

Περιεχόμενα

Πρόλογος	xiii
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στο Τηλεποινωνιακά Δίκτυα	1
1.1 Τι είναι τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;	1
1.2 Γιατί πρέπει να μάθουμε για τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;	4
1.3 Τι πρέπει να μάθουμε για τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;	6
1.4 Η εξέλιξη των Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων	7
1.5 Οργάνωση του βιβλίου	
Περίληψη	16
Προβλήματα	16
Βιβλιογραφία	19
Κεφάλαιο 2 Αρχές Σχεδιασμού Δικτύων Επικοινωνιών	21
2.1 Αρχιτεκτονική και Υπηρεσίες Δικτύου	22
2.2 Αρχιτεκτονικές Δικτύων σε Επίπεδα	28
2.3 Πώς μεταδίδεται η πληροφορία μέσα σε ένα δίκτυο	32
2.4 Κατηγορίες Υπηρεσιών Επικοινωνίας	34

Χ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

2.5 Μεταγωγή	39
2.6 Πολύπλεξη	47
2.7 Το Πρότυπο OSI	53
2.8 Άλλα Αρχιτεκτονικά Μοντέλα: IEEE 802, DOD, TOP και MAP	63
2.9 ISDN και BISDN	65
2.10 Διαχείσις Δικτύων	69
Περίληψη	71
Προβλήματα	72
Βιβλιογραφία	77
Κεφάλαιο 3 Το Φυσικό Επίπεδο	79
3.1 Διάδοση Σήματος	80
3.2 Οπτική Μετάδοση των Bits	95
3.3 Μεταδίδοντας bits με φασικές ή με γραμμές μεταφοράς	109
3.4 Συγχρονισμός και Πλαισίωση	126
3.5 Έλεγχος Λαθών	134
3.6 Ψηφιακή Μετατροπή Πληροφορίας	142
Περίληψη	146
Προβλήματα	147
Βιβλιογραφία	150
Κεφάλαιο 4 Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων	153
4.1 Πρωτόκολλα Ζεύξης δεδομένων	155
4.2 Το Πρωτόκολλο Εναλλασσόμενου Bit	166
4.3 Πρωτόκολλο Επιλεκτικής Επανάληψης	173
4.4 Πρωτόκολλο οπισθοχώρησης κατά N (GO BACK N)	185
4.5 Ορθότητα Πρωτοκόλλων	190
4.6 Παραδείγματα του Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων	205
Περίληψη	213
Προβλήματα	214
Βιβλιογραφία	217
Κεφάλαιο 5 Τοπικά Δίκτυα	219
5.1 Το Πρωτόκολλο ALOHA	222
5.2 Ethernet και IEEE 802.3	230
5.3 Δίκτυα Δακτυλίου με Κουπόνι	243
5.4 Δίκτυα Αρτηρίας με Κουπόνι	252
5.5 FDDI	256
5.6 DQDB	263
5.7 Έλεγχος Λογικής Ζεύξης (Logical Link Control)	266
Περίληψη	269

Προβλήματα	270
Βιβλιογραφία	273
Κεφάλαιο 6 Το Επίπεδο Δικτύου	275
6.1 Ονόματα και Διευθύνσεις	279
6.2 Δρομολόγηση	286
6.3 Έλεγχος Συμφόρησης	314
6.4 Σχεδιασμός Δικτύων	319
6.5 Παραδείγματα του Στρώματος Δικτύου	326
Περίληψη	331
Προβλήματα	332
Βιβλιογραφία	335
Κεφάλαιο 7 Τα Επίπεδα Διακίνησης, Συνόδου και Παρουσίασης	337
7.1 Σύνοδοι	340
7.2 Επίπεδο διακίνησης	341
7.3 TCP, UDP και TP4	349
7.4 Επίπεδο Συνόδου	351
7.5 Κρυπτογράφηση	352
7.6 Κρυπτογράφηση με Δημόσιο Κλειδί	355
7.7 Συμπίεση Δεδομένων	358
7.8 Μετατροπή Σύνταξης	364
Περίληψη	365
Προβλήματα	365
Βιβλιογραφία	367
Κεφάλαιο 8 Εφαρμογές	369
8.1 TOP	372
8.2 MAP	376
8.3 FTP, SMTP, TELNET, TFTP, rcp, rsh, rlogin	378
8.4 NFS	381
8.5 NetBIOS	382
8.6 SNA	384
8.7 Βάσεις Δεδομένων	385
8.8 Εξισορρόπηση Φόρτου	386
Περίληψη	387
Προβλήματα	388
Βιβλιογραφία	390
Κεφάλαιο 9 Ενοποίηση των Υπηρεσιών	391
9.1 Υπηρεσίες	392
9.2 Τοπικά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών	396

