυριότερες υπηρεσίες που βρίσκουν σήμερα εφαρμογή στα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών;



Κεφάλαιο 5

Αρχιτεκτονική δικτύων

- Μάθημα 5.1:** Πρωτόκολλα επικοινωνίας
- Μάθημα 5.2:** Λειτουργίες πρωτοκόλλων
- Μάθημα 5.3:** Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων
- Μάθημα 5.4:** Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων
- Μάθημα 5.5:** Διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης - Πρότυπα και συστάσεις
- Μάθημα 5.6:** Μοντέλο αναφοράς TCP/IP
- Μάθημα 5.7:** Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς TCP/IP και OSI



Κεφάλαιο 5: Αρχιτεκτονική δικτύων

Σκοπός

Το Κεφάλαιο 5 στοχεύει στη γνωριμία και στην εξοικείωση του μαθητή με τις γενικές αρχές που διέπουν την αρχιτεκτονική των δικτύων υπολογιστών. Κύρια θέματα τα οποία ολοκληρώνουν το απαραίτητο υπόβαθρο για την κατανόηση της αρχιτεκτονικής των δικτύων υπολογιστών και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή αφορούν τους τρόπους επικοινωνίας των διαφορετικών πρωτοκόλλων και των κανόνων που τα διέπουν, καθώς και τις διεπαφές και τις υπηρεσίες – προσανατολισμένες ή μη στη σύνδεση – που απαιτεί κάθε επίπεδο του μοντέλου αναφοράς. Καίριο όμως στόχο αποτελεί και η γνωριμία του μαθητή με τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*, των οποίων η ανάλυση και η σύγκριση δείχνει την όλη δομή και λειτουργία των δικτύων υπολογιστών.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να μπορεί να εξηγήσει την ανάγκη διάκρισης των λειτουργιών των δικτύων και τον καθορισμό των επιπέδων τους.
- ✓ Να γνωρίζει τις έννοιες του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας.
- ✓ Να διακρίνει την έννοια της υπηρεσίας από την έννοια του πρωτοκόλλου.
- ✓ Να μπορεί να εξηγήσει τη χρησιμότητα των πρωτοκόλλων, των συστάσεων και των προτύπων.
- ✓ Να γνωρίζει αναλυτικά τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*.

Προερωτήσεις

1. Αντιλαμβάνεσαι γιατί πρέπει να θεσπίζονται κανόνες σε κάθε μορφή επικοινωνίας;
2. Γνωρίζεις πώς λειτουργεί το μοντέλο επικοινωνίας των ανθρώπων μέσω του ταχυδρομείου και του τηλεφώνου;
3. Γνωρίζεις τους λόγους που επιβάλλουν τη χρήση εθνικών ή διεθνών προτύπων και συστάσεων σε όλα σχεδόν τα προϊόντα που διακινούνται από τον άνθρωπο;
4. Γνωρίζεις τον τρόπο λειτουργίας του Διαδικτύου;

Μάθημα 5.1: Πρωτόκολλα επικοινωνίας

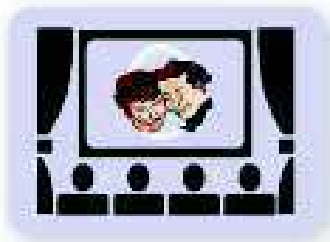
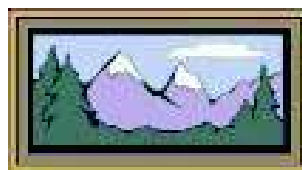
5.1.1 Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός των πρώτων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έγινε δίνοντας βάρος στο υλικό. Με την πάροδο του χρόνου και την αλματώδη εξέλιξη των επικοινωνιών τόσο ο σχεδιασμός όσο και η λειτουργία των δικτύων βασίστηκε περισσότερο στην ανάπτυξη του λογισμικού. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να βελτιωθεί η λειτουργία των δικτύων, το λογισμικό σχεδιάστηκε υπό μορφή **επιπέδων** ή **στρωμάτων** (*layers*), καθένα από τα οποία δομείται επάνω στο άλλο. Ο αριθμός, η λειτουργία και το όνομα κάθε επιπέδου διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Σκοπός ενός επιπέδου είναι να προσφέρει κάποιες υπηρεσίες στα επίπεδα που βρίσκονται επάνω από αυτό, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής μετάδοση των πληροφοριών από υπολογιστή σε υπολογιστή. Σημειώνεται ότι κάθε επίπεδο δέχεται τις υπηρεσίες που του προσφέρουν τα κατώτερα από αυτό επίπεδα, χωρίς να αναγνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο προσφέρονται αυτές οι υπηρεσίες.

Οι προδιαγραφές κάθε αρχιτεκτονικής πρέπει να περιγράφονται καθαρά και αναλυτικά, έτσι ώστε οι μεν προγραμματιστές να είναι σε θέση να γράψουν σωστά το αντίστοιχο λογισμικό (πρωτόκολλο), οι δε κατασκευαστές να μπορούν να υλοποιήσουν με τέτοιο τρόπο το υλικό μέρος κάθε επιπέδου, ώστε να ανταποκρίνεται σωστά στο αντίστοιχο πρωτόκολλο.

5.1.2 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Η επικοινωνία στα δίκτυα καθορίζεται από κανόνες που υπάρχουν και ενεργοποιούνται κατά τη σύνδεση δύο ή περισσότερων χρηστών. Κανόνες εξάλλου χρησιμοποιούνται σε όλες τις μορφές επικοινωνίας. Όταν οι άνθρωποι μιλούν, διαβάζουν, βλέπουν ή ακούν, τότε επικοινωνούν μεταξύ τους υιοθετώντας κανόνες, ώστε να μπορούν όλοι οι συμμετέχοντες να παρακολουθούν (σχήμα 5.1). Για παράδειγμα, σε ένα διεθνές συνέδριο ένας τέτοιος κανόνας επικοινωνίας είναι η χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Με τον ίδιο τρόπο, προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, θα πρέπει να υιοθετήσουν κάποιους κανόνες ή πα-



Σχήμα 5.1: Τρόποι επικοινωνίας στη ζωή μας



ραδοχές, που λέγονται πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επομένως ένα **πρωτόκολλο** (*protocol*) επικοινωνίας είναι ένα σύνολο κανόνων ή παραδοχών που πρέπει να ακολουθήσουν δύο τουλάχιστον υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Το σύνολο των επιπέδων και των πρωτοκόλλων αποτελεί την **αρχιτεκτονική του δικτύου** (*network architecture*).

5.1.3 Ιεραρχία πρωτοκόλλων



Σχήμα 5.2: Δίκτυο πέντε επιπέδων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα δίκτυα οργανώνονται σε επίπεδα προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού τους. Έτσι, όταν λέμε ότι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία εννοούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται λόγω της επικοινωνίας των αντίστοιχων επιπέδων τους. Δηλαδή, αν κάποιος δίκτυο έχει οργανωθεί σε n επίπεδα, τότε κάθε επίπεδο του ενός υπολογιστή επικοινωνεί με το αντίστοιχο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, με κοινό σκοπό να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται, για να λειτουργήσει αυτή η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων των δύο υπολογιστών, αποτελούν το πρωτόκολλο του συγκεκριμένου επιπέδου. Για παράδειγμα, προκειμένου να επικοινωνήσει το επίπεδο k του ενός υπολογιστή με το επίπεδο k του άλλου υπολογιστή, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο του επιπέδου k .

Το σχήμα 5.2 μας δείχνει τη σχέση μεταξύ επιπέδων και πρωτοκόλλων σε ένα δίκτυο του οποίου η επικοινωνία βασίζεται σε πέντε επίπεδα. Τα αντίστοιχα επίπεδα σε κάθε υπολογιστή ονομάζονται **ομότιμα**, ενώ οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σ' αυτά ονομάζονται **ομότιμες διεργασίες**. Τα ομότιμα επίπεδα επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο ενός επιπέδου δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένο. Πολλές φορές σε ένα επίπεδο χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα πρωτόκολλα, ανάλογα με την υπηρεσία που το επίπεδο αυτό είναι προγραμματισμένο να προσφέρει στο ανώτερο επίπεδο.

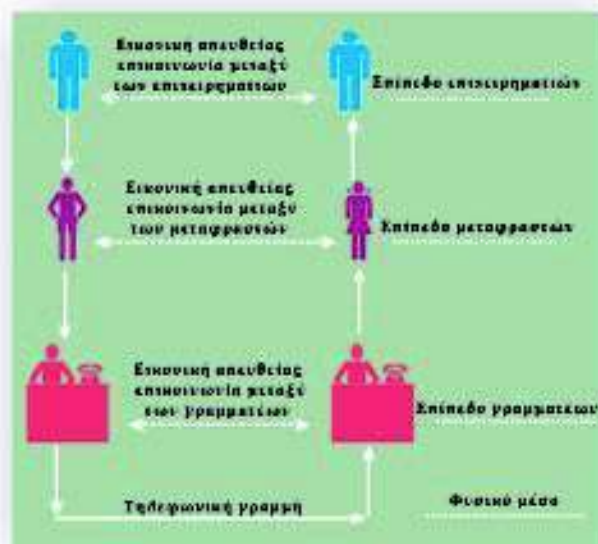
Παράδειγμα Ι

Έστω ότι δύο επιχειρηματίες, ένας Κινέζος και ένας Έλληνας, που βρίσκεται ο καθένας στη χώρα του, θέλουν να επικοινωνήσουν τηλεφωνικά, για να συνεργαστούν (σχήμα 5.3). Έστω επίσης ότι κανένας από αυτούς δε μιλά άλλη γλώσσα εκτός από τη μητρική του. Οι δύο επιχειρηματίες αποτελούν το 3ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο επιχειρηματιών). Ο μόνος τρόπος να επικοινωνήσουν είναι μέσω μεταφραστών. Ο Κινέζος προσλαμβάνει ένα μεταφραστή που μιλά κινέζικα, αγγλικά και γαλλικά, ενώ ο Έλληνας προσλαμβάνει κάποιον που μιλά ελληνικά, αγγλικά και γαλλικά. Οι δύο μεταφραστές συμφωνούν να επικοινωνούν μέσω της αγγλικής

γλώσσας. Αυτοί αποτελούν το 2ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο μεταφραστών). Κάθε φορά που ένας μεταφραστής παίρνει ένα μήνυμα από τον εργοδότη του, το μεταφράζει στα αγγλικά και παραδίδει το κείμενο στη γραμματέα προκειμένου αυτή να το προωθήσει μέσω του τηλεομοιοτυπικού μηχανήματος (*fax*) στην άλλη πλευρά. Οι γραμματείς αποτελούν το 1ο επίπεδο επικοινωνίας (επίπεδο γραμματέων).

Αντίστροφα, όταν η γραμματέας λάβει ένα τηλεομοιοτυπικό μήνυμα, το παραδίδει στο μεταφραστή, ο οποίος το μεταφράζει από τα αγγλικά στη γλώσσα του εργοδότη του και του το παραδίδει. Έτσι επιχειρηματίες να επικοινωνήσουν.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο επιχειρηματίες, δηλαδή το επίπεδο 3, επικοινωνούν μεταξύ τους απευθείας αλλά εικονικά, όπως δείχνει το σχήμα 5.3, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τους μεταφραστές και τις γραμματείς, δηλαδή τα επίπεδα 2 και 1 αντίστοιχα. Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι, στην πραγματικότητα, η επικοινωνία μεταξύ των ομότιμων μερών δε γίνεται απευθείας, αλλά ακολουθεί τη ροή του σχήματος. Η πραγματική επικοινωνία γίνεται από το φυσικό μέσο από το οποίο μεταφέρονται οι πληροφορίες, δηλαδή τα τηλεφωνικά καλώδια.



Σχήμα 5.3: Επικοινωνία επιχειρηματιών

5.1.4 Τύποι πρωτοκόλλων

Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες πρωτοκόλλων, οι σπουδαιότερες των οποίων μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

- ✓ Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται και υποστηρίζονται από τους κατασκευαστές για ειδικά συστήματα. Ορισμένα τέτοια πρωτόκολλα είναι τα εξής:

- **SNA**

Η **αρχιτεκτονική SNA** (*System Network Architecture*) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 από την *IBM*, με σκοπό να εξυπηρετήσει τις επικοινωνίες μεταξύ υπολογιστών - σταθμών εξυπηρέτησης και υπολογιστών - τερματικών, σύμφωνα με το σχήμα πελάτης - εξυπηρέτηση. Έκτοτε βελτιώθηκε, έτσι ώστε να καλύπτει και τις ανάγκες των ομοτίμων. Η αρχιτεκτονική *SNA* οργανώθηκε σε επτά επίπεδα και αποτέλεσε, όπως θα δούμε αργότερα αναλυτικά, το πρότυπο επάνω στο οποίο στηρίχθηκε και η αρχιτεκτονική *OSI* (*Open System Interconnection*) του *ISO* (*International Standards Organization*).

Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.4, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.1.



Σχήμα 5.4: Η αρχιτεκτονική SNA



Επίπεδο	Ονομασία	Λειτουργίες
7	Υπηρεσίες στοιχείων δικτύου	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
6	Υπηρεσίες διαχείρισης δεδομένων	Διαχείριση των δεδομένων, κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση των δεδομένων, προετοιμασία των δεδομένων για εκπομπή
5	Έλεγχος ροής	Οργάνωση και ταξινόμηση των δεδομένων για εκπομπή
4	Έλεγχος μετάδοσης	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Έλεγχος σύνδεσης	Καθαρισμός της διαδρομής που θα ακολουθήσουν τα δεδομένα, έλεγχος, ρύθμιση του ελέγχου ροής των δεδομένων μέσα στο δίκτυο, κατάτμηση - επανασυγκόλληση των δεδομένων
2	Έλεγχος ζεύξης	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.1: Η αρχιτεκτονική SNA και οι λειτουργίες των επιπέδων της

● NetWare

Η αρχιτεκτονική **NetWare** αναπτύχθηκε από τη *Novell Corporation* και στα τέλη της δεκαετίας του 1980 - αρχές της δεκαετίας του 1990 υπήρξε η πιο δημοφιλής αρχιτεκτονική τοπικών δικτύων. Σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει τα μεγάλα συστήματα καταμεμημένης επεξεργασίας των οργανισμών με δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για το λόγο αυτό κάποιοι ισχυρότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, που έχουν το ρόλο των σταθμών εξυπηρέτησης, παρέχουν ποικίλες υπηρεσίες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές - πελάτες, όπως υπηρεσίες αρχείων, υπηρεσίες βάσεων δεδομένων κτλ.

Η αρχιτεκτονική *NetWare* οργανώθηκε σε πέντε επίπεδα, για να καλύψει τις ανάγκες επικοινωνίας των υπολογιστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο. Συγκρίνοντας την αρχιτεκτονική *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *OSI* και το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τις δύο σημαντικότερες αρχιτεκτονικές που θα μελετηθούν αναλυτικά στα παρακάτω μαθήματα, παρατηρείται μια ομοιότητα του μοντέλου *NetWare* με το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, τουλάχιστον όσον αφορά το πλήθος των επιπέδων. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το μοντέλο αναφοράς *NetWare* προηγείται χρονικά του *OSI* και προφανώς δε στηρίζεται σ' αυτό, όπως άλλα μεταγενέστερα μοντέλα αναφοράς.

Η ονομασία των 5 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.5, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.2.



Σχήμα 5.5: Η αρχιτεκτονική *NetWare*

Επίπεδο	Ονομασία	Πρωτόκολλα του επιπέδου	Λειτουργίες
5	Επίπεδο εφαρμογής	<i>SAP, File Server</i>	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
4	Επίπεδο μεταφοράς	<i>NCP, SPX</i>	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Επίπεδο δικτύου	<i>IPX</i>	Μεταφορά των δεδομένων από τον αποστολέα στον αποδέκτη, ακόμα και αν βρίσκονται σε διαφορετικά δίκτυα. Έχει την ίδια λειτουργικότητα με το IP, αλλά διαφέρει ως προς το μήκος της διεύθυνσης.
2	Επίπεδο γραμμής δεδομένων	<i>Ethernet, Token Ring, ARCnet</i>	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	<i>Ethernet, Token Ring, ARCnet</i>	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.2: Η αρχιτεκτονική NetWare, τα πρωτόκολλα και οι λειτουργίες των επιπέδων της

● AppleTalk

Η αρχιτεκτονική **AppleTalk** αναπτύχθηκε από την εταιρεία *Apple*. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία των ανοικτών συστημάτων, που θέλει τους υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από το λειτουργικό τους σύστημα και τη στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν, η αρχιτεκτονική *AppleTalk* έχει σκοπό τη διασύνδεση των υπολογιστών της *Macintosh* τόσο μεταξύ τους όσο και με τα δίκτυα άλλων κατασκευαστών. Η *Apple*, στα πρότυπα του μοντέλου επιπέδων, ανέπτυξε το μοντέλο αναφοράς *AppleTalk*, το οποίο οργανώθηκε σε έξι επίπεδα.

Η ονομασία των 6 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.6, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.3.



Σχήμα 5.6: Η αρχιτεκτονική *AppleTalk*



Επίπεδο	Ονομασία	Πρωτόκολλα του επιπέδου	Λειτουργίες
6	Επίπεδο εφαρμογής	<i>AFP, PostScript</i>	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη
5	Επίπεδο συνόδου	<i>ADSP, ZIP, ASP, PAP</i>	Χορήγηση δικαιώματος στους χρήστες διαφορετικών μηχανημάτων να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους
4	Επίπεδο μεταφοράς	<i>RTMP, AEP, ATP, NBP</i>	Έλεγχος των κανόνων επικοινωνίας
3	Επίπεδο δικτύου	<i>DDP</i>	Ορθή μεταφορά των δεδομένων από τον πομπό στο δέκτη
2	Επίπεδο γραμμής δεδομένων	<i>ELAP, TLAP, LLAP</i>	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσικό επίπεδο	<i>IEEE LANs, LocalTalk</i>	Έλεγχος της μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης

Πίνακας 5.3: Η αρχιτεκτονική AppleTalk, τα πρωτόκολλα και οι λειτουργίες των επιπέδων της



Σχήμα 5.7: Η αρχιτεκτονική DNA

● DNA

DECnet (*Digital Equipment Corporation NETWORK*) είναι το όνομα των δικτύων της ομώνυμης εταιρείας κατασκευής τους και **DNA** είναι το μοντέλο αναφοράς που χρησιμοποιούν τα εν λόγω δίκτυα, για να επικοινωνήσουν. Η λειτουργία του μοντέλου βασίζεται σε ένα σύστημα επτά επιπέδων κατά το πρότυπο του *OSI*. Η αρχιτεκτονική *DNA* είναι από τις τελευταίες που αναπτύχθηκαν. Είναι ένα εξελιγμένο μοντέλο και έχει εμφανιστεί ως τώρα σε διάφορες εκδόσεις. Η έκδοση IV του *DNA* οργανώθηκε σε επτά επίπεδα, ενώ η έκδοση V έχει πλήρως υιοθετήσει το μοντέλο αναφοράς *OSI*, το οποίο θα εξετάσουμε αναλυτικά στο Μάθημα 5.4.

Η ονομασία των 7 επιπέδων φαίνεται στο σχήμα 5.7, ενώ οι λειτουργίες κάθε επιπέδου περιγράφονται στον πίνακα 5.4.

Επίπεδο	Ονομασία	Λειτουργίες
7	Εφαρμογές χρήστη	Το επίπεδο εφαρμογών του χρήστη, διαχείριση των λειτουργιών του δικτύου
6	Εφαρμογές δικτύου	Διαχείριση και υποστήριξη των εφαρμογών του δικτύου, όπως μεταφορά και πρόσβαση αρχείων, πρόσβαση σε απομακρυσμένο υπολογιστή κτλ.
5	Έλεγχος συνόδου	Αντιστοίχιση ανάμεσα σε λογικά ονόματα και φυσικές διευθύνσεις κ.ά.
4	Από άκρη σε άκρη επικοινωνία	Υποστήριξη της από άκρη σε άκρη επικοινωνίας, ευθύνη για τον κερματισμό και την επανασυγκόλληση των δεδομένων
3	Δρομολόγηση	Επιλογή και αποκατάσταση του δρόμου που θα ακολουθήσουν τα δεδομένα, έλεγχος, ρύθμιση του ελέγχου ροής των δεδομένων μέσα στο δίκτυο
2	Διασύνδεση δεδομένων	Αναγνώριση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων
1	Φυσική σύνδεση	Έλεγχος και υποστήριξη του υλικού επικοινωνίας

Πίνακας 5.4: Η αρχιτεκτονική DNA και οι λειτουργίες των επιπέδων της

- Τέλος, υπάρχουν και άλλες αρχιτεκτονικές οι οποίες ακολουθούν τη φιλοσοφία των επιπέδων και χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται σήμερα, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο, όπως τα *Windows NT* της Microsoft, το *X.25*, το *XNS*, το *Banyan VINES* κτλ.
- ✓ Πρωτόκολλα για δημόσια και ελεύθερη χρήση που αναπτύσσονται και διατίθενται δωρεάν. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Άμυνας της Αμερικής δημιούργησε το *TCP/IP*, για να χρησιμοποιηθεί αρχικά στο δίκτυο *ARPANET* και κατόπιν να διατεθεί δωρεάν σε όλους τους χρήστες του δικτύου, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη δημιουργία του Διαδικτύου (*Internet*).
- ✓ Πρωτόκολλα που αναπτύσσονται από διεθνείς οργανισμούς, όπως είναι ο **ISO** (*International Standards Organization*), η **ITU** (*International Telecommunications Union*), πρώην *CCITT*, και το *IEEE*, με στόχο να προωθήσουν διεθνή και κοινώς αποδεκτά πρωτόκολλα.

Συμπερασματικά, η ταξινόμηση των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει τα εξής:

- ✓ **Σχήμα πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης** (*client/server*) και **ομότιμα** (*peer to peer*) **πρωτόκολλα**. Στην πρώτη περίπτωση ο σταθμός εξυπηρέτησης έχει τον έλεγχο της επικοινωνίας. Μόλις επιτευχθεί η επικοινωνία, αυτός είναι υπεύθυνος για τη γραμμή επικοινωνίας και τη μεταφορά των δεδομένων. Αντίθετα, στα ομότιμα πρωτόκολλα δεν υπάρχει αυτή η έννοια του ελέγχου.
- ✓ **Πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση** (*connectionless*), **πρωτόκολλα με σύνδεση** (*connection oriented*) και **πρωτόκολλα «στείλε και προσευχήσου»** (*send and pray*). Τα πρωτόκολλα αυτά αντιστοιχούν στους ποικίλους τρόπους με τους οποίους η



πληροφορία μεταφέρεται μεταξύ των χρηστών. Η διαφορά τους έγκειται κυρίως στο διαφορετικό βαθμό αξιοπιστίας της μετάδοσης των δεδομένων (βλ. Μάθημα 5.3).

- ✓ **Συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα** (*synchronous, asynchronous*). Στα ασυγχρόνιστα πρωτόκολλα τα δεδομένα μεταδίδονται ανά ένα δυαδικό ψηφίο στη μονάδα του χρόνου. Στα συγχρονισμένα πρωτόκολλα μια ομάδα από δυαδικά ψηφία μεταδίδεται συνεχώς και ο δέκτης συγχρονίζεται με τον πομπό, ώστε να δεχτεί τα δεδομένα.
- ✓ **Ιεραρχημένα και μονολιθικά πρωτόκολλα**. Τα ιεραρχημένα βασίζονται σε σύγχρονες αρχιτεκτονικές και ακολουθούν το πρότυπο της αυστηρής ιεραρχίας του μοντέλου *OSI*. Αντίθετα, τα μονολιθικά είναι πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν ένα μόνο επίπεδο, περιοριζόμενα στην αυστηρώς απαραίτητη λειτουργία που χρειάζονται.
- ✓ **Βαριά και ελαφριά πρωτόκολλα** (*heavy, light*). Τα βαριά πρωτόκολλα είναι αυτά που παρέχουν ένα ευρύ πλήθος λειτουργιών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων. Αντίθετα, τα ελαφριά πρωτόκολλα διαθέτουν ελάχιστες λειτουργίες, αλλά δε δημιουργούνται καθυστερήσεις στη μετάδοση των δεδομένων.

5.1.5 Μεταφορά δεδομένων μέσω πρωτοκόλλων

Όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχει πάντα η πιθανότητα μερικές από τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν να χαθούν ή να αλλοιωθούν. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υπεύθυνα για να ανιχνεύουν την απώλεια ή την αλλοίωση και να αποκαθιστούν τη βλάβη κατά περίπτωση. Συνήθως, όταν ένας υπολογιστής στέλνει πακέτα δεδομένων σε έναν άλλο υπολογιστή, ο δέκτης επιβεβαιώνει τη λήψη των πακέτων στέλλοντας στον αποστολέα μια επιβεβαίωση λήψης (*ACK: Acknowledgment*). Στην περίπτωση που ένα πακέτο χαθεί, τότε ο αποστολέας λαμβάνει αρνητική επιβεβαίωση (*NACK: Not Acknowledgment*), οπότε και ξαναστέλνει το πακέτο.

Και οι δύο περιπτώσεις αφορούν την αποστολή ενός σήματος από το δέκτη στον αποστολέα ότι έλαβε (*ACK*) ή δεν έλαβε (*NACK*) κάποιο συγκεκριμένο πακέτο, αν βέβαια ανιχνεύσει την απώλεια ή την εσφαλμένη λήψη δεδομένων. Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν η μη λήψη επιβεβαίωσης για κάποιο πακέτο εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος να ισοδυναμεί με αρνητική επιβεβαίωση. Βέβαια υπάρχουν τεχνικές που διορθώνουν τις απώλειες και τα λάθη, χωρίς να ακολουθείται αυτή η διαδικασία επιβεβαίωσης από το δέκτη. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε δίκτυα στα οποία διαπιστώνεται υψηλή συχνότητα λάθους, της τάξης του 10^{-5} , δηλαδή του 1 στα 10^5 δυαδικά ψηφία περίπου.

Τα πρωτόκολλα που επιστρατεύονται, για να αναμεταδώσουν τα δεδομένα που χάθηκαν ή αλλοιώθηκαν, ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα του καναλιού μετάδο-

σης. Επειδή πρόκειται για μετάδοση σήματος, εφαρμόζονται οι τεχνικές που αναλύθηκαν στο Μάθημα 2.5 (παράγραφος 2.5.3), δηλαδή η τεχνική της άμεσης ή της έμμεσης αναγνώρισης κ.ά.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πρωτόκολλο επικοινωνίας, σχήμα πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης, ομότιμα πρωτόκολλα, πρωτόκολλα χωρίς σύνδεση, πρωτόκολλα με σύνδεση, πρωτόκολλα «στείλε και προσευχήσου», συγχρονισμένα πρωτόκολλα, ασυγχρονιστά πρωτόκολλα, ιεραρχημένα πρωτόκολλα.





Μάθημα 5.2: Λειτουργίες πρωτοκόλλων

Όπως σημειώθηκε στο προηγούμενο μάθημα, η επικοινωνία στα δίκτυα υπολογιστών καθορίζεται και ελέγχεται από κανόνες οι οποίοι ενεργοποιούνται κατά τη σύνδεση. Αν και κάθε πρωτόκολλο επικοινωνίας διαθέτει το δικό του σύνολο κανόνων, οι βασικές λειτουργίες που αναπτύσσει έχουν ομαδοποιηθεί και σαφώς καθοριστεί ως ακολούθως:

- ✓ Κατάτμηση μηνυμάτων
- ✓ Επανασύνθεση
- ✓ Ενθυλάκωση
- ✓ Έλεγχος σύνδεσης
- ✓ Έλεγχος ροής
- ✓ Έλεγχος σφαλμάτων
- ✓ Τμηματοποίηση
- ✓ Διευθυνσιοδότηση
- ✓ Προτεραιότητα διεκπεραίωσης
- ✓ Ασφάλεια

Οι διακριτές αυτές λειτουργίες θα αναπτυχθούν στη συνέχεια λεπτομερέστερα, ώστε να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο εξασφαλίζεται η επικοινωνία.

5.2.1 Κατάτμηση μηνυμάτων

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι πληροφορίες που στέλνονται από έναν υπολογιστή σε κάποιον άλλο χωρίζονται σε μικρότερες ομάδες δεδομένων, το μέγεθος των οποίων ποικίλλει. Αυτές οι τεμαχισμένες πληροφορίες ονομάζονται **μονάδες δεδομένων πρωτοκόλλου** (*PDUs: Protocol Data Units*), ενώ η λειτουργία τεμαχισμού ονομάζεται **κατάτμηση** (*segmentation* ή *fragmentation*) μηνυμάτων. Το μέγεθος των *PDUs* μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το δίκτυο, το πρωτόκολλο επικοινωνίας ή και την επιμέρους συμφωνία των χρηστών. Για παράδειγμα, ένα πρωτόκολλο μπορεί να ορίζει το μέγεθος της *PDU* σε 8.000 χαρακτήρες, όμως ένας χρήστης μπορεί να το περιορίσει στο μέγεθος ενός τυπικού πακέτου, δηλαδή σε 1.000 περίπου χαρακτήρες. Η κατάτμηση πραγματοποιείται για διάφορους λόγους, όπως είναι:

- ✓ Ο ευκολότερος έλεγχος της μετάδοσης των δεδομένων.
- ✓ Η σαφώς καλύτερη συνολική απόδοση του δικτύου, ειδικότερα στις περιπτώσεις δικτύων πολλαπλής πρόσβασης με μικρό μέγεθος *PDU*.
- ✓ Η συμβατότητα με το υλικό, τα ποικίλα λειτουργικά συστήματα και τα διεθνή πρότυπα.
- ✓ Η ευκολότερη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που παρουσιάζονται κατά τη μετά-

δοση των δεδομένων ή κατά την επαναμετάδοση των λανθασμένων *PDU*s.

- ✓ Η ανάγκη για μικρή παρουσία των *PDU*s στο κανάλι επικοινωνίας. Σημειώνεται ότι το μέγεθος των *PDU*s παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του καναλιού επικοινωνίας, ενώ ο ακριβής καθορισμός του αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης.

5.2.2 Επανασύνθεση

Η **επανασύνθεση** (*re-assembly*) είναι η αντίθετη λειτουργία της κατάτμησης. Οι *PDU*s του ίδιου μηνύματος, μέσω ειδικών λειτουργιών, επανασυντίθενται, όταν φθάσουν στον προορισμό τους, προκειμένου να δημιουργήσουν το αρχικό μήνυμα.

5.2.3 Ενθυλάκωση

Μια πρόσθετη λειτουργία των πρωτοκόλλων αφορά την **ενθυλάκωση** (*encapsulation*), δηλαδή την προσθήκη διάφορων πληροφοριών ελέγχου στις *PDU*s (σχήμα 5.8). Οι πληροφορίες ελέγχου είναι συνήθως τριών κατηγοριών και αφορούν:

- ✓ **Διευθύνσεις**, δηλαδή τη διεύθυνση του αποστολέα και / ή τη διεύθυνση του παραλήπτη.
- ✓ **Χαρακτήρες ανίχνευσης λαθών**. Μέσα στις *PDU*s υπάρχει συνήθως το πεδίο *FCS* (*Frame Check Sequence*) που ακολουθεί το πεδίο των δεδομένων (Μάθημα 2.5). Όταν οι *PDU*s φθάσουν στο δέκτη, γίνονται διάφοροι υπολογισμοί και το αποτέλεσμα συγκρίνεται με το *FCS*. Αν κάποια δυαδικά ψηφία από το πεδίο *FCS* έχουν χαθεί ή καταστραφεί, το αποτέλεσμα θα είναι διαφορετικό, με συνέπεια ο δέκτης να απορρίψει το πακέτο και να στείλει μήνυμα επανεκπομπής στον πομπό.
- ✓ **Πρόσθετους χαρακτήρες συγχρονισμού και ελέγχου**. Οι χαρακτήρες που προστίθενται στις *PDU*s αφορούν τις επανεκπομπές, το συγχρονισμό και τους ελέγχους.



Σχήμα 5.8: Ενθυλάκωση δεδομένων



5.2.4 Έλεγχος σύνδεσης

Η λειτουργία **ελέγχου σύνδεσης** (*connection control*) των πρωτοκόλλων περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών. Για την πραγματοποίηση της σύνδεσης ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- ✓ εγκατάσταση σύνδεσης,
- ✓ ανταλλαγή πληροφοριών,
- ✓ αποκατάσταση σύνδεσης σε περιπτώσεις σφαλμάτων ή άλλων διακοπών,
- ✓ τερματισμός και απενεργοποίηση της σύνδεσης.

5.2.5 Έλεγχος ροής

Με τη λειτουργία του **ελέγχου ροής** (*flow control*) καθορίζεται ο ανώτατος ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων στον παραλήπτη. Αναλυτικότερα, η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες σύμφωνα με τις οποίες η ροή των *PDU*s σταματά ή περιορίζεται, όταν ο δέκτης έχει γεμίσει από πακέτα και δεν είναι σε θέση να δεχτεί άλλα. Οι συνηθέστερες τεχνικές ελέγχου ροής (Μάθημα 2.5) είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης πρέπει πρώτα να επιβεβαιώσει την ορθή λήψη ενός πακέτου, πριν ο πομπός στείλει το επόμενο πακέτο (*stop and wait ARQ*).
- ✓ Η τεχνική του παραθύρου, σύμφωνα με την οποία ο πομπός αποστέλλει έναν ορισμένο αριθμό πακέτων χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δέκτη.
- ✓ Η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο δέκτης στέλνει αρνητική απάντηση ή δεν απαντά στην κλήση του πομπού.

5.2.6 Έλεγχος σφαλμάτων

Η πιο βασική ίσως λειτουργία των πρωτοκόλλων είναι αυτή της προστασίας των *PDU*s από λανθασμένες αποστολές. Το σύστημα πρέπει να ανιχνεύει τις διακοπές στη μετάδοση των δεδομένων, να εντοπίζει τυχόν απώλειες ή, σε μερικές περιπτώσεις, να εντοπίζει δεδομένα που στάλθηκαν περισσότερες από μία φορές και τέλος, αν είναι δυνατόν, να διορθώνει τα λάθη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι διόρθωσης (Μάθημα 2.5):


- ✓ Η μέθοδος της επανεκπομπής μηνυμάτων, κατά την οποία, αφού εντοπισθεί το σφάλμα, ζητείται από τον πομπό να επαναμεταδώσει την εσφαλμένη *PDU* (*ARQ*).
- ✓ Η μέθοδος της διόρθωσης, σύμφωνα με την οποία ο δέκτης έχει την ικανότητα να διορθώσει μόνος του την εσφαλμένη *PDU*, χωρίς να ζητήσει από τον πομπό να την ξαναστείλει (*AEC*).

5.2.7 Τμηματοποίηση

Στη λειτουργία αυτή γίνεται η αριθμοδότηση των *PDU*s, ώστε αυτές να ληφθούν σωστά από το δέκτη. Αρκετά δίκτυα έχουν πολλές επιλογές διαδρομών τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν οι *PDU*s προκειμένου να φθάσουν στο δέκτη, αφού αυτές φτάνουν στο δέκτη με διαφορετική σειρά από αυτήν που έφυγαν από τον πομπό. Επομένως είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του δέκτη να επανασυναρμολογήσουν το αρχικό μήνυμα, τοποθετώντας τις *PDU*s στη σωστή σειρά.

5.2.8 Διευθυνσιοδότηση

Κάθε υπολογιστής, για να επικοινωνήσει, πρέπει να είναι εφοδιασμένος με μία μοναδική διεύθυνση. Η διεύθυνση αυτή τον ξεχωρίζει από τους άλλους υπολογιστές, καθώς δείχνει ποιος στέλνει και ποιος λαμβάνει τις *PDU*s. Η πιο γνωστή μέθοδος διευθυνσιοδότησης είναι η *IP*, που χρησιμοποιείται από το Διαδίκτυο και για την οποία θα γίνει αναλυτική αναφορά στο Μάθημα 5.6. Η διεύθυνση αυτή δίνει τη δυνατότητα στο Διαδίκτυο να παραδώσει σωστά τις *PDU*s που αντιστοιχούν σε κάθε ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Η διεύθυνση *IP* αποτελεί την ταχυδρομική διεύθυνση ενός υπολογιστή που συνδέεται στο Διαδίκτυο. Οι *IP* διευθύνσεις του Διαδικτύου έχουν μήκος 4 bytes, π.χ. 150. 140. 187.5 1.

5.2.9 Προτεραιότητα διεκπεραίωσης

Είναι δυνατόν οι *PDU*s που μεταδίδονται να έχουν διαφορετική προτεραιότητα μετάδοσης. Αν κάποιες *PDU*s συμβαίνει να έχουν υψηλότερη προτεραιότητα διεκπεραίωσης από κάποιες άλλες, το δίκτυο είναι υποχρεωμένο να εξυπηρετήσει πρώτα αυτές και σε δεύτερη φάση όσες έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα. Τέτοια περίπτωση είναι η προτεραιότητα των μηνυμάτων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, δηλαδή η αποστολή κάποιου ηλεκτρονικού μηνύματος με κανονική (*normal*), πολύ υψηλή (*higher*) ή πάρα πολύ υψηλή (*highest*) προτεραιότητα.

