



ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα είστε ικανοί:

- Να γνωρίζετε τους βασικούς τύπους καλωδίων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις καλωδιώσεις δικτύων.
- Να γνωρίζετε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής, καθώς και τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν την απόδοση, για τον κάθε τύπο.
- Να γνωρίζετε τις χρήσεις και την κατηγοριοποίηση των καλωδίων ανάλογα με τις επιδόσεις τους.
- Να ορίζετε την έννοια και τα βασικά χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων.
- Να ξέρετε τις βασικές τοπολογίες των τοπικών δικτύων, καθώς και αυτές που μπορεί να προκύψουν από συνδυασμό βασικών τοπολογιών.
- Να γνωρίζετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διάφορων τοπολογιών τοπικών δικτύων.
- Να γνωρίζετε ποια είναι τα σημαντικότερα πρότυπα, που εξέδωσε η επιτροπή του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών, (IEEE), για το Επίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης.
- Να κατανοήσετε τα πρότυπα που εξέδωσε η IEEE για το υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο.

Εισαγωγή

Πολλοί τύποι καλωδίων χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε τους κύριους τύπους καλωδίων, που χρησιμοποιούνται σήμερα σε όλες τις τοπολογίες δικτύων.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα αναλύσουμε τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, τις διάφορες τοπολογίες τους, καθώς και τα σημαντικότερα και πλέον διαδεδομένα πρότυπα, που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση των τοπικών δικτύων.

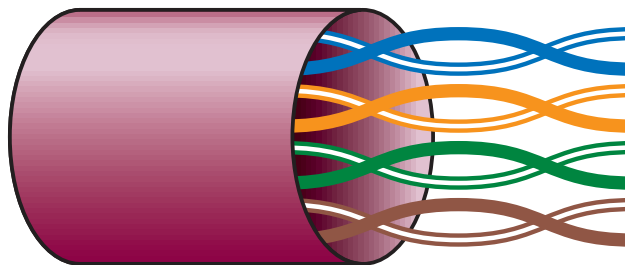
4.1 Τύποι καλωδίων

Τα καλώδια, που κυρίως χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα, διαιρούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Καλώδια συνεστραμένων ζευγών.**
- **Ομοαξονικά καλώδια.**
- **Καλώδια οπτικών ινών.**

4.1.1 Καλώδια συνεστραμένων ζευγών (Twisted pair).

Τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Αποτελούνται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων χάλκινων αγωγών. Ο κάθε αγωγός καλύπτεται από μονωτικό περίβλημα και υπάρχει εξωτερικό μονωτικό περίβλημα το οποίο καλύπτει τα τέσσερα ζευγάρια των αγωγών. Υπάρχουν σε διάφορες ποικιλίες, θωρακισμένα ή αθωράκιστα.



Σχήμα 4-1 Το καλώδιο συνεστραμένων ζευγών

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τους διάφορους τύπους καλωδίων συνεστραμένων ζευγών

UTP (Unshilded Twisted Pair).

Αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών. Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Τα τέσσερα ζεύγη καλύπτονται και από εξωτερικό μονωτικό περίβλημα.



Εικόνα 4-1 Καλώδιο UTP

FTP (Foiled Twisted Pair).

Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών με τη χρήση φύλλου αλουμινίου.

Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Κάτω από το εξωτερικό περίβλημα υπάρχει φύλλο αλουμινίου για τη θωράκιση του καλωδίου. Σε επαφή με το περίβλημα αλουμινίου υπάρχει γυμνό καλώδιο από συνεστραμένες ίνες, το οποίο πραγματοποιεί τη γείωση του φύλλου αλουμινίου και καλείται καλώδιο γείωσης (drain wire).



Εικόνα 4-2 Καλώδιο FTP

STP (Shilded Twisted Pair).

Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών με τη χρήση μεταλλικού πλέγματος.

Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Κάτω από το εξωτερικό περίβλημα υπάρχει επικασ-

σιτερομένο μπλεντάζ χαλκού για τη θωράκιση του καλωδίου. Για την πραγματοποίηση της γείωσης του πλέγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί γυμνό καλώδιο γείωσης (drain wire) ή να συστραφεί στην άκρη του το ίδιο το πλέγμα και ακολούθως να γειωθεί.



Εικόνα 4-3 Καλώδιο STP

Διάφοροι τύποι θωρακισμένων καλωδίων (S/FTP,S/STP).

Υπάρχουν διάφοροι ακόμα τύποι θωρακισμένων καλωδίων, στους οποίους χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω θωρακίσεων ή θωράκιση σε κάθε ζεύγος. Παραδείγματα τέτοιων καλωδίων είναι το S/FTP (Shielded/Foiled Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί και τα δυο είδη θωρακίσεων και το SSTP (Screened/Shielded Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί θωράκιση πλέγματος συνολικά και θωράκιση αλουμινίου σε κάθε ζεύγος.

(α)



(β)



Εικόνα 4-4 (α) Καλώδιο S/FTP (β) Καλώδιο S/STP

Χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Τα κύρια χαρακτηριστικά για καλώδια συνεστραμένων ζευγών είναι το πάχος του χαλκού, που χρησιμοποιείται στο καλώδιο, το αν είναι συμπαγής χαλκός (solid wire) ή ίνες χαλκού, που αποτελούν το καλώδιο (stranded wire), η σύνθετη αντίσταση, η συχνότητα της συστροφής των καλωδίων στο ζεύγος (twist pitch), το είδος της μόνωσης των καλωδίων (insulation type) και το είδος του εξωτερικού περιβλήματος (sheath material).

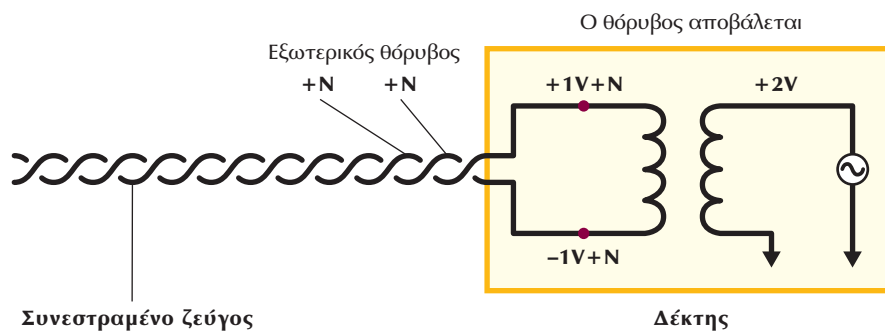
Οι προδιαγραφές των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι αντικείμενο πολλών προτύπων, με πιο σημαντικό το πρότυπο **EIA/TIA 568- A, (EIA / TIA, Electronic Industry Association / Telecommunications Industry Association)**, το οποίο ενσωματώνει πολλά προυπάρχοντα συσχετιζόμενα πρότυπα. Το παραπάνω πρότυπο ορίζει την κατηγοριοποίηση των καλωδίων ανάλογα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά τους στις υψηλές συχνότητες.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τη συμπεριφορά των καλωδίων αυτών σε σχέση με την κατασκευή τους.

Θόρυβος

Διάφορες ηλεκτρικές συσκευές προκαλούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία επιδρούν στους αγωγούς των καλωδίων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται θόρυβος και λάθη στη μετάδοση των δεδομένων. Ας δούμε πιο αναλυτικά, πως μπορεί να συμπεριφερθεί καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους σε σχέση με τα παραπάνω.

Υποθέτουμε ότι έχουμε ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, η οποία ερμηνεύεται ως θόρυβος. Η συστροφή των καλωδίων στο κάθε ζευγάρι αγωγών προκαλεί την αλληλεπίδραση των δυο πεδίων, που προκύπτουν στον κάθε αγωγό, με αποτέλεσμα να μπορούμε εύκολα να αποσβέσουμε την παρεμβολή. Αυτό το σχήμα είναι γνωστό σαν **Ισοσταθμισμένη Γραμμή Μετάδοσης (Balanced Transmission Line)**. Αναλυτικότερα, σε τέτοιο κύκλωμα τα δεδομένα προκύπτουν από τη διαφορά των δυο σημάτων στα δυο καλώδια του ζεύγους. Έχοντας σα δεδομένο, ότι ο θόρυβος προστίθεται ισομερώς στον καθένα από τους δυο αγωγούς του ζεύγους, εκτελώντας τη διαφορά έχουμε το καθαρό σήμα.