9.3 Το Τηλεφωνικό Δίκτυο	400
9.4 Το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN)	405
9.5 Το ISDN Ευρείας Ζώνης	408
Περίληψη	412
Προβλήματα	412
Βιβλιογραφία	415
Κεφάλαιο 10 Αξιολόγηση της Επίδοσης και Επιτήρηση	417
10.1 Επιτήρηση, SNMP και CMOT	418
10.2 Μοντέλα και Ανάλυση	420
10.3 Προσομοίωση	427
10.4 Εξομοίωση	431
Περίληψη	432
Προβλήματα	432
Βιβλιογραφία	436
Παράρτημα Α Πιθανότητες	437
A.1 Πιθανότητα και Τυχαίες Μεταβλητές	438
A.2 Προσδοκία	441
A.3 Ανεξαρτησία	445
A.4 Αναγεννητική Μέθοδος	448
Περίληψη	451
Προβλήματα	452
Βιβλιογραφία	415
Παράρτημα Β Θεωρία Αναμονής	455
B.1 Αλυσίδες Markov και Ουρές M/M/1	456
B.2 Δίκτυα Ουρών M/M/1	461
B.3 Μέσες Καθυστερήσεις	465
Περίληψη	469
Προβλήματα	470
Βιβλιογραφία	472
Παράρτημα Γ Βασικές Αρχές Επικοινωνίας	473
G.1 Φάσμα Συχνοτήτων	473
G.2 Διαμόρφωση και Αποδιαμόρφωση	476
G.3 Βρόχος κλειδώματος της φάσης	479
G.4 Το Θεώρημα Δειγματοληψίας του Nyquist	480
Περίληψη	481
Βιβλιογραφία	482
Παράρτημα Δ Αναφορές	483

Εισαγωγή στα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα

1

1.1 Τι είναι τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;

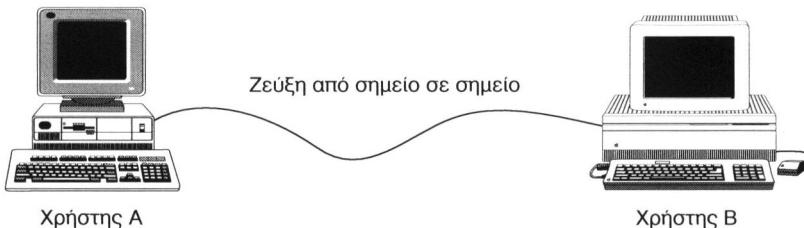
Τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι κατανεμημένα συστήματα υλικού (hardware) και λογισμικού (software) που επιτρέπουν στους χρήστες να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Αυτός ο πολύ γενικός ορισμός θα βοηθήσει στην κατανόηση μιας από τις πιο γοργά αναπτυσσόμενες περιοχές της επιστήμης του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού. Αφού εξετάσουμε κάποια συνήθη τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, θα φτάσουμε σε έναν ακριβέστερο ορισμό των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Στο κεφάλαιο αυτό θα εμβαθύνουμε στη σημασία αυτής της περιοχής και θα κάνουμε μια επισκόπηση της εξέλιξής της.

Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι το πιο γνωστό και εκτεταμένο δίκτυο. Έχει σχεδιαστεί για να μεταδίδει φωνή. Δίκτυα υπολογιστών χρησιμοποιούνται από οργανισμούς σε περιβάλλονταν γραφείου για να συνδέονται προσωπικοί υπολογιστές, ώστε να μοιράζονται προγράμματα και δεδομένα, να μπορούν να συνδέονται με εκτυπωτές και, πιθανώς, με άλλα περιφερειακά (για παράδειγμα διαχειριστές αρχείων που παρέχουν μαζική αποθήκευση ή εκτυπωτές). Επίσης, δίκτυα υπολογιστών χρησιμοποιούνται σε εργοστασιακό περιβάλλον

2 ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ώστε να συνδέονται εργαλειομηχανές, φομπότ και αισθητήρες. Ορισμένα δίκτυα υπολογιστών καλύπτουν τις Η.Π.Α. και συνδέονται με δίκτυα στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία. Επιτρέπουν έτσι στους χρήστες να ανταλλάσσουν μηνύματα και αρχεία. Μερικά πειραματικά δίκτυα μεταδίδουν σήματα κινούμενης εικόνας και ήχου καθώς επίσης και δεδομένα.

Αν και όλα αυτά τα συστήματα είναι τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, διαφέρουν σημαντικά στο είδος πληροφορίας που μεταδίδουν και στον τρόπο που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 1.1 Σύνδεση από σημείο σε σημείο ανάμεσα στους χρήστες Α και Β.

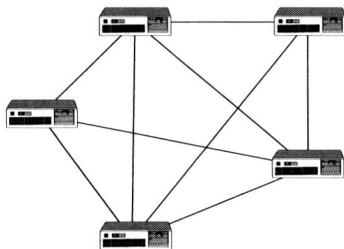
Μια αποκλειστική ζεύξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει δύο χρήστες μόνιμα.