5.2.10 Ασφάλεια

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι υποχρεωμένα να εξασφαλίσουν τη μέγιστη ασφάλεια των μηνυμάτων από παρεμβολές, αλλοιώσεις, υποκλοπές και γενικά από οτιδήποτε μπορεί να επηρεάσει την ορθότητά τους. Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά των δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα σ' αυτό τον τομέα έχει ενταθεί, ιδιαίτερα με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου (*e-commerce*).



5.2.11 Συγχρονισμός

Σε μια συνεχή ροή δυαδικών ψηφίων οι δέκτες πρέπει να είναι σε θέση να καθορίζουν τη θέση του πρώτου δυαδικού ψηφίου, του πρώτου χαρακτήρα, του πρώτου πακέτου, καθώς και του πλαισίου (*PDU*s), έτσι ώστε να μπορούν να διαγράψουν την πρόσθετη πληροφορία (*overhead*) ελέγχου με την οποία επιβαρύνονται τα δεδομένα κατά τη δημιουργία του αρχικού μηνύματος.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Κατάτμηση μηνυμάτων, επανασύνθεση, ενθυλάκωση, τμηματοποίηση, διευθυνσιοδότηση, προτεραιότητα διεκπεραίωσης, έλεγχος σύνδεσης, έλεγχος ροής, έλεγχος σφαλμάτων, ασφάλεια, συγχρονισμός.

Μάθημα 5.3: Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων

5.3.1 Διεπαφές

Όπως είναι γνωστό, σε ένα σύστημα επιπέδων επικοινωνίας κάθε επίπεδο επιτελεί ορισμένες λειτουργίες και προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερό του μέσω μιας **διεπαφής**. Επειδή οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Για παράδειγμα, εισάγοντας τις διεπαφές μεταξύ των επιπέδων, ένα δίκτυο πέντε επιπέδων μπορεί να παρουσιαστεί όπως στο σχήμα 5.9.

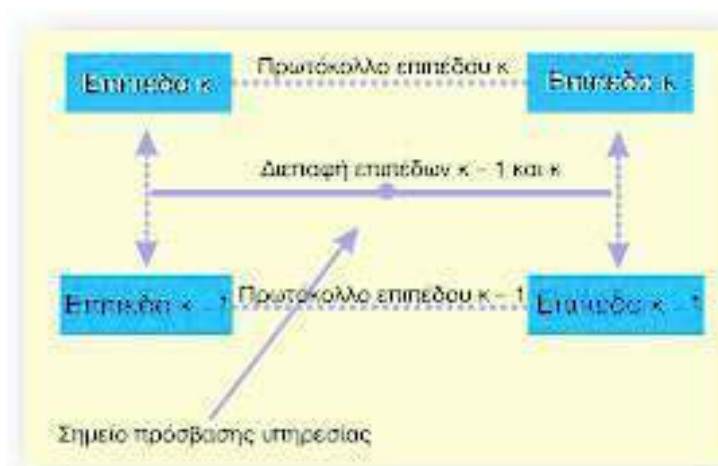


Σχήμα 5.9: Δίκτυο πέντε επιπέδων (επίπεδα - πρωτόκολλα - διεπαφές)

Όπως συνήθως συμβαίνει στα υπολογιστικά συστήματα, τα στοιχεία που καθορίζουν τη λειτουργία ενός επιπέδου είναι δύο ειδών: το υλικό, όπως είναι κάποιο κύκλωμα, και το λογισμικό, όπως είναι κάποιος κώδικας. Για να μπορεί ένα επίπεδο να προσφέρει τις υπηρεσίες του στο αμέσως ανώτερό του, είναι ενδεχόμενο να χρησιμοποιεί υπηρεσίες που του προσφέρονται από το αμέσως κατώτερό του. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από το ένα επίπεδο στο άλλο μπορούν να είναι διάφορων κατηγο-

ριών, όπως, για παράδειγμα, ακριβή και γρήγορη επικοινωνία ή φτηνή και αργή.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.10, οι υπηρεσίες κάποιου επιπέδου στο αμέσως ανώτερό του προσφέρονται στα **σημεία πρόσβασης υπηρεσίας** (SAPs: *Service Access Points*). Τα σημεία πρόσβασης της υπηρεσίας βρίσκονται επάνω στη διεπαφή των δύο επιπέδων.



Σχήμα 5.10: Σημεία πρόσβασης υπηρεσίας

5.3.2 Υπηρεσίες

Ένα σύστημα επικοινωνίας χρειάζεται απαραίτητα μία τουλάχιστον υπηρεσία με σύνδεση. Η υπηρεσία αυτή είναι προγραμματισμένη να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα που στάλθηκαν από τον πομπό παραλήφθηκαν πράγματι από το δέκτη, δηλαδή ότι δεν υπήρξαν απώλειες δεδομένων για οποιονδήποτε λόγο. Σημειώνεται ότι η απώλεια δεδομένων κατά τη διέλευση τους μέσα από το δίκτυο, η οποία συμβαίνει είτε λόγω καταστροφής τους είτε λόγω ανεπανόρθωτα λανθασμένης λήψης τους, καθιστά μια υπηρεσία μη αξιόπιστη, δηλαδή χαρακτηρίζει την ποιότητά της. Επομένως κάποιες υπηρεσίες θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστες από κάποιες άλλες, ανάλογα με τον όγκο των δεδομένων που χάνουν. Οι πιο αξιόπιστες δε χάνουν ποτέ δεδομένα και συνήθως είναι αυτές που ο πομπός λαμβάνει μια επιβεβαίωση από το δέκτη ότι πράγματι έλαβε τα δεδομένα που εκείνος έστειλε. Όμως η συνεχής επιβεβαίωση λήψης δημιουργεί καθυστερήσεις, αφού αυξάνει την ποσότητα των δεδομένων που περιμένουν να μεταβιβαστούν από το ένα μέρος στο άλλο, μειώνοντας έτσι την απόδοση του όλου συστήματος επικοινωνίας. Οι πλεοναστικές αυτές πληροφορίες, αν και είναι πολύ

χρήσιμες για την αξιόπιστη μετάδοση των πληροφοριών, στην πράξη όμως δεν ενδιαφέρουν το χρήστη.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται κάθε φορά από το ένα επίπεδο επικοινωνίας στο άλλο εξαρτώνται και από τις ανάγκες των χρηστών για αξιόπιστη επικοινωνία. Για παράδειγμα, κατά τη μεταφορά ενός αρχείου από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή σε έναν άλλο χρειαζόμαστε αξιόπιστη επικοινωνία, γιατί η απώλεια ακόμα και ελάχιστων δυαδικών ψηφίων ίσως να αποδειχτεί καταστροφική για την ολοκληρωμένη και σωστή μεταφορά του αρχείου. Στην περίπτωση όμως της οπτικής τηλεδιάσκεψης ή της τηλεφωνικής επικοινωνίας, η απώλεια κάποιων πλαισίων εικόνας ή κάποιων λέξεων, αντίστοιχα, δεν αποτελεί καταστροφή, αφού αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο ρυθμός μετάδοσης και όχι η απόλυτη ακρίβεια των δεδομένων που μεταφέρονται.



Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, για να επικοινωνήσουν δύο μέρη, απαιτείται να συμφωνήσουν τόσο στην κατηγορία της υπηρεσίας όσο και στο πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί για να προσφέρει αυτή την υπηρεσία.

Ένα επίπεδο μπορεί να προσφέρει στο ανώτερό του επίπεδο δύο ειδών υπηρεσίες:

- ✓ **προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (COSs: Connection Oriented Services)** και
- ✓ **μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLSs: ConnectionLess Services)**.

Οι παραπάνω υπηρεσίες λειτουργούν και με ορισμένες παραλλαγές, που είναι οι ακόλουθες:

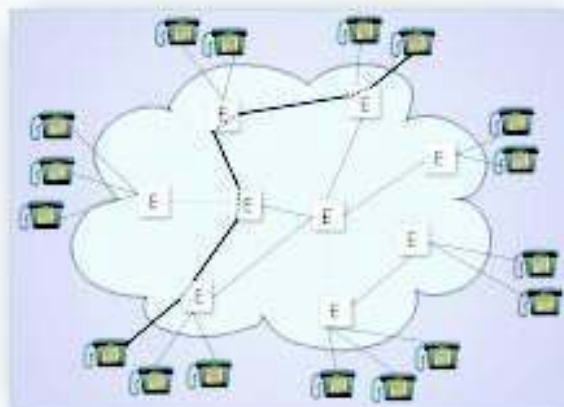
- ✓ **επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (ALSSs: Acknowledged connectionLess Services)** και
- ✓ **ανεπιβεβαιώτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (UOSSs: Unconfirmed connection Oriented Services)**.

5.3.2.1 Προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (COSs: Connection Oriented Services)** διακρίνονται σε υπηρεσίες με **σύνδεση** και σε υπηρεσίες **νοητού κυκλώματος (virtual circuit)**. Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στις αρχές του τηλεφωνικού συστήματος, σύμφωνα με το οποίο, πριν αρχίσει η μετάδοση των δεδομένων, απαιτείται να έχει αποκατασταθεί η μεταξύ των δύο μερών σύνδεση με ένα κανάλι επικοινωνίας.

Παράδειγμα II

Παράδειγμα υπηρεσίας με σύνδεση είναι η πραγματοποίηση μιας τηλεφωνικής συνομιλίας (σχήμα 5.11). Η επικοινωνία μεταξύ των δύο συνομιλητών καθίσταται εφικτή, όταν εξασφαλιστεί η σύνδεση, από άκρο σε άκρο, όλων των επιμέρους τμημάτων της διαδρομής. Οι επιμέρους συνδέσεις παραμένουν ενεργές σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας, έστω και αν στην πράξη δε μεταδίδονται δεδομένα συνεχώς.



Σχήμα 5.11: Τηλεφωνική επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση

5.3.2.2 Μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLSs: *ConnectionLess Services*) δεν απαιτούν την εγκατάσταση κάποιας συγκεκριμένης από άκρο σε άκρο γραμμής επικοινωνίας. Οι υπηρεσίες αυτές έχουν βασιστεί στις αρχές του ταχυδρομικού συστήματος.

Παράδειγμα III

Το δέμα που αποστέλλεται ταχυδρομικά σε κάποιον πρέπει να αναγράφει την πλήρη διεύθυνσή του. Για να φτάσει στον παραλήπτη, ακολουθεί μια διαδρομή που δεν είναι απαραίτητο να είναι προκαθορισμένη από την αρχή, θα πρέπει όμως να είναι η όσο το δυνατόν συντομότερη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση μιας υπηρεσίας χωρίς σύνδεση. Το πακέτο δεδομένων πρέπει να εφοδιαστεί με τα στοιχεία διεύθυνσης του παραλήπτη και να αποσταλεί, χωρίς να είναι προκαθορισμένη η διαδρομή που θα ακολουθήσει.

Σημειώνεται ότι ο παραλήπτης δε γνωρίζει για την αποστολή του δέματος. Αν το δέμα χαθεί, ο μόνος που μπορεί να κάνει κάτι, για να μάθει αν έφτασε στον προορισμό του, είναι ο αποστολέας. Για να περιοριστούν λοιπόν οι απώλειες, θα πρέπει το δέμα να φέρει πλήρη στοιχεία με τη διεύθυνση του παραλήπτη.

Επιπλέον στην περίπτωση των δικτύων θα πρέπει να ανιχνεύονται τα λάθη που ίσως παρουσιαστούν κατά τη μεταφορά και, αν είναι δυνατόν, να διορθώνονται αυτόματα. Τέλος, αν αποσταλούν ταυτόχρονα και από το ίδιο σημείο δύο ή περισσότερα πακέτα ενός μηνύματος, δεν είναι βέβαιο ότι θα φθάσουν ταυτόχρονα στον παραλήπτη ο οποίος οφείλει να επανασυναρμολογήσει το μήνυμα.

5.3.2.3 Επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*ALSs: Acknowledged connectionLess Services*) είναι παρόμοιες με τις υπηρεσίες χωρίς σύνδεση με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε ό,τι του εστάλη. Συνήθως οι υπηρεσίες αυτές προσφέρονται από συστήματα με πολύ μικρή πιθανότητα εσφαλμένης μετάδοσης, τα οποία διαθέτουν τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία.

Παράδειγμα IV

Οι υπηρεσίες αυτές βασίζονται στο ταχυδρομικό σύστημα, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης ειδοποιεί με κάποιον τρόπο τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε το φάκελο.

5.3.2.4 Ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες

Οι **ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες** (*UOSs: Unconfirmed connection Oriented Services*) αναφέρονται, με χιούμορ, και ως υπηρεσίες «**στείλε και προσευχήσου**» (*send and pray*).

Πρωτοπαρουσιάστηκαν από την IBM, η οποία θεωρούσε ότι για τη μεταφορά των δεδομένων θα έπρεπε να αποκατασταθεί πρώτα ένα κανάλι επικοινωνίας. Η διαφορά με τις υπηρεσίες με σύνδεση είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αποστολέας ζητά σύνδεση και στέλνει τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση που μπορεί να βρίσκεται ο παραλήπτης εκείνη τη στιγμή. Δεν περιμένει δηλαδή από τον παραλήπτη να επιβεβαιώσει ότι είναι διαθέσιμος για να επικοινωνήσει.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεπαφή, σημείο πρόσβασης υπηρεσίας, προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες, νοητό κύκλωμα.





Μάθημα 5.4: Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων

5.4.1 Εισαγωγή

Το **μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων** (*OSI - RM: Open Systems Interconnection - Reference Model*) αναπτύχθηκε από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης **ISO** (*International Standards Organization*) και ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Στόχος της ανάπτυξης αυτού του μοντέλου ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατανεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το μοντέλο αναφοράς *OSI* αποτελείται από επτά ανεξάρτητα μεταξύ τους **επίπεδα** ή **στρώματα** (*layers*), καθένα από τα οποία υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Όπως αναφέρθηκε στο Μάθημα 5.2, το πρωτόκολλο κάθε επιπέδου επιτελεί ένα σύνολο λειτουργιών, ενώ όμοιες λειτουργίες ομαδοποιούνται και επιτελούνται στο ίδιο επίπεδο. Ο ρόλος κάθε λειτουργίας είναι αυστηρά προσδιορισμένος και περιγράφεται σε διεθνή πρότυπα (συστάσεις ή προδιαγραφές).

Το μοντέλο αναφοράς *OSI* ακολουθεί την **αρχιτεκτονική των στρωμάτων ή επιπέδων** (*layered architecture*), σύμφωνα με την οποία οι λειτουργίες του ανοικτού συστήματος στο οποίο αναφέρεται διαμοιράζονται σε ένα σύνολο κατακόρυφα διαρθρωμένων επιπέδων. Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι τέτοιος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και διακριτές λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς *OSI*, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7), είναι το ακόλουθο:

- ✓ **Επίπεδο 1** ή **φυσικό επίπεδο** (*L1: physical layer*). Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης.
- ✓ **Επίπεδο 2** ή **επίπεδο γραμμής δεδομένων** (*L2: data link layer*). Αναλαμβάνει την προσαρμογή και τη μεταφορά των δεδομένων στο κανάλι μετάδοσης. Παραδίδει τα δεδομένα στο *L1* προκειμένου να μεταδοθούν.
- ✓ **Επίπεδο 3** ή **επίπεδο δικτύου** (*L3: network layer*). Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- ✓ **Επίπεδο 4** ή **επίπεδο μεταφοράς** (*L4: transport layer*). Αναλαμβάνει, χρησιμο-

ποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.

- ✓ **Επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου (L5: session layer)**. Ελέγχει τη δημιουργία και τον τερματισμό των συνδέσεων του L4.
- ✓ **Επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης (L6: presentation layer)**. Αναλαμβάνει τη μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
- ✓ **Επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής (L7: application layer)**. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

Στο σχήμα 5.12 παρουσιάζονται σχηματικά τα επτά επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Τα L1 έως L3 αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ τα L4 έως L7 είναι προσανατολισμένα στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη. Σε κάθε τερματική διάταξη ή σταθμό εργασίας ενός δικτύου που ακολουθεί την αρχιτεκτονική επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI υλοποιούνται και τα επτά επίπεδα. Η υλοποίηση γίνεται είτε με τη μορφή υλικού, και αφορά τα δύο χαμηλότερα επίπεδα, είτε με τη χρήση λογισμικού, και αφορά τα υπόλοιπα. Αντίθετα, σε κάθε κόμβο του δικτύου υλοποιούνται μόνο τα επίπεδα που σχετίζονται με το δίκτυο, δηλαδή το L1 έως το L3.

Οι γενικές αρχές επάνω στις οποίες βασίστηκε η δημιουργία των επιπέδων αυτών είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Ένα επίπεδο πρέπει να δημιουργείται εκεί που χρειάζεται διαφορετικός βαθμός αφαίρεσης.
- ✓ Κάθε επίπεδο πρέπει να επιτελεί μια αυστηρά προσδιορισμένη λειτουργία.
- ✓ Η λειτουργία κάθε επιπέδου πρέπει να επιλέγεται με βάση τα καθορισμένα διεθνώς (τυποποιημένα) πρωτόκολλα.
- ✓ Η επιλογή των ορίων των επιπέδων πρέπει να γίνεται με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ροής των πληροφοριών μέσω των διεπαφών.
- ✓ Ο αριθμός των επιπέδων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος, ώστε διαφορετικές λειτουργίες να μη χρειάζεται να τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να υπάρχει απόλυτη ανάγκη, και αρκετά μικρός, ώστε η αρχιτεκτονική των επιπέδων να μη γίνεται πολύπλοκη.

Ο σχεδιασμός των επιπέδων είναι μια αρκετά πολύπλοκη υπόθεση και, προκειμένου να απλοποιηθεί, πρέπει να οριστούν με ακρίβεια οι λειτουργίες κάθε επιπέδου. Μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες λειτουργίες αφορούν:

- **Την εγκατάσταση σύνδεσης.** Κάθε επίπεδο πρέπει να έχει ένα μηχανισμό για την εγκατάσταση της σύνδεσης.
- **Τον τερματισμό σύνδεσης.** Σχεδόν πάντα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός τερματισμού της σύνδεσης.



Σχήμα.5.12: Μοντέλο αναφοράς OSI επτά επιπέδων



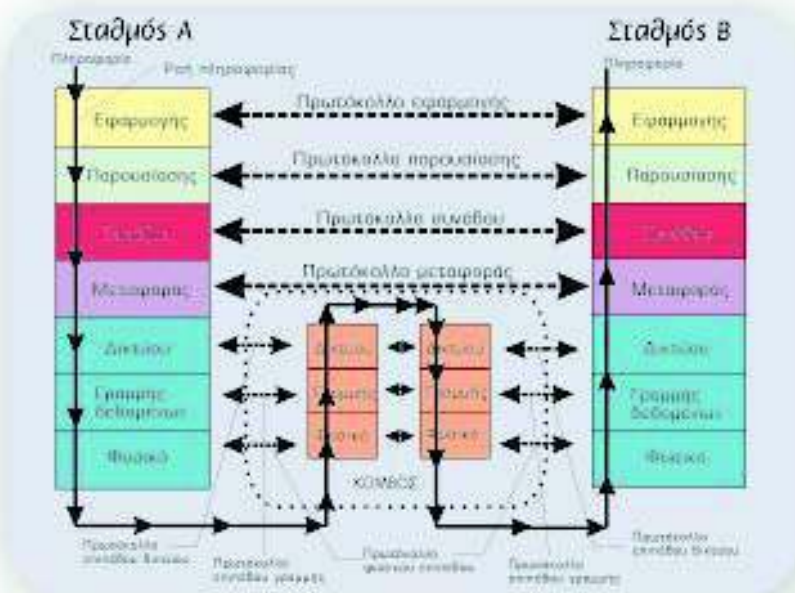
- **Τη διευθυνσιοδότηση.** Επειδή υπάρχουν πολλοί προορισμοί, πρέπει να καθορίζεται ένα σύστημα διευθυνσιοδότησης.
- **Τον έλεγχο κατεύθυνσης.** Είναι απαραίτητος ο καθορισμός της κατεύθυνσης των δεδομένων, δηλαδή μονόπλευρη, ημίπλευρη ή αμφίπλευρη επικοινωνία.
- **Τον έλεγχο λαθών.** Πρέπει να καθορίζεται το επίπεδο στο οποίο γίνεται ο έλεγχος των λαθών της επικοινωνίας και η αποκατάστασή τους.
- **Την τμηματοποίηση.** Πρόκειται για τη διαδικασία αριθμοδότησης των *PDUs* που φτάνουν στο δέκτη προκειμένου αυτός να θέσει σε σειρά και να επανασυνθέσει τα μηνύματα.
- **Τον έλεγχο ροής.** Είναι απαραίτητος ο καθορισμός τεχνικών που δε θα επιτρέπουν σε ένα δέκτη να γεμίσει από μηνύματα που προέρχονται από άλλους χρήστες.
- **Την κατάτμηση - επανασύνθεση.** Πρόκειται για τεχνικές κατάτμησης των δεδομένων σε κάποια επίπεδα του πομπού και επανασύνθεσής τους στα αντίστοιχα επίπεδα του δέκτη.
- **Τη δρομολόγηση.** Είναι απαραίτητο να καθορίζονται οι τεχνικές δρομολόγησης των δεδομένων, ώστε να φτάνουν σωστά και γρήγορα στον προορισμό τους.



Τα αντίστοιχα επίπεδα των επικοινωνούντων σταθμών ονομάζονται και **ομότιμα επίπεδα** (*peer layers*). Τα ομότιμα επίπεδα ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες όλων των χαμηλότερων προς αυτά επιπέδων.

5.4.2 Μετάδοση δεδομένων στο OSI

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, πρέπει να λειτουργούν με κοινά πρωτόκολλα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ τους. Κατ' αυτό τον τρόπο η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων δύο υπολογιστών έχει νόημα. Όμως, στην πραγματικότητα, δε μεταφέρονται απευθείας τα δεδομένα από το επίπεδο του ενός μηχανήματος στο αντίστοιχο επίπεδο (ομότιμο) του άλλου μηχανήματος. Εκείνο το οποίο συμβαίνει είναι η διαδοχική μετάδοση των δεδομένων από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερό του, μέχρι να φτάσουν αυτά στο φυσικό επίπεδο, να περάσουν στο άλλο μηχάνημα και να συνεχίσουν την προς τα επάνω ροή τους (σχήμα 5.13). Εδώ αξίζει να υπενθυμίσουμε την αναλογία του παραδείγματος της παραγράφου 5.1.3, που αφορά την προσπάθεια επικοινωνίας των επιχειρηματιών που δε μιλούν την ίδια γλώσσα.



Σχήμα 5.13: Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλου αναφοράς OSI

Κάθε επίπεδο επικοινωνεί μόνο με τα γειτονικά του επίπεδα (υψηλότερο και χαμηλότερο) μέσω μιας **διεπαφής**, η οποία καθορίζει τις λειτουργίες που επιτελεί και τις υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μόνο μέσω ενός ή περισσότερων σημείων πρόσβασης υπηρεσιών (SAPs).

Στο σχήμα 5.13 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας μεταξύ δύο σταθμών σε ένα δίκτυο που είναι συμβατό με το μοντέλο αναφοράς *OSI*. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός A μεταδίδει στο σταθμό B. Δηλαδή το L7 του σταθμού A ανταλλάσσει δεδομένα με το L7 του σταθμού B, με το οποίο είναι ομότιμο, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων έξι επιπέδων. Ομοίως το L4 του σταθμού A είναι ομότιμο με το L4 του σταθμού B και ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων τριών επιπέδων. Οι επικοινωνίες αυτού του είδους ονομάζονται **ομότιμες επικοινωνίες** και θεωρούνται ως **νοητές επικοινωνίες**.

Σημειώνεται ότι τα δεδομένα, καθώς διαπερνούν κάθε επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο φυσικό επίπεδο και να μεταδοθούν από το κανάλι, υφίστανται διαφορετική επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή, που βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του *OSI*, έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζουν

η δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων, καθώς αυτά διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.14, ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, που επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου (PCI: Protocol Control Information)**. Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων (σχήμα 5.15), που ονομάζεται **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής (APDU: Application Protocol Data Unit)**.

Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο παρουσίασης. Το επίπεδο εφαρμογής, μόλις παραλάβει τη μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης, επεξερ-



Σχήμα 5.14: Αλλαγή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

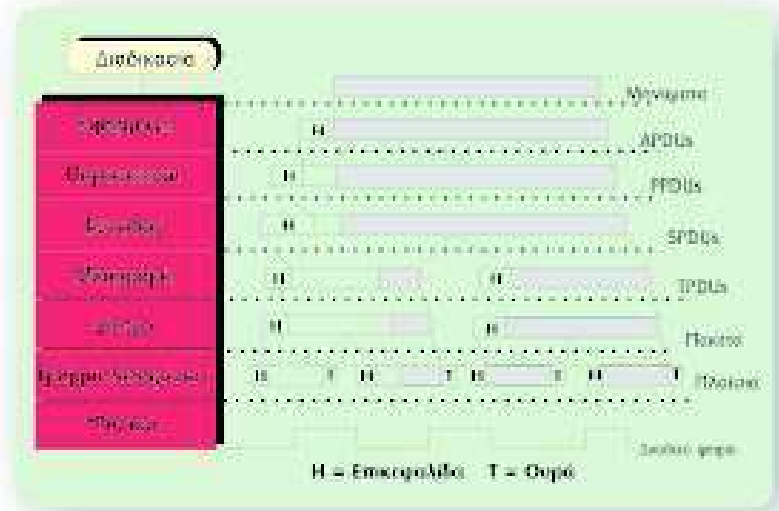


Σχήμα 5.15: Μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής

γάζεται τα δεδομένα, προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPCI: Presentation Protocol Control Information)**, και σχηματίζει τη **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPDU: Presentation Protocol Data Unit)**. Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου πα-



Στο επίπεδο παρουσίασης μια πιθανή επεξεργασία της μονάδας δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής είναι η συμπίεση των δεδομένων ή η κρυπτογράφησή τους για λόγους ασφαλείας.



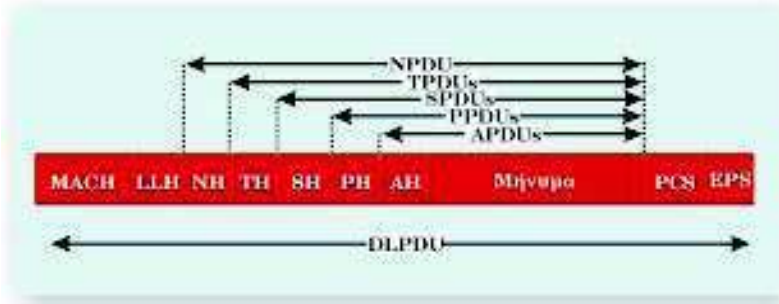
Σχήμα 5.16: Μορφή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.

ρουσίασης διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο συνόδου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Μερικά επίπεδα, όπως για παράδειγμα τα επίπεδα μεταφοράς, δικτύου και γραμμής δεδομένων, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν κατάρτηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες, τις *PDU*s (Μάθημα 5.2). Σε καθεμιά από αυτές τις μονάδες δεδομένων προστίθεται η

πληροφορία ελέγχου διεπαφής του πρωτοκόλλου επικοινωνίας (*ICI: Interface Control Information* ή *PCI: Protocol Control Information*), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή επανασυναρμολόγηση των *PDU*s στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάρτηση των δεδομένων σε *PDU*s (ή πακέτα) έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας (σχήμα 5.16).

Άλλα επίπεδα προσθέτουν πληροφορίες στο τέλος της μονάδας δεδομένων του αντίστοιχου πρωτοκόλλου, δηλαδή στην **ουρά** του



Σχήμα 5.17: Δομή πακέτου δεδομένων στο επίπεδο γραμμής δεδομένων

(trailer). Για παράδειγμα, στο επίπεδο γραμμής δεδομένων, εκτός από την επικεφαλίδα, προστίθεται και η ουρά, η οποία χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό για να ανιχνεύει τυχόν λάθη στα πακέτα δεδομένων που στέλνονται στον παραλήπτη. Στο σχήμα 5.17 φαίνεται η δομή ενός πακέτου, όταν αυτό βρίσκεται στο επίπεδο γραμμής δεδομένων.

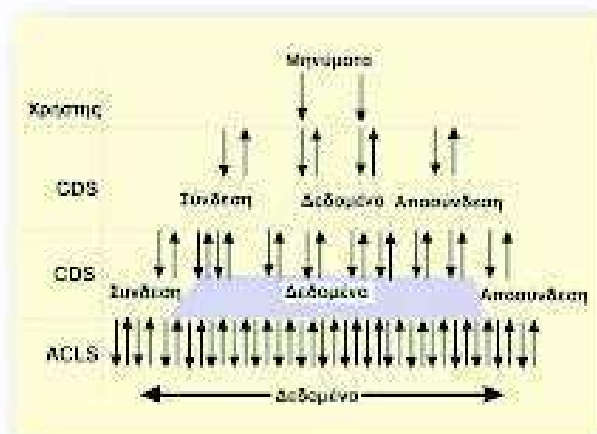
Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής (APDU: Application Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου παρουσίασης (PPDU: Presentation Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου συνόδου (SPDU: Session Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς (TPDU: Transport Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου δικτύου (NPDU: Network Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου γραμμής δεδομένων (DLPDU: Data Link Protocol Data Unit),**
- ✓ **μονάδα δεδομένων του φυσικού πρωτοκόλλου (PPDU: Physical Protocol Data Unit).**

Το αποτέλεσμα από τη νέα πληροφορία που προστίθεται στα αρχικά δεδομένα είναι η μείωση της αποδοτικότητας της επικοινωνίας μεταξύ των δύο πλευρών, καθώς ένα μέρος από το εύρος του καναλιού χρησιμοποιείται προκειμένου να μεταδοθεί η πληροφορία ελέγχου. Επομένως ο όγκος της πληροφορίας αυτής θα πρέπει να βρίσκεται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα, ώστε να ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση του δικτύου. Φυσικά, πέρα από τις επικεφαλίδες και τις ουρές που προστίθενται στα διάφορα επίπεδα, προστίθενται και άλλες πληροφορίες που αφορούν τις υπηρεσίες που είναι προσανατολισμένες στη σύνδεση, καθώς επίσης και τις υπηρεσίες που πρέπει να επιβεβαιώνονται. Ένα τέτοιο σενάριο παρουσιάζεται στο σχήμα 5.18, όπου ένα σύστημα μιας στοίβας τριών επιπέδων κατακλύζεται από δεδομένα στο τελευταίο επίπεδο.

Οι λειτουργίες που ενεργοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Το μήνυμα του χρήστη εισάγεται στο σύστημα ζητώντας τη χρήση μιας υπηρεσίας με σύνδεση από το ομότιμο επίπεδο. Όταν σταλούν τα δεδομένα, ο χρήστης θα πρέπει να ζητήσει να τερματιστεί η σύνδεση. Οι δύο αυτές δραστηριό-



Σχήμα 5.18: Η σημαντική αύξηση των δεδομένων με τη χρήση πολλών υπηρεσιών σύνδεσης



τητες πρέπει σαφώς να επιβεβαιωθούν.

- ✓ Το δεύτερο επίπεδο πρέπει να δημιουργήσει μία σύνδεση με το ομότιμό του, άρα η διαδικασία της αρχής και του τέλους της σύνδεσης πρέπει να επαναληφθεί.
- ✓ Τέλος, το τρίτο επίπεδο ζητά επιβεβαίωση για κάθε πακέτο δεδομένων που στέλνεται στο ομότιμο επίπεδο του παραλήπτη.

Από όσα μέχρι τώρα αναφέραμε γίνεται φανερό ότι η χρήση πολλών υπηρεσιών προσανατολισμένων στη σύνδεση και υπηρεσιών με επιβεβαίωση, ο κατακερματισμός των δεδομένων, καθώς και η προσθήκη επικεφαλίδων και ουρών, συμβάλλουν στην αύξηση των δεδομένων που πρέπει να διακινηθούν, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοτικότητα της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Γι' αυτό το λόγο ένα αξιόπιστο δίκτυο επικοινωνιών πρέπει να χρησιμοποιεί τις απολύτως απαραίτητες υπηρεσίες και να κρατά τις επιπλέον πληροφορίες ελέγχου σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο επίπεδο. Συνήθως μία υπηρεσία με επιβεβαίωση και μερικές υπηρεσίες μη προσανατολισμένες στη σύνδεση είναι ικανές να κρατήσουν την αξιοπιστία του δικτύου σε υψηλά επίπεδα, συμβάλλοντας συγχρόνως και στην αποδοτικότητά του.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις βασικές λειτουργίες των επιπέδων του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

5.4.3 Υπηρεσίες και λειτουργίες των επιπέδων του OSI

5.4.3.1 Φυσικό επίπεδο

Το **φυσικό επίπεδο** (*physical layer*) αποτελεί το πρώτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI*. Είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που παραλαμβάνονται από το δέκτη σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας, τη μετάδοσή τους και την επαναφορά τους σε δυαδική μορφή. Τα χαρακτηριστικά του δικτύου που ορίζει το φυσικό επίπεδο αφορούν κυρίως το χρησιμοποιούμενο κανάλι επικοινωνίας. Έτσι το φυσικό επίπεδο ορίζει τις στάθμες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων μέσα από το κανάλι, καθώς και τον τρόπο κωδικοποίησης της πληροφορίας.

Άλλα στοιχεία τα οποία αναλαμβάνει να ορίσει το φυσικό επίπεδο είναι ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των ακροδεκτών που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του σταθμού με τη γραμμή επικοινωνίας, δηλαδή τον αριθμό τους, τις διαστάσεις τους κτλ. Τέλος, το φυσικό επίπεδο ορίζει το είδος της μετάδοσης, δηλαδή αν θα είναι αναλογική ή ψηφιακή, καθώς και τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης, εάν, για παράδειγμα, θα χρησιμοποιηθεί στη σύνδεση απλό χάλκινο καλώδιο, ομοαξονικό καλώδιο ή οπτική ίνα.

Όλα τα παραπάνω αφορούν τις προδιαγραφές που ορίζει το φυσικό επίπεδο για το μέσο μετάδοσης. Επιπλέον το φυσικό επίπεδο επικοινωνεί, όπως είναι γνωστό, μόνο με το επίπεδο γραμμής δεδομένων και έχει την υποχρέωση να του παρέχει μια σειρά

δυναμικών ψηφίων χωρίς να ελέγχει την ορθότητά τους, αν δηλαδή παραλήφθηκαν με τον τρόπο που στάλθηκαν. Ο έλεγχος αυτός είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής δεδομένων, η περιγραφή του οποίου γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το φυσικό επίπεδο είναι:

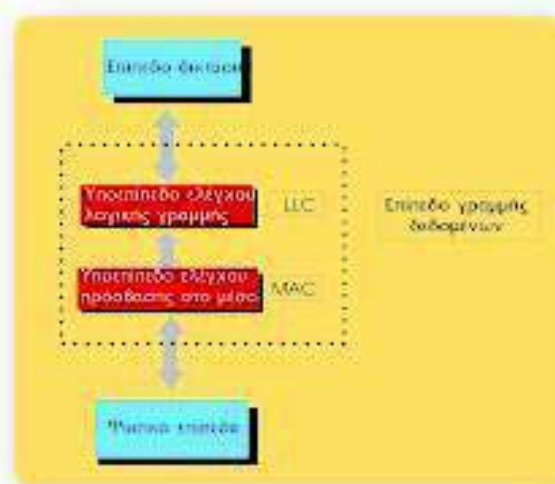
- ✓ Ενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ✓ Απενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ✓ Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή δυαδικού ψηφίου.
- ✓ Επισημαίνει τα σφάλματα στη μετάδοση.

5.4.3.2 Επίπεδο γραμμής δεδομένων

Το **επίπεδο γραμμής δεδομένων** (*data link layer*) βρίσκεται μία θέση πιο πάνω από το φυσικό επίπεδο και είναι υπεύθυνο για τη διόρθωση των σφαλμάτων των δεδομένων. Πρέπει δηλαδή να παραδώσει στο φυσικό επίπεδο μία σειρά από δυαδικά ψηφία η οποία δε θα περιέχει σφάλματα. Επίσης φροντίζει να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα πράγματι παραλήφθηκαν από την άλλη πλευρά και αυτό γίνεται με τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης που στέλνονται από το δέκτη. Σημειώνεται ότι, αφού το φυσικό επίπεδο ασχολείται αποκλειστικά και μόνο με τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων, είναι υποχρέωση του επιπέδου γραμμής να καθορίζει τα όρια των πλαισίων που στέλνει και να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων που δέχεται.

Το επίπεδο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους υποεπίπεδα, καθένα από τα οποία υλοποιεί ορισμένες λειτουργίες. Το πρώτο ονομάζεται **υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*MAC: Media Access Control*), εκτελεί το πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίκτυο και επικοινωνεί με το φυσικό επίπεδο, ενώ το δεύτερο ονομάζεται **υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής** (*LLC: Logical Link Control*) και επικοινωνεί με το επίπεδο δικτύου. Το σχήμα 5.19 δείχνει τη δομή του επιπέδου γραμμής δεδομένων.