Σχήμα 4-2 Ισοσταθμισμένη γραμμή μετάδοσης. Η διαφορά των σημάτων στα δυο καλώδια του ζεύγους εξαλείφει τον επαγόμενο από εξωτερική πηγή θόρυβο

Πρόσθετο αποτέλεσμα της συστροφής είναι ότι προκύπτει ελαχιστοποιημένη εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το καλώδιο, η οποία μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν περνούν από αυτό τα υψίσυχνα σήματα ενός τοπικού δικτύου.

Σύμφωνα με το EIA/TIA 568-A, η μεγαλύτερη απόσταση των συστροφών είναι για την κατηγορία 4 τα 25 mm και για την κατηγορία 5 τα 13 mm.

Εξασθένηση

Ένα άλλο μέγεθος, που θα μας απασχολήσει σχετικά με τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών είναι η εξασθένηση (attenuation). Η εξασθένηση του σήματος, η οποία προκαλείται σε καλώδια συνεστραμένων ζευγών, προκαλείται από τρεις παράγοντες:

- Το υλικό των αγωγών (χαλκός), το οποίο έχει συγκεκριμένη ωμική αντίσταση, και δημιουργεί απώλειες. Οι αγωγοί σε τέτοια καλώδια έχουν συνήθως διάμετρο 24 AWG (American Wire Gauge), (1 AWG = 7,35 mm). Τυπική τιμή χαρακτηριστικής αντίστασης για καλώδια συνεστραμένων ζευγών και για συχνότητες μετάδοσης δεδομένων είναι 100 Ohm.
- Το διηλεκτρικό, το οποίο χρησιμοποιείται, για να περικλείσει τους αγωγούς. Με τη χρήση πολυαιθυλαίνιου ή τεφλόν μειώνονται στο ελάχιστο οι απώλειες λόγω διηλεκτρικού στα καλώδια συνεστραμένων ζευγών.
- Το επιδερμικό φαινόμενο (skin effect), το οποίο συμβαίνει, όταν ρεύμα υψηλής συχνότητας περνά από αγωγό και συνίσταται στο ότι η πυκνότητα του ρεύματος είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια του αγωγού. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ενεργός επιφάνεια του αγωγού, η οποία μεταφέρει το ρεύμα, με συνέπεια να αυξάνεται η απώλεια. Το φαινόμενο γίνεται εντονότερο όσο αυξάνεται η συχνότητα του διερχόμενου ρεύματος.

Η εξασθένηση των σημάτων, η οποία συμβαίνει στα καλώδια αυτά, μας καθορίζει και το μέγιστο μήκος χρήσης αυτών των καλωδίων, χωρίς να μεσολαβεί εξοπλισμός. Σύμφωνα με το πρότυπο EIA/ TIA 568-A, η μέγιστη απόσταση, η οποία καλύπτεται από καλώδιο συνεστραμένων ζευγών, είναι 100 μ.

Η εξασθένηση μετρείται σε dB και δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια επιτρεπόμενα όρια ανά κατηγορία καλωδίου.

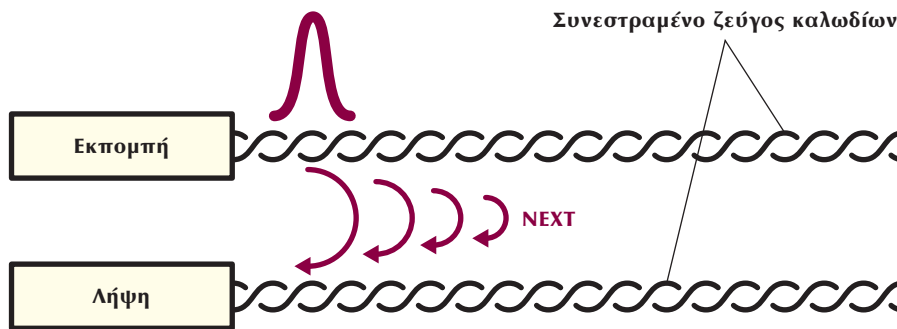
Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει ειδική κατηγορία καλωδίων συνεστραμένων ζευγών, στην οποία αντί για συμπαγή χαλκό χρησιμοποιούνται ίνες χαλκού στους αγωγούς. Στην περίπτωση των ινών, λόγω του επιδερμικού φαινομένου παρατηρείται αυξημένη εξασθένηση του σήματος. Τα καλώδια, όμως, αυτά είναι εύκαμπτα και υπάρχουν πολλοί λόγοι, που μας αναγκάζουν να τα χρησιμοποιούμε σε καλωδιώσεις.

Παραδιαφωνία (Near End Cross Talk, NEXT)

Ένα ακόμα σημαντικό μέγεθος, το οποίο επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων αυτών, είναι η παραδιαφωνία, η οποία προκαλείται μεταξύ των κοντινών άκρων δυο συνεστραμένων ζευγών (**Near End Cross Talk, NEXT**). Το μέγεθος NEXT αναφέρεται στην αλληλεπίδραση, με συνέπεια την αλλοίωση των σημάτων μεταξύ κοντινών άκρων συνεστραμένων ζευγαριών. Μπορούμε να πετύχουμε μείωση του παραπάνω μεγέθους με θωράκιση του κάθε ζεύγους, η οποία απομονώνει τα πεδία, που προκαλούνται από το κάθε ζεύγος ή με τη χρήση μεγαλύτερης συχνότητας συστροφής των

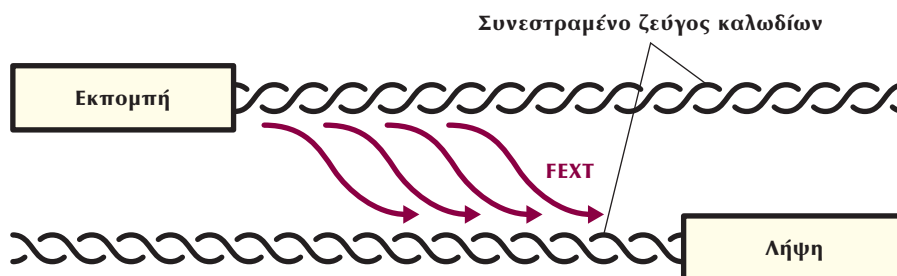
καλωδίων στο κάθε ζεύγος. Η χρήση κοντινότερων συστροφών εμποδίζει το πλέξιμο των ζευγαριών και τη μεταβίβαση ενέργειας από το ένα ζευγάρι στο άλλο.

Το μέγεθος αυτό μετρείται σε dB. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος σε dB, τόσο καλύτερη απομόνωση πετυχαίνεται μεταξύ των καλωδίων.



Σχήμα 4-3 Παραδιαφωνία (NEXT)

Παραδιαφωνία παρατηρείται επίσης μεταξύ των μακρινών άκρων καλωδίων. Στην περίπτωση αυτή το μέγεθος καλείται (**Far End Cross Talk, FEXT**).



Σχήμα 4-4 Παραδιαφωνία (FEXT)

Λόγος εξασθένησης προς παραδιαφωνία (Attenuation to Cross Talk Ratio, ACR)

Ο λόγος εξασθένησης προς παραδιαφωνία (NEXT) είναι η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT και της εξασθένησης του σήματος, και εκφράζει τη διαφορά της στάθμης του χρήσιμου σήματος το οποίο φθάνει στο δέκτη, από τη στάθμη του θορύβου που εισάγεται στο σήμα εξαιτίας της παραδιαφωνίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του λόγου ACR, τόσο καλύτερη θεωρείται η απόδοση του συγκεκριμένου καλωδίου.

Κατηγοριοποίηση των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών

Το πρότυπο EIA / TIA 568- A μας παρέχει κατηγοριοποίηση των αθωράκιστων καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών (UTP), σύμφωνα με τα παραπάνω αναφερθέντα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και επιδόσεις τους.

Εχουμε τις κατηγορίες (cat) 3,4,5, οι οποίες ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και μεγέθη, όπως εξασθένηση, NEXT, ACR και καθορίζουν τη συχνότητα του σήματος, η οποία θα μπορεί να περάσει απρόσκοπτα μέσα από το συγκεκριμένο καλώδιο.

Όσο ανεβαίνουμε κατηγορία συναντάμε καλύτερα χαρακτηριστικά. Αμέσως παρακάτω παραθέτουμε πίνακα με τα χαρακτηριστικά των καλωδίων ανά κατηγορία.