Παρ' όλα αυτά λειτουργούν βασιζόμενα σε παρόμιοις αρχές. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των δικτύων θα μας βοηθήσουν να αναπτύξουμε έναν ορισμό των τηλεπικοινωνιακών δικτύων που να περιγράφει ικανοποιητικά τις διατάξεις λογισμικού και υλικού που μελετάμε σ' αυτό το βιβλίο. Κάθε περιγραφόμενο σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να ανταλλάσσεται πληροφορία (η οποία μπορεί να είναι φωνή, ήχος, γραφικά, κινούμενη εικόνα, ή δεδομένα) ανάμεσα στους χρήστες. Συνήθως οι χρήστες είναι φυσικά πρόσωπα, αλλά μπορούν να είναι και προγράμματα υπολογιστών, ή συσκευές. Η πληροφορία, πριν να μεταδοθεί, μετατρέπεται σε bits (1 ή 0). Μετά, τα bits στέλνονται σε ένα δέκτη ως ηλεκτρικά ή οπτικά σήματα (ηλεκτρομαγνητικά κύματα, για να είμαστε πιο ακριβείς). Τελικά, η πληροφορία ανασυντίθεται από τα bits που έχουν ληφθεί. Αυτή η μέθοδος μετάδοσης, που λέγεται ψηφιακή μετάδοση, μειώνει τα λάθη μετάδοσης.

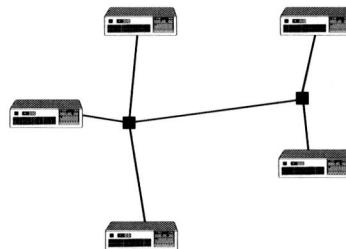
Η μετάδοση από κάποιο χρήστη Α σε έναν άλλο χρήστη Β μπορεί να λάβει χώρα μέσα από μια “από σημείο σε σημείο” τηλεπικοινωνιακή ζεύξη, που συνδέει συνεχώς το Α με το Β (Σχήμα 1.1.). Το φυσικό μέσο που υποστηρίζει αυτή την επικοινωνία μπορεί να είναι καλώδιο, χάλκινα σύρματα, οπτική ίνα ή μια ραδιοζεύξη.

Το δίκτυο, είναι μια διάταξη ευρύτερη από μια και μοναδική ζεύξη από σημείο σε σημείο. Συνδέει ένα μεγάλο πλήθος χρηστών. Ένα δίκτυο σχεδόν ποτέ δεν υλοποιείται με εγκατάσταση μιας από σημείο σε σημείο ζεύξης α-

νάμεσα σε κάθε ζευγάρι χρηστών, γιατί το κόστος θα ήταν απαγορευτικό και θα γινόταν σπατάλη πόρων. Αντ' αυτού, ένα δίκτυο οργανώνεται έτσι ώστε διαφορετικές ζεύξεις πληροφορίας να μοιραζούνται τις ίδιες τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις (Εικόνα 1.2.).



(a) Ζεύξη από σημείο σε σημείο



(β) Μοιραζόμενες ζεύξεις

Εικόνα 1.2 Από σημείο-σε-σημείο ζεύξεις(α) έναντι μοιραζομένων ζεύξεων (β).

Δύο λύσεις είναι δυνατές για να συνδέονται χρήστες. Στη λύση (α), κάθε ζευγάρι χρηστών συνδέεται με μια αποκλειστική ζεύξη. Αυτή η λύση δεν είναι εφικτή για μεγάλο αριθμό χρηστών. Στη λύση (β), κάποιες ζεύξεις χρησιμοποιούνται από διαφορετικά ζευγάρια χρηστών, όχι ταυτόχρονα. Με αυτή τη λύση επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία στο μήκος ζεύξεων.

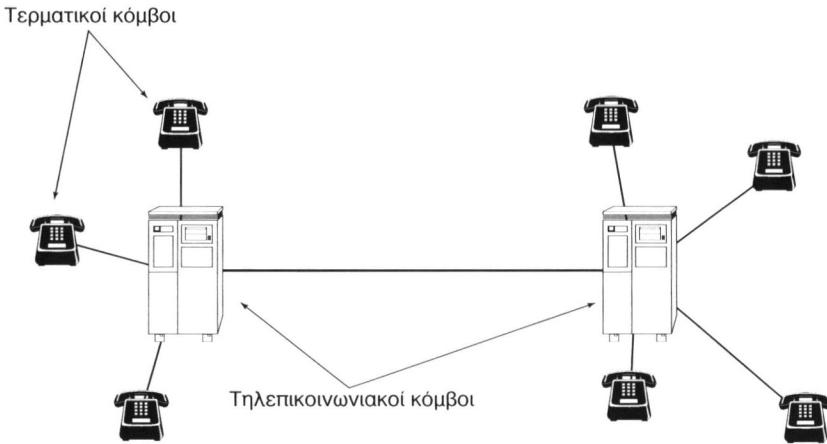
Ένα από τα βασικά προβλήματα στο σχεδιασμό δικτύων είναι η εύρεση αποδοτικών τρόπων για την από κοινού χρήση τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων. Συνήθως, η από κοινού χρήση καναλιών επικοινωνίας σημαίνει ότι ένα φεύγοντας πληροφορίας μπορεί να είναι υποχρεωμένο να περιμένει μέχρις ότου μια ζεύξη ελευθερωθεί. Ποσότητες που μετρούν αυτή την πλευρά της συμπεριφοράς του δικτύου είναι σημαντικές στο σχεδιασμό και την επιλογή των δικτύων.