- ✓ **Υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο:** Όπως προαναφέρθηκε, το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει την επικοινωνία με το φυσικό επίπεδο. Σκοπός του είναι να ελέγχει τη ροή της πληροφορίας από και προς τον κόμβο στον οποίο βρίσκεται. Σ' αυτό το υποεπίπεδο υπάρχει συνήθως ένας χώρος αποθήκευσης πληροφοριών, αφού ο σταθμός δε γνωρίζει αν το κανάλι είναι ελεύθερο, για να μεταδώσει την πληροφορία. Ο αποθηκευτικός αυτός χώρος είναι αρκετός, ώστε ο σταθμός να μπορέσει να μεταδώσει την πληροφορία σε πεπερασμένο χρονικό διάστημα. Ειδικά σε πρωτοκόλλα που κάνουν χρήση της διαδικασίας του κουπονιού διέλευσης, το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την αναγνώρισή του και την παραπέρα επεξεργασία του. Επίσης, εάν η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με συγ-



Σχήμα 5.19: Ο διαχωρισμός του επιπέδου γραμμής δεδομένων



Η τεχνική του **κουπονιού διέλευσης** χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα τοπολογίας διαύλου και δακτυλίου, όπως είναι τα Token Bus και Token Ring (θα τα γνωρίσουμε αναλυτικά σε επόμενα μαθήματα), με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα δύο σταθμοί να μεταδώσουν ταυτόχρονα δεδομένα στο ίδιο κανάλι, με συνέπεια τη σύγκρουση.



χρονισμένο τρόπο, το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει τον έλεγχο του συγχρονισμού, καθώς και την έναρξη της μετάδοσης ή της λήψης.

- ✓ **Υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής:** Το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την τοποθέτηση της επικεφαλίδας, που περιλαμβάνει τα στοιχεία του πλαισίου, καθώς και την ταυτότητα (διεύθυνση) του σταθμού για τον οποίο προορίζεται. Τέλος, υλοποιεί τις διαδικασίες επικοινωνίας με το υψηλότερο επίπεδο δικτύου.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και ελευθερώνει τη ζεύξη των δεδομένων.
- ✓ Μεταφέρει δεδομένα.
- ✓ Αριθμεί και συγχρονίζει τα πλαίσια που διοχετεύονται στο φυσικό επίπεδο.
- ✓ Ανιχνεύει και διορθώνει τα σφάλματα των πλαισίων.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των πλαισίων.

5.4.3.3 Επίπεδο δικτύου

Το **επίπεδο δικτύου** (*network layer*) ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, διαδικασία η οποία απαιτεί τη δρομολόγηση των πακέτων από ενδιάμεσους κόμβους. Η βασική επομένως ασχολία του επιπέδου είναι να δρομολογήσει τη ροή των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, καθώς επίσης να τα απαριθμήσει και να τα ταξινομήσει. Επιπλέον το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της **συμφόρησης** (*congestion*) στο δίκτυο και, μερικές φορές, για τη χρέωση των πελατών που χρησιμοποιούν το υποδίκτυο. Τέλος, το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη λύση των προβλημάτων που δημιουργούνται, όταν ετερογενή δίκτυα προσπαθούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Επομένως οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου δικτύου είναι:

- ✓ η διευθυνσιοδότηση (ένας τρόπος αντιστοίχισης μίας μοναδικής διεύθυνσης σε καθέναν υπολογιστή που συμμετέχει στο δίκτυο),
- ✓ η δρομολόγηση των δεδομένων,
- ✓ η οργάνωσή τους σε πακέτα,
- ✓ η απαρίθμησή τους και
- ✓ η ταξινόμησή τους.

Για να επιτελέσει τις παραπάνω λειτουργίες, το επίπεδο αυτό πρέπει να γνωρίζει την τοπολογία του δικτύου και να επιλέγει τις κατάλληλες διαδρομές. Όταν ο πομπός και ο δέκτης ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα, είναι αρμοδιότητα του επιπέδου δικτύου να μεσολαβήσει για την ορθή μετάδοση των πακέτων και να κάνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων. Τέλος, το επίπεδο δικτύου ασχολείται, όπως προαναφέρθηκε, και με τον έλεγχο της συμφόρησης στο δίκτυο. Ο έλεγχος της συμφόρησης έχει σχέση με το πρόβλημα που ανακύπτει, όταν σε έναν υπολογιστή (κόμβο) φτάνουν περισσότερα πακέτα από αυτά που μπορεί να δεχτεί. Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των δεδομένων σε κάθε υπολογιστή και η απαγόρευση μεταβίβασής τους σε άλλον υπολογιστή, όταν αυτός δεν

μπορεί να τα δεχτεί και να τα επεξεργαστεί.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο δικτύου είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και τερματίζει τις συνδέσεις μεταξύ διάφορων ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδεδεμένων στο δίκτυο.
- ✓ Προσδιορίζει, με τη χρήση του συστήματος διευθυνσιοδότησης, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επιθυμούν να επικοινωνήσουν.
- ✓ Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων ή μηνυμάτων.
- ✓ Ελέγχει για σφάλματα.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.

5.4.3.4 Επίπεδο μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του **επιπέδου μεταφοράς** (*transport layer*) είναι η παραλαβή των δεδομένων από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο (το επίπεδο συνόδου), ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί) σε μικρότερες μονάδες, η παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο (το επίπεδο δικτύου) και η διασφάλιση ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Όλα αυτά πρέπει να γίνονται έτσι, ώστε να μην επηρεάζεται το επίπεδο συνόδου από τις αλλαγές της τεχνολογίας υλικού. Να επισημάνουμε ότι το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που συνδέει τα χαμηλότερα επίπεδα (κατά το πρότυπο του *OSI*), τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του υλικού, με τα υψηλότερα επίπεδα, τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του λογισμικού. Επομένως το επίπεδο μεταφοράς, αφού αποτελεί το σύνορο μεταξύ των τριών χαμηλότερων και των τριών υψηλότερων επιπέδων, έχει ως σκοπό να παρέχει μια ομοιογενή διασύνδεση επικοινωνίας στο επίπεδο συνόδου, ανεξάρτητα από την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από το επίπεδο δικτύου.

Γενικά, το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη συνολικά επιτυχημένη και χωρίς λάθη μετάδοση δεδομένων. Παρ' ότι το επίπεδο δικτύου ελέγχει τη μεταφορά των πληροφοριών από κόμβο σε κόμβο, το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που εξασφαλίζει την αξιοπιστία της μετάδοσης και την αποφυγή δυσμενών καταστάσεων, όπως είναι η δημιουργία σφαλμάτων σε ενδιάμεσους κόμβους της γραμμής επικοινωνίας. Για να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και για να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών που το επίπεδο συνόδου μπορεί να ζητήσει από το επίπεδο μεταφοράς, επιτελούνται διάφορες λειτουργίες σ' αυτό το επίπεδο, όπως είναι ο κατακερματισμός και η επανασυγκόλληση των δεδομένων. Το επίπεδο μεταφοράς επιτελεί επίσης εκείνες τις λειτουργίες οι οποίες συμβάλλουν:

- ✓ στη σωστή λήψη των πακέτων, ακόμη και αν έχει συμβεί κάποιο προσωρινό λάθος, κάτι που διορθώνεται με αναμετάδοση του λανθασμένου πακέτου,
- ✓ στον έλεγχο ροής των δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, η οποία σταματά ή περιορίζεται με ενέργειες του δέκτη,
- ✓ στον έλεγχο ακολουθίας των πακέτων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο μεταφοράς είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και τερματίζει τη σύνδεση στο επίπεδό του.



- ✓ Μεταδίδει τα δεδομένα στο βαθμό αξιοπιστίας που απαιτεί ο χρήστης.
- ✓ Επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης.
- ✓ Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.
- ✓ Παρέχει τη δυνατότητα πολυπλεξίας μέσω της ίδιας ζεύξης.

5.4.3.5 Επίπεδο συνόδου

Το **επίπεδο συνόδου** (*session layer*) επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους. Μια σύνοδος, για παράδειγμα, μπορεί να είναι η σύνδεση ενός χρήστη με ένα απομακρυσμένο σύστημα ή η μεταφορά αρχείων ανάμεσα σε δύο υπολογιστές. Το επίπεδο συνόδου ελέγχει επίσης την κυκλοφορία ανάμεσα στις δύο κατευθύνσεις, ενώ πολλές φορές παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης κουπονιού (βλ. παρακάτω), καθώς επίσης και υπηρεσίες συγχρονισμού ανάμεσα στις δύο πλευρές. Στην ουσία το επίπεδο αυτό δεν ασχολείται με τη μεταφορά των δεδομένων, για την οποία ευθύνη έχουν άλλα επίπεδα, αλλά αναλαμβάνει κυρίως τη διαχείριση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των εφαρμογών.

Έτσι το επίπεδο συνόδου αναλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ✓ Την εγκατάσταση μιας συνόδου με έναν ή περισσότερους σταθμούς.
- ✓ Την εξακρίβωση του χρήστη.
- ✓ Την εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου.
- ✓ Τον έλεγχο της ανταλλαγής δεδομένων.
- ✓ Τη διαχείριση της κατεύθυνσης της πληροφορίας. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέψουν την ταυτόχρονη και προς τις δύο κατευθύνσεις ροή δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών ή προς τη μία κατεύθυνση κάθε στιγμή.
- ✓ Τον τερματισμό της σύνδεσης. Ο τερματισμός μπορεί να είναι είτε ομαλός είτε αποτέλεσμα κάποιου προβλήματος ή σφάλματος του χρήστη ή του δικτύου. Στην περίπτωση μη ομαλού τερματισμού πιθανόν να υπάρξει και απώλεια δεδομένων.
- ✓ Το συγχρονισμό των δεδομένων. Στόχος είναι η εισαγωγή σημείων ελέγχου μέσα στη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων, ώστε σε περίπτωση σφάλματος ή προβλήματος κατά τη μετάδοση να μη χρειαστεί η επανεκπομπή όλων των δεδομένων, αλλά μόνο αυτών που δεν παραλήφθηκαν μετά το τελευταίο σημείο ελέγχου που είχε αποσταλεί πριν από το σφάλμα.
- ✓ Τη διαχείριση κουπονιού (*token management*). Για να μην παρουσιάζεται το φαινόμενο και οι δύο πλευρές σε μια σύνδεση να προσπαθούν να κάνουν ταυτόχρονα την ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα, κάθε πλευρά, πριν προχωρήσει σε μια λειτουργία, ζητά άδεια από το επίπεδο συνόδου, το οποίο της παρέχει ένα ειδικό πακέτο που ονομάζεται **κουπόνι** (*token*) και της επιτρέπει τη συγκεκριμένη λειτουργία. Επομένως, εάν η άλλη πλευρά σκοπεύει να κάνει την ίδια ενέργεια, το κουπόνι το έχει ο άλλος σταθμός και αποτρέπεται έτσι η σύγκρουση. Βέβαια η λειτουργία με τη χρήση κουπονιού δε

συναντάται σε όλα τα δίκτυα.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο συνόδου είναι:

- ✓ Αποκαθιστά και συντηρεί το διάλογο μεταξύ των δύο πλευρών, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων.
- ✓ Διαχειρίζεται και ελέγχει την πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- ✓ Κάνει επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου.

5.4.3.6 Επίπεδο παρουσίασης

Το **επίπεδο παρουσίασης** (*presentation layer*) ασχολείται με την ορθότητα της σύνταξης των δεδομένων που μεταδίδονται, αντίθετα με τα άλλα επίπεδα που ασχολούνται με την αξιόπιστη μεταβίβαση των δυαδικών ψηφίων από το ένα μέρος στο άλλο. Επομένως το επίπεδο αυτό δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αναπαράσταση και σύνταξη των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των σταθμών. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι δύο διαφορετικοί υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσουν απλούς χαρακτήρες, όπως ονόματα, ημερομηνίες, αριθμούς κ.ά. Έστω ότι αυτοί οι δύο υπολογιστές χρησιμοποιούν διαφορετικούς κώδικες αναπαράστασης των χαρακτήρων: ο ένας χρησιμοποιεί τη γνωστή μας κωδικοποίηση *ASCII* και ο άλλος τη *UNICODE*, που συναντάται στο λειτουργικό σύστημα *Windows NT*. Για να γίνει δυνατή η επικοινωνία των συστημάτων αυτών, θα πρέπει οι χαρακτήρες της πληροφορίας να αναπαρασταθούν με έναν άλλο (συμβολικό) τρόπο, ώστε να είναι κατανοητοί και από τους δύο υπολογιστές. Βέβαια αυτός ο τρόπος θα πρέπει να έχει από κοινού συμφωνηθεί και να υλοποιείται από το πρωτόκολλο του επιπέδου παρουσίασης. Ένα παράδειγμα συμβολικού τρόπου αναπαράστασης των δεδομένων είναι η κωδικοποίηση *ASN -1 (Abstract Syntax Notation - One)*.

Μια άλλη βασική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η **συμπύεση** και η **αποσυμπύεση** των δεδομένων, με την οποία μπορεί να ελαττωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται προσαρμόζοντας το ρυθμό μετάδοσης στο διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται οικονομία στο εύρος ζώνης του καναλιού αλλά και στο χρόνο μετάδοσης. Τέλος, μια σημαντική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η **κρυπτογράφηση** των δεδομένων, η οποία αποσκοπεί στο να διασφαλιστεί το απόρρητο των διακινούμενων πληροφοριών, πράγμα που συχνά επιβάλλεται στις επικοινωνίες (τράπεζες, αγορές, τηλεδιασκέψεις κ.ά.). Αξίζει να σημειωθεί ότι η κρυπτογράφηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε χαμηλότερα επίπεδα (*L2, L3*), όμως όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο στο οποίο γίνεται αυτή η διαδικασία, τόσο ασφαλέστερη είναι. Γενικά, η αρχή της κρυπτογράφησης συνίσταται στο να κωδικοποιούνται τα αποστελλόμενα δεδομένα με τη βοήθεια ενός **κλειδιού κωδικοποίησης** (*encryption key*), ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να τα αποκωδικοποιήσει μέσω της αντίστροφης διαδικασίας.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο παρουσίασης είναι:



- ✓ Μετατρέπει τη σύνταξη των δεδομένων.
- ✓ Συμπιέζει και αποσυμπιέζει τα δεδομένα (*data compression – de-compression*).
- ✓ Κρυπτογραφεί τα δεδομένα (*data encryption*).

5.4.3.7 Επίπεδο εφαρμογής

Το **επίπεδο εφαρμογής** (*application layer*) αναλαμβάνει τη σωστή επικοινωνία ασύμμετρων εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους χρήστες που επιθυμούν να επικοινωνήσουν, π.χ. *e-mail*, *ftp* κτλ.

Το επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του επιπέδου παρουσίασης και κατ' επέκταση όλων των χαμηλότερων επιπέδων. Είναι το υψηλότερο επίπεδο και ουσιαστικά προσφέρει τις επικοινωνιακές υπηρεσίες που υποστηρίζουν την εφαρμογή την οποία υλοποιεί ο χρήστης (δηλαδή το πρόγραμμα που δουλεύει). Οι εφαρμογές που μπορεί να έχουμε είναι αμέτρητες, από απλές μεταφορές αρχείων έως πολυσύνθετα πακέτα τηλεεργασίας και τηλεεκπαίδευσης με χρήση πολυμέσων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο εφαρμογής είναι:

- ✓ Εξακριβώνει την ταυτότητα των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν.
- ✓ Επιβεβαιώνει το κατά πόσο οι εφαρμογές είναι διαθέσιμες για το διάλογο που πρόκειται να ακολουθήσει.
- ✓ Παρέχει επιβεβαίωση και έλεγχο στο δικαίωμα διαλόγου.

5.4.4 Οικογένειες πρωτοκόλλων

Όπως είναι φανερό, πρωτόκολλα επικοινωνίας υπάρχουν σε όλα τα επίπεδα του *OSI-RM* (πίνακας 5.5). Αν και δεν είναι πιθανό ένας χρήστης να ασχοληθεί αναλυτικά μ' αυτά, εντούτοις η επίδρασή τους στην απόδοση ενός συστήματος μπορεί να είναι μεγάλη. Ένα κακώς υλοποιημένο πρωτόκολλο μπορεί να καθυστερήσει τη μεταφορά δεδομένων, όμως το λογισμικό που συνοδεύει τα τυποποιημένα πρωτόκολλα μπορεί να κάνει δυνατή την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο *TCP/IP*, που θα εξετάσουμε παρακάτω, μας δίνει τη δυνατότητα να μεταφέρουμε δεδομένα μεταξύ υπολογιστών με διαφορετικές αρχιτεκτονικές και λειτουργικά συστήματα.

Τα στοιχεία - κλειδιά σε ένα πρωτόκολλο είναι η **σύνταξη**, οι **όροι** και ο **χρονισμός**. Η σύνταξη ορίζει τα επίπεδα των σταθμών των σημάτων που θα χρησιμοποιηθούν και τη μορφή με την οποία θα σταλούν τα δεδομένα. Οι όροι καθορίζουν τη δομή της πληροφορίας που απαιτείται για το συγχρονισμό μεταξύ των υπολογιστών και για το χειρισμό των δεδομένων. Ο χρονισμός καθορίζει, εκτός των άλλων, και τη σχέση των ρυθμών μετάδοσης, έτσι ώστε ένας υπολογιστής με έξοδο, για παράδειγμα, 9.600 bps να μπορεί να επικοινωνήσει με έναν άλλο υπολογιστή με έξοδο 1.200 bps.

Πρωτόκολλα φυσικού επιπέδου:

- ✓ *EIA: RS-232, RS-449, RS-485*
- ✓ *CCITT: V.24/V.28, X.21, X.21 bis, X.20, X.20 bis*
- ✓ *ISO: 4903, 9314 FDDI*
- ✓ *IEEE: 802 LAN, 488*

Πρωτόκολλα επιπέδου γραμμής δεδομένων:

- ✓ *CCITT: LAP-B, HDLC*
- ✓ *ISO: 4335 (HDLC), 7776 (LAP/LAPB), 8802 LAN*
- ✓ *ISO: R 1745, 9314-2 FDDI*
- ✓ *ANSI: ADCCP*
- ✓ *IEEE: 802.2 Logical Link Control*

Πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου:

- ✓ *CCITT: X.25, X.75*
- ✓ *EIA: RS-366-A*
- ✓ *ISO: 8473-IP*
- ✓ *DOD: IP*

Πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς:

- ✓ *CCITT: X.244 Transport Protocol*
- ✓ *EDMA: ECMA-72*
- ✓ *DOD: TCP*
- ✓ *ISO: 8073, 9574 ISDN/τέταρτο επίπεδο*

Πρωτόκολλα επιπέδου συνόδου:

- ✓ *CCITT: X.255*
- ✓ *ISO: 8327*

Πρωτόκολλα επιπέδου παρουσίασης:

- ✓ *CCITT: X.226, X.400/410*
- ✓ *ISO: 8823*
- ✓ *Virtual File Protocol*
- ✓ *Job Transfer Manipulation Protocol*



Πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής:

- ✓ CCITT: X.500 Directory System, X.520, T.411 (ODA), X.400 Message Handling System
- ✓ ISO: 8831 Job Transfer and Manipulation
- ✓ ISO: 9040, 10026 TP Distributed Transaction Processing
- ✓ ISO: 8632 Computer Graphics Metafile
- ✓ ISO: 9595 Network Management
- ✓ ISO: 8571 FTAM (File Transfer Access Management)
- ✓ Virtual Terminal Protocol
- ✓ File Transfer Protocol

Πίνακας 5.5: Τα πρωτόκολλα των επτά επιπέδων του OSI



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων, φυσικό επίπεδο, επίπεδο γραμμής δεδομένων, επίπεδο δικτύου, επίπεδο μεταφοράς, επίπεδο συνόδου, επίπεδο παρουσίασης, επίπεδο εφαρμογής, μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου, έλεγχος πρόσβασης στο μέσο, έλεγχος λογικής γραμμής, συμφόρηση, κρυπτογράφηση, κλειδί κωδικοποίησης.

Μάθημα 5.5: Διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης – Πρότυπα και συστάσεις

5.5.1 Η ανάγκη προτυποποίησης

Η αλματώδης ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών και των πληροφοριακών συστημάτων έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη επιμόρφωσης κοινών αποδεκτών από τη διεθνή κοινότητα. Για καιρό το μόνο που προσέφεραν οι εταιρείες κατασκευής υπολογιστών ήταν η συμβατότητα ανάμεσα στα δικά τους προϊόντα, με αποτέλεσμα κάθε μεγάλη εταιρεία να αναπτύσσει ένα σύνολο από ιδιωτικά (*proprietary*) πρωτόκολλα που αφορούσαν τη δικτυακή λειτουργία των συστημάτων της.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη δεκαετία του 1950 η δημιουργία προτύπων για την επικοινωνία δεδομένων αποτελούσε ταυτόχρονα και ανταγωνιστική τακτική που είχε σκοπό την κατάκτηση της αγοράς. Αυτός ο ανταγωνισμός οδήγησε τελικά στην ανάπτυξη ορισμένων πρωτοκόλλων τα οποία έτυχαν ευρείας αποδοχής, με αποτέλεσμα την καθιέρωσή τους ως *de facto* προτύπων. Ένα παράδειγμα *de facto* προτύπου είναι το δυαδικό σύγχρονο πρωτόκολλο της IBM για μεταφορά δεδομένων, το οποίο αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα ευρέως.

Όμως, με την πάροδο του χρόνου, ο αριθμός των κατασκευαστών άρχισε να αυξάνεται, με αποτέλεσμα να μεγαλώνει και ο αριθμός των πρωτοκόλλων ελέγχου δικτύων που δεν ήταν συμβατά μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, η στρατηγική της υιοθέτησης ή της εξομοίωσης *de facto* προτύπων δε λειτούργησε με επιτυχία σε όλα τα είδη των δικτύων.

5.5.2 Διεθνείς οργανισμοί για πρότυπα

Από το 1970 και μετά η ανάγκη για πρωτόκολλα που θα υποστηρίζονταν από όλους έδειχνε να είναι επιτακτική. Αυτή η ανάγκη, καθώς και οι ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις των χρηστών για επικοινωνία οδήγησαν τους οργανισμούς που ήταν υπεύθυνοι για εθνικά και διεθνή πρότυπα να εξετάσουν τρόπους για την ανάπτυξη κοινών προτύπων τα οποία θα έπρεπε να λαμβάνουν υπόψη τους οι διάφοροι κατασκευαστές. Σαφής στόχος ήταν – και παραμένει – η εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων που αναπτύσσονταν από τις διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες, ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία τους.

Οι σπουδαιότεροι διεθνείς οργανισμοί για πρότυπα που λειτουργούν μέχρι σήμερα είναι αυτοί για τους οποίους γίνεται λόγος στις επόμενες παραγράφους.



Τα πρότυπα επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή σε πολλούς τομείς και με διάφορους τρόπους. Πολλά προϊόντα και υπηρεσίες που χρησιμοποιούμε καθημερινά χρωστούν την επιτυχία τους στο ότι ακολουθούν κάποια πρότυπα. Σήμερα όλες σχεδόν οι βιομηχανίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα πρότυπα.



Οι συμφωνίες επάνω σε κοινώς αποδεκτά πρότυπα είναι συστατικό στοιχείο της τεχνολογικής ανάπτυξης. Για παράδειγμα, αν κάθε κράτος είχε τα δικά του πρότυπα όσον αφορά τις βίβες και την πυκνότητα των στροφών τους, τότε το πρόβλημα που θα ανέκυπτε στην κατασκευή ηλεκτρονικού ή μηχανολογικού (και όχι μόνο) εξοπλισμού θα ήταν ανυπέβλητο.

5.5.2.1 Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης

Ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης** (*ISO: International Standards Organization*) είναι ένα εθελοντικό σώμα που ιδρύθηκε το 1946, με σκοπό να εναρμονίσει και να τυποποιήσει ένα ευρύτατο φάσμα προϊόντων που παράγονταν από διάφορους κατασκευαστές σε όλο τον κόσμο, ώστε να εξασφαλιστεί η συμβατότητα των συστημάτων τους. Πρόκειται για μια διεθνή ομοσπονδία από εθνικούς, μη κυβερνητικούς οργανισμούς τυποποίησης 130 κρατών. Ο *ISO* σήμερα στοχεύει στην προώθηση της δημιουργίας προτύπων και σχετικών δράσεων σε διεθνές επίπεδο. Η αλληλεπίδραση και η συνεργασία των διάφορων οργανισμών για τη δημιουργία διεθνών προτύπων φαίνεται στο σχήμα 5.20.



Μερικοί από τους εθνικούς οργανισμούς τυποποίησης, που εκπροσωπούνται στο Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης, είναι το **Αμερικανικό Ίδρυμα Εθνικών Προτύπων** (*ANSI: American National Standards Institute*) και το **Βρετανικό Ίδρυμα Προτύπων** (*BSI: British Standards Institute*). Την Ελλάδα εκπροσωπεί στον *ISO* ο **Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης** (*ΕΛΟΤ*) ή *HOS* (*Hellenic Organization for Standardization*), ενώ την Κύπρο ο **Κυπριακός Οργανισμός Τυποποίησης και Ελέγχου Ποιότητας** (*Cyprus Organization for Standards and Control of Quality*).



Σχήμα 5.20: Δομή του ISO

Ο *ISO* υποδιαιρείται σε **τεχνικές επιτροπές** (*TC: Technical Committees*), καθεμιά από τις οποίες ασχολείται με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Για παράδειγμα, η Τεχνική Επιτροπή - 97 (*TC-97: Technical Committee-1997*) ασχολείται με υπολογιστές και επεξεργασία δεδομένων, ενώ είναι υπεύθυνη και για το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI - RM*), που εξετάστηκε στο Μάθημα 5.4. Κάθε τεχνική επιτροπή υποδιαιρείται σε **τεχνικές υποεπιτροπές** (*TSC: Technical Sub-*

Committees), οι οποίες ασχολούνται με ειδικότερα θέματα, ενώ κάθε υποεπιτροπή αποτελείται από **ομάδες εργασίας** (*WG: Working Groups*), οι οποίες ασχολούνται με τα πιο εξειδικευμένα θέματα. Η ουσιαστική δουλειά γίνεται από τις εθελοντικές ομάδες εργασίας, οι οποίες αποτελούνται από εκπροσώπους του χώρου της βιομηχανίας, των δημόσιων υπηρεσιών των κρατών - μελών του *ISO* και των εθνικών οργανισμών τυποποίησης, καθώς και από εκπροσώπους του ακαδημαϊκού χώρου. Περισσότερες πληροφορίες για την ιστορία του Οργανισμού, τα μέλη του και τις δραστηριότητές του μπορεί κάποιος να αναζητήσει στην ιστοσελίδα του *ISO* στο Διαδίκτυο: <http://www.iso.ch/>.

5.5.2.2 Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών

Η **Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών** (*ITU: International Telecommunications Union*) ιδρύθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη και αποτελεί τον πρωτοπόρο οργανισμό δημιουργίας προτύπων για δίκτυα δεδομένων. Απαρτίζεται από 161 κράτη - μέλη και είναι υπεύθυνη για τη σχεδίαση και την τυποποίηση όλων των μορφών των διεθνών τηλεπικοινωνιών (ραδιοφωνία, τηλεφωνία και τηλεγραφία). Οι σκοποί της είναι:

- ✓ Να διατηρήσει και να επεκτείνει τη διεθνή συνεργασία για τη βελτίωση των τηλεπικοινωνιών.
- ✓ Να προωθήσει την ανάπτυξη νέων τεχνικών λύσεων.
- ✓ Να επιταχύνει τις διαδικασίες υλοποίησης των προτύπων.

Η *ITU* αποτελείται από επιτροπές οι οποίες είναι υπεύθυνες για την τυποποίηση σε διάφορους τομείς. Δύο από αυτές, η **Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Ραδιοφώνου** (*CCIR: Conference Committee International Radio*) και η **Παγκόσμια Διοικητική Διάσκεψη Ραδιοφώνου** (*WARC: World Administrative Radio Conference*), ασχολούνται με τα ραδιοφωνικά δρώμενα, ενώ η **Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας** (*CCITT: Comite Consultatif International de Telegraphique et Telephonique*) ασχολείται με προτάσεις που αφορούν δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων, διασυνδέσεις τηλεφώνων, ψηφιακά και τηλεγραφικά πρότυπα. Πρόσφατα η *CCITT* μετονομάστηκε σε *ITU-T* και η *CCIR* σε *ITU-R*.

Η *ITU-T* απαρτίζεται από τρεις κατηγορίες μελών:

- ✓ τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς (*AT&T, BT, ΟΤΕ* κτλ.),
- ✓ επιστημονικούς και βιομηχανικούς οργανισμούς (*IEEE, IEE* κτλ.),
- ✓ διεθνείς οργανισμούς που είτε ασχολούνται με τα τηλεπικοινωνιακά δρώμενα είτε διαχειρίζονται άλλες υποθέσεις οι οποίες όμως άπτονται των ενδιαφερόντων της *ITU-T*.

Οι συστάσεις της *ITU* είναι συνήθως αποτέλεσμα της συνεργασίας με άλλους διεθνείς οργανισμούς. Η *ITU* λειτουργεί σε τετραετείς κύκλους και στο τέλος κάθε κύκλου εκδίδει νέα πρότυπα υπό μορφή συστάσεων. Οι συστάσεις αυτές αναπτύσσονται από διάφορες τεχνικές **ομάδες έρευνας** (*SG: Study Groups*), καθεμιά από τις οποίες εργάζεται επάνω σε ένα ειδικό τμήμα των τηλεπικοινωνιών.



Η Ευρωπαϊκή Ένωση γίνεται ριό αυστηρή και απαιτητική όσον αφορά τις τυποποιήσεις στον ευρωπαϊκό χώρο. Με την ενδεδειγμένη εργασία που αφορά τις τηλεπικοινωνίες έχει επιφορτιστεί το **Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών** (*ETSI: European Telecommunications Standards Institute*), το οποίο υποστηρίζει και ενισχύει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στον τεχνικό τομέα των τηλεπικοινωνιών.

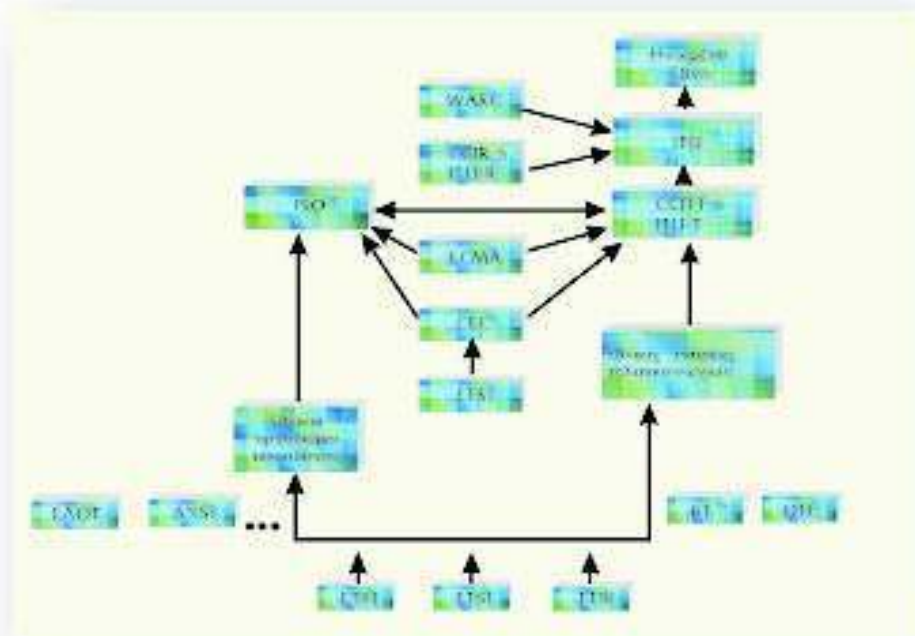


5.5.2.3 Το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

Το **Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (IEEE: Institute of Electronics and Electrical and Engineers)** είναι ένας από τους κορυφαίους διεθνείς οργανισμούς στον τομέα της τεχνολογικής ανάπτυξης. Ο οργανισμός αυτός ασχολείται με πολλά τεχνολογικά θέματα, τα οποία εκτείνονται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τη βιοϊατρική και τις τηλεπικοινωνίες μέχρι την αεροναυπηγική και τα καταναλωτικά ηλεκτρονικά. Το *IEEE* είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός στον οποίο συμμετέχουν πάνω από 330.000 μέλη από 150 χώρες. Μέσα από τις τεχνολογικές αναφορές, τα συνέδρια και τη δημιουργία προτύπων το *IEEE* έχει παραγάγει το 30% της παγκόσμιας βιβλιογραφίας σε θέματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ηλεκτρολογία και τεχνολογία ελέγχου. Έχει επίσης δημιουργήσει πάνω από 800 ενεργά πρότυπα, ενώ 700 πρότυπα βρίσκονται ήδη υπό ανάπτυξη.

5.5.2.4 Άλλοι οργανισμοί

Σε πολλές περιπτώσεις η λεπτομερής ανάλυση και ο σχεδιασμός των προτύπων γίνεται από μικρότερες, καταξιωμένες στην επιστημονική και στη βιομηχανική κοινότητα, ομάδες εργασίας. Έτσι, εκτός από το *IEEE*, σημαντικό ρόλο όσον αφορά την



Σχήμα. 5.21: Σχέσεις των οργανισμών τυποποίησης

τεχνική τυποποίησης των τηλεπικοινωνιών παίζουν:

- ✓ το **Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας** των Η.Π.Α. (*NIST: National Institute of Standards and Technology*) και
- ✓ η **Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών** (*EIA: Electronic Industries Association*).

Μια σχηματική παράσταση των διάφορων οργανισμών τυποποίησης και των σχέσεών τους απεικονίζεται στο σχήμα 5.21.

5.5.3 Διαδικασία τυποποίησης προτύπων

Η διαδικασία τυποποίησης ενός διεθνούς προτύπου είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία, η οποία μπορεί να διαρκέσει από μερικούς μήνες έως και χρόνια. Σε μερικές περιπτώσεις το εγχείρημα είναι δυνατόν να αποτύχει, είτε γιατί η αποδοχή του προτύπου, για διάφορους λόγους, δεν είναι καθολική είτε γιατί τα αποτελέσματά του δεν είναι εμφανή. Δεν είναι λίγες οι φορές που η καθιέρωση ενός προτύπου προκαλεί συγκρούσεις σε διάφορα επιστημονικά, βιομηχανικά ή και οικονομικά πεδία. Γι' αυτό η συνήθης διαδικασία αποδοχής ενός προτύπου κάποιας ομάδας εργασίας είναι επίπονη και χρονοβόρα. Περνά μέσα από διάφορα στάδια και επίπεδα κρίσεων, αλλαγών, πιστοποιήσεων και δοκιμών από ειδικές ομάδες ενδιαφερόμενων φορέων προκειμένου να φθάσει στο στάδιο της τελικής ψηφοφορίας, όπου εγκρίνεται και ανακοινώνεται το τελικό κείμενο που περιγράφει το πρότυπο.

Από τη στιγμή της νέας (ακαδημαϊκής ή βιομηχανικής) ανακάλυψης μέχρι την οικονομική επένδυση επάνω σ' αυτή μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο πρέπει να υλοποιηθεί και να περιγραφεί το νέο πρότυπο. Αυτό δεν πρέπει να γίνει πολύ νωρίς, ειδικά πριν τελειώσει η έρευνα επάνω στη νέα ανακάλυψη, γιατί τότε τα πρότυπα ίσως να μην περιγραφούν σωστά. Επίσης δεν πρέπει να δημιουργηθούν ή να περιγραφούν τα πρότυπα πολύ αργά, ιδιαίτερα όταν οι διάφορες εταιρείες θα έχουν επενδύσει κεφάλαια για την ανάπτυξη άλλων λύσεων, με αποτέλεσμα την αγνόηση των προτύπων. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που το *OSI* δε βρήκε την ανάλογη ανταπόκριση από τους κατασκευαστές δικτύων και πρωτοκόλλων και έχει ουσιαστικά βγει εκτός μάχης από το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, το οποίο θα μελετηθεί στη συνέχεια.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (*ISO*), Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (*ITU*), Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας (*CCITT*), Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (*IEEE*), Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας (*NIST*), Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών (*EIA*), διαδικασία τυποποίησης προτύπων.