Συχνότητα	Εξασθένηση (dB/305 m)			NEXT (dB/305m)		
	Cat 3	Cat 4	Cat 5	Cat 3	Cat 4	Cat 5
1 MHz	7,8	6,5	6,3	41	56	62
10 MHz	30	22	20	26	41	47
20 MHz	-	31	28	-	36	42
62,5 MHz	-	-	36	-	-	35
100 MHz	-	-	67	-	-	32

Πίνακας 4-1 Χαρακτηριστικά μεγέθη ανά κατηγορία

Μια πιο σύγχρονη κατηγορία είναι η κατηγορία 5e, η οποία προτείνεται για καινούργιες καλωδιώσεις, υλοποιείται με αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (UTP), με κάπως πιο βελτιωμένα χαρακτηριστικά από το αντίστοιχο της κατηγορίας 5 (μεγαλύτερη συχνότητα συστροφής και βελτιωμένος τύπος διηλεκτρικού περιβλήματος) και παρέχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης.

Αμέσως παρακάτω, παραθέτουμε πίνακα με μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών για καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών κατηγορίας 5e.

Συχνότητα	Εξασθένηση (dB/100 m)	NEXT (dB/100m)	ACR (dB/100m)
1 MHz	2	65,3	63,3
10 MHz	6,5	50,3	43,8
20 MHz	9,3	45,8	36,5
62,5 MHz	17	38,4	21,4
100 MHz	22	35,3	13,3
160 MHz	28,6	32,3	3,7

Πίνακας 4-2 Χαρακτηριστικά μεγέθη κατηγορίας 5e

Τα καλώδια τύπου UTP κατηγορίας 5 και 5e αποτελούν τεράστια εγκατεστημένη βάση σήμερα και είναι τα υφιστάμενα πρότυπα για ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 1Gbps/sec.

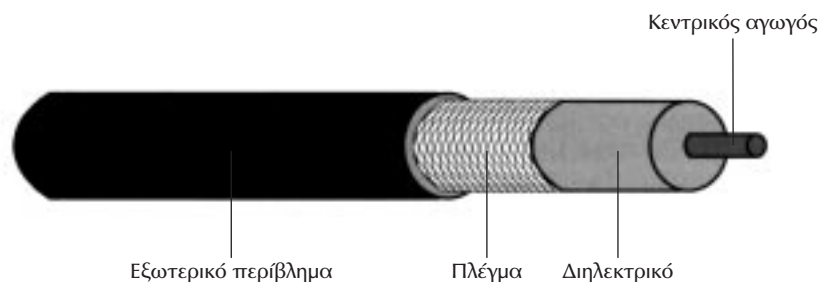
Τη στιγμή, που γράφεται αυτό το βιβλίο, έχουν αναπτυχθεί οι κατηγορίες 6, 7, 8. Το εύρος ζώνης, στο οποίο αντιστοιχούν οι παραπάνω κατηγορίες, είναι 250 MHz, 600 MHz, 900MHz. Οι δυο τελευταίες υλοποιούνται αποκλειστικά με θωρακισμένα καλώδια S/STP.

Οι κατηγορίες αυτές δεν περιγράφονται στο βιβλίο, επειδή δεν έχουν ακόμα ενταχθεί στην υπάρχουσα προτυποποίηση. Για την ώρα αποτελούν προτάσεις εταιρειών.

4.1.2 Ομοαξονικό καλώδιο (Coaxial Cable)

Το ομοαξονικό καλώδιο είναι το πρώτο καλώδιο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρέως στα τοπικά δίκτυα. Σήμερα υπάρχουν ελάχιστα δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούν το ομοαξονικό καλώδιο, καθότι εδώ και τουλάχιστο μια πενταετία στις καλωδιώσεις τοπικών δικτύων χρησιμοποιείται το καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών.

Το ομοαξονικό καλώδιο παίρνει το όνομά του από την κατασκευή του. Αποτελείται από κεντρικό χάλκινο αγωγό, ο οποίος περικλείεται από μονωτική πλαστική ύλη, την οποία καλούμε διηλεκτρικό. Γύρω από το διηλεκτρικό και ομοαξονικά τοποθετημένη ως προς τον κεντρικό αγωγό βρίσκεται θωράκιση από μεταλλικό πλέγμα ή φύλλο αλουμινίου. Στην περίπτωση του αλουμινίου, υπάρχει και γυμνό καλώδιο γείωσης (drain wire). Το καλώδιο, τέλος, περικλείεται από εξωτερικό μονωτικό περίβλημα.



Σχήμα 4-5 Ομοαξονικό καλώδιο

Γενικά χρησιμοποιούνται δυο τύποι ομοαξονικού καλωδίου στα τοπικά δίκτυα: το **Thicknet** (παχύ) και το **Thinnet** (λεπτό).

Η σύνδεση των καλωδίων αυτών με τους υπολογιστές σε τοπικό δίκτυο είναι διαφορετική.

Επειδή η θωράκιση είναι γειωμένη, το ομοαξονικό καλώδιο δεν επηρεάζεται εύκολα από εξωτερικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Κατά συνέπεια, εξασφαλίζει τη μετάδοση σημάτων με καλή προφύλαξη ως προς το θόρυβο.

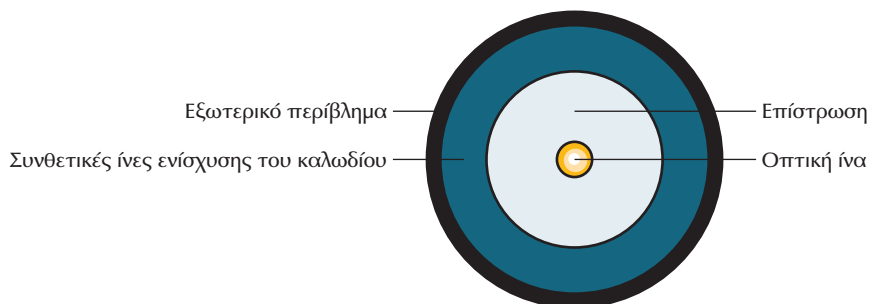
Παρουσιάζει, επίσης, χαμηλή εξασθένηση σήματος στις συχνότητες μετάδοσης δεδομένων. Σαν συνέπεια αυτών των ιδιοτήτων, το μέγιστο χρήσιμο μήκος για χρήση του σε τοπικό δίκτυο με ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 10Mbps είναι 500 μέτρα για το Thicknet και 185 μέτρα για το Thinnet ομοαξονικό καλώδιο.

Λόγω της καλής θωράκισής του και της χαμηλής εξασθένησης του σήματος καθώς και του χαμηλού κόστους εγκατάστασης, το ομοαξονικό καλώδιο είτε σαν Thicknet είτε σαν Thinnet, χρησιμοποιήθηκε ευρέως μέχρι περίπου τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας σε καλωδιώσεις τοπικών δικτύων. Αργότερα αντικαταστάθηκε από τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών.

4.1.3 Καλώδιο οπτικών ινών (Fiber optics cable)

Ένα άλλο αρκετά συνηθισμένο καλώδιο στις σύγχρονες καλωδιώσεις είναι η οπτική ίνα. Χρησιμοποιείται, κυρίως, όπου οι αποστάσεις είναι μεγάλες και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το καλώδιο συνεστραμένων ζευγών και όπου οι απαιτήσεις σε ρυθμούς μετάδοσης είναι αρκετά αυξημένες. Σκεφτείτε, ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οπτική ίνα για να καλύψουμε απόσταση 5Km και οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων φθάνουν τα 10 Gbps.

Η βασική κατασκευή μιας οπτικής ίνας φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 4-6.



Σχήμα 4-6 Η κατασκευή καλωδίου οπτικής ίνας

Στο κέντρο του καλωδίου υπάρχει η οπτική ίνα, η οποία κατασκευάζεται από γυαλί ικανό να μεταφέρει φωτεινή δέσμη συγκεκριμένου μήκους κύματος με πολύ λίγες απώλειες. Την οπτική ίνα περιβάλλει ειδική επίστρωση υλικού με μικρότερο δείκτη διάθλασης από το υλικό της ίνας, το οποίο ονομάζεται cladding ή buffer. Το υλικό αυτό βοηθά στη συνεχή ανάκλαση της φωτεινής δέσμης, η οποία θα πέσει μέσα στην οπτική ίνα, εφόσον η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη της οριακής διότι σε άλλη περίπτωση θα έχουμε διάθλαση στην εξωτερική επίστρωση (cladding) (Βλέπετε σχήμα 4-6). Με αυτό τον τρόπο η οπτική ίνα εγκλωβίζει τη δέσμη του φωτός και την οδηγεί στην άκρη της.

Την επίστρωση περιβάλλει δέσμη συνθετικών ινών, οι οποίες έχουν στόχο την προστασία της ίνας από πιθανά τραβήγματα, όπου είναι επικίνδυνο να σπάσει το γυαλί, το οποίο αποτελεί και τον πυρήνα της ίνας. Όλα τα παραπάνω περικλείονται σε εξωτερικό πλαστικό περίβλημα όμοιο με αυτό των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.