Από αυτή τη περιγραφή μπορούμε να ορίσουμε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο ως εξής:

Ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο είναι ένα σύνολο από κόμβους που είναι διασυνδεδεμένοι έτσι ώστε να επιτρέπουν την ανταλλαγή πληροφορίας.

Σ' αυτό τον ορισμό, οι κόμβοι μπορούν να είναι τερματικά όπως τηλεφωνικές συσκευές, υπολογιστές, εκτυπωτές, διαχειριστές αρχείων ή οθόνες για κινούμενη εικόνα. Μπορούν επίσης να είναι συσκευές επικοινωνίας, όπως τηλεφωνικά κέντρα (μεταγωγείς), πύλες ή επαναλήπτες (Σχήμα 1.3). Έτσι, υπάρχουν δύο είδη κόμβων: **τερματικοί κόμβοι** και **τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι**. Οι τερματικοί κόμβοι γεννούν ή καταναλώνουν την πληροφορία που μεταφέρεται μέσα από το δίκτυο. Οι τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι μεταφέρουν την πληροφορία αλλά ούτε την γεννούν, ούτε την καταναλώνουν. Σημειώστε ότι οι

4 ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Εικόνα 1.3 Τερματικοί κόμβοι και τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι.

Ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο είναι ένα σύνολο από διασυνδεδεμένους κόμβους. Μερικοί κόμβοι είναι τερματικά, όπως οι τηλεφωνικές συσκευές σ' αυτή την εικόνα. Σε άλλα δίκτυα τερματικοί κόμβοι μπορεί να είναι υπολογιστές, εκτυπωτές, διαχειριστές αρχείων ή οθόνες για κινούμενη εικόνα. Οι άλλοι κόμβοι είναι τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι, όπως μεταγωγείς ή άλλες συσκευές επικοινωνίας.

τερματικοί κόμβοι εκτελούν κάποιες λειτουργίες επικοινωνίας: τουλάχιστον πρέπει να λάβουν ή να μεταδόσουν πληροφορία.

Ο νέος μας ορισμός για τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, είναι, παρ' όλα αυτά, ακόμα, αρκετά γενικός. Είναι όμως και αρκετά ακριβής για τον τωρινό μας στόχο, να κάνουμε δηλαδή μια εισαγωγή στο αντικείμενο όπως επίσης και για τους γενικότερους στόχους αυτού του βιβλίου. Στο κεφ. 2 θα συζητήσουμε συγκεκριμένα παραδείγματα δικτύων.

1.2 Γιατί πρέπει να μάθουμε για τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η συντήρηση υλικού εξοπλισμού και λογισμικού για τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι ανάμεσα στις ταχύτερα αναπτυσσόμενες περιοχές της τεχνολογίας. Η ανάπτυξη αυτή τροφοδοτείται από τη γρήγορη πρόοδο στις τεχνολογίες υπολογιστών και επικοινωνιών και από την ουσιαστική αύξηση στην παραγωγικότητα που δημιουργείται από τις βελτιωμένες επικοινωνίες. Σ' αυτή την παράγραφο συζητάμε τον αντίκτυπο των δικτύων επικοινωνίας και των μελλοντικών εφαρμογών, δίνοντας έμφαση στις διευρυνόμενες ευκαιρίες που είναι διαθέσιμες σ' αυτόν τον τομέα.

Οι υπολογιστές και οι σταθμοί εργασίας είχαν μια δραματική επί-

δραση στον εργασιακό χώρο. Όταν τέτοιες μηχανές οργανώνονται σε ένα δίκτυο, οι ικανότητές τους επεκτείνονται αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το φάσμα εφαρμογών, που είναι διαθέσιμες στους χρήστες. Τα δίκτυα υπολογιστών προσφέρουν άμεση μείωση του κόστους αφού επιτρέπουν σε ένα αριθμό από υπολογιστές να έχουν πρόσβαση στα ίδια, ακριβά, περιφερειακά (υψηλής ποιότητας έγχρωμους εκτυπωτές, για παράδειγμα). Πέρα από αυτά τα πλεονεκτήματα, τα δίκτυα επικοινωνιών καθιστούν δυνατές πιο αποδοτικές μορφές επικοινωνίας μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και της μεταφοράς αρχείων. Τέτοια είδη επικοινωνίας μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητα μειώνοντας το χρόνο που χρειάζεται για να διαδοθεί η πληροφορία μέσα σε έναν οργανισμό.