Μάθημα 5.6: Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

5.6.1 Εισαγωγή

Η δημιουργία του **μοντέλου αναφοράς TCP/IP** (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), μιας εναλλακτικής πρότασης του μοντέλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων *OSI*, οφείλεται στη λειτουργία του *ARPANET*, ενός δικτύου που προηγήθηκε του *Internet* και το οποίο αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Το *ARPANET* ήταν ένα δίκτυο που δημιουργήθηκε για λογαριασμό του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. την εποχή του ψυχρού πολέμου, στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η ιδέα ήταν τα διάφορα πολιτικά και στρατιωτικά κέντρα των Η.Π.Α. να έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας οποιαδήποτε χρονική στιγμή, έστω και αν ένα μέρος του δικτύου επικοινωνίας είχε τεθεί για διάφορους λόγους εκτός λειτουργίας. Σ' αυτή την περίπτωση η επικοινωνία θα γινόταν μέσω εναλλακτικών οδεύσεων και στοιχείων μεταγωγής, αρκεί οι υπολογιστές που επρόκειτο να επικοινωνήσουν να είναι σε λειτουργία. Αυτή η ανάγκη αδιάλειπτης επικοινωνίας κάτω από οποιεσδήποτε περιστάσεις οδήγησε στη δημιουργία ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων, θέμα που θα προσεγγίσουμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Στα δίκτυα μεταγωγής οι πληροφορίες, υπό μορφή μηνυμάτων, διαχωρίζονται σε μικρότερα πακέτα, καθένα από τα οποία μπορεί να έχει σταθερό ή μεταβλητό μήκος (πλήθος χαρακτήρων). Τα πακέτα μεταδίδονται στον προορισμό τους ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, έστω και αν προέρχονται από το ίδιο μήνυμα, μέσα από τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας και τα στοιχεία μεταγωγής. Τα πακέτα αυτά ίσως να φτάσουν στον προορισμό τους με διαφορετική σειρά από αυτήν που έφυγαν. Σ' αυτή την περίπτωση ο παραλήπτης έχει την ευθύνη να τα επανατοποθετήσει στη σωστή σειρά, ώστε να σχηματιστεί το αρχικό μήνυμα.

Παράδειγμα V

Η διαδικασία της μεταγωγής πακέτων έχει πολλές ομοιότητες με το ταχυδρομικό δίκτυο. Ας υποθεθεί ότι κάποιος γράφει ένα γράμμα πέντε σελίδων και, αφού τοποθετήσει από μία σελίδα του γράμματος μέσα σε πέντε αριθμημένους φακέλους με την ένδειξη 1/5, 2/5...5/5, τους στέλνει σε ένα φίλο του σε μακρινή χώρα. Ασφαλώς, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, όλοι οι φάκελοι θα πρέπει να φτάσουν στον προορισμό τους. Ίσως βέβαια φτάσουν με διαφορετική σειρά και σε διαφορετική χρονική στιγμή. Ίσως περάσουν από διαφορετικές χώρες, η καθεμία από τις οποίες έχει το δικό της σύστημα προώθησης και τους δικούς της ταχυδρομικούς κανόνες. Όμως τελικά οι φάκελοι θα φτάσουν στον παραλήπτη, χωρίς να είναι απαραίτητο αυτός ή ο αποστολέας να γνωρίζουν τη διαδρομή ή τη διαδικασία με την οποία έγινε αυτό.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* πήρε το όνομά του από τα δύο κυριότερα πρωτόκολλα του μοντέλου, το *TCP* και το *IP*. Σε αντιστοιχία με την αρχιτεκτονική του *OSI*, το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* αποτελείται από τέσσερα **επίπεδα** ή **στρώματα** (*layers*), ενώ κάθε επίπεδο, όπως και στην περίπτωση του *OSI*, υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Στο σχήμα 5.22 απεικονίζονται παραστατικά αυτά τα επίπεδα, δηλαδή το επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο μεταφοράς και το επίπεδο εφαρμογής.

Όπως γίνεται σε όλες τις αρχιτεκτονικές κατά στρώματα ή επίπεδα, κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι ο πλέον πρόσφορος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και ταυτόχρονα αυστηρά προσδιορισμένες λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

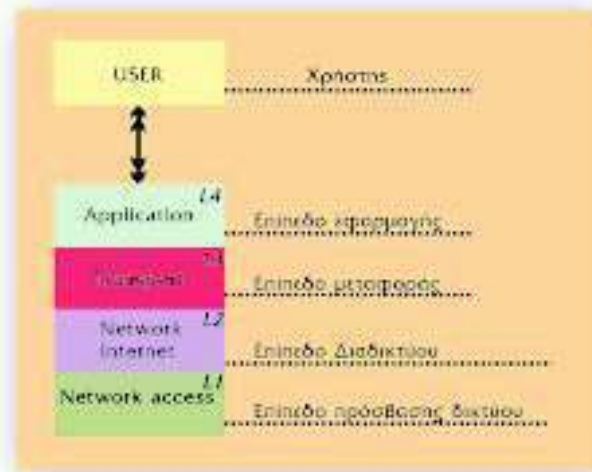
Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 4), είναι το ακόλουθο:

- ✓ **Επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου (L1: network access layer)**. Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης και είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το δίκτυο.
- ✓ **Επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου ή δικτύου (L2: Internet layer)**. Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
- ✓ **Επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς (L3: transport layer)**. Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων προς αυτό επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.
- ✓ **Επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής (L4: application layer)**. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

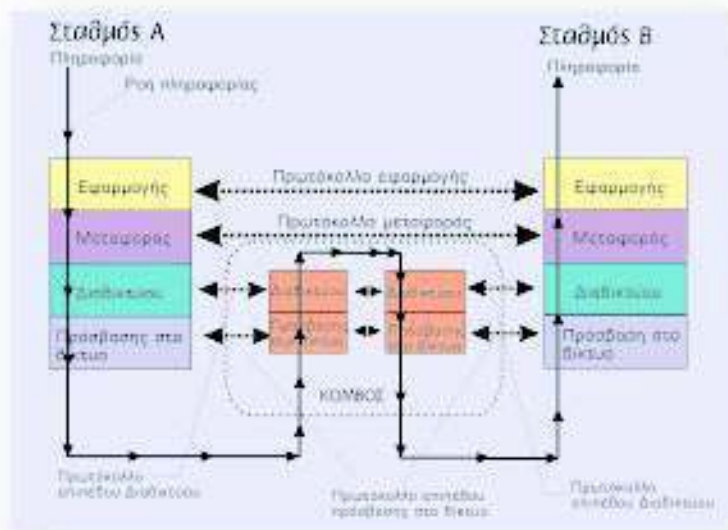
Τα *L1* έως *L3* αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ το *L4* είναι προσανατολισμένο στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη.

5.6.2 Μετάδοση δεδομένων στο TCP/IP

Για να επικοινωνήσουν δύο ή περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει, όπως ήδη έχει αναφερθεί, να διαθέτουν το ίδιο σύνολο πρωτοκόλλων. Όταν αυτό εξασφαλιστεί, οι υπολογιστές μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα. Όπως και στην περίπτωση του μοντέλου αναφοράς *OSI*, τα δεδομένα μεταδίδονται από το ένα επίπεδο στο αμέσως χαμηλότερό του και προωθούνται μέχρι να φθάσουν στο επίπεδο πρόσβασης



Σχήμα.5.22: Τα τέσσερα επίπεδα του *TCP/IP*



Σχήμα 5.23: Επικοινωνία σταθμών σε δίκτυο μοντέλου αναφοράς TCP/IP

Κατά τη διεκπεραίωση αυτής της λειτουργίας τα δεδομένα υφίστανται επεξεργασία η οποία βασίζεται στην ιεραρχική δομή του συνόλου των πρωτοκόλλων του TCP/IP, με αποτέλεσμα η δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων να αλλάζουν, καθώς

δικτύου. Κατόπιν περνούν στο άλλο μηχάνημα, για να συνεχίσουν τη ροή τους προς τα επάνω, φθάνοντας στο αντίστοιχο ομότιμο επίπεδο εκείνου από το οποίο ξεκίνησαν. Σημειώνεται ότι κάθε επίπεδο επικοινωνεί μόνο με τα γειτονικά του επίπεδα μέσω μιας **διεπαφής**, η οποία καθορίζει τις λειτουργίες που επιτελεί και τις υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο.

Στο σχήμα 5.23 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας μεταξύ δύο σταθμών σε ένα δίκτυο που είναι συμβατό με το μοντέλο αναφοράς TCP/IP. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός A μεταδίδει στο σταθμό B. Δηλαδή το L4 του σταθμού A ανταλλάσσει δεδομένα με το L4 του σταθμού B, με το οποίο είναι ομότιμο, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων τριών επιπέδων. Ομοίως το L3 του σταθμού A είναι ομότιμο με το L3 του σταθμού B και ανταλλάσσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων δύο επιπέδων κτλ.

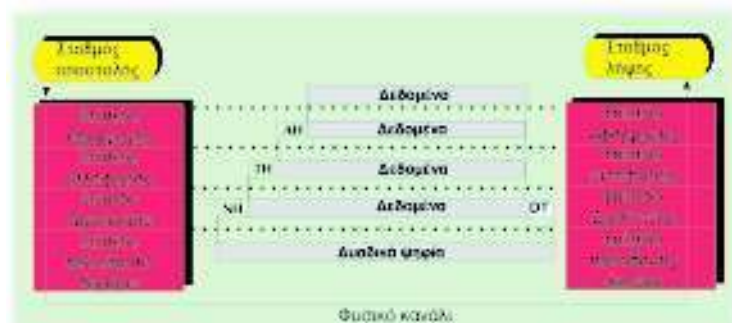
διαπερνούν τα επίπεδα σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη (σχήμα 5.24). Σημειώνεται ότι τα δεδομένα που διαπερνούν κάποιο επίπεδο προκειμένου να φτάσουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου υφίστανται διαφορετική επεξεργασία.

Η επικοινωνία δύο υπολογιστών που χρησιμοποιούν το μοντέλο αναφοράς TCP/IP πραγματοποιείται μέσω των ακόλουθων δύο μορφών διεύθυνσης:

✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε υπολογιστή που συνδέεται στο δίκτυο. Αυτή είναι γνωστή ως **διεύθυνση IP** (IP address) και μπορεί να παρομοιαστεί με το μοναδικό αριθ-

μό κλήσης τηλεφώνου. Η διεύθυνση αυτή αποτελείται από 32 δυαδικά ψηφία, χωρισμένα ανά οκτώ με μια τελεία. Μία IP διεύθυνση είναι, για παράδειγμα: 10000001.00010100.00010000.00001101.

✓ Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε εφαρμογή που λειτουργεί στον κάθε υπολογιστή. Αυτό επιτρέπει στο επίπεδο μεταφοράς να παραδίδει τα δεδομένα στη σωστή εφαρμογή. Οι διευθύνσεις αυτές είναι γνωστές ως **θύρες** (ports).



Σχήμα 5.24: Μορφή δεδομένων, καθώς διαπερνούν τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς TCP/IP.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.24, ο πομπός, μέσω της εφαρμογής που χρησιμοποιεί, δίνει τα αρχικά δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, το οποίο προσθέτει σ' αυτά πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν μόνο από το ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη. Αυτές οι πληροφορίες περιέχονται σε μια επικεφαλίδα, η οποία επικολλάται στην αρχή του αρχικού πακέτου των δεδομένων και ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου** (*PCI: Protocol Control Information*). Η επικεφαλίδα, μαζί με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη, σχηματίζει ένα νέο πλαίσιο δεδομένων, που ονομάζεται **μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής** (*APDU: Application Protocol Data Unit*).

Η μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής αντιστοιχεί νοητά στο ομότιμο επίπεδο εφαρμογής του δέκτη, στην πραγματικότητα όμως περνά στο αμέσως επόμενο επίπεδο μεταφοράς. Το επίπεδο μεταφοράς, μόλις την παραλάβει, επεξεργάζεται τα δεδομένα και προσθέτει τη δική του επικεφαλίδα, που ονομάζεται **πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPCI: Transport Protocol Control Information*), σχηματίζοντας τη **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*). Η μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς διαπερνά στη συνέχεια το επίπεδο Διαδικτύου, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, μέχρι τα δεδομένα να διοχετευθούν στο φυσικό κανάλι επικοινωνίας, για να οδεύσουν προς τον παραλήπτη.

Τα επίπεδα μεταφοράς και Διαδικτύου προκαλούν κατάτμηση, δηλαδή διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερες μονάδες πληροφορίας, τις *PDU*s. Σε καθεμιά από αυτές τις μονάδες προστίθεται η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου (*PCI*), η οποία εκτός των άλλων περιέχει πληροφορίες προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή συναρμολόγηση των πακέτων στο ομότιμο επίπεδο. Αυτή η κατάτμηση των δεδομένων σε μικρότερα πακέτα έχει σκοπό να βελτιώσει την αποδοτικότητα των καναλιών επικοινωνίας.

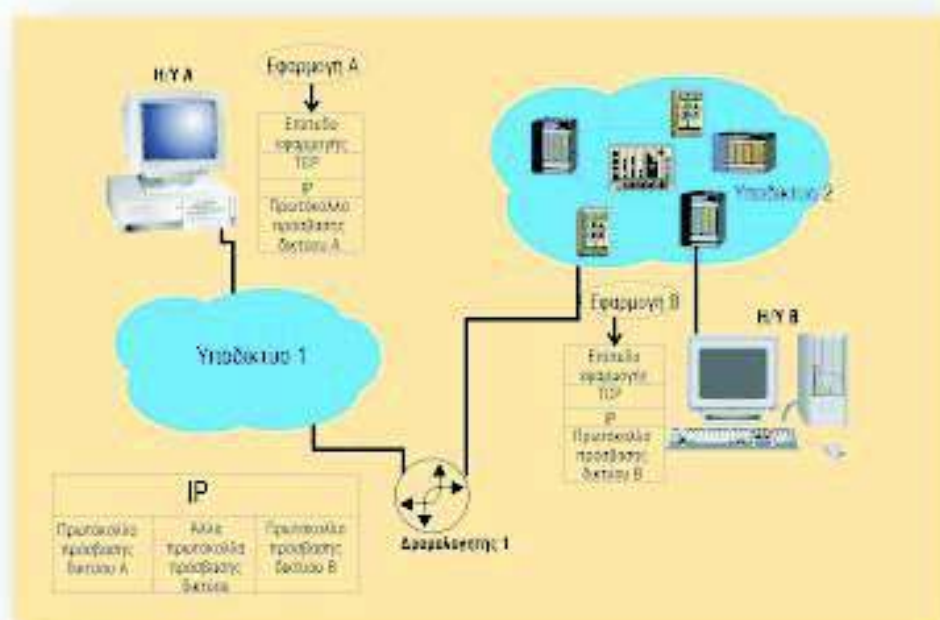
Συμπερασματικά, σε κάθε επίπεδο προστίθεται νέα πληροφορία στα δεδομένα που έρχονται από το προηγούμενο επίπεδο, η πληροφορία ελέγχου του πρωτοκόλλου. Τα νέα δεδομένα που σχηματίζονται σε κάθε επίπεδο μετά την προσθήκη της πληροφορίας ελέγχου φέρουν τις ακόλουθες ονομασίες:

- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου εφαρμογής** (*APDU: Application Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου μεταφοράς** (*TPDU: Transport Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου Διαδικτύου ή Δικτύου** (*NPDU: Network/Internet Protocol Data Unit*),
- ✓ **μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου πρόσβασης δικτύου** (*PPDU: Physical Protocol Data Unit*).

Παράδειγμα VI

Στο σχήμα 5.25 παρουσιάζεται η διαδρομή ενός πακέτου που στέλνεται από τον υπολογιστή A στον υπολογιστή B μέσω ενός *TCP/IP* δικτύου.

Ο χρήστης του υπολογιστή A θέλει να επικοινωνήσει, μέσω κάποιας εφαρμογής A που χρησιμοποιεί τη θύρα 1, με τον υπολογιστή B, στον οποίο η αντίστοιχη εφαρμογή B χρησιμοποιεί τη θύρα 2. Ο χρήστης, μέσω της εφαρμογής A, δίνει τα δεδομένα στο επίπεδο εφαρμογής, που με τη σειρά του τα περνά στο επόμενο επίπεδο, και συγκεκριμένα στο πρωτόκολλο *TCP*, με οδηγίες να τα παραδώσει στον υπολογιστή B, θύρα 2. Το *TCP* κατακερματίζει τα δεδομένα σε *PDU*s και δίνει καθεμία από αυτές στο επόμενο επίπεδο, με την οδηγία να την παραδώσει στον υπολογιστή B. Το *IP* προσθέτει σε καθεμία από τις *PDU*s την *IP διεύθυνση* του παραλήπτη, του υπολογιστή B στη συγκεκριμένη περίπτωση, και τη δίνει στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου, με την οδηγία να τη στείλει στο δρομολογητή 1, που είναι ο πρώτος σταθμός στη διαδρομή των πακέτων προς τον υπολογιστή B. Ο δρομολογητής 1 διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και, αν τη γνωρίζει, ξέρει πώς να στείλει τις *PDU*s στον υπολογιστή B, αν δεν τη γνωρίζει, συνομιλεί με τους γειτονικούς δρομολογητές, για να πάρει πληροφορίες σχετικά με την καλύτερη δρομολόγηση των *PDU*s προς τον παραλήπτη. Τελικά οι *PDU*s φτάνουν στον προορισμό τους και παραδίδονται στον υπολογιστή B. Ανεβαίνοντας προς τα υψηλότερα επίπεδα οι *PDU*s φτάνουν στο επίπεδο μεταφοράς και στο πρωτόκολλο *TCP* του παραλήπτη, επανασυναρμολογούνται και παραδίδονται στη θύρα 2 και στην αντίστοιχη εφαρμογή.



Σχήμα 5.25: Επικοινωνία δύο υπολογιστών με το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*

5.6.3 Τα επίπεδα του TCP/IP

5.6.3.1 Επίπεδο πρόσβασης δικτύου

Το **επίπεδο πρόσβασης δικτύου** (*network access layer*) είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του σταθμού με το δίκτυο. Ανιχνεύει την αρχιτεκτονική του δικτύου και ανάλογα διοχετεύει τα πακέτα στο κανάλι επικοινωνίας. Επίσης είναι υπεύθυνο για την παροχή μιας διεπαφής που θα του επιτρέψει την επικοινωνία με το επίπεδο Διαδικτύου.

Το επίπεδο αυτό καθορίζει το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών μετάδοσης δεδομένων (σταθμών εργασίας ή προσωπικών υπολογιστών) με το δίκτυο. Το κύριο τμήμα του Διαδικτύου αποτελείται από έναν αριθμό υπολογιστών ειδικού σκοπού, που διασυνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας γραμμές επικοινωνίας παντός τύπου. Όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές και τα τοπικά δίκτυα συνδέονται στη συνέχεια σ' αυτούς τους ειδικού σκοπού υπολογιστές. Κατ' αυτό τον τρόπο διασυνδέονται μεταξύ τους οι υπολογιστές, χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ποικιλία φυσικών μέσων, από τηλεφωνικές γραμμές (κοινές ή μισθωμένες) έως δορυφορικές ζεύξεις, UHF κτλ.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* δεν περιγράφει αναλυτικά το συγκεκριμένο επίπεδο ούτε τα πρωτόκολλα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να επιτευχθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα σ' αυτό το επίπεδο πρωτόκολλα να ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος ή το είδος του δικτύου.

5.6.3.2 Επίπεδο Διαδικτύου

Το **επίπεδο Διαδικτύου** (*Internet layer*) είναι το ζωτικό επίπεδο του μοντέλου. Ο σκοπός του είναι η δρομολόγηση και η παράδοση των *PDU*s στον παραλήπτη. Προσθέτει στις *PDU*s τη διεύθυνση του παραλήπτη και τις στέλνει στο δίκτυο, προκειμένου αυτές να φθάσουν, ανεξάρτητα η μία από την άλλη, στον προορισμό τους, περνώντας από διάφορους ενδιάμεσους σταθμούς οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Στις περιπτώσεις που δύο συστήματα είναι συνδεδεμένα σε διαφορετικά δίκτυα, απαιτούνται διαδικασίες οι οποίες θα επιτρέψουν τη μετάβαση των δεδομένων στον προορισμό τους διαμέσου πολλαπλών διασυνδεδεμένων δικτύων.

Το πρωτόκολλο της οικογένειας *TCP/IP* που είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών σ' αυτό το επίπεδο είναι το *Internet Protocol (IP)*. Η μονάδα μεταφερόμενων δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο είναι το πακέτο *IP* ή, όπως συνήθως λέγεται, *IP datagram*, εμπεριέχοντας έτσι την έννοια του αυτοδύναμου πακέτου, αυτού δηλαδή που διανύει ανεξάρτητα και με δικές του δυνάμεις προς τον προορισμό του. Το πακέτο *IP* περιέχει τόσο τη διεύθυνση του αποστολέα όσο και τη διεύθυνση του παραλήπτη, έτσι ώστε να μπορεί να διανεμηθεί και να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα.

Καθεμία από τις *διευθύνσεις IP* έχει μήκος 32 δυαδικά ψηφία. Επειδή η απομνημόνευσή τους είναι εξαιρετικά δύσκολη, έχει επινοηθεί η παράσταση της διεύθυνσης με

έναν τρόπο απλούστερο, χρησιμοποιώντας δεκαδικούς αριθμούς. Μία *IP διεύθυνση* 32 δυαδικών ψηφίων χωρίζεται με τελείες σε τέσσερα πεδία των 8 δυαδικών ψηφίων. Κάθε πεδίο μετατρέπεται στον ισοδύναμο δεκαδικό αριθμό, ώστε τελικά η *IP διεύθυνση* να περιγράφεται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς χωρισμένους με τελείες. Στην πράξη έχει επικρατήσει αυτός ο τρόπος παρουσίασης των *IP διευθύνσεων*, ο οποίος εκτός από την ευκολία απομνημόνευσης έχει και το πλεονέκτημα της ιεράρχησης των διευθύνσεων αυτών, όπως θα δούμε στη συνέχεια (Μάθημα 15.3). Για παράδειγμα, η *IP διεύθυνση*:

10110011111001000100100100001011 γίνεται
 10110011.11100100.01001001.00001011 και στη συνέχεια
 179.228.73.12

Τα πρωτόκολλα που συνήθως χρησιμοποιούνται σ' αυτό το επίπεδο, εκτός από το *IP*, είναι το **ICMP** (*Internet Control Messaging Protocol*), το **ARP** (*Address Resolution Protocol*), το **RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*) και άλλα λιγότερο γνωστά.

5.6.3.2.1 Το πρωτόκολλο Διαδικτύου

Το **πρωτόκολλο Διαδικτύου** (*IP: Internet Protocol*) είναι πρωτόκολλο του επιπέδου Διαδικτύου, δηλαδή του τρίτου επιπέδου κατά την ορολογία που έχει καθιερωθεί για να περιγράψει το *OSI*, και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά δίκτυα.

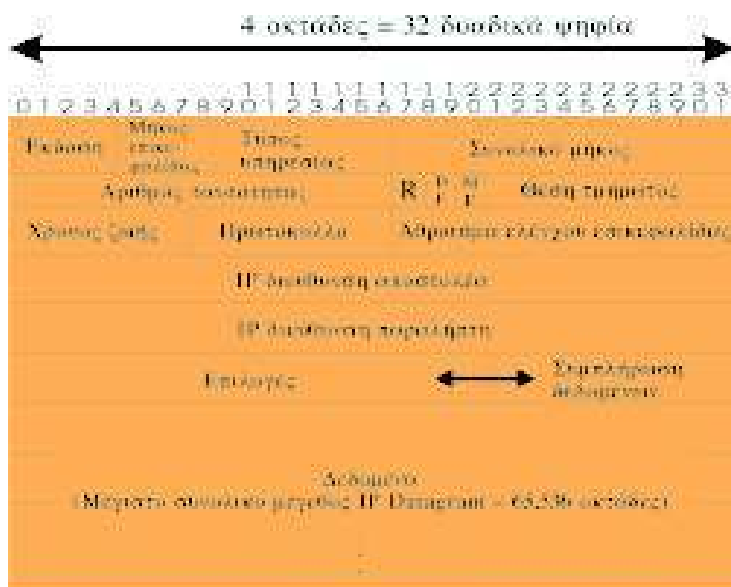
Το *IP* υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ Καθορίζει τη διευθυνσιοδότηση, τη δρομολόγηση, την τμηματοποίηση και την επανασυναρμολόγηση των δεδομένων. Για παράδειγμα, αν κάποιος ενδιαμέσος υπολογιστής παραλάβει μία μονάδα δεδομένων που είναι πολύ μεγάλη για να μεταδοθεί στο επόμενο δίκτυο, τότε αυτή τμηματοποιείται σε πακέτα από το *IP*, τα οποία μεταδίδονται ανεξάρτητα. Οι *PDUs* επανασυναρμολογούνται σε μία μονάδα, μόνο όταν φτάσουν στον παραλήπτη. Αν κάποια *PDU* χαθεί, τότε απορρίπτεται όλη η μονάδα.
- ✓ Παρέχει ένα στοιχειώδη τρόπο ελέγχου ροής, έτσι ώστε, όταν μια πηγή δεδομένων αποστέλλει με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς που μπορεί να χειριστεί ο δέκτης, αυτό (*IP*) να ενημερώνεται με κατάλληλα μηνύματα προκειμένου να συμμορφωθεί στον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης.
- ✓ Παραλαμβάνει από το επίπεδο μεταφοράς δεδομένα μεγέθους 64 Kbytes το πολύ, τα τεμαχίζει σε μικρότερα τμήματα, αν το κρίνει απαραίτητο, και τα μεταδίδει στο δίκτυο. Η τμηματοποίηση των πακέτων γίνεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες αυτά πρέπει, για να φτάσουν στον προορισμό τους, να περάσουν από δίκτυα που δεν μπορούν να χειριστούν μεγάλα πακέτα. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο *Ethernet* μπορεί να χειριστεί *PDUs* από 64 έως 1.500 Kbytes, οπότε σ' αυτή την περίπτωση το *IP* μπορεί παρεμβαίνοντας να τμηματοποιήσει τις *PDUs* των 64 Kbytes που παίρνει από το επίπεδο μεταφοράς σε μικρότερες *PDUs* των 1.500 bytes το πολύ.

- ✓ Το *IP* δεν εγγυάται ότι οι μονάδες δεδομένων θα διανεμηθούν οπωσδήποτε ή ότι θα διανεμηθούν σωστά. Επομένως, όταν μία *PDU* απορρίπτεται, δεν είναι δεδομένο ότι κάποιο ανώτερο πρωτόκολλο θα φροντίσει για την επαναμετάδοσή της.

Στο σχήμα 5.26 παρουσιάζεται η δομή ενός πακέτου *IP* που έχει μέγιστο μήκος 64 Kbytes. Το *IP* έχει μία επικεφαλίδα (*header*) τουλάχιστον 20 bytes και ένα πεδίο για τα δεδομένα (*data*) μεταβλητού μήκους. Αναλυτικά, αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Το πεδίο **έκδοση** (*version*). Είναι 4 δυαδικά ψηφία και δηλώνει την έκδοση του πρωτοκόλλου *IP*.
- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 4 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει το μήκος της επικεφαλίδας, καθώς και το πεδίο των **επιλογών** (*options*). Το μήκος της επικεφαλίδας υπολογίζεται σε 32 δυαδικά ψηφία, π.χ. για πακέτα *IP* χωρίς επιλογή το πεδίο αυτό έχει τιμή 5.
- ✓ Το πεδίο **τύπος υπηρεσίας** (*type of service*). Είναι 8 δυαδικά ψηφία και χαρακτηρίζει την ποιότητα μετάδοσης που επιδιώκει ένα πακέτο. Εδώ επιλέγεται αν το πακέτο πρέπει να φθάσει γρήγορα ανεξαρτήτως ποιότητας ή αν πρέπει να φθάσει σωστά ανεξαρτήτως χρόνου. Χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν αυτή την ποιότητα είναι:
 - η αξιοπιστία,
 - η καθυστέρηση μετάδοσης,
 - ο ρυθμός διέλευσης (*throughput*) κτλ.
- ✓ Το πεδίο **συνολικό μήκος** (*total length*). Είναι 16 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει το μήκος όλου του πακέτου, καθώς και της επικεφαλίδας και των δεδομένων. Το μέγιστο μήκος του πακέτου μπορεί να φθάσει τα 65.536 bytes.
- ✓ Το πεδίο **αριθμός ταυτότητας** (*identification number*). Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις κατάτμησης ενός πακέτου σε μικρότερα τμήματα, ώστε ο υπολογιστής - παραλήπτης να μπορεί στη συνέχεια να προσδιορίζει για κάθε τμήμα που φθάνει σε ποιο πακέτο ανήκει. Να σημειωθεί ότι όλα τα τμήματα ενός αυτοδύναμου πακέτου (*datagram*) έχουν τον ίδιο αριθμό ταυτότητας.
- ✓ Το πεδίο **σήμανση** (*flags*). Είναι 3 δυαδικά ψηφία, από τα οποία το πρώτο, το R, έχει τιμή 0 και υπάρχει για μελλοντική χρήση. Το δυαδικό ψηφίο *DF* (*Don't Fragment*) χρησιμοποιείται ως εντολή του αποστολέα του *IP* πακέτου προς το δίκτυο, ώστε αυτό να μην τεμαχιστεί, διότι ο παραλήπτης αδυνατεί να το επανασυνδέσει.



R, DF, MF: δυαδικά ψηφία του πεδίου σήμανσης

Σχήμα 5.26: Δομή του *IP* πακέτου

- Όταν το $DF = 1$, σημαίνει ότι επιτρέπεται ο τεμαχισμός, ενώ
- όταν το $DF = 0$, σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται.

Όταν το δυαδικό ψηφίο MF (*More Fragments*) έχει τιμή 1, δηλώνει στον παραλήπτη ότι ακολουθούν και άλλα τμήματα του ίδιου κατακερματισμένου πακέτου. Προφανώς το τελευταίο τμήμα του πακέτου έχει $MF = 0$.

- ✓ Το πεδίο **θέση τμήματος** (*fragment offset*). Προσδιορίζει τη θέση κάθε τμήματος στο πακέτο, ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να επανασυναρμολογήσει το πακέτο. Το πεδίο αυτό καθορίζει την απόσταση που έχει η θέση του συγκεκριμένου τμήματος από την αρχή του IP πακέτου και μετριέται σε πολλαπλάσια του 8 δυαδικά ψηφία.
- ✓ Το πεδίο **χρόνος ζωής** (*life time*). Προσδιορίζει το χρόνο ζωής του IP πακέτου. Ο χρόνος ζωής μετριέται σε δευτερόλεπτα, αλλά το πιο συνηθισμένο είναι να μετριέται σε αριθμό ζεύξεων (*hops*), επειδή ο χρόνος διέλευσης από έναν ενδιαμέσο σταθμό σε έναν άλλο είναι κάτω του ενός δευτερολέπτου. Κάθε φορά που το πακέτο περνά από έναν ενδιαμέσο σταθμό, αφαιρείται μία μονάδα. Η τιμή έναρξης προσδιορίζεται από το πρωτόκολλο του ανώτερου επιπέδου που δημιουργεί το πακέτο, ενώ η μέγιστη τιμή έναρξης είναι το 255. Όταν η τιμή αυτή γίνει μηδέν, το πακέτο καταστρέφεται, επειδή θεωρείται ότι έχει μπει σε ατέρμονα κυκλική πορεία (*loop*) μέσα στο δίκτυο.
- ✓ Το πεδίο **πρωτόκολλο** (*protocol*). Αναφέρεται στο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς, που χρησιμοποιείται (π.χ. TCP , UDP) στον τελικό σταθμό προορισμού. Τυπικές τιμές του πεδίου αυτού είναι:
 - $TCP = 6$
 - $UDP = 17$
- ✓ Το πεδίο **άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας** (*header checksum*). Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ορθής μετάδοσης μόνο για την επικεφαλίδα και όχι για τα δεδομένα. Επειδή υπάρχουν πεδία που αλλάζουν κατά την πορεία του μηνύματος, όπως είναι ο χρόνος ζωής, το άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας επανυπολογίζεται σε κάθε ενδιαμέσο επίπεδο του δικτύου.
- ✓ Το πεδίο **διεύθυνση αποστολέα** (*source address*). Είναι 32 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει την IP διεύθυνση του αποστολέα.
- ✓ Το πεδίο **διεύθυνση παραλήπτη** (*destination address*). Είναι 32 δυαδικά ψηφία και προσδιορίζει την IP διεύθυνση του παραλήπτη.
- ✓ Το πεδίο **επιλογές** (*options*). Είναι μη υποχρεωτικό πεδίο μεταβλητού μήκους, που χρησιμοποιείται για να αντιμετωπίζει θέματα ασφάλειας, κατευθυνόμενης δρομολόγησης, χρονοσφραγίδων, καταγραφής διαδρομών κτλ. Όταν το μέγεθος του πεδίου αυτού δεν είναι πολλαπλάσιο των 32 δυαδικών ψηφίων, το υπόλοιπο συμπληρώνεται με μηδενικά.
- ✓ Το πεδίο **συμπλήρωση δεδομένων** (*padding data*). Χρησιμοποιείται για να συμπληρωθεί με 32 δυαδικά ψηφία το πεδίο επιλογές και έχει πάντα τιμή 0.
- ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Είναι το πεδίο που περιέχει μέρος των πραγματικών δεδομένων που στέλνει ο ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής στον άλλο.



Σε κάθε κάρτα διασύνδεσης δικτύου (NIC : *Network Interface Card*) που έχει φτιαχτεί μέχρι σήμερα έχει αποδοθεί από τον κατασκευαστή της ένας μοναδικός αριθμός 48 χαρακτήρων. Αυτή η φυσική διεύθυνση ονομάζεται διεύθυνση ελέγχου πρόσβασης μέσου (*Media Access Control* ή MAC address).

5.6.3.2.2 Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων

Το **πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων** (*ARP: Address Resolution Protocol*) χρησιμοποιείται από το μοντέλο *TCP/IP* για τη μετατροπή της *IP* διεύθυνσης της συσκευής στην πραγματική φυσική διεύθυνση **ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*MAC: Media Access Control*) του υλικού. Το *TCP/IP* χρησιμοποιεί πακέτα αιτήσεων *ARP*, για να πάρει τη φυσική διεύθυνση κάθε συσκευής του δικτύου, και στη συνέχεια αντιστοιχίζει αυτή τη διεύθυνση στη *διεύθυνση IP*. Όταν δηλαδή χρειάζεται να σταλεί ένα πακέτο σε ένα συγκεκριμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει το δίκτυο – και ειδικότερα ο τελευταίος ενδιαμέσος σταθμός – πέρα από την *IP* διεύθυνση να γνωρίζει και τη φυσική *MAC* διεύθυνση του παραλήπτη. Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων κάνει ακριβώς αυτή τη δουλειά, δίνοντας στο σταθμό τη φυσική διεύθυνση της αντιστοιχικής *IP* διεύθυνσης του υπολογιστή - παραλήπτη.

5.6.3.2.3 Το πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου

Το **πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου** (*ICMP: Internet Control Message Protocol*) χρησιμοποιείται κυρίως από το πρόγραμμα *Ping*. Τα πακέτα *ICMP* ενθυλακώνονται μέσα στα πακέτα *IP*, επιτρέποντας σε δύο κόμβους του δικτύου να χρησιμοποιούν από κοινού πληροφορίες για την κατάσταση και τα σφάλματα των πακέτων *IP*. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα *Ping* με τη μορφή μηνυμάτων **αιτήσεων αντήχησης** (*echo request*) και **απαντήσεων αντήχησης** (*echo reply*), για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει μια συγκεκριμένη *IP* διεύθυνση στο δίκτυο.

5.6.3.3 Επίπεδο μεταφοράς

Ανεξάρτητα από τη φύση των εφαρμογών που ανταλλάσσουν δεδομένα, υπάρχει απαίτηση για αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων με τη σειρά που στάλθηκαν. Οι μηχανισμοί που παρέχουν αυτού του είδους την αξιοπιστία είναι ανεξάρτητοι από τη φύση των εφαρμογών, οπότε δικαιολογείται η ομαδοποίησή τους σε ένα επίπεδο διαμοιρασμένο σε όλες τις εφαρμογές, το οποίο αποκαλείται **επίπεδο μεταφοράς** (*transport layer*).

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο εφαρμογής, τη διάσπασή τους σε μικρότερα μηνύματα, αν χρειαστεί, την παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο του Διαδικτύου και τη διασφάλιση ότι όλα τα μηνύματα φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Αν οι *PDU*s δε φτάσουν με τη σωστή σειρά στον παραλήπτη ή περιέχουν λάθη ή χαθούν, είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων του επιπέδου αυτού να τις τοποθετήσουν στη σωστή σειρά ή και να ζητήσουν την επαναμετάδοση των λανθασμένων ή απολεσθέντων *PDU*s. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου παρέχονται από δύο πρωτόκολλα, το *TCP* και το *UDP*.



Δίνοντας την εντολή:

```
ping 150. 140.90.30
```

μπορεί κάποιος να διαπιστώσει αν ο ηλεκτρονικός υπολογιστής συνδέεται στο δίκτυο, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, με τη συγκεκριμένη *IP* διεύθυνση. Πιθανές απαντήσεις είναι:

✓ *150. 140.90.30 is alive*, που σημαίνει ότι ο υπολογιστής με *IP* διεύθυνση:

```
150. 140.90.30
```

είναι στο δίκτυο.

✓ *no answer*, που σημαίνει ότι ο υπολογιστής με *IP* διεύθυνση *150. 140.90.30* δεν είναι στο δίκτυο.