Σημείωση

Υπάρχουν οπτικές ίνες, οι οποίες κατασκευάζονται από πλαστικό. Προς το παρόν δεν είναι μέσα στις προδιαγραφές, που καθορίζονται από τα διεθνή πρότυπα. Οφείλουμε, όμως, να σημειώσουμε, ότι καταβάλλονται προσπάθειες για να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά τους και ειδικά η πολύτροπη, *graded index*, πλαστική ίνα ενδέχεται να αποτελέσει αξιόπιστο μέσο μετάδοσης, εφάμιλλο της γυάλινης ίνας.

Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.

Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή **LED (Light Emitting Diode)** ή **LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)**, και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1.500nm.

Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται, κατ'αρχήν, από τον τρόπο μετάδοσης του σήματος σε αυτές. Η πρώτη βασική διάκριση είναι μεταξύ των πολύτροπων και μονότροπων οπτικών ινών.

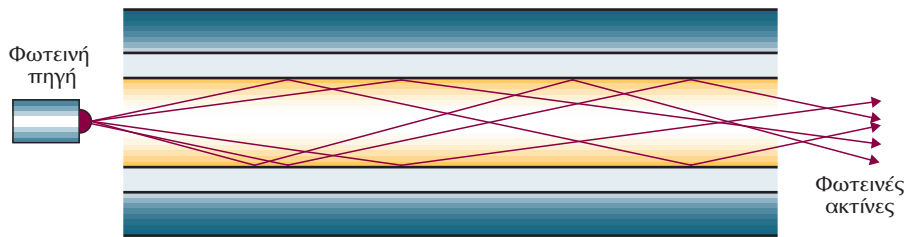
- **Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics)**

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (*cladding*). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} μέτρα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/ 125μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/ 125.

Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδό τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα 4-7, 4-8. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (*multimode*), επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις διακριτού βήματος (*step index*) και τις βαθμιαίου βήματος (*graded index*).

- **Οπτική ίνα δικριτού δείκτη (*step index*).**

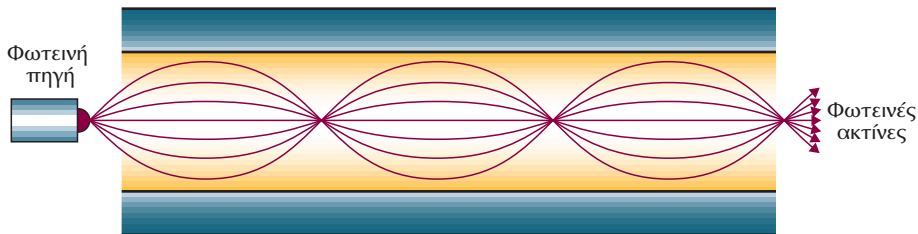
Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτίνων εμφανίζεται στο Σχήμα 4-7.



Σχήμα 4-7 Οπτική ίνα διακριτού δείκτη (step index)

Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index)

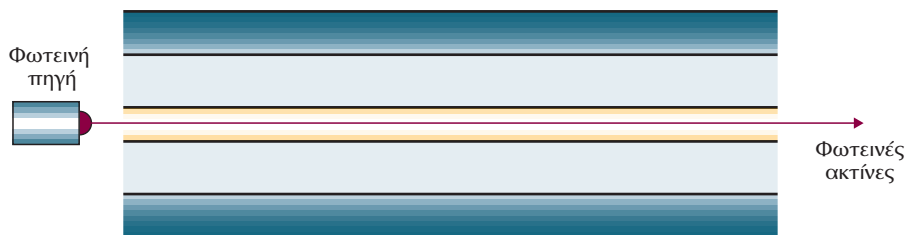
Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού. Η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο Σχήμα 4-8.



Σχήμα 4-8 Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index)

- **Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics).**

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο Σχήμα 4-9.



Σχήμα 4-9 Μονότροπη οπτική ίνα (single mode fiber optic)

Η κεντρική ίνα στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.

Χαρακτηριστικά και επιδόσεις.

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας συνδέονται με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος στην ίνα, με το αν, δηλαδή, η ίνα είναι πολύτροπη ή μονότροπη και με το μήκος κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή. Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος μεταξύ των 1310 nm και των 1550 nm. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος από 850 nm έως 1300 nm. Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας τρόπος μετάδοσης και μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος από τις πηγές σε όλη την έκταση της εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν σήματα με πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή εξασθένιση του σήματος. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστάσεις, που υπερβαίνουν τα 3Km, ενώ οι μονότροπες οπτικές ίνες μπορούν να υπερβούν τα 10 Km.

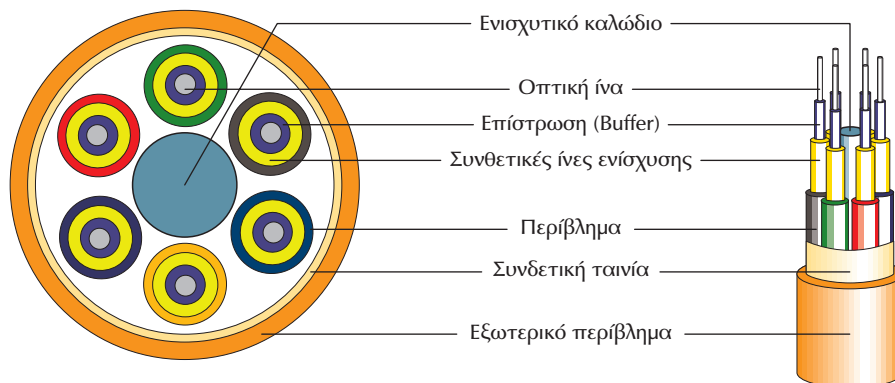
Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τις παραπάνω αποστάσεις μετάδοσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων σε μια οπτική ίνα, και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα. Επίσης, επιβαρυντικός παράγων είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απ,ότι στις μονότροπες. Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER. Τυπική τιμή εξασθένισης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος 850 nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος 1300nm. Τυπικό μέγεθος εξασθένισης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km στα 1310 nm και 0,4 dB/Km στα 1550nm.

Τύποι οπτικών ινών.

Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 36 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων.

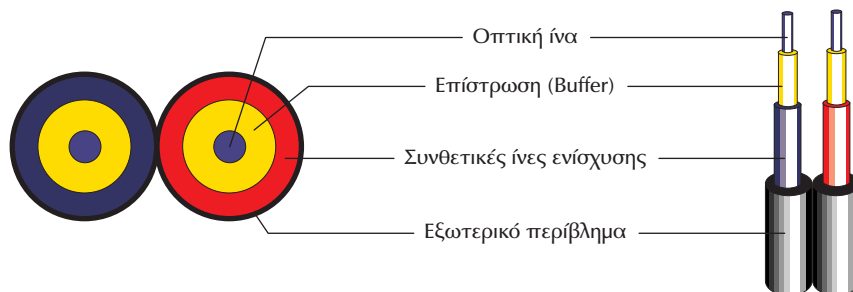
Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους.

Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε σε κάθε οπτική ίνα και εξωτερικά από την επίστρωση συνθετικές ίνες και εξωτερικό μονωτικό περίβλημα. Μέσα στο καλώδιο υπάρχουν πολλές τέτοιες ίνες, όπου η κάθε ίνα αποτελεί και ένα ξεχωριστό καλώδιο. Μέσα στο καλώδιο περιέχονται εκτός από καλώδια οπτικών ινών και καλώδια, τα οποία χρησιμεύουν για ενίσχυση και στρογγυλοποίηση του όλου σχήματος. Όλα αυτά τα καλώδια, τέλος, περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Tight Buffer. Στο Σχήμα 4-10(α) εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.