Μελλοντικά δίκτυα επικοινωνιών θα συνδυάσουν τις δυνατότητες του τηλεφωνικού δικτύου και των δικτύων υπολογιστών κάνοντας δυνατή την ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων. Αυτή η συγχώνευση θα κάνει δυνατές νέες εφαρμογές όπως το φωνητικό ταχυδρομείο κατά το οποίο ένα μήνυμα φωνής αποθηκεύεται στο δίσκο του σταθμού εργασίας του προορισμού. Ο σταθμός εργασίας χρησιμεύει σαν τηλεφωνητής που ελέγχεται από τον καλούντα μέσω του πληκτρολογίου του τηλεφώνου. Οι χρήστες θα είναι σε θέση να σχολιάσουν γραπτά κείμενα ή σχήματα χρησιμοποιώντας φωνή. Συστήματα αναγνώρισης φωνής και σύνθεσης φωνής θα παρέχουν κατάλληλες διεπαφές (interfaces) για χρήστες με προβλήματα όρασης ή ακοής. Ο συνδυασμός τηλεφωνικών δικτύων και δικτύων υπολογιστών θα κάνει τις υπάρχουσες υπηρεσίες πιο εύχρηστες. Για παράδειγμα, ο σταθμός εργασίας μπορεί να βρει και να καλέσει τηλεφωνικά νούμερα αυτόματα. Ο συνδυασμός τηλεφώνου-υπολογιστή θα απαιτεί ένα και μοναδικό σημείο εξάρτησης από το δίκτυο και μια μοναδική “διεύθυνση” αντί ενός τηλεφωνικού αριθμού και μιας διεύθυνσης για υπολογιστή.

Στη φάση του σχεδιασμού είναι δίκτυα υψηλής ταχύτητας τα οποία μεταδίδουν υψηλής ποιότητας, πλήρως κινούμενη εικόνα. Αυτά τα δίκτυα θα καταστήσουν τις συνδέσεις καναλιών με κινούμενη εικόνα και ήχο, οικονομική, εναλλακτική λύση για πολλά επαγγελματικά ταξίδια. Η βιομηχανία ψυχαγωγίας θα μπορεί να χρησιμοποιεί δίκτυα υψηλής ταχύτητας για τη διανομή προγραμμάτων ψηφιακού ήχου ή κινούμενης εικόνας. Άλλες υπηρεσίες μπορούν, επίσης, να προκύψουν από αυτά τα δίκτυα, όπως: άμεση πρόσβαση σε ειδήσεις, σε βιβλιοθήκες, σε υπηρεσίες παροχής οδηγιών (ιατρικές πληροφορίες, επισκευές αυτοκινήτων ή συσκευών, μαγειρική, κηπουρική, κβαντομηχανική, προγράμματα κινηματογράφου και θεάτρου, κρατήσεις και μενού εστιατορίων), κλπ.

Οι δυνατές εφαρμογές των μελλοντικών δικτύων επικοινωνίας είναι τόσες πολλές που θα επηρεάσουν τους περισσότερους τομείς της κοινωνίας. Η επίδραση των μελλοντικών δικτύων επικοινωνίας θα είναι συγχρίσιμη με αυτήν του τηλεφωνικού δικτύου. Όλα αυτά μεταφράζονται σε μια σειρά από εν-

6 ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

και φίες γι' αυτούς που έχουν την ευθύνη να εργαστούν και να κατασκευάσουν τέτοια δίκτυα και να αναπτύξουν νέες εφαρμογές.

1.3 Τι πρέπει να μάθουμε για τα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα;

Μια γενική κατανόηση του τρόπου οργάνωσης των λειτουργιών των δικτύων και των αρχών των τηλεπικοινωνιών στις οποίες βασίζονται τα δίκτυα, μπορεί να βοηθήσει όποιον δουλεύει στην περιοχή των δικτύων επικοινωνίας να τα χρησιμοποιεί πιο αποδοτικά. Το βιβλίο αυτό αποσκοπεί στο να σας δώσει εκείνα τα εφόδια, δημιουργώντας έτσι τη βάση για πιο συγκεκριμένη γνώση, τα οποία μπορεί να χρειάζεστε είτε ως χρήστης δικτύου, είτε ως διαχειριστής, είτε ως αγοραστής, είτε τέλος ως σχεδιαστής.