5.6.3.3.1 Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης

Το **πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης** (*TCP: Transmission Control Protocol*) είναι το κυριότερο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*. Αυτό παραλαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο εφαρμογής και τα τεμαχίζει σε τμήματα των 64 Kbytes το πολύ, τα οποία και στέλνει μέσω του δικτύου στο ομότιμο επίπεδο ως ξεχωριστά πακέτα. Ειδικότερα, το *TCP* είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- ✓ Είναι **προσανατολισμένο στη σύνδεση** (*connection-oriented*). Το *TCP* φροντίζει για τη σύνδεση δύο σημείων, καθώς και για τη μεταξύ τους επικοινωνία, εξασφαλίζοντας την αποστολή και τη λήψη των *PDU*s.
- ✓ Η σύνδεση παρέχεται **από το ένα άκρο στο άλλο** (*end-to-end*). Κάθε *PDU* του *TCP* έχει ένα συγκεκριμένο τελικό άκρο (σημείο προορισμού), το οποίο προσδιορίζεται μέσα στην *PDU*. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής της μέσα από τα κανάλια επικοινωνίας η *PDU* αγνοείται από όλα τα σημεία (ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή άλλες διατάξεις) από τα οποία περνάει, για να καταλήξει στο τελικό σημείο που είναι και ο προορισμός της.
- ✓ Είναι **αξιόπιστο** (*reliable*). Πρόκειται για το πιο βασικό και χαρακτηριστικό γνώρισμα του *TCP*. Το πρωτόκολλο φροντίζει να εξασφαλιστεί όχι μόνο η άφιξη των *PDU*s που στέλνονται στον προορισμό τους, αλλά και ότι αυτές φτάνουν εκεί με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν. Αν κάποια *PDU* λείπει, το πρωτόκολλο θα ειδοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή - αποστολέα προκειμένου αυτή να σταλεί ξανά.

Το *TCP* υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ τη λογική σύνδεση και αποσύνδεση με το ομότιμό του πρωτόκολλο,
- ✓ τη μετάδοση των δεδομένων σε πακέτα που δεν υπερβαίνουν τα 64 Kbytes,
- ✓ την αξιοπιστία της μετάδοσης,
- ✓ τον έλεγχο ροής των δεδομένων,
- ✓ την ολικά αμφίδρομη επικοινωνία κ.ά.

Προκειμένου το *TCP* να επικοινωνήσει με το επίπεδο εφαρμογής αλλά και οι εφαρμογές μεταξύ τους, χρησιμοποιείται η έννοια της **θύρας** ή **πόρτας** (*port*). Η θύρα είναι ένα πεδίο στην επικεφαλίδα του *TCP*. Σε κάθε εφαρμογή αντιστοιχεί και μια ορισμένη τιμή. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές έχουν μια συγκεκριμένη **τιμή θύρας**, όπως για παράδειγμα:

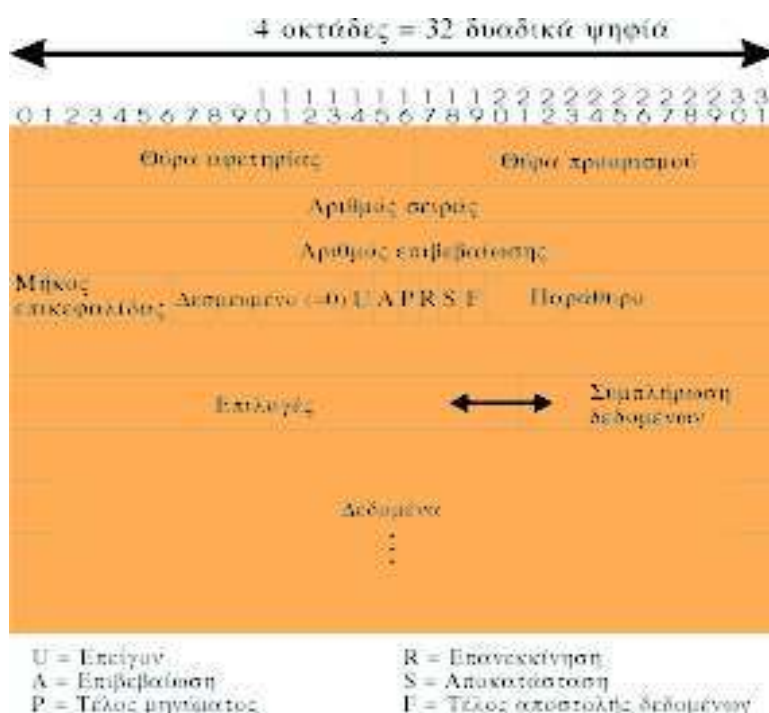
- ✓ *FTP (File Transfer Protocol)*: 21
- ✓ *SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)*: 25
- ✓ *Telnet*: 23

Στο σχήμα 5.27 παρουσιάζεται η δομή μίας *PDU* του πακέτου *TCP* που έχει μήκος 64 Kbytes. Το πακέτο αυτό αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Τα πεδία **θύρα αφετηρίας** (*source port*) και **θύρα προορισμού** (*destination port*). Αναφέρονται στον αριθμό της θύρας που αντιστοιχεί στην τρέχουσα

εφαρμογή.

- ✓ Το πεδίο **αριθμός σειράς** (*sequence number*). Είναι 32 δυαδικών ψηφίων και εξασφαλίζει ότι, όταν τα δεδομένα καταμηθούν σε *PDU*s, αυτές θα τοποθετηθούν στη σωστή σειρά.
- ✓ Το πεδίο **αριθμός επιβεβαίωσης** (*confirmation number*). Είναι 32 δυαδικών ψηφίων και εξασφαλίζει ότι οι *PDU*s που λαμβάνονται από τον παραλήπτη το-



Σχήμα 5.27: Το πακέτο TCP

ποθετούνται στη σωστή σειρά.

- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 4 δυαδικών ψηφίων και αναφέρει πόσα πεδία των 32 δυαδικών ψηφίων βρίσκονται στην επικεφαλίδα του TCP.
- ✓ Το πεδίο **δεσμευμένο** (*reserved*). Είναι 6 δυαδικών ψηφίων και πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά. Η τιμή του σήμερα είναι 0.

Ακολουθούν έξι δυαδικά ψηφία τα οποία είναι:

- Το **επείγον** (*U: Urgent*), το οποίο προσδιορίζει την ύπαρξη επειγόντων δεδομένων, όπως σήματα ελέγχου, διακοπτικά στοιχεία, χαρακτήρες ελέγχου οθόνης κτλ.
- Η **επιβεβαίωση** (*A: Acknowledge*), η οποία χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η σύνδεση αποκαταστάθηκε.
- Το **τέλος μηνύματος** (*P: Push*), το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον



- τερματισμό του μηνύματος.
- Η **επανεκκίνηση** (*R: Reset*), η οποία χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει μια χαμένη σύνδεση.
 - Η **αποκατάσταση** (*S: Syn*), η οποία χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει μια λανθασμένη σύνδεση.
 - Το **τέλος** (*F: Fin*), το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει το τέλος της αποστολής των δεδομένων.
 - ✓ Το πεδίο **παράθυρο** (*window*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ροής των δεδομένων.
 - ✓ Το πεδίο **έλεγχος αθροίσματος** (*checksum*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας των δεδομένων.
 - ✓ Το πεδίο **επείγον δείκτης** (*urgent pointer*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων, και χρησιμοποιείται για να εντοπιστεί ο πρώτος χαρακτήρας δεδομένων μετά από αυτά που έχουν χαρακτηριστεί ως επείγοντα.
 - ✓ Το πεδίο **επιλογές** (*options*). Είναι μεταβλητού μήκους και χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει διάφορες λειτουργίες που απαιτούνται από το *TCP*, όπως για παράδειγμα το μέγιστο μήκος της μονάδας δεδομένων πρωτοκόλλου μεταφοράς (*TPDU*).
 - ✓ Το πεδίο **συμπλήρωση δεδομένων** (*padding data*). Χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει το προηγούμενο πεδίο, έτσι ώστε αυτό να γίνει 32 δυαδικών ψηφίων, και έχει πάντα τιμή 0.
 - ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Είναι μέρος των πραγματικών δεδομένων που στέλνει ο ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής στον άλλο.

5.6.3.3.2 Πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη

Το **πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη** (*UDP: User Datagram Protocol*) είναι και αυτό ένα βασικό πρωτόκολλο μεταφοράς πακέτων δικτύου. Τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου αυτού είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Είναι **μη βασισμένο στη σύνδεση** (*connectionless*). Αυτό σημαίνει ότι το πακέτο *UDP* που στέλνεται από ένα πρόγραμμα σε ολόκληρο το δίκτυο έχει την ελπίδα ότι θα καταλήξει στον προορισμό του και ότι θα φτάσει στη σωστή σειρά.
- ✓ Θεωρείται απλό στην υλοποίησή του.
- ✓ Δεν προσφέρει μηχανισμούς αξιοπιστίας και ελέγχου ροής.

Το *UDP* χρησιμοποιείται σε κάποιες εφαρμογές, όπως η *NFS (Network File System)* για διαχείριση αρχείων δικτύου και η *TFTP (Trivial File Transfer Protocol)* για μεταφορά αρχείων, στις οποίες η ίδια η εφαρμογή αποφασίζει να καταβάλει την επιπλέον προσπάθεια προκειμένου να εκτελεστεί πρόσθετος έλεγχος και παρακολούθηση των σφαλμάτων, έτσι ώστε να επωφεληθεί από τη μεγαλύτερη ταχύτητα και τη μικρότερη επιβάρυνση του *UDP*.

Επίσης το *UDP* χρησιμοποιείται συχνά για **μηνύματα εκπομπής** (*broadcast messages*), όταν δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τελικός αποδέκτης, μπορεί όμως

να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές στις οποίες ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να αποδεχτεί κάποια επιπλέον εσωτερική επιβάρυνση, για να εξασφαλίσει την αξιόπιστη παράδοση, κάτι το οποίο συντελεί τελικά στη μείωση της συνολικής επιβάρυνσης του πρωτοκόλλου.

Στο σχήμα 5.28 παρουσιάζεται η δομή ενός πακέτου *UDP* που έχει μήκος 64 Kbytes και αποτελείται από τα ακόλουθα πεδία:

- ✓ Τα πεδία **θύρα αφετηρίας** (*source port*) και **θύρα προορισμού** (*destination port*). Αναφέρονται στον αριθμό της θύρας που αντιστοιχεί στην τρέχουσα εφαρμογή.
- ✓ Το πεδίο **μήκος επικεφαλίδας** (*header length*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων και προσδιορίζει το μέγεθος του πακέτου, συμπεριλαμβανομένης και της επικεφαλίδας.
- ✓ Το πεδίο **έλεγχος αθροίσματος** (*checksum*). Είναι 16 δυαδικών ψηφίων, χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας των δεδομένων και είναι προαιρετικό.
- ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*). Περιλαμβάνει μέρος των πραγματικών δεδομένων.



Σχήμα 5.28: Το πακέτο *UDP*

5.6.3.4 Επίπεδο εφαρμογής

Επάνω από το επίπεδο μεταφοράς στο μοντέλο *TCP/IP* είναι το **επίπεδο εφαρμογής** (*application layer*). Δεν υπάρχουν στο μοντέλο *TCP/IP* τα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης όπως στο *OSI*, που έτσι κι αλλιώς, όπως έχει δείξει η έως τώρα εμπειρία, ελάχιστα χρησιμοποιούνται. Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχουν πολλά ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα, όπως το **πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού** (*terminal emulator protocol*), γνωστό και ως *Telnet*, που επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να συνδεθεί από τον υπολογιστή του με κάποιο απομακρυσμένο μηχάνημα, το **πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων** (*FTP: File Transfer Protocol*), που χρησιμοποιείται για μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο, το **πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου** (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*) για αποστολή και λήψη ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, το **πρωτόκολλο HTTP** (*Hyper Text Transfer Protocol*) για μεταφορά ιστοσελίδων από το Διαδίκτυο στον υπολογιστή μας και πολλά άλλα. Στο σχήμα 5.29 παρουσιάζονται τα τέσσερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *TCP/IP* σε αντιστοιχία με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που εφαρμόζονται σε κάθε επίπεδο του *TCP/IP*, καθώς και τα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

Επίπεδα OSI	Οικογένεια TCP/IP	DNS	Εφαρμογές
7	T G K E O H L F S	Domain Name System	S T N N T F M T S
6	X N H E T T M		
5	T E R P T P		
4	TCP		UDP
3	ARP	IP	ICMP
2	Ethernet 802.3	Fast Ethernet 802.3	Token Ring FDDI
1			SDLC X.25

Σχήμα. 5.29: Σχέση επιπέδων και πρωτοκόλλων στο μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*



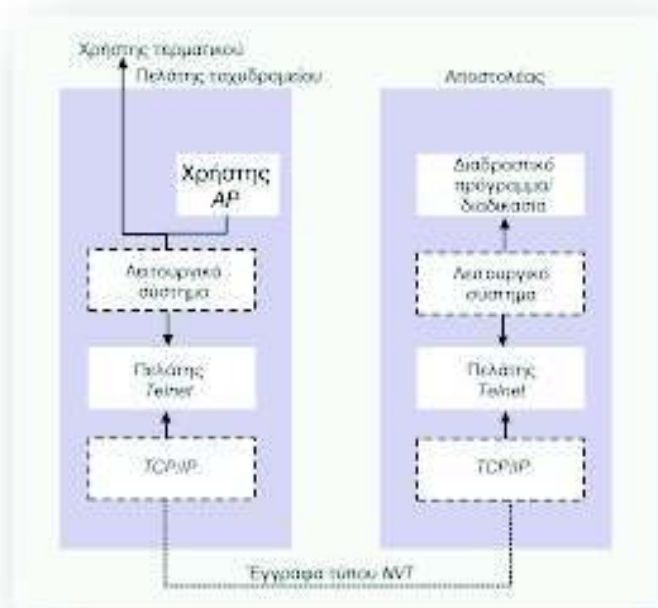
5.6.3.4.1 Πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού

Το **πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού** (*Telnet*) χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση μιας σύνδεσης με κάποιον απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η λειτουργία του πρωτοκόλλου αυτού υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.30, ο πελάτης *Telnet* προσεγγίζεται μέσω του λειτουργικού συστήματος του τοπικού υπολογιστή με τη βοήθεια μιας εφαρμογής. Το *Telnet* προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να επικοινωνήσει (*log on*) με το λειτουργικό σύστημα ενός απομακρυσμένου ηλεκτρονικού υπολογιστή και να χρησιμοποιήσει τα εγκατεστημένα προγράμμάτα του, όπως για παράδειγμα τον επεξεργαστή κειμένου ή την ηλεκτρονική αλληλογραφία του.

Όλες οι εντολές του χρήστη περνούν μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στον πελάτη *Telnet* και στη συνέχεια μέσω του μοντέλου *TCP* στο σταθμό εξυπηρέτησης *Telnet*, δηλαδή στο απομακρυσμένο μηχάνημα. Με τον ίδιο τρόπο τα αποτελέσματα επιστρέφονται στον πελάτη *Telnet* και μέσω του τοπικού λειτουργικού συστήματος στο χρήστη.

Τα δύο πρωτόκολλα *Telnet*, του πελάτη και του σταθμού εξυπηρέτησης, επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας εντολές που είναι κωδικοποιημένες σε ένα πρότυπο το οποίο ονομάζεται **δίκτυο νοητού τερματικού** (*NVT: Network Virtual Terminal*). Για να αποδοθούν οι εντολές αυτές, χρησιμοποιείται το σύνολο των χαρακτήρων *ASCII*. Όλα τα δεδομένα εισόδου και εξόδου που σχετίζονται με την επικοινωνία των δύο ομότιμων πρωτοκόλλων πελάτη και σταθμού εξυπηρέτησης μεταφέρονται προς μία κατεύθυνση με σειρές χαρακτήρων *ASCII*. Αν τα δύο μηχανήματα δε χρησιμοποιούν το ίδιο σύνολο χαρακτήρων, τότε τα αντίστοιχα πρωτόκολλα *Telnet* μεταφέρουν μαζί τους και την πληροφορία για την αντιστοίχιση (*mapping*) των

δύο συνόλων, αναλαμβάνοντας έτσι και το ρόλο του επιπέδου παρουσίασης του μοντέλου αναφοράς *OSI*.



Σχήμα 5.30: Η αρχιτεκτονική πελάτη - σταθμός εξυπηρέτησης στην υπηρεσία προσομοίωσης τερματικού (*Telnet*)

5.6.3.4.2 Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων

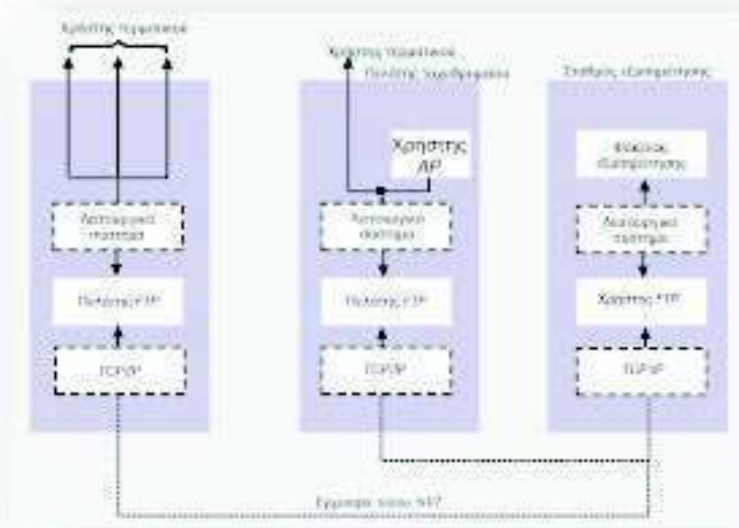
Το **πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων** (*FTP: File Transfer Protocol*) επιτρέπει την πρόσβαση και τη διαχείριση ενός απομακρυσμένου σταθμού εξυπηρέτησης αρχείων (*file server*). Η λειτουργία και αυτού του πρωτοκόλλου υλοποιείται μέσω της αρχιτεκτονικής πελάτη - σταθμός εξυπηρέτησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.31, ο πελάτης *FTP* προσεγγίζεται μέσω του λειτουργικού συστήματος του τοπικού υπολογιστή είτε

απευθείας είτε με τη βοήθεια μιας εφαρμογής. Το *ftp* προσφέρει υπηρεσίες που επιτρέπουν στο χρήστη να διαχειριστεί ένα σύστημα αρχείων που βρίσκεται σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αναλυτικότερα, ο χρήστης μπορεί να δει τη δομή του απομακρυσμένου συστήματος αρχείων, να διαγράψει, να μετονομάσει, να δημιουργήσει, να μεταφέρει αρχεία και γενικά να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργίες ενός συστήματος αρχείων.

Ο πελάτης *FTP* επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει τη δομή των αρχείων και τον τύπο των δεδομένων τα οποία εμπλέκονται στις τυχόν διεργασίες του. Τρεις τύποι δεδομένων είναι στη διάθεση του χρήστη:

- ✓ δυαδικά ψηφία σταθερού μήκους,
- ✓ κείμενο (*text ASCII* και *EBCDIC*),
- ✓ δυαδικά ψηφία μεταβλητού μήκους.

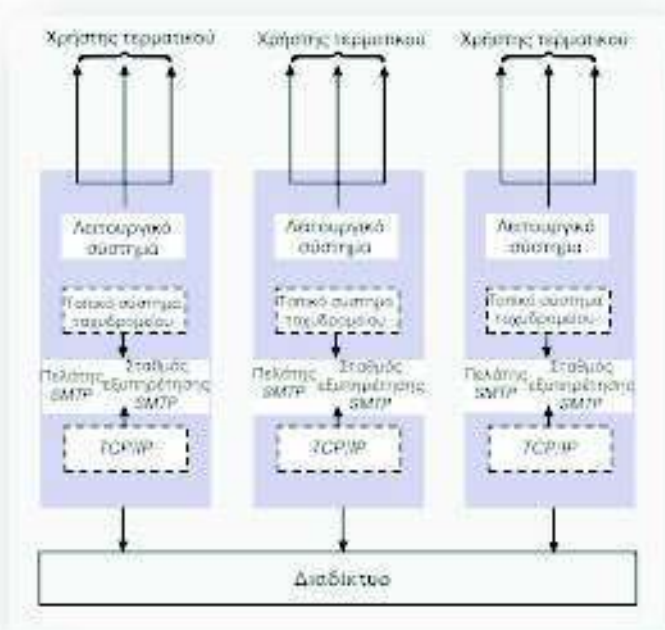
Να σημειωθεί ότι σε έναν απομακρυσμένο σταθμό εξυπηρέτησης αρχείων μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω *FTP* περισσότεροι του ενός χρήστες, όπως άλλωστε φαίνεται και στο σχήμα 5.31.



Σχήμα 5.31: Αρχιτεκτονική πελάτη - σταθμός εξυπηρέτησης *FTP*

5.6.3.4.3 Πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου

Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, γνωστότερο και ως *e-mail*, είναι η πιο διαδεδομένη υπηρεσία που προσφέρουν τα δίκτυα. Τα τοπικά συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου έκαναν την εμφάνισή τους ταυτόχρονα με την εμφάνιση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ήταν θέμα χρόνου να επεκταθεί αυτή η υπηρεσία και στα διασυνδεδεμένα δίκτυα. Το **πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου** (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*) είναι ένα πρωτόκολλο που διαχειρίζεται τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε απομακρυσμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και δίκτυα. Να σημειωθεί ότι το *SMTP* δε διαχειρίζεται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο χρηστών που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο, αφού αυτό είναι αρμοδιότητα του τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Διαχειρίζεται όμως την εξωτερική αλληλογραφία του τοπικού δικτύου, σε συ-



Σχήμα 5.32: Σχέση *SMTP* και τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου



νεργασία πάντα με το τοπικό σύστημα. Η σχέση του *SMTP* και του τοπικού συστήματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου φαίνεται στο σχήμα 5.32.

Ο τυπικός σχεδιασμός του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου προϋποθέτει μια ουρά εισόδου, μια ουρά εξόδου, μια διεπαφή μεταξύ του τοπικού συστήματος και του *SMTP*, καθώς και την αρχιτεκτονική πελάτης - σταθμός εξυπηρέτησης του *SMTP*. Ο πελάτης *SMTP* είναι υπεύθυνος για την αποστολή της αλληλογραφίας, ενώ ο σταθμός εξυπηρέτησης *SMTP* είναι υπεύθυνος για τη λήψη της.

Το τοπικό σύστημα αλληλογραφίας παρέχει πάντα στο χρήστη ένα **κουτί αλληλογραφίας** (*mailbox*), στο οποίο ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει την αλληλογραφία του, αλλά και να την ανακαλέσει οποτεδήποτε το επιθυμήσει. Ένα κουτί αλληλογραφίας χαρακτηρίζεται από δύο πεδία, το **τοπικό πεδίο** (*local part*) και το **γενικό πεδίο** (*global part*). Το πρώτο είναι συνήθως ένα όνομα που παραπέμπει στο χρήστη και είναι μοναδικό στο τοπικό σύστημα ταχυδρομείου. Το δεύτερο παραπέμπει στο όνομα του οργανισμού στον οποίο ανήκει ο χρήστης και είναι μοναδικό σε όλο το Διαδίκτυο. Τα δύο πεδία χωρίζονται με το σύμβολο @. Ένα παράδειγμα διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου φαίνεται στο σχήμα 5.33.



Σχήμα 5.33: Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου

Οι σημαντικότερες λειτουργίες του *SMTP* είναι οι εξής:

- ✓ Ο καθορισμός της μορφής (*format*) της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, ώστε να διασφαλιστεί ότι η μορφή είναι κατανοητή και από τα δύο μέρη που επικοινωνούν.
- ✓ Η μεταφορά της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας από τη μία διάταξη στην άλλη.

Όσον αφορά τη μορφή, σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά προγράμματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Είναι πολύ συχνό φαινόμενο δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές που ανταλλάσσουν μηνύματα αλληλογραφίας να χρησιμοποιούν διαφορετικές εφαρμογές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Μεταξύ των δύο εφαρμογών το ρόλο του μεταφραστή παίζει το *SMTP*, ώστε τα μηνύματα να είναι κατανοητά και στις δύο εφαρμογές.

Η μορφή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου απαρτίζεται από δύο μέρη, την **επικεφαλίδα** (*header*) και το κυρίως **σώμα** (*body*). Τα δύο αυτά μέρη αποτελούνται από ένα σύνολο γραμμών κειμένου *ASCII* με μια κενή γραμμή ενδιάμεσα, ώστε να ξεχωρίζουν. Κάθε γραμμή στην επικεφαλίδα περιέχει μια **λέξη - κλειδί** (*keyword*), που ακολουθείται από μια σειρά αλφαριθμητικών με μια διπλή τελεία ενδιάμεσα, για να ξεχωρίζουν. Κάποιες λέξεις - κλειδιά είναι υποχρεωτικές, ενώ άλλες είναι προαιρετικές. Μια τυπική επικεφαλίδα θα μπορούσε να αποτελείται από τις παρακάτω γραμμές:

TO:	Όνομα παραλήπτη, π.χ. tsili@aia.gr
FROM:	Όνομα αποστολέα, π.χ. alexiou@cti.gr
CC:	Αντίγραφα σε άλλους παραλήπτες

SUBJECT: Τίτλος μηνύματος
DATE: Ημερομηνία αποστολής

Το κυρίως σώμα περιέχει το μήνυμα που αποστέλλεται στον παραλήπτη.

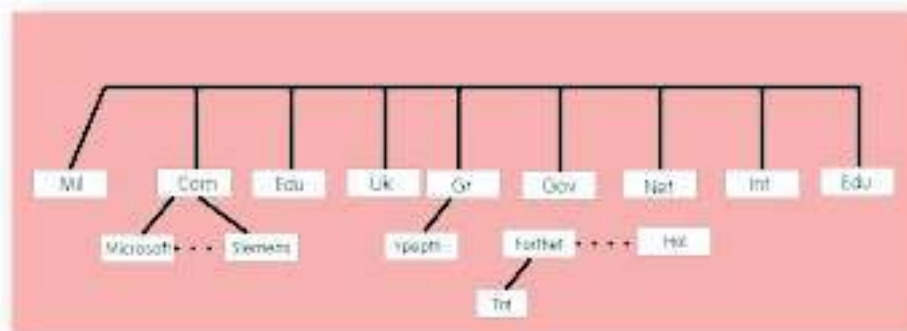
Η δεύτερη λειτουργία του *SMTP* είναι η μεταφορά του ηλεκτρονικής αλληλογραφίας. Από τη στιγμή που το μήνυμα είναι έτοιμο να αποσταλεί στον παραλήπτη, το τοπικό σύστημα αλληλογραφίας ελέγχει το όνομα του παραλήπτη, για να διαπιστώσει αν πρόκειται για κάποιον τοπικό ή εξωτερικό χρήστη. Στην πρώτη περίπτωση η αλληλογραφία διεκπεριώνεται με τη βοήθεια του τοπικού συστήματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το μήνυμα στέλνεται στην ουρά εξόδου, προκειμένου να διεκπεραιωθεί από τον *SMTP* πελάτη.

5.6.3.4.4 Υπηρεσίες καταλόγου

Σε ένα οποιοδήποτε τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι απαραίτητο να υπάρχουν υπηρεσίες καταλόγου, με σκοπό τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα οι χρήστες του τηλεφωνικού συστήματος χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες καταλόγου, το γνωστό 131, για να βρουν το τηλέφωνο κάποιου συνδρομητή με τον οποίο θέλουν να επικοινωνήσουν. Αντίστοιχα, το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP* έχει τη δική του υπηρεσία καταλόγου, η οποία είναι γνωστή ως **σύστημα ονομασίας περιοχών** (*DNS: Domain Name System*). Η αντίστοιχη υπηρεσία στο μοντέλο αναφοράς *OSI* ονομάζεται **κατάλογος X.500**.

Το σύστημα ονομασίας περιοχών υιοθετήθηκε το 1984, για να αποτελέσει τη σύμβαση ονομασίας του Διαδικτύου που θα χρησίμευε για την αντιστοίχιση διευθύνσεων *IP* σε ονόματα συσκευών. Σχεδιάστηκε από τον Paul Mockapetris και περιγράφεται ως μια «ιεραρχική και κατανεμημένη βάση δεδομένων ονομάτων». Η ιεραρχική δομή του *DNS* ξεκινά με τη **βασική περιοχή** (*root domain*), που συμβολίζεται συνήθως με μία κουκκίδα (.), όπως φαίνεται στην ανεστραμμένη δένδροειδή δομή του σχήματος 5.34. Κάτω από τη βασική περιοχή υπάρχουν οι περιοχές **ανώτατου επιπέδου** (*top-level domains*), στις οποίες περιλαμβάνονται σήμερα οι αρχικές επτά περιοχές αυτού του επιπέδου και περιοχές που προστέθηκαν αργότερα, έτσι ώστε να μπορούν να φιλοξενηθούν στο Διαδίκτυο διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Οι επτά αρχικές περιοχές ανώτατου επιπέδου ήταν σαφέστατα σχεδιασμένες για τις Η.Π.Α. και είναι οι ακόλουθες:

- ✓ **.com εμπορικοί (commercial)** οργανισμοί, όπως η Hewlett-Packard (hp.com) και η Microsoft (microsoft.com).
- ✓ **.edu εκπαιδευτικοί (educational)** οργανισμοί, όπως το Πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνια (berkeley.edu) και το Πανεπιστήμιο Stanford (stanford.edu).
- ✓ **.gov κυβερνητικές (government)** υπηρεσίες, όπως το Γραφείο του προέδρου των Η.Π.Α. (whitehouse.gov).
- ✓ **.mil στρατιωτικές (military)** υπηρεσίες, όπως το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού των



Σχήμα 5.34: Η ιεραρχική δομή του DNS

Η.Π.Α. (navy.mil).

- ✓ **.net οργανισμοί δικτύωσης (networking)**, όπως το InterNIC (internic.net).
- ✓ **.org μη εμπορικοί οργανισμοί (organizations)**, όπως η αμερικανική δημόσια ραδιοφωνία National Public Radio (npr.org).
- ✓ **.int διεθνείς (international) οργανισμοί**, όπως το NATO (nato.int).

Οι ονομασίες των διάφορων γεωγραφικών περιοχών που προστέθηκαν σ' αυτές τις περιοχές ανώτατου επιπέδου αντιστοιχούν στις διεθνείς συντμήσεις της ονομασίας κάθε κράτους, όπως είναι για παράδειγμα: *gr* για την Ελλάδα, *uk* για τη Βρετανία, *au* για την Αυστραλία κ.ο.κ.

Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του DNS είναι ότι υλοποιείται σε κατανεμημένη βάση δεδομένων. Πρόκειται για μια σύμβαση ονομασίας, η οποία όμως δεν επιδέχεται δυναμικές αλλαγές. Αυτό συνιστά ταυτόχρονα και το μεγαλύτερο μειονέκτημα του DNS, αφού απαιτείται πολύς χρόνος προκειμένου οι ενημερώσεις ή οι μεταβολές της βάσης δεδομένων να ενεργοποιηθούν στους κόμβους του Διαδικτύου.



Σήμερα γνωστοί φυλλομετρητές είναι οι *Netscape 4.x* της *Netscape* και *Internet Explorer 5.x* της *Microsoft*, ενώ υπάρχουν και αρκετοί άλλοι λιγότερο γνωστοί.

5.6.3.4.5 Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου

Η αλματώδης ανάπτυξη του Διαδικτύου τα τελευταία χρόνια οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ευελιξία του, η οποία σε μεγάλο βαθμό είναι αποτέλεσμα της χρήσης του **πρωτοκόλλου μεταφοράς υπερκειμένου (HTTP: HyperText Transfer Protocol)**. Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων υπερκειμένου μέσω των δικτύων *TCP/IP*. Τα δεδομένα υπερκειμένου διαμορφώνονται μέσω της **γλώσσας μορφοποίησης υπερκειμένου (HTML: HyperText Markup Language)**. Μια σελίδα υπερκειμένου μπορεί να έχει **δεσμούς** (συνδέσεις) με άλλες σελίδες υπερκειμένου, επιτρέποντας έτσι στην ίδια σελίδα να περιέχει γραφικά, κείμενο, αρχεία ήχου, βίντεο κτλ. Ειδικά προγράμματα, οι **φυλλομετρητές παγκόσμιου ιστού (WEB-browsers)**, χρησιμοποιούνται μέσω του *HTTP*, ώστε να μπορεί κανείς να δει *HTML* σελίδες.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς / πρωτόκολλο Διαδικτύου (*TCP/IP*), επίπεδο πρόσβασης δικτύου, επίπεδο Διαδικτύου, επίπεδο μεταφοράς, επίπεδο εφαρμογής, διεύθυνση IP, μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου εφαρμογής, πρωτόκολλο εξομίωσης τερματικού (*Telnet*), πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (*FTP*), πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (*SMTP*), υπηρεσίες καταλόγου, σύστημα ονομασίας περιοχών (*DNS*), πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (*HTTP*), δεσμός, γλώσσα μορφοποίησης υπερκειμένου (*HTML*).





Μάθημα 5.7: Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς TCP/IP και OSI

5.7.1 Εισαγωγή

Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα αναφοράς, *OSI* και *TCP/IP*, είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι δε συγκρίνονται τα πρωτόκολλα που λειτουργούν στα διάφορα επίπεδα των μοντέλων. Βέβαια η ονομασία του μοντέλου *TCP/IP* παραπέμπει στα δύο κυριότερα πρωτόκολλα που βρίσκονται στο επίπεδο μεταφοράς και στο επίπεδο Διαδικτύου αντίστοιχα και αυτός ίσως είναι ένας λόγος σύγχυσης.

Αρκετές είναι οι ομοιότητες αλλά και οι διαφορές των δύο μοντέλων, οι σημαντικότερες από τις οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

5.7.2 Ομοιότητες

- ✓ Και τα δύο μοντέλα αναφοράς περιγράφονται υπό μορφή επιπέδων.
- ✓ Σε κάθε επίπεδο δρουν κάποια πρωτόκολλα, που αναφέρονται και ως πρωτόκολλα του αντίστοιχου επιπέδου. Για παράδειγμα, στο επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου *TCP/IP* μπορούμε να συναντήσουμε δύο πρωτόκολλα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, το *TCP* και το *UDP*. Άρα η αντιστοιχία πρωτοκόλλων - επιπέδων δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένη.
- ✓ Συνήθως κάθε επίπεδο περιλαμβάνει περισσότερα από ένα πρωτόκολλα. Το ποιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις των χρηστών και της εφαρμογής που επιλέγουν για να επικοινωνήσουν.
- ✓ Και στα δύο μοντέλα αναφοράς τα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων από το επίπεδο μεταφοράς (του επιπέδου μεταφοράς συμπεριλαμβανομένου) είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επικοινωνία.

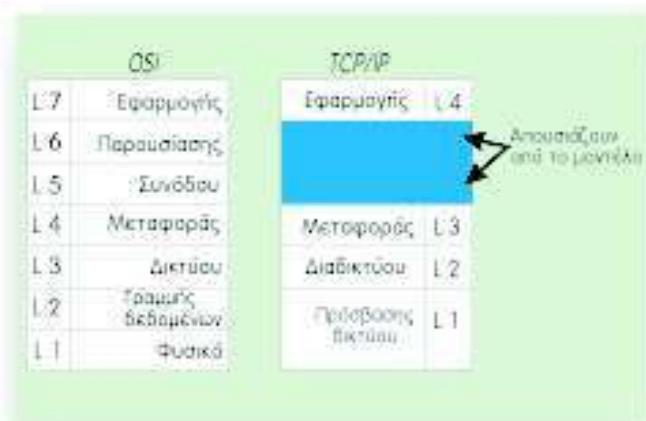
5.7.3 Διαφορές

Παρά τις ομοιότητες των δύο μοντέλων αναφοράς υπάρχουν και σημαντικές διαφορές, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- ✓ Η περιγραφή του *OSI* θεωρείται πληρέστερη από αυτήν του *TCP/IP*, αν και στην πορεία αποδείχτηκε ότι και στο *OSI* υπήρχαν ελλείψεις οι οποίες έπρεπε να συμπληρωθούν. Η μεγαλύτερη προσφορά του *OSI* είναι το γεγονός ότι κάνει ένα σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στις έννοιες της **υπηρεσίας**, της **διεπαφής** και του **πρωτοκόλλου**. Στο *TCP/IP* ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι ευδιάκριτος. Αν και έγιναν αρκετές προσπάθειες προκειμένου να οριοθετηθούν σαφέστερα οι έν-

νοίες αυτές, δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση. Ο λόγος που παρουσιάζεται αυτή η διαφορά στα δύο μοντέλα είναι ο εξής: το μοντέλο *OSI* πρώτα περιγράφηκε από τους ειδικούς και μετά γράφτηκαν τα πρωτόκολλα και όλο το σχετικό λογισμικό που αφορούσε τη λειτουργία των διεπαφών και των υπηρεσιών που προσφέρονται. Αντίθετα, στην περίπτωση του *TCP/IP* τα πράγματα ακολούθησαν διαφορετική πορεία. Πρώτα δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα, τα οποία βέβαια πράγματι έκαναν τη δουλειά τους, και μετά, με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, δημιουργήθηκε το μοντέλο. Αυτό φυσικά είχε πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.