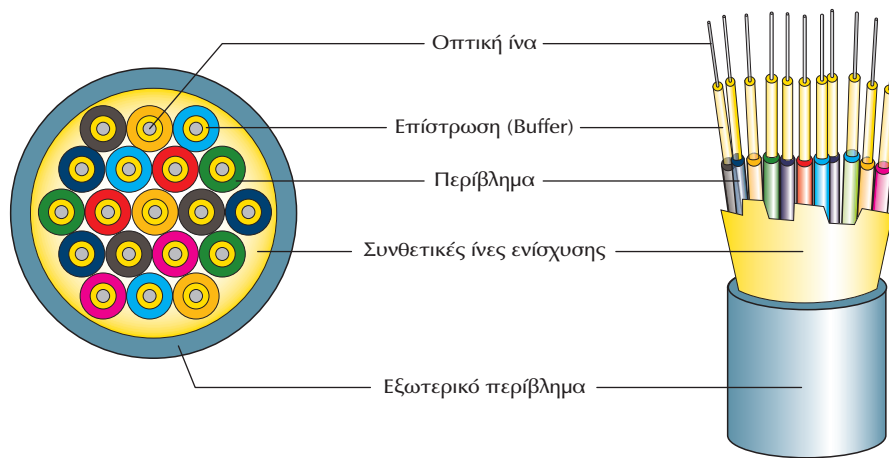


Σχήμα 4-10 (α) Καλώδιο οπτικών ινών(Tight Buffer)

Παρόμοιας κατασκευής είναι τα εύκαμπτα καλώδια, που χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση με τον ενεργό εξοπλισμό (Optical patch cords). Αυτά αποτελούνται από δυο καλώδια ενωμένα στο εξωτερικό τους, το κάθε ένα από τα οποία περιέχει οπτική ίνα από πλαστικό. Στο σχήμα 4-10(β) εμφανίζεται ένα οπτικό καλώδιο σύνδεσης.



Σχήμα 4-10 (β) Οπτικό Patch cord



Σχήμα 4-11 Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer)

Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε τις οπτικές ίνες με την επίστρωσή τους να είναι τοποθετημένες ελεύθερα μέσα στο καλώδιο και περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα, αφού πρώτα τοποθετηθεί μέσα στο καλώδιο επίστρωση από συνθετικές ίνες για την ανθεκτικότητα του καλωδίου. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Loose Buffer. Στο Σχήμα 4-11 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.

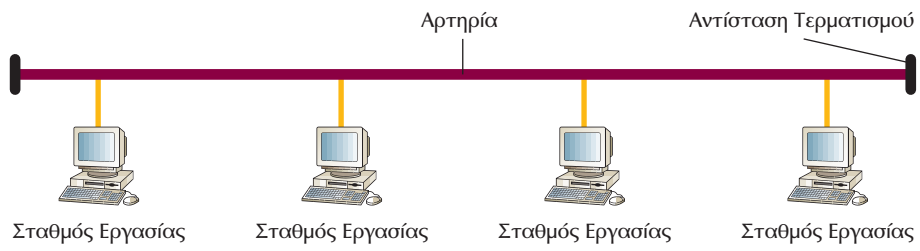
Σημείωση

Όταν καλώδια οπτικών ινών προορίζονται για εξωτερική χρήση ή για χρήση σε περιβάλλοντα με αυξημένη υγρασία φέρουν κάλυψη από μεταλλικό περίβλημα ή γέμισμα με πετρελαική μάζα.

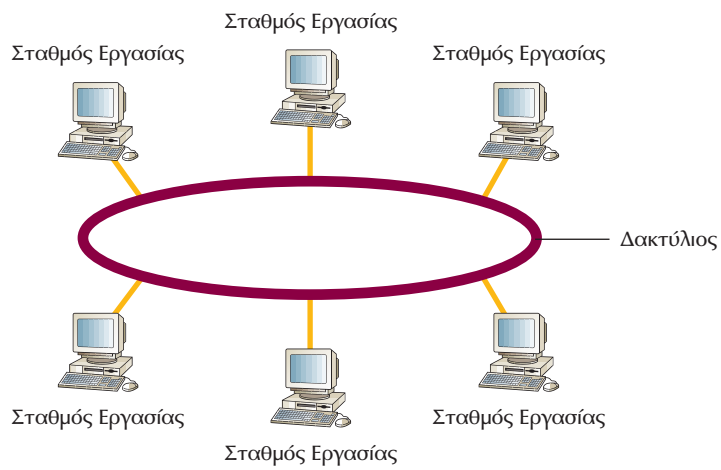
4.2 Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιάσουμε τις κυριότερες τοπολογίες τοπικών δικτύων και θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά τους. Επίσης θα αναφερθούμε στις διάφορες συστάσεις, που έχουν δημιουργηθεί και κάνουν χρήση των τοπολογιών και θα περιράψουμε τις λειτουργίες των πιο διαδεδομένων προτύπων πρόσβασης στο φυσικό μέσο. Τα κύρια χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων είναι τα παρακάτω:

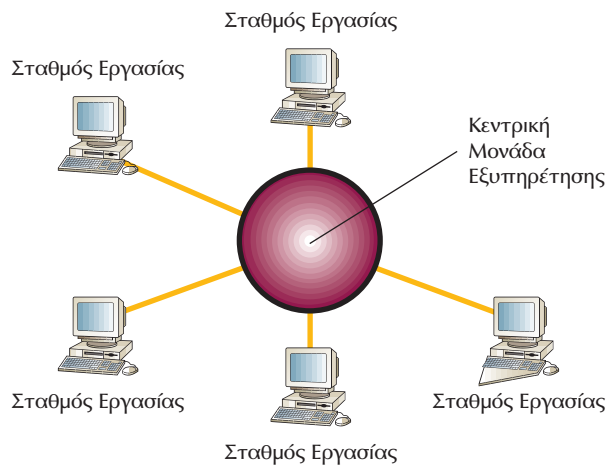
- Πολλά συστήματα (π.χ. υπολογιστών) έχουν πρόσβαση στο ίδιο φυσικό μέσο.
- Συνήθως, τα τοπικά δίκτυα διακρίνονται για το υψηλό συνολικό εύρος ζώνης, που προσφέρουν σε σχέση με τα δίκτυα ευρείας περιοχής.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 4-12 Βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων
(α) Αρτηρίας (β) Δακτυλίου (γ) Αστέρα

- Χαμηλή καθυστέρηση.
- Χαμηλός ρυθμός λαθών.
- Δυνατότητα για εκπομπή (Broadcast) και για πολλαπλή εκπομπή (Multicast). Στην εκπομπή μήνυμα προερχόμενο από κάποιον σταθμό λαμβάνουν όλοι οι σταθμοί, που έχουν πρόσβαση στο φυσικό μέσο. Ενώ στην πολλαπλή εκπομπή, υπάρχει η δυνατότητα μετάδοσης μηνύματος και η ύπαρξη ομάδας αποδεκτών, που θα το λάβει.
- Τα τοπικά δίκτυα, συνήθως, δεν έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν μεγάλη γεωγραφική κάλυψη (μερικά χιλιόμετρα).
- Ο αριθμός των σταθμών, που έχουν πρόσβαση στο ίδιο φυσικό μέσο, δεν υπερβαίνει τις μερικές εκατοντάδες.
- Ανήκουν σε οργανισμό ή επιχείρηση.
Οι πλέον διαδεδομένες τοπολογίες τοπικών δικτύων είναι τρεις: η τοπολογία αρτηρίας, η τοπολογία αστέρα και η τοπολογία δακτυλίου (Σχήμα 4-12).

- **Τοπολογία Αρτηρίας (Bus Topology)**

Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε κοινό διαμοιραζόμενο επικοινωνιακό φυσικό μέσο. Η σύνδεση των σταθμών εργασίας στο μέσο γίνεται με τη βοήθεια συσκευών διασύνδεσης και παροχέτευσης του καλωδίου (taps). Τα πλαίσια, που στέλνει σταθμός εργασίας, διαδίδονται κατά μήκος όλου του καναλιού. Οι σταθμοί εργασίας που συνδέονται στο μέσο, αναγνωρίζουν τα πλαίσια, που προορίζονται για αυτούς, με βάση τη διεύθυνση προορισμού, που έχουν τα πλαίσια. Επειδή τα πλαίσια διατρέχουν όλο το φυσικό μέσο, επηρεάζονται από παράγοντες, όπως η ταχύτητα μετάδοσης του μέσου και η χαρακτηριστική του αντίσταση. Η ισχύς σήματος ενός σταθμού, που εκπέμπει, είναι υψηλότερη στους γειτονικούς του σταθμούς εργασίας, σε σχέση με αυτή, που λαμβάνουν οι σταθμοί αυτοί που απέχουν αρκετά από αυτόν. Επίσης, πρέπει να γίνεται προσεκτικός σχεδιασμός του τρόπου, που διασυνδέονται οι σταθμοί εργασίας στο φυσικό μέσο, ώστε να μην περιορίζουν την ισχύ των σημάτων. Έτσι, υπάρχουν περιορισμοί για το μέγιστο μήκος του φυσικού μέσου και για τον αριθμό σταθμών εργασίας που μπορούμε να συνδέσουμε.