Για να αφεληθεί από το δίκτυο, ο χρήστης πρέπει να κατανοήσει τις δυνατότητες του διαθέσιμου υλικού και λογισμικού καθώς και τον τρόπο με τον οποίο η ροή πληροφορίας πρέπει να δομηθεί ώστε να βελτιώσει την εργασιακή παραγωγικότητα. Συχνά μια εταιρία πρέπει να αναδιοργανώσει τις εργασιακές διαδικασίες της για να επωφεληθεί από τις επικοινωνιακές δυνατότητες που δημιουργεί το δίκτυο. Για παράδειγμα, για να γίνει το δίκτυο αποδοτικό εργαλείο, οι διευθυντές των τμημάτων μιας εταιρίας πρέπει να πείσουν όλους τους υπαλλήλους να χρησιμοποιούν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο αντί του κλασικού και να ενημερώνουν το ημερολόγιο του δικτύου ώστε να καθίσταται δυνατός ο αυτόματος προγραμματισμός των συναντήσεων.

Ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει να κατανοεί τις δυνατότητες του δικτύου για να ενημερώνει και να εκσυγχρονίζει το λογισμικό και το υλικό και να εκτελεί τις απαραίτητες αντιγραφές των αρχείων. Ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει επίσης να παρακολουθεί την επίδοση του δικτύου για να εντοπίζει γρήγορα τα πιθανά προβλήματα και να προχωρεί σε επιδιορθώσεις.

Ο αγοραστής δικτύου αντιμετωπίζει τη δυσκολία να εκτιμήσει τα πιθανά οφέλη από ένα δίκτυο. Πριν να επιλέξει τον εξοπλισμό, ο αγοραστής πρέπει να αναλύσει τις ροές πληροφορίας στην εταιρία, να προσδιορίσει πώς νέα κανάλια επικοινωνίας θα επηρέαζαν υπάρχουσες διαδικασίες και να εκτιμήσει την αξία της ηλεκτρονικής επικοινωνίας με άλλα τμήματα της εταιρίας ή με επαγγελματικές βάσεις δεδομένων. Κριτήρια για την επιλογή του υλικού και λογισμικού που απαρτίζουν το δίκτυο είναι η ευκολία χρήσης, η δυνατότητα αναβάθμισης και το κόστος.

Ο σχεδιαστής δικτύου πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τις δυνατές υπηρεσίες των υπαρχόντων δικτύων και με τις επικείμενες βελτιώσεις. Ο σχεδιαστής δεν μπορεί να κατασκευάσει ένα επαρκές σύστημα χωρίς να έχει κατανοήσει τις ανάγκες των χρηστών και την προστιθέμενη αξία που παρέχουν οι νέες υπηρεσίες.

Ο συγγραφέας οποιοιυδήποτε διδακτικού βιβλίου για τηλεπικοινωνιακά δίκτυα αντιμετωπίζει το δίλημμα κατά πόσο πρέπει να παρουσιάσει λεπτομέρειες για συγκεκριμένες υλοποιήσεις δικτύων. Όπως θα δείτε, όλα τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα βασίζονται σε σχετικά λίγες, απλές αρχές. Όμως, μια πραγματική υλοποίηση πρέπει να ακολουθήσει ένα σύνολο από λεπτομερείς προδιαγραφές οι οποίες είναι σε μεγάλη έκταση αυθαίρετες. Αυτές οι λεπτομερείς προδιαγραφές είναι απαραίτητες για την εγγυημένη συμβατότητα προϊόντων από διαιροφετικούς πολητές. Οι λεπτομέρειες δεν είναι απαραίτητες για την κατανόηση της λειτουργίας του δικτύου. Για παράδειγμα, η ακριβής μορφή των μονάδων πληροφορίας που μεταδίδονται είναι σημαντική χυρίως για μηχανισμούς οι οποίοι θα σχεδιάσουν καινούριο λογισμικό ή υλικό για ένα δοσμένο δίκτυο. Για να αποκτήσουν το σχετικό υπόβαθρο, οι μηχανικοί που αντιμετωπίζουν μια τέτοια εργασία χρειάζεται να συμβουλευτούν επίσημες τυποποιήσεις δικτύων και περιγραφές των προϊόντων. Δεν είναι πρόθεσή μας να αναπαραγάγουμε τέτοιουν είδους πληροφορία σ' αυτό το βιβλίο. Όμως, μερικές λεπτομέρειες είναι χρήσιμες για να κάνουν τις περιγραφές των δικτύων πιο ζεαλιστικές. Για παράδειγμα, η γνώση του αριθμού των bits των διευθύνσεων που χρησιμοποιούνται από ένα δίκτυο επιτρέπει στον αναγνώστη να σχηματίσει αντίληψη για σχετικές παραμέτρους μεγέθους του δικτύου. Κατά συνέπεια, έχουμε επιλέξει να δίνουμε αρκετές λεπτομέρεις όταν επιτρέπουν την καλύτερη αντίληψη των αρχών λειτουργίας των δικτύων, αλλά αποφύγουμε την τάση να πνίξουμε σημαντικές έννοιες μέσα σε μια θάλασσα ανούσιων στοιχείων.