- ✓ Στην περίπτωση του *TCP/IP* δεν υπήρξε πρόβλημα συμφωνίας πρωτοκόλλων - μοντέλου, καθώς το μοντέλο περιγράφηκε με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, με αποτέλεσμα αυτά να ταιριάζουν (εκ των υστέρων) απόλυτα στο μοντέλο. Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε, στο *TCP/IP* δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός ανάμεσα στις έννοιες του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας.
- ✓ Στην περίπτωση του *OSI* το μοντέλο περιγράφηκε κάνοντας σαφή διαχωρισμό στις έννοιες που υιοθετήθηκαν από τα πρωτόκολλα. Ωστόσο η ανυπαρξία κάποιων έτοιμων πρωτοκόλλων τα οποία θα προσδιόριζαν (εκ των προτέρων) με ακρίβεια τον ορισμό του μοντέλου είχε ως αποτέλεσμα το μοντέλο που δημιουργήθηκε να είναι αρκετά γενικό. Όταν λοιπόν υλοποιήθηκαν δίκτυα που χρησιμοποιούσαν λειτουργικά το μοντέλο *OSI*, τότε εμφανίστηκαν τα προβλήματα, τα οποία έγινε προσπάθεια να επιλυθούν με την επέκταση, τις περισσότερες φορές, του ορισμού και της λειτουργικότητας του μοντέλου. Για παράδειγμα, αρχικά το *OSI* στο επίπεδο γραμμής δεδομένων αναφερόταν μόνο σε δίκτυα σημείου προς σημείο και δεν είχε λάβει υπόψη του τα δίκτυα εκπομπής, τα οποία εμφανίστηκαν στο προσκήνιο αργότερα. Έτσι λοιπόν προστέθηκε ένα υποεπίπεδο (*sub-layer*) στο επίπεδο γραμμής δεδομένων το οποίο ασχολείται με τα δίκτυα εκπομπής.
- ✓ Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων είναι αυτή του αριθμού των επιπέδων τους (σχήμα 5.35). Στο *OSI* έχουμε επτά επίπεδα, ενώ στο *TCP/IP* τέσσερα. Η χρήση των επτά επιπέδων κρίνεται σήμερα υπερβολική, την εποχή όμως που γινόταν η συζήτηση για την περιγραφή του μοντέλου *OSI* η συγκεκριμένη λύση φαινόταν η καλύτερη. Σημειώνεται ότι η βρετανική πρόταση περιγραφής ενός μοντέλου πέντε επιπέδων τελικά δεν ευδοκίμησε. Η λύση των επτά επιπέδων βρήκε πρόσφορο έδαφος, αφού εκείνη την εποχή η IBM κυριαρχούσε απόλυτα στο χώρο και είχε ήδη κατασκευάσει ένα πρωτόκολλο επτά επιπέδων, το γνωστό *SNA* (Μάθημα 5.1). Η επιτροπή που είχε υπό την ευθύνη της την περιγραφή του νέου μοντέλου και που αποτελούνταν από εκπροσώπους της βιομηχανίας,



Σχήμα 5.35: Σύγκριση επιπέδων των μοντέλων αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*



της τηλεφωνίας, των μεγάλων εταιρειών ηλεκτρονικών υπολογιστών, διάφορων διεθνών οργανισμών που έχουν ήδη αναφερθεί, καθώς και από εκπροσώπους κρατών, δεν κατάφερε να περιγράψει ένα μοντέλο διαφορετικό από το μοντέλο της IBM, κυρίως από το φόβο μήπως αυτό αποτύχει και η IBM γίνει η απόλυτη κυρίαρχος του χώρου. Εξάλλου το μοντέλο *TCP/IP* δεν είχε ακόμα δείξει την πραγματική του δύναμη. Έτσι λοιπόν η επιτροπή περιέγραψε ένα μοντέλο κοντά στα πρότυπα της IBM, με σκοπό να γίνει ευκολότερα ένα παγκόσμιο πρότυπο, το οποίο όμως να ελέγχεται από έναν ουδέτερο και μη κερδοφόρο οργανισμό, όπως ο *ISO*, και όχι από μία και μόνο εταιρεία.

- ✓ Το επίπεδο συνόδου του *OSI* έχει στην πραγματικότητα πολύ μικρή εφαρμογή, ενώ το επίπεδο παρουσίασης απουσιάζει εντελώς από τις περισσότερες εφαρμογές, πράγμα που δικαιώνει αυτούς που υποστήριζαν την περιγραφή ενός μοντέλου με λιγότερα επίπεδα, όπως το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*, στο οποίο και τα δύο αυτά επίπεδα απουσιάζουν.
- ✓ Αντίθετα από το *OSI*, το *TCP/IP* δεν κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου γραμμής δεδομένων. Αυτό όμως αποτελεί μειονέκτημα για το *TCP/IP*, αφού τα δύο αυτά επίπεδα είναι εντελώς διαφορετικά και ο διαχωρισμός τους είναι απαραίτητος. Το επίπεδο γραμμής δεδομένων ασχολείται με την οριοθέτηση των πακέτων και την αξιόπιστη μετάδοσή τους, ενώ το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης.
- ✓ Στο επίπεδο δικτύου το *OSI* υποστηρίζει τόσο την προσανατολισμένη όσο και τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Όμως στο επίπεδο μεταφοράς υποστηρίζει μόνο την προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Αντίθετα, το μοντέλο *TCP/IP* υποστηρίζει στο επίπεδο Διαδικτύου μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύο τρόπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.
- ✓ Η διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων εντοπίζεται και στην ικανότητα κάθε μοντέλου να περιγράψει διαφορετικές οικογένειες πρωτοκόλλων που δεν ανήκουν σ' αυτό. Η περιγραφή, για παράδειγμα, του *SNA* της IBM χρησιμοποιώντας το μοντέλο *TCP/IP* είναι αδύνατη, αφού το μοντέλο *TCP/IP* δημιουργήθηκε για να περιγράψει συγκεκριμένα πρωτόκολλα. Αντίθετα, το *OSI* είναι ένα γενικό μοντέλο αναφοράς, μέσα από το οποίο μπορούν να περιγραφούν και να υλοποιηθούν και άλλες σείβες πρωτοκόλλων.
- ✓ Το *TCP/IP* έτυχε ευρύτερης αποδοχής από τον κόσμο των επικοινωνιών σε σύγκριση με το *OSI*. Οι αιτίες αυτής της αποδοχής ποικίλλουν, περιληπτικά όμως οι σπουδαιότερες από αυτές είναι οι ακόλουθες:
 - Το *OSI* προσπάθησε να αναπτυχθεί, όταν το *TCP/IP* χρησιμοποιούνταν ήδη από όλο σχεδόν το φάσμα του ακαδημαϊκού χώρου.
 - Δεδομένης της αναλυτικής περιγραφής του *OSI* και του σαφή διαχωρισμού που έκανε μεταξύ των εννοιών του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας, οι πρώτες εφαρμογές που γράφτηκαν στα πλαίσια του μοντέλου ήταν πολύπλοκες και δύσχρηστες. Αντίθετα, τα πρωτόκολλα του *TCP/IP*, και ειδικότερα τα δύο βασικά πρωτόκολλά του, το *TCP* και το *IP*, ήταν καλο-

γραμμένα και εύχρηστα.

- Οι εφαρμογές οι βασισμένες στο μοντέλο *TCP/IP* ήταν και είναι δωρεάν διαθέσιμες στους χρήστες υπολογιστών, οι οποίοι μπορούν γρήγορα και εύκολα να τις χρησιμοποιούν και να τις ενσωματώνουν στα δίκτυα των υπολογιστών τους.
- Το *OSI*, ενώ δεν έχει την καθολική αποδοχή που απολαμβάνει το μοντέλο *TCP/IP* στο χώρο των εμπορικών δικτύων υπολογιστών, όπως το Διαδίκτυο και τα Ενδοδίκτυα διάφορων εταιρειών και οργανισμών, εντούτοις συνεχίζει να αποτελεί χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο για την εξερεύνηση και τη μελέτη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Διεπαφή, υπηρεσία, *OSI*, *TCP/IP*, πρότυπα αναφοράς, συστάσεις.





Ανακεφαλαίωση

Τα τελευταία χρόνια, με την αλματώδη ανάπτυξη των επικοινωνιών, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των δικτύων υπολογιστών βασίστηκε όχι μόνο στην ανάπτυξη του υλικού, όπως συνέβαινε κατά τα πρώτα χρόνια, αλλά και του λογισμικού. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να οργανωθεί καλύτερα η όλη λειτουργία, το λογισμικό σχεδιάστηκε υπό μορφή επιπέδων ή στρωμάτων (*layers*), τα οποία δομούνται διαδοχικά το ένα επάνω στο άλλο. Η επικοινωνία ελέγχεται από ορισμένους κανόνες, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, που ενεργοποιούνται στα αντίστοιχα επίπεδα των συνδεδεμένων χρηστών.

Σήμερα υπάρχουν πολλές κατηγορίες πρωτοκόλλων, τα οποία ταξινομούνται ανάλογα με τη λειτουργία τους, τη σκοπιμότητά τους και πολλές φορές τον κατασκευαστή τους. Οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων εντοπίζονται κυρίως στην κατάτμηση και στην επανασύνθεση των μηνυμάτων, στην ενθυλάκωση, στη διευθυνσιοδότηση, στον έλεγχο σύνδεσης, στον έλεγχο ροής, στον έλεγχο σφαλμάτων, στην τμηματοποίηση, στην προτεραιότητα και τέλος στην ασφάλεια.

Κάθε επίπεδο προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο μέσω μιας διεπαφής. Οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα της επικοινωνίας και γι' αυτό είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Οι υπηρεσίες που προσφέρει ένα επίπεδο στο αμέσως υψηλότερο από αυτό διακρίνονται σε υπηρεσίες προσανατολισμένες στη σύνδεση (*COSs: Connection Oriented Services*) και σε υπηρεσίες μη προσανατολισμένες στη σύνδεση (*CLSs: ConnectionLess Services*).

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI - RM: Open Systems Interconnection - Reference Model*) ακολουθεί και αυτό την αρχιτεκτονική κατά στρώματα ή επίπεδα και αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (*ISO: International Standards Organization*). Ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Εμφανής στόχος των δημιουργών του μοντέλου αυτού ήταν η δυνατότητα επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών καταμεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το *OSI* υλοποιεί ένα σύνολο επτά επιπέδων αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7). Τα επτά αυτά επίπεδα είναι το επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο, το επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων, το επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου, το επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς, το επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου, το επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης και τέλος το επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής.

Το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP (Transmission Control Protocol /Internet Protocol)* είναι μια εναλλακτική πρόταση στο *OSI*, που σήμερα έχει κυριαρχήσει σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο. Δημιουργήθηκε για να υποστηρίξει την επικοινωνία του *ARPANET*, ενός δικτύου που προηγήθηκε του Διαδικτύου και που αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Και αυτό το μοντέλο αναφοράς ακολουθεί την αρχιτεκτονική κατά στρώματα, υλοποιώντας όμως ένα σύνολο

τεσσάρων επιπέδων. Τα επίπεδα αυτά είναι το επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς και τέλος το επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής.

Τα πρωτόκολλα του *TCP/IP* στο επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιούνται ευρύτατα και είναι αυτά που επιτρέπουν στο χρήστη να ωφεληθεί από τις υπηρεσίες που προσφέρει το Διαδίκτυο. Τα κυριότερα από αυτά είναι το πρωτόκολλο εξομίωσης τερματικού (*Telnet*), το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (*FTP: File Transfer Protocol*), το πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (*SMTP: Simple Mail Transfer Protocol*), το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου κ.ά. Τα μοντέλα αναφοράς *OSI* και *TCP/IP* παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που οφείλονται κυρίως στο χρόνο εμφάνισής τους, καθώς και στην προσπάθεια που έγινε από τους υποστηρικτές κάθε μοντέλου προκειμένου να επικράτησει στην παγκόσμια κοινότητα.

Η αλματώδης ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών και των πληροφοριακών συστημάτων δημιούργησε την ανάγκη επινόησης προτύπων κοινώς αποδεκτών από τη διεθνή κοινότητα. Οι ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις των χρηστών για επικοινωνία οδήγησαν τους οργανισμούς που ήταν υπεύθυνοι για τη δημιουργία των διεθνών προτύπων να εξετάσουν τρόπους για την από κοινού ανάπτυξή τους, σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες στους οποίους θα στηρίζονταν οι διάφοροι κατασκευαστές. Στόχος τους ήταν η εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων που αναπτύσσονταν από τις διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες, ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους επικοινωνία και κατ' επέκταση η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.



Ερωτήσεις

1. Τι είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας;
2. Ποιες είναι οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας;
3. Τι είναι διεπαφή και τι υπηρεσία;
4. Ποια είναι τα κύρια είδη υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει ένα επίπεδο;
5. Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (*OSI*).
6. Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επτά επιπέδων του *OSI*.
7. Να περιγράψεις περιληπτικά τη μετάδοση των δεδομένων διαμέσου του *OSI*.
8. Ποιοι είναι οι κυριότεροι διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης και ποιο το αντικείμενό τους;
9. Να περιγράψεις περιληπτικά το μοντέλο αναφοράς *TCP/IP*.
10. Να περιγράψεις περιληπτικά τις κύριες λειτουργίες των επιπέδων του *TCP/IP*.
11. Ποιες είναι οι κυριότερες διαφορές και ομοιότητες των μοντέλων αναφοράς *OSI* και *TCP/IP*;

Κεφάλαιο 6

Τεχνολογίες δικτύων

- Μάθημα 6.1: Τεχνολογία σημείου προς σημείο - Μεταγωγή
- Μάθημα 6.2: Τεχνική μεταγωγής κυκλώματος - μηνύματος
- Μάθημα 6.3: Τεχνικές μεταγωγής πακέτου
- Μάθημα 6.4: Σύγκριση τεχνικών μεταγωγής
- Μάθημα 6.5: Τεχνολογίες επικοινωνιών εκπομπής - Ραδιοφωνικά δίκτυα
- Μάθημα 6.6: Τεχνολογίες επικοινωνιών εκπομπής - Δορυφορικά δίκτυα



Κεφάλαιο 6: Τεχνολογίες δικτύων



Σκοπός

Στόχος του Κεφαλαίου 6 είναι να γνωρίσει ο μαθητής την τεχνολογία σημείου προς σημείο, όπως αυτή εξειδικεύεται στα δίκτυα μεταγωγής, καθώς και τις τεχνολογίες εκπομπής, όπως αυτές εξειδικεύονται στα ασύρματα δίκτυα. Ειδικότερα, σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να αντιληφθεί ο μαθητής την έννοια της μεταγωγής και να μπορεί να διακρίνει τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τεχνικών της. Επίσης να μπορεί να περιγράφει και να αναλύει τις βασικές αρχές των τεχνολογιών εκπομπής και να αντιλαμβάνεται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ασύρματων δικτύων.



Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να μπορεί να περιγράφει την τεχνολογία της μεταγωγής.
- ✓ Να μπορεί να αναλύει τους δυνατούς τρόπους μεταγωγής.
- ✓ Να μπορεί να συγκρίνει τις διαφορετικές τεχνικές μεταγωγής.
- ✓ Να γνωρίζει τις βασικές αρχές των τεχνολογιών εκπομπής.
- ✓ Να γνωρίζει την τεχνολογία εκπομπής των ραδιοκυμάτων.
- ✓ Να γνωρίζει την τεχνολογία εκπομπής των μικροκυμάτων.
- ✓ Να γνωρίζει την τεχνολογία των δορυφορικών εκπομπών.



Προερωτήσεις

1. Γνωρίζεις πώς επιτυγχάνεται η επικοινωνία σε ένα τηλεφωνικό δίκτυο;
2. Γνωρίζεις τους λόγους για τους οποίους η παραδοσιακή τηλεφωνική επικοινωνία δεν αποτελεί και τον πλέον ιδανικό τρόπο για μετάδοση πακέτων ψηφιακής πληροφορίας;
3. Γνωρίζεις πώς μεταφέρεται η πληροφορία στα ραδιοφωνικά δίκτυα από τον αποστολέα στον αποδέκτη;
4. Αντιλαμβάνεσαι τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ της ραδιοφωνικής και της τηλεφωνικής επικοινωνίας;
5. Κατανοείς τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών μεθόδων επικοινωνίας (τηλεφωνική, ραδιοφωνική, τηλεοπτική);
6. Γνωρίζεις τα πλεονεκτήματα της ασύρματης επικοινωνίας;





Μάθημα 6.1: Τεχνολογία σημείου προς σημείο - Μεταγωγή

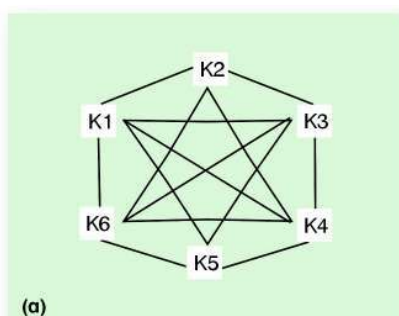
6.1.1 Δίκτυα μεταγωγής

Όπως αναφέρθηκε στο Μάθημα 4.2, για τη διασύνδεση απομακρυσμένων υπολογιστικών συστημάτων χρησιμοποιούνται σύνδεσμοι σημείου προς σημείο. Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για τη διασύνδεση αυτού του τύπου δικτύων είναι συνυφασμένη με την έννοια της μεταγωγής. Ιστορικά, από τις τρεις μεγάλες περιόδους στις οποίες διακρίνεται η εξέλιξη της τεχνολογίας των δικτύων υπολογιστών, η τεχνολογία μεταγωγής απασχόλησε τους ειδικούς πολλά χρόνια πριν. Έτσι η τεχνική **μεταγωγής κυκλώματος** είναι η πρώτη που εμφανίστηκε και έχει τη βάση της στο τηλεφωνικό σύστημα, ενώ η τεχνική **αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής** δρομολογήθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αφορά δίκτυα δεδομένων. Σύγχρονες τεχνολογίες που εξασφαλίζουν μετάδοση πληροφοριών πολλών τύπων από το ίδιο μέσο (πολυμέσα) στηρίζονται σε **υβριδικές τεχνικές**, οι οποίες έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη των πρόσφατων τεχνικών *ISDN* και *ATM*.

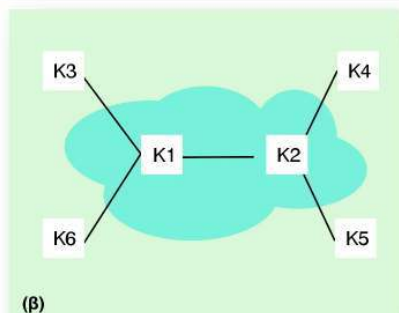
Στα μαθήματα αυτού του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε με την τεχνολογία της μεταγωγής, η οποία αποτέλεσε άλλωστε και το θεμέλιο για τη διασύνδεση των δικτύων δεδομένων και ιδιαίτερα για την ανάπτυξη του Διαδικτύου. Σημειώνεται ότι ως **δίκτυα μεταγωγής** μπορεί να θεωρηθούν όλα τα δίκτυα σημείου προς σημείο που εφαρμόζουν την τεχνική αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής.

Η έννοια της μεταγωγής μπορεί να γίνει κατανοητή με το ακόλουθο παράδειγμα. Έστω ότι διασυνδέονται 6 απομακρυσμένοι κόμβοι. Αν έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μόνο απευθείας συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, τότε θα σχεδιαζόταν ένα δίκτυο όπως αυτό του σχήματος 6.1α, λύση με αυξημένο διαχειριστικό φόρτο. Εναλλακτικά, αναπτύχθηκαν τεχνικές **έμμεσης διασύνδεσης**, η οποία πραγματοποιείται με τη συνεργασία ενδιάμεσων κόμβων, που ονομάζονται **μεταγωγείς (switches)**.

Οι μεταγωγείς είναι εξοπλισμένοι με δύο ή περισσότερους συνδέσμους και μία από τις κύριες λειτουργίες τους είναι η προώθηση των δεδομένων που λαμβάνουν από ένα σύνδεσμό τους σε έναν άλλο. Στο σχήμα 6.1β απεικονίζεται ένα δίκτυο μεταγωγής για τη διασύνδεση 6 κόμβων. Οι δύο ενδιάμεσοι κόμβοι παίζουν το ρόλο του μεταγωγού, ενώ ο σύνδεσμος που τους ενώνει λέγεται **διαμοιρασμένος σύνδεσμος (shared link)**, αφού χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών και σε κόμβους διαφορετικούς από αυτούς που συνδέει άμεσα.



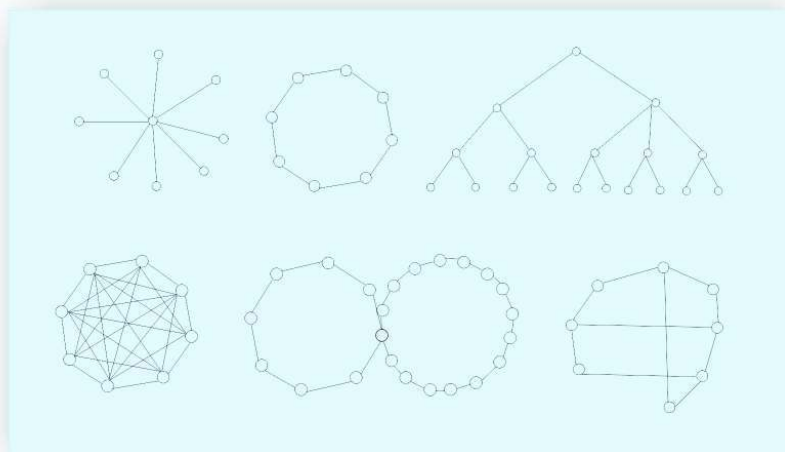
(α)



(β)

Σχήμα 6.1:

(α) Δίκτυο διασύνδεσης 6 κόμβων που χρησιμοποιεί μόνο απευθείας συνδέσεις και (β) δίκτυο μεταγωγής για την έμμεση διασύνδεση 6 κόμβων.



Σχήμα 6.2: Δίκτυα επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο

Παραδείγματα δικτύων επικοινωνίας με συνδέσεις σημείου προς σημείο και με διαφορετικές τοπολογίες φαίνονται στο σχήμα 6.2.

Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης της πληροφορίας, τα δίκτυα μεταγωγής διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ **δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος** (*circuit switching networks*),
- ✓ **δίκτυα μεταγωγής μηνύματος** (*message switching networks*) και
- ✓ **δίκτυα μεταγωγής πακέτου** (*packet switching networks*).

Οι συνηθέστεροι τύποι είναι αυτοί του δικτύου μεταγωγής κυκλώματος, που χρησιμοποιείται αποκλειστικά στο τηλεφωνικό δίκτυο, και του δικτύου μεταγωγής πακέτου, που χρησιμοποιείται στα δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μεταγωγή, μεταγωγείς, δίκτυα μεταγωγής, μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή μηνύματος, μεταγωγή πακέτου, αποθήκευση και προώθηση, σύνδεσμος, διαμοιρασμένος σύνδεσμος.





Μάθημα 6.2: Τεχνική μεταγωγής κυκλώματος - μηνύματος

6.2.1 Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (*circuit switching networks*) η μετάδοση δεδομένων είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση μιας φυσικής ζεύξης - κυκλώματος μεταξύ δύο κόμβων. Η μετάδοσή τους είναι **διαφανής** (*transparent*), με την έννοια ότι τα δεδομένα δεν υποβάλλονται σε καμία επεξεργασία κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο. Αυτό το κύκλωμα παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των κόμβων, ακόμα και όταν αυτοί δεν ανταλλάσσουν δεδομένα.

Η τεχνική μεταγωγής κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε πρωταρχικά στο τηλεφωνικό δίκτυο για τη μετάδοση της φωνής, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μετάδοση δεδομένων. Κάθε κέντρο υποστηρίζει έναν αριθμό γραμμών και περιέχει έναν πίνακα που μπορεί να υποστηρίξει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς. Χαρακτηριστικό ενός τέτοιου συστήματος είναι ότι κάθε κέντρο μπορεί να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό χρηστών.

Παράδειγμα I

Όταν υπάρχει κλήση για κάποιον συνδρομητή του ΟΤΕ, αυτή μεταφέρεται από κέντρο σε κέντρο σταδιακά, μέχρι να εντοπιστεί η συσκευή του συνδρομητή. Από τη στιγμή που αυτός απαντήσει, δημιουργείται ένα φυσικό κανάλι επικοινωνίας, το οποίο παραμένει ανοικτό όσο κρατά η συνδιάλεξη.

Ανάλογη είναι και η συμπεριφορά ενός δικτύου μεταγωγής κυκλώματος για τη μετάδοση δεδομένων. Όταν ένας υπολογιστής καλεί κάποιον άλλο, η κλήση προωθείται τμηματικά από κόμβο σε κόμβο, μέχρι να φτάσει στο δέκτη. Αν ο δέκτης θέλει να επικοινωνήσει, απαντά θετικά στην πρόσκληση, οπότε και δημιουργείται μια αποκλειστική φυσική ζεύξη μεταξύ των δύο μερών για όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας τους.

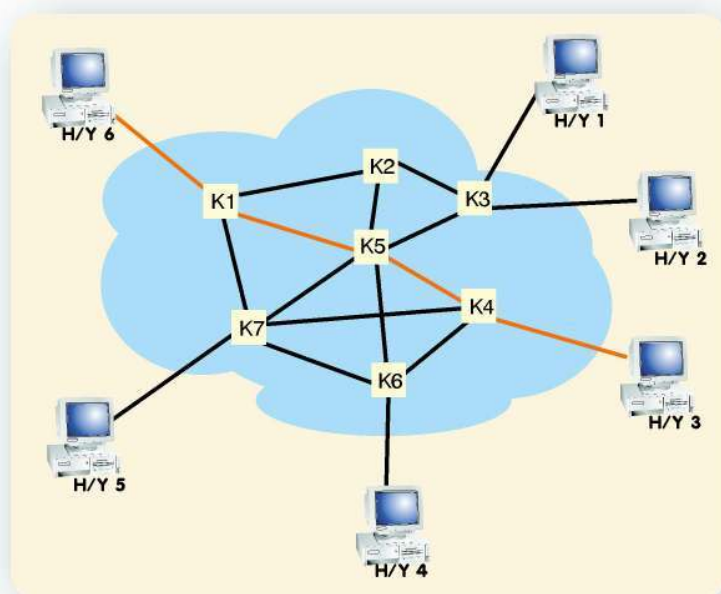
Παράδειγμα II

Στο σχήμα 6.3 ο Η/Υ 6 θέλει να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 3. Ας υποθέσουμε ότι η σύνδεση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας το υποδίκτυο των κόμβων Κ1 έως Κ7, μέσω κάποιου συνδυασμού συνδέσεων μεταξύ των κόμβων.

Ο Η/Υ 6 στέλνει το σχετικό αίτημα μέσω του κόμβου Κ1. Βασισμένος σε ορισμέ-



Όταν ο αριθμός των κλήσεων ξεπεράσει τον αριθμό των γραμμών που μπορεί να εξυπηρετήσει ένα κέντρο, τότε μερικές από αυτές τις κλήσεις μπλοκάρονται και δεν προωθούνται. Για παράδειγμα, σε όλους μας έχει συμβεί, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών, να ακούσουμε το μήνυμα της εταιρείας παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών (ΟΤΕ, Panafon, Telestet) ότι το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο και δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει. Για να μπορέσει το κέντρο να εξυπηρετήσει άλλες κλήσεις, θα πρέπει να ελευθερωθούν κάποιες κατειλημμένες γραμμές.



Σχήμα 6.3: Παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος. Η μετάδοση είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση του κυκλώματος μεταγωγής H/Y 6 - K1 - K5 - K4 - H/Y 3, το οποίο παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας και αποδεσμεύεται με τον τερματισμό της.

να κριτήρια, ο κόμβος K1 μεταδίδει την πληροφορία μέσω του συνδέσμου K1 - K5. Αν ο διαμοιρασμένος σύνδεσμος K1 - K5 έχει διαθέσιμο κανάλι, αυτό δεσμεύεται και το αίτημα προωθείται στον κόμβο K5. Με τον ίδιο τρόπο ο K5 επιλέγει να προωθήσει το αίτημα του H/Y 6, μέσω του κόμβου K4, καταλαμβάνοντας ένα από τα κανάλια σύνδεσής του μ' αυτόν. Ο κόμβος K4 προωθεί το αίτημα του H/Y 6 στον H/Y 3, ο οποίος, αν είναι διαθέσιμος, δέχεται το αίτημα, και οι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν να αρχίσουν την επικοινωνία τους.

Το κύκλωμα επικοινωνίας που δημιουργείται (H/Y 6 - K1 - K5 - K4 - H/Y 3) διατίθεται αποκλειστικά στους δύο υπολογιστές που το χρησιμοποιούν, σαν να υπήρχε μία και μόνο γραμμή σύνδεσης, χωρίς τίποτα να παρεμβάλλεται μεταξύ τους. Μόλις τα δύο μέρη αποφασίσουν να τερματίσουν την επικοινωνία, ειδοποιούνται ταυτόχρονα οι ενδιαμέσοι κόμβοι, για να διακόψουν και αυτοί τη μεταξύ τους σύνδεση, απελευθερώνοντας τα κανάλια τους για κάποιες άλλες συνδέσεις. Αν οι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές θελήσουν να επικοινωνήσουν και πάλι στο μέλλον, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί η ίδια διαδρομή, για να επιτευχθεί η σύνδεσή τους.



Η επικοινωνία με τη χρήση μεταγωγής κυκλώματος περιλαμβάνει τρεις φάσεις:

- ✓ **Εγκατάσταση φυσικής ζεύξης.** Σ' αυτή τη φάση γίνεται η δέσμευση των φυσικών συνδέσεων που θα αποτελέσουν το κανάλι επικοινωνίας ανάμεσα στους δύο σταθμούς.
- ✓ **Μετάδοση δεδομένων.** Σ' αυτή τη φάση γίνεται η μετάδοση των δεδομένων ανάμεσα στους δύο σταθμούς. Η μετάδοση μπορεί να είναι ψηφιακή ή αναλογική, ανάλογα με τη φύση του δικτύου. Γενικά, η σύνδεση που επιτυγχάνεται παρέχει τη δυνατότητα να μεταδοθούν δεδομένα και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα (*full-duplex*).
- ✓ **Αποσύνδεση.** Η σύνδεση ανάμεσα στους δύο σταθμούς τερματίζεται μετά από απαίτηση ενός από τους δύο σταθμούς, οπότε και αποδεσμεύονται οι φυσικές ζεύξεις.

Σημειώνεται ότι, σε περίπτωση που έχουν δεσμευτεί πολλά κυκλώματα για κάποιο χρονικό διάστημα, είναι ενδεχόμενο να μην μπορούν να πραγματοποιηθούν νέες συνδέσεις λόγω κάλυψης του συνολικού αριθμού των συνδέσεων που έχουν τη δυνατότητα να εξυπηρετήσουν οι κόμβοι (μεταγωγείς). Επίσης πρέπει να τονιστεί πως η χωρητικότητα των συνδέσεων που χρησιμοποιούνται στη μεταγωγή κυκλώματος είναι δεσμευμένη για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, ακόμη και αν δε μεταδίδονται δεδομένα. Αυτό είναι σημαντικό, αφού οι συνδέσεις για τη μετάδοση φωνής, συνήθως δε χρησιμοποιούν 100% τη διαθέσιμη χωρητικότητα, ενώ οι συνδέσεις για τη μετάδοση δεδομένων μπορεί να μένουν αδρανείς για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον υπάρχει και η καθυστέρηση που οφείλεται στην εγκατάσταση του κυκλώματος επικοινωνίας, πριν αρχίσει η μετάδοση δεδομένων. Βέβαια, από τη στιγμή που θα εγκατασταθεί η σύνδεση, η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με συγκεκριμένο ρυθμό και η μόνη καθυστέρηση που παρατηρείται οφείλεται στο χρόνο μετάδοσης των μέσων που αποτελούν τις συνδέσεις του κυκλώματος.

6.2.2 Δίκτυα μεταγωγής μηνύματος

Η **μεταγωγή μηνύματος** (*message switching*) είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε ένα μήνυμα, που περιέχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Στη συνέχεια το μήνυμα παραδίδεται στο δίκτυο, το οποίο αναλαμβάνει την αποστολή του στον αποδέκτη. Σ' αυτή την περίπτωση το δίκτυο δεν εγκαθιστά ένα φυσικό κανάλι μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη, αλλά η αποστολή του μηνύματος γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο.

Το μήνυμα αποστέλλεται από τον πομπό στο δέκτη περνώντας από έναν ή περισσότερους ενδιάμεσους κόμβους (σχήμα 6.4). Κάθε κόμβος λαμβάνει ολόκληρο το μήνυμα, το αποθηκεύει και, μόλις βρει την κατάλληλη ευκαιρία, το αποστέλλει στον αμέσως επόμενο κόμβο που θεωρεί ότι είναι η καλύτερη επιλογή για να φτάσει αυτό σύντομα και με ασφάλεια στον προορισμό του.

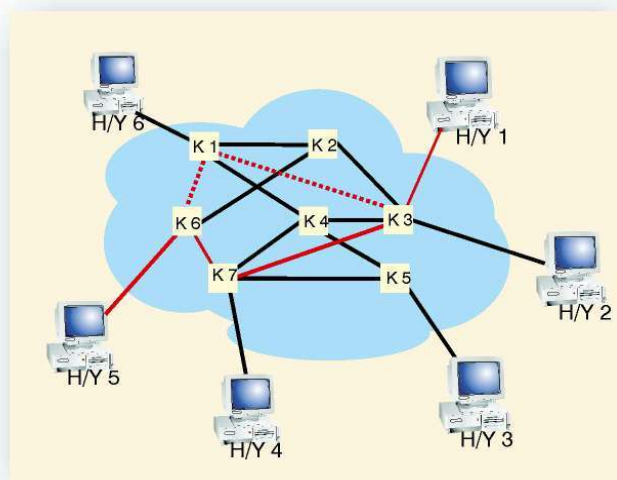
Η τεχνική αυτή, λόγω του ότι κάθε μήνυμα αρχικά αποθηκεύεται σε έναν κόμβο και στη συνέχεια προωθείται στον επόμενο, ονομάζεται τεχνική **αποθήκευσης και προώ-**



θησης (*store and forward*). Ο τρόπος με τον οποίο η πληροφορία προωθείται στον προορισμό της προϋποθέτει κόμβους με αυξημένες δυνατότητες αποθήκευσης, καθώς θα πρέπει να αποθηκεύουν όλα τα μηνύματα που λαμβάνουν από γειτονικούς κόμβους, μέχρι να βρουν την κατάλληλη ευκαιρία να τα προωθήσουν.

Παράδειγμα III

Στο σχήμα 6.4 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Οργανώνει την πληροφορία που θέλει να αποστείλει σε ένα μήνυμα προσαρτώντας και τη διεύθυνση του Η/Υ 5. Σε πρώτη φάση το μήνυμα αποστέλλεται στον κόμβο Κ3. Ο Κ3, αφού λάβει όλο το μήνυμα, το αποθηκεύει και στη συνέχεια, μόλις βρει ελεύθερο κανάλι, το προωθεί στον κόμβο Κ7. Ο Κ7 με τη σειρά του το προωθεί στον Κ6 και αυτός στον τελικό παραλήπτη, που είναι ο Η/Υ 5. Αν ο Η/Υ 5 για κάποιους λόγους είναι εκτός λειτουργίας, το μήνυμα παραμένει αποθηκευμένο στον κόμβο Κ6, μέχρι ο Η/Υ 5 να λειτουργήσει και πάλι. Τέλος, αν για κάποιους λόγους ο κόμβος Κ3 δεν μπορεί να βρει ελεύθερο τον Κ7, τότε είναι δυνατόν να προωθήσει το μήνυμα μέσω του κόμβου Κ1 (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή) και το μήνυμα να ακολουθήσει ένα διαφορετικό δρομολόγιο, μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.



Σχήμα 6.4: Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή μηνύματος. Η μετάδοση γίνεται μέσω της διαδρομής Η/Υ 1 - Κ 3 - Κ 7 - Κ 6 - Η/Υ 5 και εναλλακτικά, αν ο κόμβος Κ 7 δε λειτουργεί, μέσω της διαδρομής Η/Υ 1 - Κ 3 - Κ 1 - Κ 6 - Η/Υ 5. Κάθε σύνδεσμος παραμένει ενεργός μόνο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των κόμβων του.

Αναλυτική σύγκριση των τεχνικών μεταγωγής θα γίνει στα παρακάτω κεφάλαια, όμως εδώ αξίζει να επισημανθεί μια σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταγωγής κυκλώματος και της μεταγωγής μηνύματος, που γίνεται αμέσως αντιληπτή από τα παραπάνω παραδείγματα (II και III). Η διαφορά αυτή έγκειται στο ότι, για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ δύο ηλεκτρονικών υπολογιστών με την τεχνική της μεταγωγής



κυκλώματος, πρέπει ο παραλήπτης να είναι σε θέση να δεχτεί την κλήση, αντίθετα με την τεχνική της μεταγωγής μηνύματος στην οποία αυτό δεν είναι αναγκαίο. Σ' αυτή την περίπτωση, αν ο παραλήπτης δεν είναι διαθέσιμος, το μήνυμα φυλάσσεται στον τελευταίο κόμβο με τον οποίο αυτός συνδέεται και παραλαμβάνει το μήνυμα, μόλις η σύνδεσή του με τον κόμβο γίνει εφικτή.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μεταγωγή, δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, τεχνική αποθήκευσης και προώθησης, δίκτυο μεταγωγής μηνύματος, εγκατάσταση φυσικής ζεύξης, αποσύνδεση.