Επισήμανση

Γενικά, τα δίκτυα αρτηρίας παρουσιάζουν μικρή πολυπλοκότητα και η απόδοσή τους είναι καλή, όταν έχουμε μικρά φορτία κίνησης. Η απόδοσή τους, όμως, μειώνεται γρήγορα με την αύξηση του φορτίου.

- **Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Topology)**

Στην τοπολογία αυτή υπάρχει κλειστή διαδρομή του φυσικού μέσου και οι σταθμοί εργασίας συνδέονται διαδοχικά σημείο-προς σημείο. Τα πλαίσια με-

ταδίδονται κατά "κυκλικό" τρόπο και κάθε σταθμός εργασίας πρέπει να αναγνωρίζει τα πλαίσια που προορίζονται γι' αυτόν, με βάση τη διεύθυνση προορισμού των πλαισίων. Η ροή της πληροφορίας γίνεται προς μία κατεύθυνση μόνο. Υπάρχει, όμως, και η περίπτωση υλοποίησης με διπλό δακτύλιο όπου η πληροφορία μπορεί να ρέει σε αντίθετες κατευθύνσεις σε καθένα από τους δύο δακτυλίους.

Επισήμανση

Γενικά τα πρωτόκολλα τοπολογίας δακτυλίου παρουσιάζουν αυξημένη πολυπλοκότητα. Κύριο χαρακτηριστικό της τοπολογίας δακτυλίου είναι η ισοκατανομή της χωρητικότητας του δικτύου. Πλεονέκτημα της τοπολογίας είναι, ότι η απόδοσή τους παραμένει σταθερή κάτω από μεγάλα φορτία και ότι με την αύξηση του φορτίου, δεν παρατηρείται αναλογική αύξηση στη μέση καθυστέρηση μετάδοσης των πλαισίων.

- **Τοπολογία Αστέρα (Star Topology)**

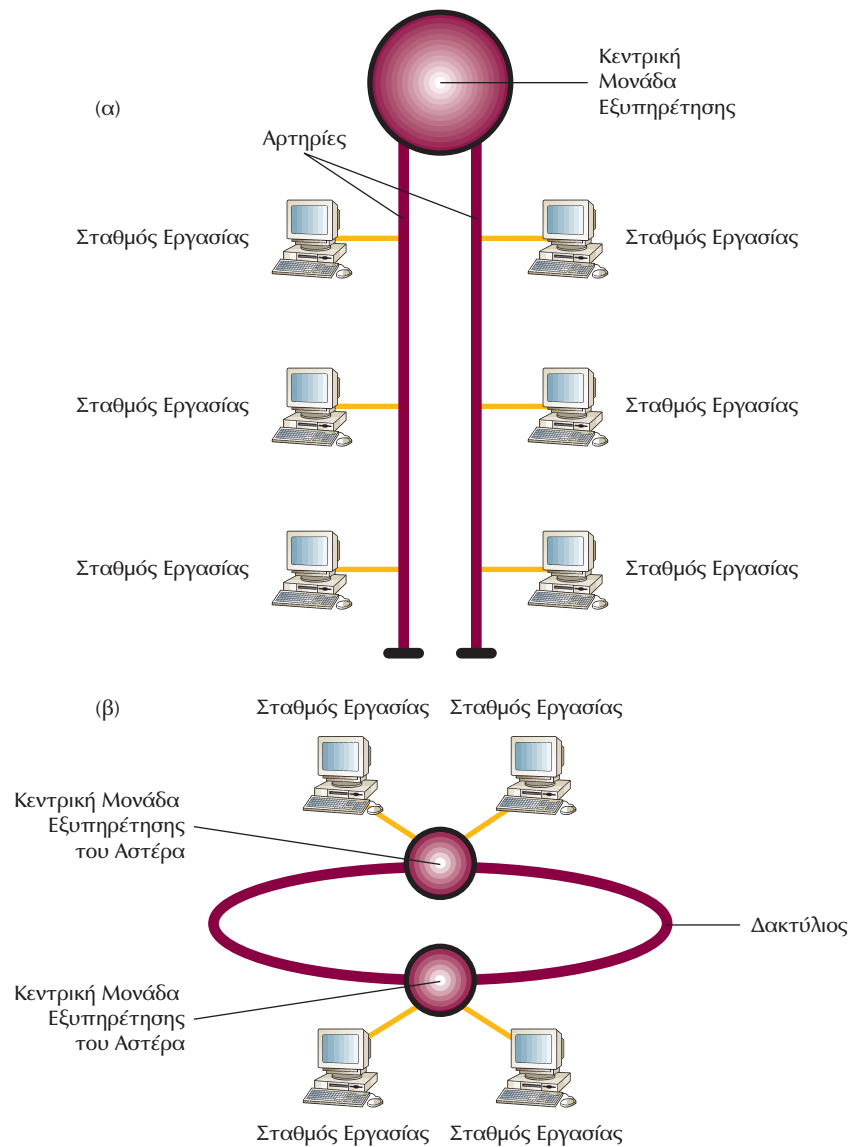
Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται με κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης. Η αξιοπιστία του δικτύου καθορίζεται άμεσα από την κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης, η βλάβη της οποίας, οδηγεί στην κατάρρευση του δικτύου. Η επέκταση του δικτύου καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό των σταθμών εργασίας, που μπορεί να υποστηρίξει η κεντρική μονάδα. Στην κεντρική μονάδα, εκτός από τους σταθμούς εργασίας, μπορεί να συνδέονται άλλες κεντρικές μονάδες εξυπηρέτησης, υλοποιώντας, έτσι, ένα αρκετά σύνθετο δίκτυο. Βέβαια, τα χαρακτηριστικά της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης, όπως η καθυστέρηση, που προσθέτει στη μετάδοση του σήματος, συχνά θέτουν περιορισμούς όσον αφορά το μέγιστο αριθμό μονάδων εξυπηρέτησης, που μπορεί να μεσολαβούν μεταξύ δύο σταθμών εργασίας.

Ο ρόλος της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης σε μία τοπολογία δικτύου αστέρα όσον αφορά τον τρόπο ελέγχου του δικτύου μπορεί να διαφέρει όπως:

- I. Ο πλήρης έλεγχος του δικτύου γίνεται από την κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης. Ο κόμβος είναι υπεύθυνος για τις διαδικασίες προώθησης στο δίκτυο.
- II. Ο έλεγχος βρίσκεται σε ένα από τους σταθμούς εργασίας του δικτύου και ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί μόνο σαν διακόπτης μεταγωγής μεταξύ των σταθμών εργασίας.
- III. Ο έλεγχος του δικτύου είναι ισοκαταμεμημένος στους σταθμούς εργασίας και ο κεντρικός κόμβος του δικτύου είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων και την αποφυγή συγκρούσεων κατά την επικοινωνία των σταθμών εργασίας.

Επισήμανση

Μπορούμε να σχηματίσουμε νέες τοπολογίες δικτύων με το συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, που έχουμε ήδη αναφέρει. Οι πιο συνηθισμένες είναι: η τοπολογία δένδρου και η τοπολογία αστέρα-δακτυλίου.



Σχήμα 4-13 Συνδυασμός βασικών τοπολογιών τοπικών δικτύων
(α) Δένδρου (β) Αστέρα - Δακτυλίου

Η τοπολογία δένδρου είναι συνδυασμός της τοπολογίας αστέρα και αρτηρίας. Το δίκτυο έχει κεντρικό κόμβο και σε αυτόν συνδέονται δίκτυα με τοπολογία αρτηρίας. Έτσι, η συνολική τοπολογία του δικτύου μοιάζει με ανεστραμμένο δένδρο με κλαδιά δίκτυα τύπου αρτηρίας και ρίζα τον κόμβο. Η τοπολογία αυτή είναι εύκολα επεκτάσιμη, αλλά, αν ο κεντρικός κόμβος αποτύχει, απομονώνει την επικοινωνία των σταθμών εργασίας, που ανήκουν σε διαφορετικές αρτηρίες.

Στην τοπολογία αστέρα δακτυλίου οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε κόμβους σχηματίζοντας επιμέρους δίκτυα τύπου αστέρα και οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους με τοπολογία δακτυλίου. Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της τοπολογίας είναι η ευκολία απομόνωσης βλαβών και επέκτασης του δικτύου.