Ως υπόβαθρο για την τρέχουσα και την μελλοντική τεχνολογία και τις εφαρμογές των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, θα εξετάσουμε σύντομα στη συνέχεια πώς εξελίχθηκαν τα δίκτυα και θα περιγράψουμε μερικές από τις κύριες τάσεις που επηρεάζουν αυτά τα συστήματα.

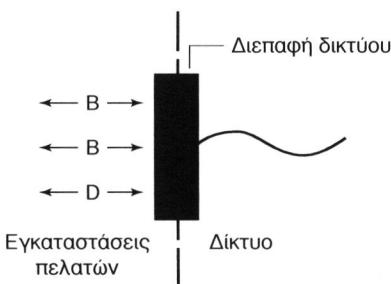
1.4 Η εξέλιξη των Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων

Ο τηλέγραφος αναπτύχθηκε από τον Samuel Morse στη δεκαετία του 1830 και το τηλέφωνο από τον Graham Bell το 1876. Οι αρχικές από σημείο σε σημείο τηλεφωνικές γραμμές που συνέδεαν ζεύγη χρηστών στα πρώτα τηλεφωνικά συστήματα έδοσαν τη θέση τους, στη δεκαετία του 1890, σε γραμμές που τις συνδέουν άνθρωποι χειριστές. Ηλεκτρομαγνητικοί μεταγωγείς εμφανίστηκαν στα 1890. Μεταγωγείς-υπολογιστές άρχισαν να διαδίδονται στη δεκαετία του 1970.

Δύο εξελίξεις στα τηλεφωνικά δίκτυα άνοιξαν το δρόμο για τα σύγχρονα δίκτυα: η ψηφιακή μετάδοση και σηματοδοσία κοινού καναλιού. Η ψηφιακή τηλεφωνική μετάδοση, μεταδίδει τα σήματα φωνής σαν σειρές από bits. Τέτοιες μεταδόσεις έχουν χαμηλά επίπεδα θορύβου. Επιπλέον, η ψηφιακή μετάδοση διευκολύνει την μεταγωγή σημάτων και την ταυτόχρονη μετάδοση πολ-

8 ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

λών σημάτων μέσα από την ίδια γραμμή. Η σηματοδοσία σε κοινό κανάλι εξυπηρετεί την μετάδοση πληροφορίας σχετιζόμενης με τον έλεγχο των συνδέσεων μεταξύ μεταγωγέων του τηλεφωνικού δικτύου. Αιτή η πληροφορία ελέγχου επιτρέπει την αποδοτική υλοποίηση πολλών υπηρεσιών όπως προώθηση κλήσης, κλήσεις πιστωτικής κάρτας και αριθμών κλήσης που αρχίζουν από 800. Επίσης, οδηγεί σε καλύτερη χρήση των γραμμών του δικτύου παρέχοντας καλύτερο έλεγχο στον τρόπο επιλογής των γραμμών που μεταφέρουν τηλεφωνικές κλήσεις.



Εικόνα 1.4 Βασική πρόσβαση ISDN.

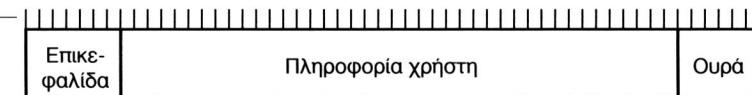
Η βασική πρόσβαση ISDN προορίζεται για χρήση από τους περισσότερους οικιακούς χρήστες. Αποτελείται από δύο κανάλια B και ένα κανάλι D. Κάθε κανάλι B είναι ένα πλήρως αμφιδρόμο ψηφιακό κανάλι στα 64 kbps. Το κανάλι D είναι πλήρως αμφιδρόμο στα 16 kbps.

Η ψηφιακή μετάδοση και η σηματοδοσία σε κοινό κανάλι σχηματίζουν τη βάση για τα ψηφιακά δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών (integrated services digital networks - ISDNs) που υλοποιούνται τώρα. Η βασική σύνδεση ISDN, γνωστή ως βασική πρόσβαση, παρέχει στον συνδομητή τρεις πλήρως αμφιδρόμες (full-duplex) ψηφιακές συνδέσεις: δύο με ρυθμό 64.000 bits ανά δευτερόλεπτο (γνωστά ως κανάλια B), και μια τρίτη με ρυθμό με 16.000 bits ανά δευτερόλεπτο (γνωστό ως κανάλι D) (Βλ. Σχήμα 1.4.). Τα κανάλια B μπορούν να μεταδόσουν φωνή ή δεδομένα υπολογιστή. Το κανάλι D μπορεί να μεταδοσεί σήμα κινδύνου, πληροφορίες παρακολούθησης, σήματα ελέγχου για φώτα και συσκευές όπως κλιματιστικά και μονάδες θέρμανσης, ή πληροφορία ελέγχου δικτύου που χρειάζεται στις υπηρεσίες που προσφέρονται απ' το ISDN. Το σύστημα σηματοδοσίας σε κοινό κανάλι ελέγχει τις συνδέσεις ISDN. Επεκτείνεται για να μεταφέρει μερικές από τις μεταδόσεις δεδομένων των χρηστών.