Μάθημα 6.3: Τεχνικές μεταγωγής πακέτου

6.3.1 Δίκτυα μεταγωγής πακέτου

Στα **δίκτυα μεταγωγής πακέτων** τα δεδομένα χωρίζονται σε μικρότερα τμήματα πριν από τη μετάδοσή τους. Αυτά τα τμήματα δεδομένων ονομάζονται **πακέτα** (*packets*). Το μέγεθος κάθε πακέτου ποικίλλει, αλλά ένα τυπικό ανώτατο όριο μήκους είναι οι 1.000 χαρακτήρες (*bytes*) ή οκτάδες δυαδικών ψηφίων (*octets*). Μικρά σε μέγεθος πακέτα (128 έως 256 δυαδικών ψηφίων) είναι συνήθως προτιμότερα, προκειμένου να ελέγχεται καλύτερα η κυκλοφορία στο δίκτυο.

Κάθε πακέτο περιέχει ένα τμήμα του μηνύματος προς αποστολή και επιπλέον πληροφορίες ελέγχου. Οι πληροφορίες ελέγχου είναι απαραίτητες, γιατί επιτρέπουν τη σωστή δρομολόγηση του πακέτου μέσα στο δίκτυο, έτσι ώστε να φτάσει στο σωστό προορισμό. Όταν τα πακέτα φτάσουν στον κόμβο προορισμού, τα αρχικά δεδομένα που περιέχουν επανασυνθέτονται. Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων χρειάζεται να έχουν ικανότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης, για να προωθούν τα πακέτα, αλλά και για να τα αποθηκεύουν προσωρινά, αν χρειαστεί, μέχρι να βρουν την καταλληλότερη διαδρομή.

Η τεχνική που ακολουθείται για τη μετάδοση των πακέτων είναι γνωστή από το Μάθημα 6.1 και λέγεται τεχνική αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής. Σύμφωνα μ' αυτήν, τα πακέτα στέλνονται συνεχόμενα στο δίκτυο, χωρίς να εγκαθίσταται εκ των προτέρων κάποια μόνιμη σύνδεση ανάμεσα στον πομπό και στο δέκτη, όπως γίνεται στη μεταγωγή κυκλώματος. Στη μεταγωγή πακέτου αυτά κυκλοφορούν μέσα στο δίκτυο από κόμβο σε κόμβο, αποθηκεύονται προσωρινά σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο και στη συνέχεια προωθούνται στον επόμενο.

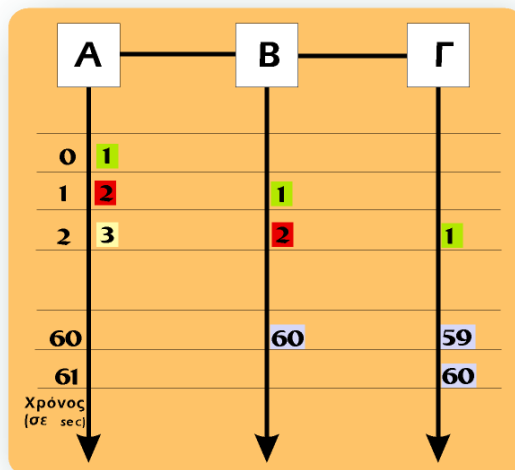
Παράδειγμα IV

Έστω ότι θέλουμε να μεταδώσουμε, μέσω του δικτύου μεταγωγής πακέτων του σχήματος 6.5, ένα αρχείο δεδομένων από τον κόμβο Α στον κόμβο Γ. Αν οι χρόνοι μετάδοσης του αρχείου από τον Α στο Β κόμβο και από το Β στο Γ κόμβο είναι ίδιοι και ίσοι με 60 sec, τότε ο συνολικός χρόνος μετάδοσης θα είναι ίσος με 120 sec.

Αν χωριστεί το αρχείο σε 60 ισομεγέθη πακέτα, τότε ο χρόνος μετάδοσης ενός πακέτου από τον Α στο Β ή από το Β στο Γ κόμβο θα είναι ίσος με 1 sec. Στο 1ο sec το πρώτο πακέτο του αρχείου θα σταλεί από τον Α στο Β κόμβο. Στο 2ο sec το δεύτερο πακέτο θα σταλεί από τον Α στο Β κόμβο, ενώ ταυτόχρονα το πρώτο πακέτο θα σταλεί από το Β στο Γ κόμβο. Έτσι ο συνολικός χρόνος μετάδοσης του αρχείου θα είναι ίσος με 61 sec. Η εξοικονόμηση στο χρόνο μετάδοσης των πακέτων θα είναι μεγαλύτερη όσο περισσότεροι είναι οι ενδιάμεσοι κόμβοι.



Η ύπαρξη άμεσου ή έμμεσου τρόπου διασύνδεσης μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου δεν επαρκεί για την επίτευξη της επικοινωνίας τους. Μία επιπλέον απαίτηση είναι η εκχώρηση μίας μοναδικής **διεύθυνσης** σε κάθε κόμβο του δικτύου, ικανής να τον διαφοροποιεί από τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου.



Σχήμα 6.5: Μετάδοση με αποθήκευση και προώθηση. Τα πακέτα αποστέλλονται συνεχόμενα στο δίκτυο και έτσι μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος μετάδοσης της πληροφορίας.

Η τεχνική αυτή έχει αποδειχτεί εξαιρετικά αποδοτική. Τα πλεονεκτήματά της είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη, αφού κάθε σύνδεση από κόμβο σε κόμβο μπορεί να μοιραστεί συγχρόνως και δυναμικά σε πολλές ροές πακέτων.
- ✓ Μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους σταθμοί με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης, αφού ο κάθε σταθμός συνδέεται με το δίκτυο στο ρυθμό που επιθυμεί και μπορεί να επιτύχει.
- ✓ Δεν απορρίπτονται πακέτα, όταν υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο, μειώνεται όμως η απόδοση του δικτύου.

Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στη μετάδοση ορισμένων πακέτων. Αυτό σημαίνει πως, αν υπάρχουν αποθηκευμένα σε κάποιον κόμβο του δικτύου πακέτα που περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα αυτά τα πακέτα που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έτσι αυτά θα μεταδοθούν πιο σύντομα από τα πακέτα με χαμηλότερη προτεραιότητα.

Γενικά, υπάρχουν δύο τεχνικές μεταγωγής πακέτου. Η πρώτη είναι η τεχνική των **αυτοδύναμων πακέτων** (*datagrams*) και η δεύτερη των **νοητών κυκλωμάτων** (*virtual circuits*). Στην πρώτη περίπτωση το δίκτυο χειρίζεται κάθε πακέτο ανεξάρτητα, ενώ στη δεύτερη εγκαθίσταται μια νοητή σύνδεση μεταξύ των δύο κόμβων που πρόκειται να επικοινωνήσουν.



Όταν ένας χρήστης του δικτύου θέλει να μεταβιβάσει κάποια πληροφορία σε ένα συγκεκριμένο προορισμό στο δίκτυο, τότε πρέπει να προσδιορίσει τη διεύθυνση του αντίστοιχου κόμβου. Η διεύθυνση προορισμού καταγράφεται σε καθένα από τα μεταδιδόμενα πακέτα. Εάν ο αποστολέας και ο παραλήπτης δεν είναι άμεσα συνδεδεμένοι μεταξύ τους, τότε οι ενδιάμεσοι μεταγωγείς του δικτύου χρησιμοποιούν τη διεύθυνση του κόμβου προορισμού, για να αποφασίσουν από ποιον σύνδεσμο τους θα προωθήσουν τα μεταδιδόμενα πακέτα. Αυτή η διαδικασία επιλογής του συνδέσμου προώθησης των πακέτων στους μεταγωγείς ονομάζεται **δρομολόγηση** (*routing*).



6.3.2 Δίκτυα μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα

Πιο αναλυτικά, η αρχή λειτουργίας των δικτύων μεταγωγής με αυτοδύναμα πακέτα έχει ως ακολούθως. Κάθε πακέτο που φτάνει σε έναν ενδιαμέσο κόμβο αντιμετωπίζεται ανεξάρτητα από τα άλλα. Ο κόμβος αποφασίζει εκείνη τη στιγμή ποιος είναι ο συντομότερος και καταλληλότερος δρόμος για να προωθηθεί το πακέτο στον προορισμό του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην ακολουθούν όλα τα πακέτα την ίδια διαδρομή, καθώς, όταν φτάνουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές σε κάποιον κόμβο, είναι πιθανόν οι συνθήκες στο δίκτυο να είναι διαφορετικές. Μπορεί δηλαδή, ενώ κάποια πακέτα έχουν ήδη προωθηθεί σε έναν κόμβο, η κίνηση σ' αυτή την περιοχή του δικτύου να μεταβλήθηκε ξαφνικά, οπότε τα πακέτα που ακολουθούν να προωθηθούν στον προορισμό τους μέσω ενός άλλου κόμβου που εκείνη τη στιγμή θεωρείται καταλληλότερος. Επομένως, επειδή οι μεταγωγείς του δικτύου επιλέγουν το σύνδεσμο προώθησης κάθε πακέτου της ροής δεδομένων ξεχωριστά, τα πακέτα μπορεί να ακολουθήσουν διαφορετικές διαδρομές κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο.

Ένα ανάλογο παράδειγμα του μοντέλου που εξετάζουμε μπορούμε να βρούμε στο ταχυδρομικό δίκτυο, όπου τα γράμματα που στέλνουμε στον ίδιο παραλήπτη αντιμετωπίζονται ξεχωριστά από την ταχυδρομική υπηρεσία και μπορεί να φτάσουν στον προορισμό τους ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές.

Τυπικό παράδειγμα δικτύου μεταγωγής πακέτων είναι το Διαδίκτυο.

Παράδειγμα V

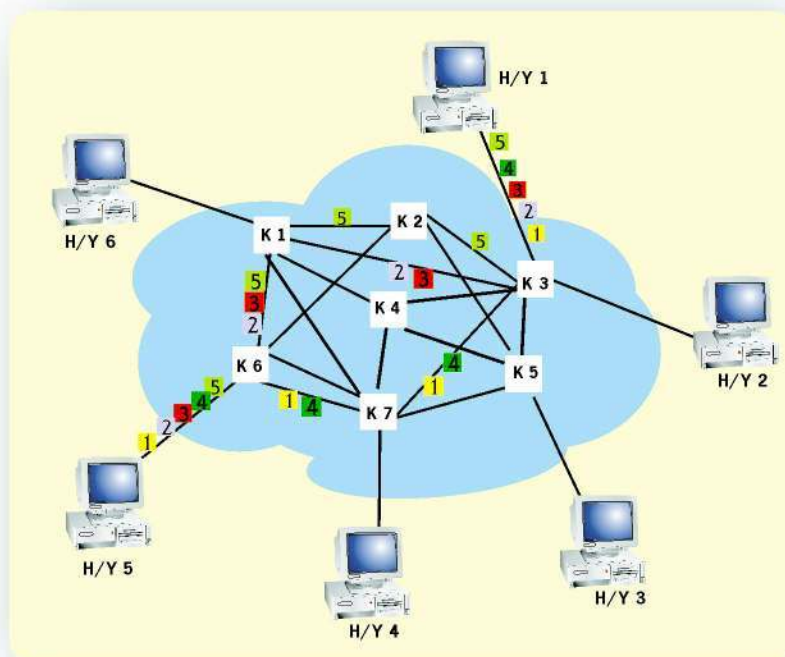
Στο σχήμα 6.6 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Χωρίζει την πληροφορία που θέλει να αποστείλει σε πακέτα προσαρτώντας σε καθένα από αυτά τη διεύθυνση του Η/Υ 5. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι έχουμε 5 πακέτα, τα 1, 2, 3, 4 και 5. Αρχικά όλα τα πακέτα αποστέλλονται στον κόμβο Κ3. Ο Κ3 προωθεί κάθε πακέτο στον προορισμό του στέλνοντάς το στον καταλληλότερο γειτονικό του κόμβο.

Ο κόμβος Κ3 προωθεί το πακέτο 1 (κίτρινο χρώμα) μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ7 - Κ6 - Η/Υ 5. Για το πακέτο 2 (μωβ χρώμα) αλλάζει γνώμη για κάποιους λόγους, για παράδειγμα λόγω υπερφόρτωσης της γραμμής που οδηγεί στον Κ7, και γι' αυτό το στέλνει μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5. Το πακέτο 3 (κόκκινο χρώμα) το στέλνει μέσω της ίδιας διαδρομής Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5, γιατί οι συνθήκες παραμένουν οι ίδιες. Το πακέτο 4 (πράσινο χρώμα) αποφασίζει να το στείλει και πάλι μέσω της διαδρομής Κ3 - Κ7 - Κ6 - Η/Υ 5, γιατί στην παρούσα φάση φαίνεται να είναι ο συμφερότερος δρόμος, για να φτάσει το πακέτο στον προορισμό του. Τέλος, το πακέτο 5 (πράσινο ανοικτό χρώμα) το στέλνει μέσω μιας νέας διαδρομής, της Κ3 - Κ2 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5, γιατί οι συνθήκες άλλαξαν πάλι. Τελικά όλα τα πακέτα παραλαμβάνονται από τον παραλήπτη. Στην περίπτωση που δε φτάσουν με τη σωστή σειρά, ο παραλήπτης έχει τη δυνατότητα να επανασυναρμολογήσει την πληροφορία συνθέτοντας τα πακέτα με τη σωστή σειρά.

Φυσικά κάθε άλλος ενδιαμέσος κόμβος μπορεί να αλλάξει τη διαδρομή ενός πα-



κέτου, πράγμα που σημαίνει ότι ο κόμβος Κ3 δεν αποφασίζει οριστικά για όλη τη διαδρομή που θα ακολουθήσει το πακέτο. Κάθε κόμβος αποφασίζει οριστικά μόνο για τον αμέσως επόμενο σταθμό στον οποίο θα προωθήσει το πακέτο, με βάση τις πληροφορίες που διαθέτει εκείνη τη στιγμή για την καταλληλότερη διαδρομή.



Σχήμα 6.6: Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου

6.3.3 Δίκτυα μεταγωγής πακέτων με νοητά κυκλώματα

Εάν οι μεταγωγείς του δικτύου δρομολογούν τα πακέτα μιας ροής δεδομένων από τον ίδιο πάντα σύνδεσμο, τότε το δίκτυο ονομάζεται **δίκτυο μεταγωγής πακέτων με νοητά κυκλώματα** (*packet switched virtual circuits network*). Ως **ροή δεδομένων** (*data flow*) ορίζεται η ακολουθία πακέτων που έχουν τον ίδιο αποστολέα και τον ίδιο παραλήπτη. Σ' αυτή την περίπτωση σκιαγραφείται στο δίκτυο ένα **νοητό κύκλωμα** (*virtual circuit*). Η διαδικασία εγκατάστασης του νοητού κυκλώματος προηγείται της μεταφοράς των δεδομένων και είναι ανάλογη μ' αυτήν των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος.

Η **μεταγωγή νοητού κυκλώματος** (*virtual circuit switching*) είναι η τεχνική κατά την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε πακέτα, τα οποία περιέχουν τη διεύθυνση του παραλήπτη. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα νοη-



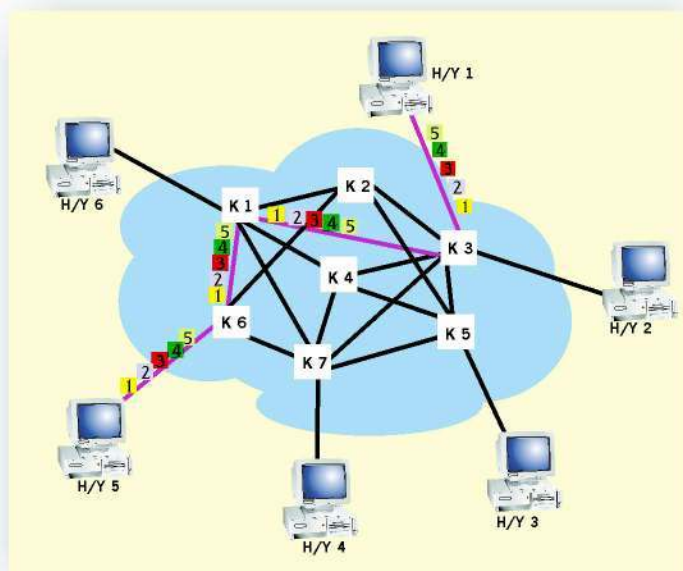
τό κύκλωμα μεταξύ των δύο κόμβων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν και τα πακέτα στέλνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, ακολουθούν όμως την ίδια διαδρομή.

Πρόκειται για μια τεχνική που συνδυάζει τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου και τη μεταγωγή κυκλώματος. Η διαφορά είναι ότι δεν εγκαθίσταται ένα πραγματικό φυσικό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ των δύο ηλεκτρονικών υπολογιστών που θέλουν να επικοινωνήσουν, αλλά ένα νοητό κανάλι, με την έννοια ότι όλα τα πακέτα θα περάσουν από την ίδια διαδρομή, όπως συμβαίνει δηλαδή με τα δεδομένα στην περίπτωση της μεταγωγής κυκλώματος. Η διαφορά της με τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου είναι ότι κάθε κόμβος, από τη στιγμή που επιλεγεί η διαδρομή, στέλνει όλα τα πακέτα εκεί και δεν αποφασίζει για κάθε πακέτο ποια είναι η καταλληλότερη διαδρομή.

Η μέθοδος μεταγωγής νοητού κυκλώματος χρησιμοποιεί τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου για την παρουσίαση της πληροφορίας (πακέτα) στο δίκτυο, όπως επίσης και τη μεταγωγή κυκλώματος για τον τρόπο που μεταφέρονται τα πακέτα αυτά μέσα από το δίκτυο.

Παράδειγμα VI

Στο σχήμα 6.7 ο Η/Υ 1 επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον Η/Υ 5. Αρχικά ο Η/Υ 1 στέλνει μια αίτηση επικοινωνίας στον Η/Υ 5 μέσω του κόμβου Κ3. Ο Κ3 προωθεί το αίτημα, διαλέγοντας εκείνη τη στιγμή ως καταλληλότερη διαδρομή τον κόμβο Κ1, ο οποίος με τη σειρά του στέλνει το αίτημα στον κόμβο Κ6 και αυτός τελικά στον Η/Υ 5. Αν ο Η/Υ 5 είναι σε θέση να επικοινωνήσει, στέλνει μια θετική απάντηση στον Η/Υ 1 μέσω της ίδιας διαδρομής, δηλαδή μέσω των κόμβων Κ6, Κ1, Κ3. Έκτοτε οι πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές περνούν από το νοητό αυτό κύκλωμα (Η/Υ 1 - Κ3 - Κ1 - Κ6 - Η/Υ 5, χρώμα μωβ) υπό μορφή πακέτων, μέχρι το τέλος της επικοινωνίας. Η επικοινωνία μπορεί να διακοπεί, όταν κάποιος από τους δύο ηλεκτρονικούς υπολογιστές θελήσει να την τερματίσει, στέλνοντας ένα σχετικό αίτημα.



Σχήμα 6.7: Παράδειγμα σύνδεσης με μεταγωγή νοητού κυκλώματος

Συνήθως η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται από τα δημόσια δίκτυα, για τα οποία θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στην Ενότητα Ε.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Μεταγωγή, δίκτυο μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου, δίκτυο μεταγωγής πακέτου με νοητά κυκλώματα.





Μάθημα 6.4: Σύγκριση τεχνικών μεταγωγής

Τα δίκτυα μεταγωγής που περιγράψαμε στα προηγούμενα μαθήματα προσφέρονται συνήθως από τις δημόσιες εταιρείες τηλεπικοινωνιών, όπως είναι για παράδειγμα ο ΟΤΕ στην Ελλάδα, η ΒΤ στη Βρετανία, η France Telecom στη Γαλλία, η AT&T στις Η.Π.Α. και άλλοι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί σε όλες τις χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Μερικά από αυτά τα δίκτυα είναι το *HellasPack* στην Ελλάδα, το *EPSS* στη Βρετανία, το *TransPack* στη Γαλλία, το *Sprint* στις Η.Π.Α., το *AustPack* στην Αυστραλία κ.ά.

Τα δίκτυα μεταγωγής αποτελούνται από κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να δίνουν πάντα την ευκαιρία εναλλακτικών διαδρομών στις πληροφορίες που μεταφέρονται στο δίκτυο. Η σύνδεση των κόμβων γίνεται είτε με κάποιον ηλεκτρονικό υπολογιστή ή τοπικό δίκτυο είτε μόνο με άλλους κόμβους, οι οποίοι παίζουν το ρόλο ενός ενδιάμεσου σταθμού που θα αποθηκεύσει και θα προωθήσει την πληροφορία στον προορισμό της.

Κοινό χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής είναι η δυνατότητα που έχει κάθε χρήστης να καλέσει το συνομιλητή του, όπως ακριβώς γίνεται και με τις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, κάτι που δε συναντάμε στα δίκτυα εκπομπής, όπως θα δούμε σε επόμενα μαθήματα. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι η κατάληψη της γραμμής για όση ώρα διαρκεί η επικοινωνία των δύο μερών. Όπως γνωρίζουμε και από τις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, κατά τη διάρκεια της συνομιλίας δε γίνεται συνεχώς μεταφορά κάποιου μηνύματος από τον ένα συνομιλητή στον άλλο, η γραμμή όμως παραμένει ανοικτή. Με απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι στις τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μεταδίδονται και οι παύσεις της συνομιλίας. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση μεταφοράς δεδομένων μέσα από ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Παρ' ότι υπάρχει η φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο μερών που επικοινωνούν, δε μεταφέρονται δεδομένα συνεχώς. Μάλιστα ο χρόνος που το κανάλι παραμένει κενό από δεδομένα θεωρείται αρκετά μεγάλος, γεγονός που καταγράφεται ως μειονέκτημα των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος.

Όταν η κίνηση στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος είναι αυξημένη, παρατηρείται το φαινόμενο να μη γίνονται δεκτές κλήσεις για επικοινωνία, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμο κανάλι, για να επιτευχθεί η σύνδεση. Αντίθετα, σε όλα τα άλλα δίκτυα μεταγωγής η πληροφορία, είτε σε μορφή μηνύματος είτε σε μορφή πακέτου, θα γίνει δεκτή από το δίκτυο και, σε περίπτωση αυξημένης κίνησης, θα παραμείνει αποθηκευμένη σε κάποιον κόμβο, μέχρι ο κόμβος να βρει ευκαιρία να την προωθήσει στον προορισμό της. Παρ' όλα αυτά στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν όλη τη διαθέσιμη χωρητικότητα της γραμμής, καθώς δεν τη μοιράζονται με άλλους, αφού το φυσικό κανάλι είναι αποκλειστικά δεσμευμένο γι' αυτούς και δεν υπάρχουν τεχνικές πολυπλεξίας.

Συνοψίζοντας, για να επικοινωνήσουν μέσω δικτύου μεταγωγής κυκλώματος δύο υπολογιστές, πρέπει και οι δύο να είναι άμεσα διαθέσιμοι, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα



δίκτυα μεταγωγής στα οποία τα δεδομένα φυλάσσονται σε κάποιον κόμβο και στέλνονται στον παραλήπτη το συντομότερο δυνατόν, μόλις αυτός μπορέσει να επικοινωνήσει με το δίκτυο.

Επίσης στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος η μεταφορά δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη πρέπει να γίνεται με ρυθμούς αποδεκτούς από τον παραλήπτη, διαφορετικά υπάρχει η περίπτωση ένας γρήγορος αποστολέας να κατακλύσει με δεδομένα έναν αργό παραλήπτη και να μην επιτευχθεί η επικοινωνία. Αντίθετα, στα υπόλοιπα δίκτυα μεταγωγής δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, καθώς ο παραλήπτης συνδέεται με τον αντίστοιχο κόμβο στον κατάλληλο ρυθμό μετάδοσης.

Επιπλέον πλεονεκτήματα των δικτύων αποθήκευσης και προώθησης έναντι των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι ότι:

- ✓ Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου μπορούν να τεθούν προτεραιότητες στη μετάδοση, έτσι ώστε τα επείγοντα πακέτα να προηγούνται έναντι των άλλων.
- ✓ Η διόρθωση των σφαλμάτων της πληροφορίας που μεταφέρεται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο και η ασφάλειά της εξασφαλίζονται από το δίκτυο και όχι από τα συστήματα που επικοινωνούν.
- ✓ Οι ενδιαμέσοι κόμβοι παίζουν το ρόλο του μεταφραστή και έτσι είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ υπολογιστών που χρησιμοποιούν διαφορετικό κώδικα.

Από την άλλη πλευρά, ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος έναντι της μεταγωγής πακέτου ή μηνύματος είναι η υπεροχή της όσον αφορά τις **εφαρμογές πραγματικού χρόνου** (*real time applications*), όπως είναι για παράδειγμα οπτική τηλεδιάσκεψη (*videoconference*), αφού η μετάδοση πακέτων και μηνυμάτων αντιμετωπίζει σημαντικές για τις εφαρμογές αυτές καθυστερήσεις κατά τη διαδρομή της στο δίκτυο.

Εκτός από τη σύγκριση της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος με τις υπόλοιπες τεχνικές, συγκρίσεις μπορούν να γίνουν και όσον αφορά τις δύο τεχνικές μεταγωγής πακέτων, τη μεταγωγή νοητού κυκλώματος και τη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου. Να σημειωθεί ότι η τεχνική μεταγωγής νοητού κυκλώματος προσπαθεί να εκμεταλλευθεί τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής κυκλώματος όσο και της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζει και μερικά μειονεκτήματα, όπως είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Στη μεταγωγή νοητού κυκλώματος παρατηρείται κάποια καθυστέρηση, μέχρι να συμφωνήσουν οι δύο κόμβοι να επικοινωνήσουν, καθώς ο κόμβος - αποστολέας πρέπει να στείλει σχετική αίτηση στον κόμβο - δέκτη και αυτός με τη σειρά του να απαντήσει καταφατικά. Κατά τη διάρκεια μάλιστα αυτής της διαδικασίας πρέπει να καθοριστεί και το νοητό κανάλι από το οποίο θα περάσουν οι πληροφορίες που θα ανταλλάξουν οι δύο υπολογιστές.
- ✓ Αν κατά τη διάρκεια της σύνδεσης δύο υπολογιστών κάποιος κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας, σημειώνονται σημαντικές καθυστερήσεις στην αναδρομολόγηση των πακέτων και στην εγκατάσταση ενός νέου νοητού κυκλώματος. Αντίθετα, στη μεταγωγή αυτοδύναμου πακέτου τα πακέτα θα σταλούν στον προορισμό



τους μέσω κάποιου άλλου διαθέσιμου κόμβου, χωρίς σημαντική καθυστέρηση.

- ✓ Αν παρά την εγκατάσταση ενός νοητού κυκλώματος υπάρξει καθυστέρηση σε κάποιον από τους ενδιάμεσους κόμβους λόγω αύξησης της κίνησης σ' εκείνο το σημείο, δεν υπάρχει η δυνατότητα αναδρομολόγησης των πακέτων μέσω άλλης οδού. Επομένως αυτά υπόκεινται σε υποχρεωτικές καθυστερήσεις, τις οποίες θα απέφευγαν με την τεχνική της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου, καθώς θα προωθούνταν στον προορισμό τους από άλλες, πιο σύντομες διαδρομές.

Τέλος, αξίζει να επισημανθούν μερικά από τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής νοητού κυκλώματος έναντι της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου, εκτός από αυτά που «κληρονομεί» από τη μεταγωγή κυκλώματος και τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω:

- ✓ Δεν απαιτείται η αναταξινόμηση των πακέτων από τον παραλήπτη, καθώς αυτά λαμβάνονται όπως τα έστειλε ο αποστολέας.
- ✓ Ο παραλήπτης έχει τη δυνατότητα να ειδοποιεί τον αποστολέα για κάποιο προσωρινό πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη λήψη των πακέτων και ο αποστολέας διακόπτει τη μετάδοση μέχρι τη λήψη νέου μηνύματος. Έτσι δεν κυκλοφορούν στο δίκτυο πακέτα που δεν έχουν τη δυνατότητα να παραληφθούν και επομένως δεν επιβαρύνεται η κυκλοφορία και η αποθηκευτική ικανότητα του δικτύου.
- ✓ Δεν απαιτείται η αναγραφή της πλήρους διεύθυνσης του παραλήπτη σε όλα τα πακέτα, λόγω της σταθερής διαδρομής που αυτά ακολουθούν μέχρι τον προορισμό τους. Έτσι μειώνεται ο φόρτος του δικτύου.

Κλείνοντας, από τη σύγκριση των τεχνικών της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου και της μεταγωγής νοητού κυκλώματος προκύπτει ότι η πρώτη ευνοεί την ανταλλαγή μικρού όγκου πληροφοριών μεταξύ των υπολογιστών, ενώ η δεύτερη την ανταλλαγή μεγάλου όγκου πληροφοριών.

Μάθημα 6.5: Τεχνολογίες εκπομπής – Ραδιοφωνικά δίκτυα

6.5.1 Εισαγωγή

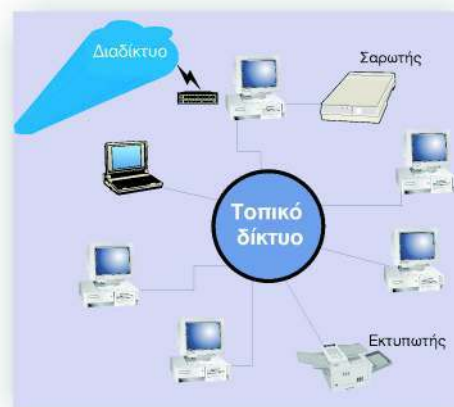
Στα προηγούμενα μαθήματα εξετάστηκε η τεχνολογία των δικτύων με συνδέσεις σημείου προς σημείο, όπως αυτή εφαρμόζεται με τις τεχνικές της μεταγωγής. Όμως, εκτός από τα δίκτυα της κατηγορίας αυτής, υπάρχει και η άλλη μεγάλη κατηγορία των **δικτύων εκπομπής** (*broadcasting networks*), στα οποία η τεχνική προώθησης της πληροφορίας από τον αποστολέα στον αποδέκτη διαφέρει σημαντικά. Οι κύριοι εκπρόσωποι της κατηγορίας των δικτύων εκπομπής είναι τα τοπικά δίκτυα (σχήμα 6.8), τα τηλεοπτικά δίκτυα, τα ραδιοφωνικά δίκτυα (σχήμα 6.9), τα δορυφορικά δίκτυα (σχήμα 6.10) κ.ά.

Σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταγωγής, το χαρακτηριστικό των δικτύων εκπομπής είναι ότι δε διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά έχουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης, το οποίο μοιράζονται όλοι οι σταθμοί που συνδέονται στο δίκτυο. Οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των υπολογιστών λαμβάνονται συνήθως από όλους τους σταθμούς του δικτύου. Σε κάθε πακέτο που στέλνεται στο δίκτυο προστίθεται ένα πεδίο διεύθυνσης που καθορίζει το σταθμό για τον οποίο προορίζεται το πακέτο. Οι υπόλοιποι σταθμοί απλώς αγνοούν το πακέτο.

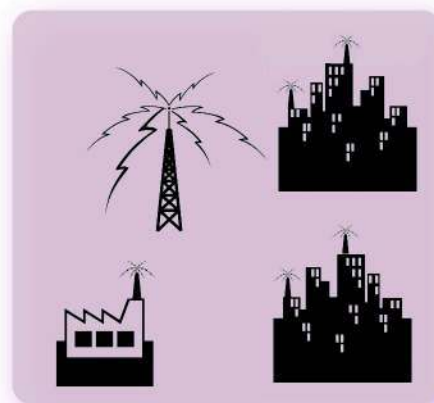
Επειδή στα δίκτυα εκπομπής υπάρχει ένα κοινό κανάλι επικοινωνίας και επομένως δε διατίθενται εναλλακτικοί δρόμοι για να φτάσει ένα πακέτο

στον προορισμό του, προκύπτουν προβλήματα που δημιουργούνται από την ταυτόχρονη αποστολή πληροφοριών από τον έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή στον άλλο. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί, οι **τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο** (*access control techniques*), που καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του κοινού καναλιού από τους συνδεδεμένους υπολογιστές.

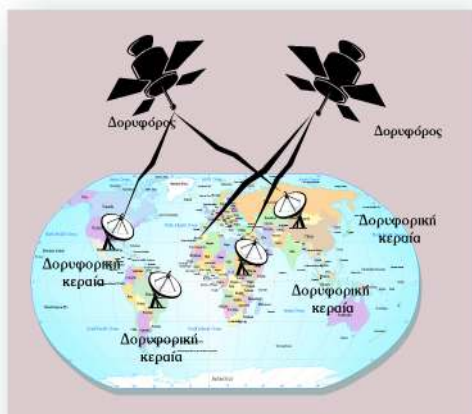
Οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης διακρίνονται σε συγχρονισμένες και σε ασυγχρονιστες. Οι συγχρονισμένες τεχνικές



Σχήμα 6.8: Τοπικό δίκτυο



Σχήμα 6.9: Ραδιοφωνικό δίκτυο



Σχήμα 6.10: Δορυφορικό δίκτυο



χρησιμοποιούνται, όταν μέρος της χωρητικότητας του μέσου μετάδοσης διατίθεται αποκλειστικά σε μία μόνο σύνδεση. Παραδείγματα συγχρονισμένων τεχνικών είναι οι τεχνικές πολυπλεξίας συχνότητας (*FDM*) και χρόνου (*TDM*). Στα δίκτυα εκπομπής προτιμώνται γενικά ασυγχρόνιστες τεχνικές, γιατί οι μεταδόσεις των συνδεδεμένων σταθμών γίνονται τυχαία. Οι τεχνικές αυτές διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ **Δακτυλίου** (*round robin*). Είναι η τεχνική κατά την οποία οι σταθμοί έχουν δικαίωμα να εκπέμψουν με τη σειρά, ο ένας μετά τον άλλο, μία φορά σε κάθε γύρο. Αν ένας σταθμός έχει δεδομένα να στείλει σε κάποιον άλλο, χρησιμοποιεί το δικαίωμά του για εκπομπή, όταν έρθει η σειρά του. Αν δεν έχει κάτι να στείλει, παραχωρεί το δικαίωμα στον επόμενο σταθμό. Σ' αυτή την τεχνική στηρίζεται η λειτουργία των δικτυακών προτύπων *Token Ring*, *Token Bus*, *FDDI* και άλλων, τα οποία εξετάζονται αναλυτικά σε άλλα μαθήματα.
- ✓ **Ανταγωνισμού** (*contention*). Είναι η τεχνική κατά την οποία η μετάδοση δεδομένων από τους σταθμούς που συνδέονται στο δίκτυο είναι τυχαία. Κάθε σταθμός προσπαθεί να μεταδώσει τα δεδομένα που διαθέτει στο κανάλι ελπίζοντας να είναι κενό, ώστε να φτάσουν αυτά στον προορισμό τους. Βέβαια πάντα υπάρχει ένας μηχανισμός ο οποίος ειδοποιεί το σταθμό σε περίπτωση αποτυχίας της μετάδοσης, ώστε να υπάρξει επαναμετάδοση. Σ' αυτή την τεχνική στηρίζεται η λειτουργία των δικτυακών προτύπων ανοικτής ακρόασης, όπως είναι το *Ethernet*, το *ALOHA*, το *CSMA*, και άλλα, που θα εξεταστούν σε ιδιαίτερα μαθήματα.
- ✓ **Δέσμευσης ή κράτησης θέσης** (*reservation*). Κατ' αυτή χρησιμοποιούνται τεχνικές πολυπλεξίας, που διαιρούν τη χωρητικότητα του καναλιού σε κανάλια μικρότερης χωρητικότητας τα οποία διατίθενται σε κάθε σταθμό. Χρησιμοποιείται, όταν υπάρχει συνεχής και μεγάλης διάρκειας μετάδοση δεδομένων.



Στην Ελλάδα η κινητή τηλεφωνία καταλαμβάνει τις ακόλουθες περιοχές: οι εταιρείες Panafon και Telestet χρησιμοποιούν συχνότητες από 890 έως 960 MHz, ενώ ο Cosmote χρησιμοποιεί συχνότητες από 1.760 έως 1.785 MHz και από 1.855 έως 1.880 MHz.

6.5.2 Ασύρματη επικοινωνία - Ραδιοκύματα

Η ασύρματη επικοινωνία είναι ένας από τους τρόπους μετάδοσης που βρήκαν πολύ μεγάλη εφαρμογή ειδικά κατά το τελευταίο ήμισυ του 20ού αιώνα. Τελευταία εφαρμόζεται ευρύτατα και στην επικοινωνία των υπολογιστών, καθώς ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματά της είναι η αποδέσμευση των επικοινωνιών από τα ενσύρματα μέσα (καλώδια, οπτικές ίνες κτλ.). Η ασύρματη επικοινωνία βρίσκει πρόσφορο έδαφος εφαρμογής σε όλες σχεδόν τις μορφές επικοινωνιών εκπομπής, όπως είναι τα ασύρματα τοπικά δίκτυα, τα ραδιοφωνικά δίκτυα, τα δορυφορικά δίκτυα, κτλ.