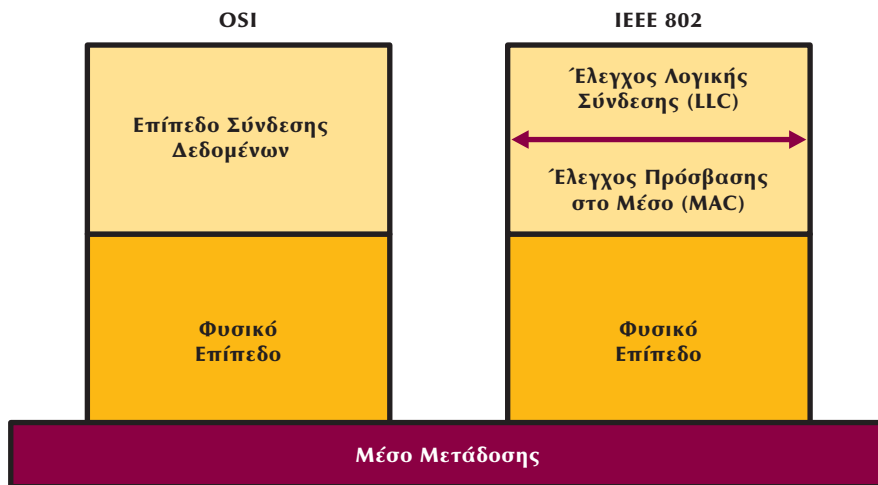
4.3 Πρότυπα Τοπικών Δικτύων

Διάφορες εταιρείες είχαν αναπτύξει τις σημαντικότερες τοπολογίες τοπικών δικτύων. Επίσης, είχαν αναπτύξει και τα πρωτόκολλα, που θα χρησιμοποιούσαν οι σταθμοί εργασίας, προκειμένου να συμμετάσχουν σε τοπικό δίκτυο. Ήταν, όμως, εμφανής η έλλειψη τυποποίησης, προκειμένου να μπορούν να επικοινωνήσουν σταθμοί εργασίας από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η τυποποίηση των τοπικών δικτύων άρχισε με τη συνδρομή τόσο του **Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)** όσο και της **Ευρωπαϊκής Ένωσης Κατασκευαστών Υπολογιστών (European Computer Manufacturing Association, ECMA)** οι οποίοι συμφώνησαν να ακολουθήσουν το μοντέλο OSI.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ανταλλαγή μηνυμάτων και η επικοινωνία των σταθμών εργασίας μέσω δικτύου έχει αναλυθεί σε επτά επίπεδα με βάση το μοντέλο OSI. Τα δύο κατώτερα επίπεδα είναι το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων και το φυσικό επίπεδο. Τα δύο αυτά επίπεδα καθορίζουν τον τύπο του δικτύου και το πρωτόκολλο επικοινωνίας. Η υλοποίηση των δύο αυτών επιπέδων γίνεται από συνδυασμό υλικού και λογισμικού.

Ο οργανισμός IEEE δημιούργησε επιτροπή, που είναι γνωστή σαν επιτροπή 802, με έργο τον καθορισμό προτύπων για τα τοπικά (LAN) και μητροπολιτικά (MAN) δίκτυα υπολογιστών. Τα μητροπολιτικά δίκτυα υπολογιστών έχουν χαρακτηριστικά, που βρίσκονται μεταξύ των χαρακτηριστικών των τοπικών και των ευρέων δικτύων (παραδείγματα MAN είναι δίκτυα, που καλύπτουν μια πόλη). Το έργο της επιτροπής χωρίστηκε αρχικά σε 6 υποεπιτροπές και η καθεμία εστιάστηκε στην ανάπτυξη επιμέρους προτύπων για τους διαφορετικούς τύπους δικτύων. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν και άλλες υποεπιτροπές. Τα αποτελέσματα της κάθε υποεπιτροπής είναι γνωστά ως IEEE 802.χ όπου χ ο αριθμός της υποεπιτροπής που έβγαλε το αποτέλεσμα.

Με βάση το έργο της επιτροπής 802, το δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI χωρίστηκε σε δύο υποεπίπεδα: στο υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης της γραμμής (Logical Link Control, LLC) και στο υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (Medium Access Control, MAC).



Σχήμα 4-14 Σχέση μοντέλων αναφοράς OSI και IEEE 8

Το υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης περιγράφεται από το πρότυπο IEEE 802.2. Τα πρότυπα IEEE 802.3,4 και 5 περιγράφουν τους διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης στο μέσο.

4.3.1 Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης (LLC - IEEE 802.2)

Το πρότυπο IEEE 802.2 περιγράφει τις λειτουργίες του υποεπιπέδου LLC. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το LLC είναι το ανώτερο υποεπίπεδο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων και είναι κοινό για τις διάφορες μεθόδους πρόσβασης στο μέσο, όπως αυτές ορίζονται από τα πρότυπα IEEE 802.3,4 και 5. Ο κύριος σκοπός του LLC είναι η παροχή υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου. Το επίπεδο δικτύου υποστηρίζεται από τα "Σημεία Πρόσβασης για Εξυπηρέτηση" (SAPs - Service Access Points), που παρέχει το υποεπίπεδο LLC. Το υποεπίπεδο LLC με τη σειρά του δέχεται υπηρεσίες από το κατώτερο του υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο.

Το υποεπίπεδο LLC μπορεί να παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- **Υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση (Unacknowledged connectionless service).**

Στην περίπτωση αυτή ένας σταθμός εργασίας στέλνει πλαίσια στο σταθμό εργασίας του προορισμού χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση λήψης. Επίσης δεν εγκαθίσταται προκαταβολικά σύνδεση μεταξύ των δύο σταθμών και ούτε, φυσικά, τερματίζεται η σύνδεση στο τέλος της επικοινωνίας. Εάν για διάφορους λόγους, όπως εξαιτίας θορύβου στο κανάλι επικοινωνίας, χαθεί κάποιο πλαίσιο, δεν γίνεται προσπάθεια επανάκτησής του. Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τη μικρότερη καθυστέρηση στην επικοινωνία των σταθμών εργασίας και είναι κα-

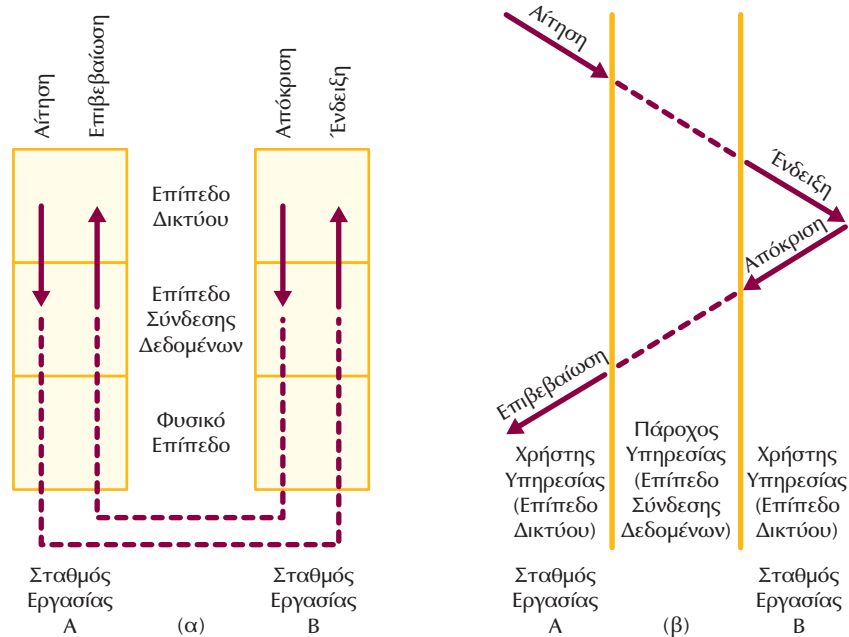
τάλληλη για επικοινωνία σε μέσα, που παρουσιάζουν χαμηλό ποσοστό λαθών και η επανάκτηση λανθασμένων δεδομένων γίνεται από υψηλότερα επίπεδα.

- **Υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση (Acknowledged connectionless service).**

Σε αυτή την υπηρεσία όπως και προηγουμένως, δεν εγκαθίσταται σύνδεση μεταξύ των σταθμών εργασίας πριν την έναρξη ανταλλαγής δεδομένων, αλλά για κάθε πλαίσιο που στέλνεται επιβεβαιώνεται η λήψη του από το σταθμό εργασίας του προορισμού. Η υπηρεσία αυτού του είδους κυρίως εφαρμόζεται, σε συνδέσεις τύπου σημείο – σε - σημείο (point to point).