Οι υπολογιστές γεννήθηκαν στα 1940 και άρχισαν να πολλαπλασιάζονται στα 1960. Η ανάγκη για τυποποιημένες συνδέσεις ενός υπολογιστή με περιφερειακά όπως μονάδες ταινίας, πληκτρολόγια, εκτυπωτές, μονάδες δίσκων και τερματικά οδήγησαν στην έκδοση των προδιαγραφών της σύνδεσης RS-232-C από την Electronics Industries Association (EIA) (Σύνδεσμο Βιομηχα-

νιών Ηλεκτρονικών των Η.Π.Α) το 1969. Αυτή η σύνδεση επιτρέπει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 38.400 bits ανά δευτερόλεπτο, μέσα από 4 μέχρι 12 σύρματα για αποστάσεις μέχρι 15 μέτρα. Η σύνδεση RS-232-C χρησιμοποιείται ακόμη ευρέως. Τα δεδομένα που μεταδίδονται μέσα από αυτή τη σύνδεση στέλνονται και λαμβάνονται ανά χαρακτήρα. Συγκεκριμένα στέλνεται κάθε φορά ένας χαρακτήρας και δυο διαδοχικοί χαρακτήρες πρέπει να διαχωρίζονται από ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα. Ένας χαρακτήρας αναπαριστάνεται από μία ομάδα των επτά ή οκτώ bits, ανάλογα με τον κώδικα που χρησιμοποιείται. Αυτός ο τύπος μετάδοσης ονομάζεται ασύγχρονος γιατί διαδοχικοί χαρακτήρες μπορούν να μεταδίδονται σε αυθαίρετους χρόνους, αρκεί να χωρίζονται από το ελάχιστο διάστημα. Τυποποιήσεις για ταχύτερες ασύγχρονες συνδέσεις (RS-449, RS-422-A και RS-420-A) ακολούθησαν στο τέλος της δεκαετίας του 1970. Επίσης, στη δεκαετία του 1960, αναπτύχθηκαν modems (διαμορφωτές-αποδιαμορφωτές) που επιτρέπουν την μετάδοση bits μέσα από τηλεφωνικές γραμμές. Ο διαμορφωτής ενός modem μετατρέπει τα bits σε ήχους στο φάσμα συχνοτήτων που μεταδίδεται από τις τηλεφωνικές γραμμές, και ο αποκωδικοποιητής μετρά τρέπει τέτοιους ήχους και πάλι σε bits.

— Κάθε σημάδι διαχωρίζει το χώρο που καταλαμβάνεται από 1 bit



Σχήμα 1.5 Τυπικό πακέτο

Ένα πακέτο αποτελείται από μια επικεφαλίδα, την πληροφορία χρήστη και την ουρά. Η επικεφαλίδα και η ουρά περιέχουν πληροφορία ελέγχου που χρησιμοποιείται από το δίκτυο για να μεταδόσει το πακέτο και να επαληθεύσει τη σωστή του λήψη. Η επικεφαλίδα συνήθως περιέχει τις διευθύνσεις προορισμού και προέλευσης του πακέτου. Η επικεφαλίδα μπορεί επίσης να δείχνει τον αριθμό σειράς που χρησιμοποιείται από τον προορισμό για να επαληθεύσει ότι ελήφθησαν όλα τα πακέτα. Η ουρά περιέχει bits ελέγχου λαθών που χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση της σωστής λήψης του πακέτου.

Για να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση μεγάλης απόστασης ανάμεσα σε ένα τερματικό και έναν υπολογιστή, πρέπει να συνδεθεί το τερματικό με ένα modem, το modem με μια τηλεφωνική γραμμή και η άλλη άκρη της γραμμής να συνδεθεί με ένα άλλο modem το οποίο είναι συνδεδεμένο με έναν υπολογιστή. Καλώντας διαφορετικά τηλεφωνικά νούμερα που δίνουν πρόσβαση σε διαφορετικές εισόδους υπολογιστή με modems, ένα τερματικό συνδεδεμένο με ένα modem, μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε διαφορετικές υπηρεσίες υπολογιστών.

Οι υπολογιστές αρχικά συνδέονταν με από σημείο σε σημείο συνδέσεις, στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η ανάγκη για γρήγορες συνδέσεις με αυτόματο έλεγχο λαθών οδήγησε στην ανάπτυξη ενός συνόλου διαδικασιών που ονομάζονται πρωτόκολλα ζεύξης δεδομένων γνωστά με τις συντομογρα-