Ειδικότερα, οι συχνότητες των ραδιοκυμάτων κυμαίνονται από 30 Hz έως 300 GHz. Για καλύτερο έλεγχο έχουν ταξινομηθεί σε 10 περιοχές συχνοτήτων (*frequency bands*). Οι ραδιοφωνικές εκπομπές των *FM*, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν τις συχνότητες από 87,5 έως 108 MHz.

Τα μειονεκτήματα των ζεύξεων μέσω ραδιοκυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Στις περισσότερες των περιπτώσεων παρέχουν μικρή ασφάλεια, καθώς οποιοσ-



δήποτε μπορεί να λάβει το σήμα χρησιμοποιώντας την ανάλογη κεραία.

- ✓ Η επικοινωνία απαιτεί οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη, που όμως παρεμποδίζεται σε πολλές περιπτώσεις από φυσικά εμπόδια, όπως είναι τα υψηλά κτίρια, τα βουνά κτλ. Για το λόγο αυτό οι κεραίες τοποθετούνται σε υψηλά σημεία και επάνω σε ειδικούς πύργους. Η απόσταση η οποία εξασφαλίζει οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη, με δεδομένη την καμπυλότητα της Γης και τη μη παρεμβολή άλλων εμποδίων, δίνεται από τον τύπο:

$$D = 7,14(K \cdot H)^{1/2}$$

όπου D η μέγιστη απόσταση, H το ύψος των κεραίων και K (συνήθως 1,33) ο συντελεστής διόρθωσης.

- ✓ Σε μερικές περιπτώσεις η επικοινωνία μπορεί να επηρεαστεί από φυσικά φαινόμενα, όπως καταιγίδες και ηλεκτρικές εκκενώσεις, ειδικά στις υψηλότερες συχνότητες των μικροκυμάτων.
- ✓ Η επικοινωνία είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές θορύβου.
- ✓ Απαιτείται μεγάλη ισχύς στους σταθμούς μετάδοσης.

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Δίκτυα εκπομπής, τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, τεχνική δακτυλίου, τεχνική ανταγωνισμού, τεχνική δέσμευσης ή κράτησης θέσης, ασύρματη επικοινωνία, ραδιοκύματα, μικροκύματα.





Μάθημα 6.6: Τεχνολογίες εκπομπής – Δορυφορικά δίκτυα



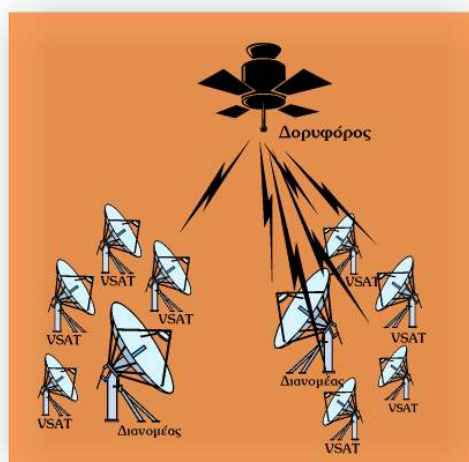
Στη δορυφορική επικοινωνία χρησιμοποιούνται μικροκύματα των οποίων οι συχνότητες είναι πάνω από 1 GHz.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα μαθήματα, τα δεδομένα είναι δυνατόν να μεταδοθούν χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραδιοκύματα) μέσω της ατμόσφαιρας ή του διαστήματος. Τα δορυφορικά συστήματα είναι αυτά τα οποία μπορούν να φέρουν σε πέρας τέτοιου είδους επικοινωνία. Χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό μια δέσμη μικροκυμάτων, που περιέχει κωδικοποιημένα δεδομένα και μεταδίδεται από το έδαφος στο δορυφόρο. Τα δεδομένα επιστρέφουν στο έδαφος σε προκαθορισμένους παραλήπτες μέσω **δορυφορικών αναμεταδοτών** (*transponders*). Ένας δορυφόρος έχει πολλούς τέτοιους αναμεταδότες, καθένας από τους οποίους καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή συχνότητας. Ένα τυπικό δορυφορικό κανάλι έχει εύρος 500 MHz και μπορεί να παρέχει εκατοντάδες συνδέσεις πολύ υψηλών ρυθμών μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιώντας τεχνικές πολυπλεξίας συχνότητας και χρόνου.

Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται για επικοινωνιακούς σκοπούς είναι συνήθως γεωστατικοί, κινούνται δηλαδή σε γεωστατική τροχιά γύρω από τη Γη, στα 35.900 χιλιόμετρα περίπου επάνω από τον Ισημερινό. Αυτό σημαίνει ότι μία πλήρης περιφορά ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη έχει διάρκεια 24 ώρες. Συγχρονισμένοι όμως οι δορυφόροι με την περιφορά της Γης γύρω από τον εαυτό της, γυρνούν μαζί με τη Γη και με την ίδια φορά, δίνοντας την εντύπωση ότι βρίσκονται πάντα επάνω από τον ίδιο τόπο. Το σήμα που εκπέμπουν μπορεί είτε να εκτείνεται σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή είτε να εστιάζεται σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή. Στη δεύτερη περίπτωση το σήμα είναι δυνατότερο και μπορεί να ληφθεί και από μικρές δορυφορικές κεραίες (σχήμα 6.11), γνωστές και ως **VSATs** (*Very Small Aperture Terminals*). Οι μικροκυματικές συχνότητες που χρησιμοποιούνται ανήκουν στην περιοχή C-band (4-6 GHz) ή στην περιοχή Ku-band (12-14 GHz).

Οι δορυφόροι λειτουργούν ως σταθμοί αναμετάδοσης των δεδομένων, ενώ ένα τυπικό δορυφορικό δίκτυο (σχήμα 6.11) αποτελείται συνήθως από:

- ✓ Το δορυφόρο.
- ✓ Το διανομέα (*hub*), δηλαδή ένα σταθμό με δορυφορική κεραία διαμέτρου από 4 έως 15 μέτρα συνήθως.
- ✓ Τους τερματικούς σταθμούς που είναι εφοδιασμένοι με VSATs, η διάμετρος των οποίων κυμαίνεται συνήθως από 0,5 έως 2 μέτρα. Φυσικά ο διανομέας και οι τερματικοί σταθμοί συνδέονται με τα επίγεια δίκτυα δεδομένων.
- ✓ Τους υπολογιστές, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με το διανομέα και τους τερματικούς σταθμούς.



Σχήμα 6.11: Δορυφορικό σύστημα VSATs (*Very Small Aperture Terminals*)



Ένας τερματικός σταθμός αποτελείται από:

- ✓ Την κεραία στο εξωτερικό κάποιου κτιρίου, η οποία διαθέτει και το μετατροπέα συχνότητας, που μετατρέπει τη συχνότητα λήψης σε μικρότερη συχνότητα (1,5 GHz περίπου).
- ✓ Το δορυφορικό διαποδιαμορφωτή (*modem*), που παίρνει το χαμηλότερης συχνότητας σήμα, το αποκωδικοποιεί και, μέσω καλωδίου πλέον, στέλνει τα δεδομένα σε ένα συνδεδεμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών συστημάτων είναι:

- ✓ Παρέχουν μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης.
- ✓ Η απόσταση μεταξύ του δορυφόρου και των σταθμών εδάφους δεν επηρεάζει την επικοινωνία τους.
- ✓ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγχρόνως για μεταφορά πολλών μορφών δεδομένων, όπως δεδομένων ηλεκτρονικών υπολογιστών, φωνής (τηλεφωνία), εικόνας (τηλεόραση).
- ✓ Το κόστος τους είναι ανεξάρτητο από την απόσταση που τους χωρίζει από το σταθμό εδάφους.

Τα μειονεκτήματα των δορυφορικών συστημάτων είναι:

- ✓ Έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.
- ✓ Επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες.
- ✓ Δεν παρέχουν ασφάλεια, καθώς οποιοσδήποτε με μια κεραία μπορεί να λάβει την πληροφορία που εκπέμπουν. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται, αν παραστεί ανάγκη, διάφορες τεχνικές κρυπτογράφησης του μηνύματος.
- ✓ Παρατηρείται μεγάλη καθυστέρηση του σήματος, λόγω της μεγάλης απόστασης του δορυφόρου από τους σταθμούς εδάφους (περίπου 500 msec).

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Ασύρματη επικοινωνία, μικροκύματα, δορυφορική επικοινωνία, δορυφορικά δίκτυα, δορυφορικός αναμεταδότης, VSAT.





Ανακεφαλαίωση

Οι τεχνολογίες των δικτύων υπολογιστών που αναπτύχθηκαν μέχρι σήμερα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το αν πρόκειται για συνδέσεις σημείου προς σημείο ή συνδέσεις εκπομπής. Η πρώτη περίπτωση αφορά τα δίκτυα ευρείας περιοχής ή τις συνδέσεις απομακρυσμένων συστημάτων υπολογιστών και είναι συνυφασμένη με την έννοια της μεταγωγής. Η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος είναι η πρώτη που εμφανίστηκε και έχει τη βάση της στο τηλεφωνικό σύστημα, ενώ η τεχνική της αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων μεταγωγής δρομολογήθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αφορά δίκτυα δεδομένων.

Ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης της πληροφορίας, τα δίκτυα μεταγωγής διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (*circuit switching networks*),
- ✓ δίκτυα μεταγωγής μηνύματος (*message switching networks*),
- ✓ δίκτυα μεταγωγής πακέτου (*packet switching networks*) και

Σύγχρονες τεχνολογίες που παρέχουν μετάδοση πληροφοριών πολλών τύπων (πολυμέσα) από το ίδιο μέσο στηρίζονται σε υβριδικές τεχνικές, δηλαδή τεχνικές μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος, οι οποίες έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη των πρόσφατων τεχνικών *ISDN* και *ATM*.

Εκτός από τα δίκτυα με συνδέσεις σημείου προς σημείο, υπάρχουν και τα δίκτυα εκπομπής (*broadcasting networks*), στα οποία η τεχνική προώθησης της πληροφορίας από τον αποστολέα στον αποδέκτη διαφέρει σημαντικά. Σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταγωγής, το χαρακτηριστικό των δικτύων εκπομπής είναι ότι δε διαθέτουν ενδιάμεσους κόμβους που να προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά έχουν ένα κοινό μέσο μετάδοσης, που μοιράζονται όλοι οι σταθμοί οι οποίοι συνδέονται στο δίκτυο. Η τεχνολογία αυτής της μορφής αφορά τα τοπικά κυρίως δίκτυα, όπου η πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης γίνεται με ανταγωνιστικούς όρους.

Τέλος, η ασύρματη επικοινωνία είναι ένας από τους τρόπους μετάδοσης που βρήκε πολύ μεγάλο πεδίο εφαρμογής τελευταία. Εφαρμόζεται ευρύτατα και στην επικοινωνία των υπολογιστών, καθώς ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματά της είναι η αποδέσμευση των επικοινωνιών από τα καλωδιακά μέσα (χάλκινα καλώδια, οπτικές ίνες κτλ.). Οι τεχνολογίες της ασύρματης επικοινωνίας, όπως είναι η ραδιοφωνική και η δορυφορική επικοινωνία, αν και πολύ παλιές, έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη διασύνδεση υπολογιστών, αν και πολύ παλιές, και σε ειδικότερες και πιο ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως είναι η διασύνδεση των τοπικών δικτύων.



Ερωτήσεις



1. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής κυκλώματος;
2. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής μηνύματος;
3. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής αυτοδύναμου πακέτου;
4. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της μεταγωγής νοητού κυκλώματος;
5. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των τεχνικών μεταγωγής;
6. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά των τεχνολογιών εκπομπής και σε ποιους τύπους δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως;
7. Ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές και ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας μεταγωγής και των τεχνολογιών εκπομπής;
8. Σε ποιους τύπους δικτύων ταιριάζει καλύτερα η τεχνολογία μεταγωγής και γιατί;
9. Ποια κατηγορία δικτύου μεταγωγής προσεγγίζει καλύτερα το τηλεφωνικό μοντέλο και γιατί;
10. Ποια τεχνολογία προσεγγίζει καλύτερα το τηλεοπτικό και το ραδιοφωνικό δίκτυο και γιατί;



Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών*, 1997.
2. Bertsekas D., Gallager R., *Data Networks*, Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
3. Cvetkovic S., notes in *Analysis and Design of Computer Networks*, University of Sheffield, UK, 1996.
4. Drefler F., *Using Networks*, QUE, 1998.
5. Drefler F., Freed L., *How Networks Works*, QUE, 1998.
6. Πομπόρτσος Α. Σ., *Τοπικά δίκτυα υπολογιστών*, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1990.
7. Σχολικό βιβλίο Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου ΟΕΔΒ, *Εφαρμογές πληροφορικής - υπολογιστών*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1998.
8. Rozell E., Pablo M., *MSCE TestPrep: TCP/IP*, 2nd edition, New Riders, 1999.
9. Smythe C., notes in *Computer and Data Networks: Advanced Networks and Internetworking*, University of Sheffield, UK, 1995.
10. Smythe C., notes in *Computer and Data Networks: OSI and LANs*, University of Sheffield, UK, 1995.
11. Stallings W., *Local and Metropolitan Area Networks*, 5th edition, Prentice Hall, 1997.
12. Stallings W., *Data and Computer Communications*, Macmillan Publishing Company, 2nd edition, 1990.
13. Tanenbaum S. A., *Computer Networks*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.



Διευθύνσεις Διαδικτύου (URLs)

- ✓ <http://www.ieee.org>
- ✓ <http://www.isoc.org/internet-history/cerf.html>
- ✓ <http://www.delphi.com/navnet/faq/history.html>
- ✓ <http://www.isoc.org/guest/zakon/Internet/History/>
- ✓ http://www.scis.nova.edu/~raciti/frame_1.html
- ✓ <http://www.elot.gr>
- ✓ <http://www.itu.int/>
- ✓ <http://www.cisco.com>
- ✓ http://aol.pcwebopedia.com/TERM/c/circuit_switching.html
- ✓ <http://www.vislab.usyd.edu.au/photonics/networks/networks/network5.html>
- ✓ http://ce597n.www.ecn.purdue.edu/~gavilan/costa/Internet/Operation/packet_switching.whtml
- ✓ <http://lamar.colostate.edu/~mrchips/ecc/Network2.htm>



Γλωσσάριο

Αγγλική

CCIR (*International Radio Conference Committee*): Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Ραδιοφώνου.

EIA (*Electronic Industries Association*): Ένωση Βιομηχανιών Ηλεκτρονικής.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*): Διεθνές Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων μηχανικών.

ISO (*International Organisation for Standardization*): Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης.

ITU (*International Telecommunications Union*): Πρώην CCITT, Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών.

NIST (*National Institute of Standards and Technology*): Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας των ΗΠΑ.

OSI (*Open Systems Interconnection*): Βλέπε Διασύνδεση ανοικτών συστημάτων.

PDU (*Protocol Data Unit*): Μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου.

URL (*Uniform Resource Locator*): Βλέπε Ενιαία θέση πόρου

WARC (*World Administrative Radio Conference*): Παγκόσμια Διοικητική Διάσκεψη Ραδιοφώνου.

WWW (*World Wide Web*): Βλέπε Παγκόσμιο Ιστό.

Ελληνική

Αμφίπλευρη ή αμφίδρομη μετάδοση (*full duplex*): Τεχνική ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών κατά την οποία τα δεδομένα μπορούν να σταλούν και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα.

Ανάδραση (*feedback*): Διαδικασία κατά την οποία ο χρήστης δέχεται κάποια ένδειξη ότι μια ενέργειά του έχει αναγνωριστεί από τον υπολογιστή (για παράδειγμα, ηχητικό σήμα μετά από πάτημα του πλήκτρου του ποντικιού).

Αναμεταδότης (*repeater*): Συσκευή που χρησιμοποιείται σε ένα δίκτυο για την μετά από ενίσχυση μετάδοση των σημάτων. Η αναμετάδοση γίνεται με το μέγιστο δυνατό ρυθμό, δυαδικό ψηφίο προς δυαδικό ψηφίο, χωρίς αποθήκευση.

Απλή μετάδοση (*simplex transmission*): Τεχνική ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών κατά την οποία τα δεδομένα μπορούν να σταλούν προς μια μόνο κατεύθυνση.

Αρχιτεκτονική AppleTalk: Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Apple, με σκοπό τη διασύνδεση των υπολογιστών της *Macintosh* μεταξύ τους, καθώς και με δίκτυα άλλων κατασκευαστών.

Αρχιτεκτονική DNA: Είναι το μοντέλο αναφοράς που χρησιμοποιούν δίκτυα της DECnet προκειμένου επικοινωνήσουν.



Αρχιτεκτονική NetWare: Αναπτύχθηκε από την Novell Corporation στο τέλος της δεκαετίας του 1980. Σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει τα μεγάλα συστήματα, κατανεμημένης επεξεργασίας των οργανισμών με δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Αρχιτεκτονική SNA (System Network Architecture): Αναπτύχθηκε από την IBM, με σκοπό να εξυπηρετήσει την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών – σταθμών εξυπηρέτησης και υπολογιστών – τερματικών, σύμφωνα με το σχήμα πελάτη - εξυπηρέτηση.

Ασυγχρόνιστη μετάδοση: Τεχνική μετάδοσης δεδομένων που βασίζεται στην ανταλλαγή χαρακτήρων ανάμεσα σε δύο συσκευές οι οποίες δεν έχουν κάποιο ρολόι που ώστε να συγχρονίζεται η μετάδοση των δεδομένων. Πριν από την εκπομπή κάθε χαρακτήρα αποστέλλεται ένα δυαδικό ψηφίο έναρξης, ενώ το τέλος της εκπομπής του χαρακτήρα οριοθετείται από την αποστολή ενός ή περισσότερων δυαδικών ψηφίων τερματισμού.

Ασυγχρόνιστος Τρόπος Μεταφοράς (ATM: Asynchronous Transfer Mode): Δίκτυα μεταφοράς με τα οποία πληροφορίες οποιασδήποτε μορφής τεμαχίζονται σε πακέτα των 53 δυαδικών ψηφίων, τα οποία συνιστούν διαδικτυακές ροές δεδομένων υψηλών ρυθμών.

Ασύρματη επικοινωνία (Wireless Communication): Είναι η επικοινωνία που χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης τη γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα.

Ασύρματα τοπικά δίκτυα: Τοπικά δίκτυα υπολογιστών που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα, υπέρυθρες ακτίνες ή μικροκύματα για τη μετάδοση των δεδομένων.

Αυτόματη απάντηση (automatic answering): Τεχνική με την οποία ο καλούμενος τερματικός εξοπλισμός μετάδοσης δεδομένων (DTE: Data Terminal Equipment) απαντά αυτόματα στο σήμα κλήσης.

Αυτόματη κλήση (automatic calling): Τεχνική με την οποία τα σήματα διαλογής εισάγονται υπό μορφή ακολουθίας δυαδικών ψηφίων από τη συσκευή που καλεί.

Διαμόρφωση (modulation): Τεχνική κατά την οποία ορισμένα χαρακτηριστικά ενός σήματος μετασχηματίζονται σύμφωνα με ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά του φέροντος σήματος (συχνότητα, φάση, πλάτος), με σκοπό τη μετάδοση του αρχικού σήματος. Διακρίνεται σε διαμόρφωση συχνότητας (FM), διαμόρφωση πλάτους (AM) και διαμόρφωση φάσης (PM).

Διασύνδεση: Η σύνδεση δύο διατάξεων που εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες.

Διασύνδεση Ανοικτών Συστημάτων (OSI: Open Systems Interconnection): Πρότυπο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων.

Διατάξεις διασύνδεσης: Οι μονάδες υλικού που εξασφαλίζουν τη σύνδεση και τη μεταφορά των πληροφοριών μεταξύ των κόμβων του δικτύου.

Δίκτυα δεδομένων (data network): Δίκτυο επικοινωνίας κατασκευασμένο για τη μετάδοση δεδομένων ψηφιακής μορφής, χωρίς αλλοίωση της αρχικής πληροφορίας.

Δίκτυο δεδομένων πολλαπλών συνδέσεων (multipoint): Δίκτυο σε κόμβους του οποίου είναι δυνατή η σταθερή σύνδεση με περισσότερα από δύο κυκλώματα.

Δυαδική ισοτιμία: Μηχανισμός ελέγχου της ορθότητας μετάδοσης δεδομένων, ευρύτατα διαδεδομένος λόγω της απλότητάς του και της ευκολίας υλοποίησής του.



Διεπαφή (interface): Είναι το σημείο στο οποίο το κάθε επίπεδο προσφέρει πρωτογενείς λειτουργίες και υπηρεσίες στο ακριβώς ανώτερό του.

Διεύθυνση IP (IP address): Η μοναδική διεύθυνση για κάθε υπολογιστή που συνδέεται στο Διαδίκτυο.

Διεύθυνση Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (E-mail address): Η διεύθυνση που διατίθεται από έναν οργανισμό παροχής υπηρεσιών Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου σε έναν χρήστη και από την οποία παραλαμβάνει/στέλνει ηλεκτρονικά μηνύματα.

Δίκτυο ανταγωνισμού (contention): Δίκτυο εκπομπής στο οποίο η πρόσβαση από τους σταθμούς που συνδέονται στο δίκτυο γίνεται τυχαία.

Δίκτυο δακτυλίου (round robin): Δίκτυο σημείου προς σημείο στο οποίο οι σταθμοί έχουν δικαίωμα να μεταδώσουν με τη σειρά, ο ένας μετά τον άλλο, μία φορά σε κάθε γύρο.

Δίκτυο δέσμευσης ή κράτησης θέσης (reservation): Δίκτυο που χρησιμοποιεί την τεχνική της πολυπλεξίας για τη μετάδοση των δεδομένων.

Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN: Wide Area Networks): Δίκτυα που καλύπτουν μια πολύ μεγάλη (ακόμα και ολόκληρο τον πλανήτη) γεωγραφικά περιοχή.

Δίκτυο εκπομπής (Broadcasting network): Στα δίκτυα εκπομπής δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι που προωθούν την πληροφορία στον προορισμό της, αλλά υπάρχει ένα κοινό μέσο μετάδοσης, το οποίο μοιράζονται όλοι οι σταθμοί που συνδέονται με το δίκτυο.

Δίκτυο μεταγωγής μηνύματος (Message switching network): Δίκτυο σημείου προς σημείο, το οποίο εφαρμόζει τεχνική σύμφωνα με την οποία ο πομπός οργανώνει την πληροφορία που θέλει να στείλει στο δέκτη σε ένα μήνυμα, που περιέχει τη διεύθυνση του παραλήπτη, και την προωθεί από κόμβο σε κόμβο.

Δίκτυο μεταγωγής νοητού κυκλώματος (Virtual circuit switching network): Δίκτυο σημείου προς σημείο, στο οποίο δημιουργείται ένα νοητό κύκλωμα μεταξύ των δύο κόμβων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν και τα πακέτα στέλνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, ακολουθώντας όμως την ίδια πάντα διαδρομή.

Δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (Circuit switching network): Η μετάδοση δεδομένων είναι εφικτή μόνο μετά την εγκατάσταση μιας φυσικής ζεύξης – κυκλώματος μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου.

Δίκτυο μεταγωγής πακέτων (Packet switching network): Δίκτυο σημείου προς σημείο, στο οποίο εφαρμόζονται τεχνολογίες αποθήκευσης και προώθησης των πακέτων από κόμβο σε κόμβο μέχρι να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους.

Δίκτυο μεταγωγής πακέτων με νοητά κυκλώματα (Virtual circuit packet switched network): Δίκτυο στο οποίο οι μεταγωγείς του δικτύου δρομολογούν τα πακέτα μιας ροής δεδομένων από τον ίδιο πάντα σύνδεσμο.

Ενθυλάκωση (encapsulation): Είναι η προσθήκη διάφορων πληροφοριών ελέγχου στις PDUs.

Ενιαία θέση πόρου (URL: Uniform Resource Locator): Η Διαδικτυακή διεύθυνση ενός ηλεκτρονικού τόπου, που αποκαλύπτει το όνομα του υπολογιστή εξυπηρέτη-



σης στον οποίο είναι αποθηκευμένα τα αρχεία των ιστοσελίδων της ηλεκτρονικής τοποθεσίας.

Επαναλήπτες (repeaters): Συσκευές για τη διασύνδεση τμημάτων δικτύων στο φυσικό επίπεδο. Συνήθως διαθέτουν δύο ή περισσότερες θύρες. Το εισερχόμενο σήμα σε οποιαδήποτε θύρα τους επαναλαμβάνεται και στις υπόλοιπες θύρες ως σήμα εξόδου.

Επαναλήπτης με καταχωρητή (buffered repeater): Συσκευή που έχει ως σκοπό την ενίσχυση και την αναγέννηση σημάτων, ώστε αυτά να μπορούν να αναμεταδίδονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέσα σε ένα επικοινωνιακό κανάλι. Επίσης έχει τη δυνατότητα ελέγχου ροής, ώστε να αποφεύγονται συγκρούσεις.

Επανασύνθεση (re-assembly): Είναι η αντίθετη της κατάτμησης λειτουργία.

Επικοινωνία: Η διαδικασία με την οποία η πληροφορία μεταφέρεται από ένα σημείο στο χώρο και στο χρόνο, που ονομάζεται πηγή, σε ένα άλλο σημείο, που ονομάζεται προορισμός.

Επίπεδο δικτύου (Network Layer): Αποτελεί το τρίτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και έχει ως έργο τη μεταφορά των πακέτων πληροφοριών από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη.

Επίπεδο εφαρμογής (Application Layer): Αποτελεί το έβδομο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και έχει ως έργο τη σωστή επικοινωνία ασύμβατων εφαρμογών.

Επίπεδο μεταφοράς (Transport Layer): Αποτελεί το τέταρτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και έχει ως έργο την παραλαβή των δεδομένων από το πιο πάνω επίπεδο (επίπεδο συνόδου), τη διάσπασή τους σε μικρότερες μονάδες αν χρειαστεί, την παράδοσή τους στο επίπεδο δικτύου και τη διασφάλιση ότι όλα τα κομμάτια φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά.

Επίπεδο παρουσίασης (Presentation Layer): Αποτελεί το έκτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και ελέγχει την ορθότητα της σύνταξης και τη σημασιολογία των δεδομένων που μεταδίδονται.

Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Link Layer): Αποτελεί το δεύτερο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και έχει ως έργο την ανίχνευση και διόρθωση των δεδομένων, που συμβαίνουν κατά τη μετάδοση.

Επίπεδο συνόδου (Session Layer): Αποτελεί το πέμπτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών μηχανημάτων να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους.

Εύρος ζώνης (bandwidth): Η ικανότητα μετάδοσης πληροφοριών από ένα κανάλι. Τυπικά η περιοχή συχνοτήτων εκφράζεται σε *bps*.

Ηλεκτρονικό Μήνυμα (E-mail message): Μήνυμα σε ηλεκτρονική μορφή που αποστέλεται/λαμβάνεται από τους χρήστες (Δια)δικτύου.

Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο (E-mail): Υπηρεσία του Διαδικτύου, που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή μηνυμάτων σε ηλεκτρονική μορφή.

Ημίπλευρη ή μονόδρομη μετάδοση (half duplex): Τεχνική ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών κατά την οποία τα δεδομένα μπορούν να σταλούν προς οποια-



δήποτε κατεύθυνση, όχι όμως ταυτόχρονα.

Καθυστέρηση μεταφοράς: Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να μεταφερθεί ένα δυαδικό ψηφίο από ένα άκρο του δικτύου σε ένα άλλο.

Καταιγιστική κίνηση (*bursty traffic*): Σύντομες αλλά πολύ μεγάλου όγκου μεταφορές δεδομένων.

Κατάτμηση (*segmentation* ή *fragmentation*): Ο τεμαχισμός των δεδομένων σε μικρότερες ομάδες.

Κόμβος επικοινωνίας (*Communication Node*): Διάταξη υπεύθυνη για τη σύνδεση δύο, ή περισσότερων γραμμών μετάδοσης.

Κυκλικός κώδικας πλεονασμού (*CRC: cyclic Redundancy Code*): Κώδικας ανίχνευσης σφαλμάτων κατά τη μετάδοση πληροφοριών. Χρησιμοποιείται σε πολλά πρωτόκολλα επικοινωνίας τοπικών δικτύων.

Κωδικοποιημένα Αρχεία Κειμένου (*ASCII files*): Αρχεία κειμένου όπου ο κάθε χαρακτήρας παριστάνεται με κάποιον αριθμό από 0 έως 255.

Λειτουργικό σύστημα δικτύου (*NOS: Network Operating System*): Λειτουργικό σύστημα εξοπλισμένο με σύνολο προγραμμάτων και διεργασιών που καθιστούν τον κόμβο ικανό να λειτουργήσει σε περιβάλλον δικτύου.

Λογισμικό δικτύου: Είναι το σύνολο των προγραμμάτων που εξασφαλίζουν τη σύνδεση.

Λογισμικό εφαρμογών δικτύου: Είναι τα προγράμματα εφαρμογών που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες τις οποίες προσφέρει ένα δίκτυο υπολογιστών.

Μεταγωγή πλαισίου (*FR: Frame Relay*): Τεχνική που εξυπηρετεί τις ανάγκες της γρήγορης και αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων, κυρίως κατά τη διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ τοπικών δικτύων με δίκτυα ευρείας περιοχής ή μεταξύ τοπικών δικτύων.

Μεταφορά (*download*): Η μεταφορά προγραμμάτων ή δεδομένων από έναν υπολογιστή σε μια συνδεδεμένη συσκευή, συνήθως από έναν υπολογιστή εξυπηρέτησης σε έναν προσωπικό υπολογιστή.

Μητροπολιτικά δίκτυα (*MAN: Metropolitan Area Networks*): Δίκτυα που καλύπτουν μια ευρύτερη γεωγραφικά περιοχή.

Μοντέλο αναφοράς OSI: Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων.

Μοντέλο αναφοράς TCP/IP (*Transmission Control Protocol /Internet Protocol*): Μοντέλο αναφοράς πρωτοκόλλου ελέγχου μετάδοσης / Πρωτόκολλο Διαδικτύου.

Ομοαξονικό καλώδιο: Μέσο μετάδοσης πληροφοριών που αποτελείται από έναν κεντρικό αγωγό και ένα εξωτερικό ομόκεντρο πλέγμα - αγωγό.

Ομοαξονικό καλώδιο εκπομπής βασικής ζώνης (*baseband coax*): Ομοαξονικό καλώδιο που χρησιμοποιείται σε επικοινωνιακούς διαύλους για μετάδοση με εκπομπή βασικής ζώνης. Η μετάδοση των σημάτων γίνεται χωρίς διαμόρφωση.

Ομοαξονικό καλώδιο εκπομπής ευρείας ζώνης (*broadband coax*): Ομοαξονικό καλώδιο που χρησιμοποιείται σε επικοινωνιακούς διαύλους για μετάδοση με εκπομπή ευρείας ζώνης.



Οπτικές ίνες: Μέσο μετάδοσης πληροφοριών στο οποίο τα δεδομένα μεταφέρονται με τη βοήθεια φωτεινών σημάτων. Είναι ίνες πλαστικού ή γυαλιού που μεταφέρουν πληροφορίες διαμορφώνοντας ένα οπτικό σήμα. Χαρακτηρίζονται από υψηλό εύρος ζώνης και μηδενική επίδραση από θόρυβο που προκαλείται από ηλεκτρικές πηγές.

Παγκόσμιος Ιστός (WWW: World Wide Web) Σύστημα στο Διαδίκτυο για παγκόσμια σύνδεση εγγράφων πολυμέσων με συνδέσμους, το οποίο καθιστά την πρόσβαση στις σχέσεις των κοινών πληροφοριών μεταξύ εγγράφων εύκολη και εντελώς ανεξάρτητη από την πραγματική τους θέση.

Περίοδος Λειτουργίας Προσομοίωσης Τερματικού (Telnet): Η διάρκεια σύνδεσης δύο υπολογιστών μέσω της υπηρεσίας προσομοίωσης τερματικού.

Πολυπλεξία: Η διαδικασία αποστολής ενός αριθμού χωριστών σημάτων μέσα στο ίδιο κανάλι, μαζί, ταυτόχρονα και χωρίς αλληλεπιδράσεις. Γενικά έχουμε πολυπλεξία με επιμερισμό συχνότητας (FDM) για αναλογικά σήματα και πολυπλεξία με επιμερισμό χρόνου (TDM) για ψηφιακά σήματα.

Πρωτόκολλα Επικοινωνίας (Communication Protocols): Οι κανόνες που είναι υπεύθυνοι για την ποιότητα και την πιστότητα των πληροφοριών που μεταδίδονται στο κανάλι επικοινωνίας.

Πρωτόκολλο Απλού Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (SMTP: Simple Mail Transfer Protocol): Πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για αποστολή και λήψη ηλεκτρονικής αλληλογραφίας.

Πρωτόκολλο Εξομοίωσης Τερματικού (Telnet: Terminal Emulator Protocol): Πρωτόκολλο που επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να συνδέσει τον υπολογιστή του με κάποιο απομακρυσμένο μηχάνημα.

Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (FTP: File transfer protocol): Πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά αρχείων από υπολογιστή σε υπολογιστή.

Πρωτοκόλλου Μεταφοράς Υπερκειμένου (HTTP: HyperText Transfer Protocol): Πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ιστοσελίδων από το Διαδίκτυο στον υπολογιστή μας.

Ρυθμός διέλευσης (throughput): Το πλήθος των δυαδικών ψηφίων που μπορούν να μεταφερθούν αξιόπιστα μέσα από το δίκτυο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Σήματα: Συναρτήσεις χρόνου που παριστάνουν κάποια φυσική ποσότητα.

Σύνδεση ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής (broadcasting): Σύνδεση επικοινωνίας δύο ή και περισσότερων κόμβων ταυτόχρονα.

Σύνδεση σημείου με σημείο (point-to-point connection): Σύνδεση επικοινωνίας δύο μόνο κόμβων κάθε φορά.

Σύνδεσμος διαμοιρασμού (shared link): Ο σύνδεσμος που ενώνει δύο ενδιάμεσους κόμβους.

Σύστημα Ονομασίας Περιοχών (DNS: Domain Name System): Σύστημα αντιστοίχιας κάθε αριθμητικής διεύθυνσης Διαδικτύου (IP) με μια ή περισσότερες ισοδύναμες συμβολικές διευθύνσεις.



Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα (*Telecommunication networks*): Συστήματα που επιτρέπουν στους χρήστες τους να μεταβιβάζουν ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες, ενώ βρίσκονται σε απόσταση.

Τοπικά δίκτυα (*LAN: Local Area Networks*): Δίκτυα που καλύπτουν μια μικρή γεωγραφικά περιοχή.

Τοπολογία δικτύου: Η φυσική διάταξη των καλωδίων που συνδέουν τους κόμβους του δικτύου.

Υπηρεσία Προσομοίωσης Τερματικού (*Telnet*): Υπηρεσία που επιτρέπει την μετατροπή ενός υπολογιστή σε υπολογιστή-πελάτη, έτσι ώστε να μπορεί να έχει πρόσβαση σε ένα σταθμό εξυπηρέτησης προσομοίωσης τερματικού. Επιτυγχάνεται δηλαδή, η μετατροπή ενός υπολογιστή σε τερματικό του υπολογιστή με τον οποίο συνδέεται.

Υποδίκτυο επικοινωνίας: Τα μέσα μετάδοσης και οι κόμβοι ενός δικτύου επικοινωνίας.

Φυσικό επίπεδο (*Physical Layer*): Αποτελεί το πρώτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς *OSI* και έχει ως έργο τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων σε ένα κανάλι επικοινωνίας.

Φυσικό μέσο μετάδοσης ή σύνδεσμος: Είναι το μέσο από το οποίο θα περάσουν τα δεδομένα υπό μορφή σημάτων επικοινωνίας.

Χρόνος αναμονής στους κόμβους: Ο χρόνος που περιμένει το πακέτο στον προσωρινό αποταμειυτή κάθε κόμβου, μέχρι να εξυπηρετηθεί.

Χρόνος μετάδοσης στο δίκτυο: Το αντίστροφο του ρυθμού διέλευσης του δικτύου.

Χρόνος μετάδοσης στο μέσο: Ο χρόνος που απαιτείται για να μεταδοθεί ένα δυαδικό ψηφίο διαμέσου των φυσικών μέσων που συνθέτουν την από άκρη σε άκρη διαδρομή.

Χωρητικότητα (*capacity*): Ο συνολικός όγκος των δεδομένων που μπορούν να αποθηκευτούν, να υποστούν επεξεργασία ή να μεταδοθούν.

Ψηφιακά Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (*ISDN: Integrated Services Digital Networks*): Δίκτυα μετάδοσης όλων των μορφών κυκλοφορίας, όπως δεδομένων ηλεκτρονικών υπολογιστών, βίντεο, εικόνας, φωνής κτλ. από το ίδιο μέσο μετάδοσης.