- **Υπηρεσία με σύνδεση (Connection oriented service).**

Είναι η πιο περίπλοκη υπηρεσία που μπορεί να παρέχει το υποεπίπεδο LLC. Ένας σταθμός εργασίας πριν αρχίσει την επικοινωνία με τον σταθμό εργασίας του προορισμού, πρέπει πρώτα να εγκαταστήσει με αυτόν ένα νοητό κύκλωμα. Επίσης γίνεται και επιβεβαίωση λήψης του κάθε πλαισίου που μεταδόθηκε. Στην υπηρεσία αυτή γίνεται επίσης και έλεγχος ροής των δεδομένων. Ο έλεγχος ροής αναφέρεται στο επίπεδο δικτύου. Η διαδικασία εγκατάστασης ενός νοητού κυκλώματος περιλαμβάνει τρία στάδια: την εγκατάσταση σύνδεσης, την μεταφορά δεδομένων και τον τερματισμό της σύνδεσης. Στην εγκατάσταση σύνδεσης οι δύο σταθμοί που πρόκειται να επικοινωνήσουν, ανταλ-



Σχήμα 4-15 Αλληλουχία των πρωτογενών υπηρεσιών

λάσσουν κάποιες αρχικές τιμές για μεταβλητές και μετρητές που χρειάζονται για να παρακολουθήσουν την μετάδοση των πλαισίων. Στην φάση μεταφοράς δεδομένων μεταδίδονται τα πλαίσια και επιβεβαιώνεται η λήψη τους. Στην φάση τερματισμού της σύνδεσης απελευθερώνονται οι μεταβλητές και μετρητές και γενικά ότι μέσα χρησιμοποιήθηκαν για τη επίτευξη της επικοινωνίας.

Ένας σταθμός εργασίας μπορεί να υποστηρίξει περισσότερες από μία μορφές υπηρεσίας. Οι υπηρεσίες LLC γίνονται διαθέσιμες στο επίπεδο δικτύου με τη βοήθεια των τεσσάρων συνηθισμένων τύπων των πρωτογενών λειτουργιών που είναι: η αίτηση (request), η ένδειξη (indication), η απόκριση (response) και η επιβεβαίωση (confirm). Η αλληλουχία των πρωτογενών υπηρεσιών φαίνεται στο Σχήμα 4-15.

Η αίτηση χρησιμοποιείται από το επίπεδο δικτύου για να ζητήσει από το LLC να κάνει κάτι όπως να εγκαταστήσει ή να τερματίσει μια σύνδεση ή να στείλει ένα πλαίσιο. Η ένδειξη υποδεικνύει στον σταθμό προορισμού και συγκεκριμένα στο επίπεδο δικτύου το τι ζητά η αίτηση του σταθμού που θέλει να επικοινωνήσει, και απαντά με την απόκριση. Ο σταθμός που έκανε την αίτηση λαμβάνει τελικά την επιβεβαίωση στο αν η αίτησή του έγινε δεκτή ή όχι και για ποιο λόγο.

Τα πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων χωρίζονται σε: πρωτόκολλα απαρίθμησης δεδομένων και σε πρωτόκολλα διαχωρισμού bit. Δεν θα επεκταθούμε σε περισσότερες λεπτομέρειες για τον τρόπο λειτουργίας αυτών των πρωτοκόλλων γιατί ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτού του βιβλίου. Θα αναφέρουμε απλώς ότι τα πιο διαδεδομένα είναι τα πρωτόκολλα διαχωρισμού bit και κυρίως το HDLC (Έλεγχος Σύνδεσης Δεδομένων Υψηλής Στάθμης, High Level Data Link Control,). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του HDLC και μια από αυτές χρησιμοποιεί και το πρότυπο IEEE 802.2.

4.3.2 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3

Το πρότυπο IEEE 802.3 περιγράφει το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο φυσικό μέσο, για τοπικό δίκτυο υπολογιστών τοπολογίας αρτηρίας.

Το πρότυπο IEEE 802.3 καλύπτει τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου και του υποεπιπέδου MAC. Έτσι με το πρότυπο IEEE 802.3 καθορίζονται οι υπηρεσίες που προσφέρει το υποεπίπεδο MAC προς το υποεπίπεδο LLC που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης καθορίζεται ο τρόπος πρόσβασης του υποεπιπέδου MAC στο φυσικό μέσο. Ο τρόπος πρόσβασης στο μέσο, που χρησιμοποιείται στο πρότυπο **IEEE 802.3**, είναι γνωστός ως μέθοδος "**Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων**" (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD**). Τέλος καθορίζονται τα σήματα σηματοδότησης και οι τρόποι σύνδεσης στο φυσικό μέσο. Επειδή οι τρόποι σύνδεσης με το φυσικό μέσο ποικίλουν αναλόγως με την επιλογή του φυσικού μέσου, υπάρχουν εναλλακτικά πρότυπα που θα τα παρουσιάσουμε παρακάτω.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά της μεθόδου CSMA/CD.

- **Μέθοδος πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD**

Ο συνδυασμός της μεθόδου CSMA/CD και της τοπολογίας αρτηρίας συχνά ανα-

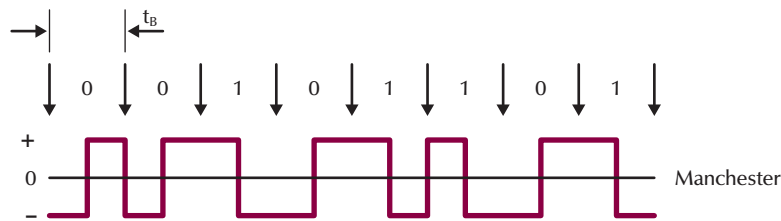
φέρεται σαν ethernet. Το Ethernet αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox στις αρχές του 1970 και υπήρξε η βάση για την ανάπτυξη του πρωτοτύπου IEEE 802.3. Υπάρχουν δύο εκδόσεις του Ethernet (η I και η II). Η αρχική έκδοση του Ethernet (η I) δεν ήταν συμβατή με το IEEE 802.3, αλλά η έκδοση II είναι βασικά η ίδια με το IEEE 802.3. Σήμερα, ο όρος Ethernet συχνά αναφέρεται σε όλα τα δίκτυα, που χρησιμοποιούν τη μέθοδο CSMA/CD και γενικά συμμορφώνονται με το πρότυπο Ethernet ή τις διάφορες εκδοχές του IEEE 802.3.

Ο αλγόριθμος πρόσβασης στο μέσο έχει ως εξής:

Όλοι οι σταθμοί εργασίας, που συνδέονται στο ίδιο φυσικό μέσο και είναι ενεργοί, πρέπει να ακούσουν το μέσο (καλώδιο). Εάν το μέσο μετάδοσης είναι απασχολημένο, ο σταθμός εργασίας που θέλει να μεταδώσει δεδομένα, θα πρέπει να περιμένει έως ότου ελευθερωθεί. Όταν το μέσο είναι ελεύθερο, ο σταθμός εργασίας ξεκινά αμέσως τη μετάδοση των πλαισίων του. Εάν την ίδια χρονική στιγμή, που το μέσο ελευθερώνεται, υπάρξουν και άλλοι σταθμοί εργασίας, που θέλουν να μεταδώσουν στο μέσο, θα δημιουργηθεί το φαινόμενο της σύγκρουσης (collision). Στην περίπτωση αυτή, οι σταθμοί, που προσπάθησαν ταυτόχρονα να εκπέμψουν, θα αντιληφθούν το φαινόμενο και θα μεταδώσουν σύντομο σήμα, που θα αναφέρει την ύπαρξη σύγκρουσης και θα σταματήσουν την εκπομπή των υπόλοιπων πλαισίων τους, εάν βέβαια έχουν απομείνει και άλλα προς μετάδοση. Μετά το σήμα γνωστοποίησης της σύγκρουσης, οι σταθμοί που συμμετείχαν στη σύγκρουση θα περιμένουν κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναεπιχειρήσουν τη μετάδοση.

Μια πολύ κρίσιμη παράμετρος, που επηρεάζει και την απόδοση της μεθόδου, είναι ο χρόνος, που απαιτείται για την ανίχνευση σύγκρουσης. Όπως έχουμε αναφέρει, όλοι οι σταθμοί εργασίας, που συνδέονται στο φυσικό μέσο με την μέθοδο CSMA/CD, πρέπει να παρατηρούν συνέχεια το μέσο. Όταν, επομένως, ένας σταθμός αρχίσει να μεταδίδει πλαίσια στο μέσο και συμβεί σύγκρουση, ο σταθμός θα την αντιληφθεί, επειδή και ο ίδιος θα αντιληφθεί ότι τα πλαίσια, που έχει μεταδώσει στο μέσο, είναι αλλοιωμένα, λόγω του θορύβου, που θα προκληθεί, από την ταυτόχρονη εκπομπή πλαισίων (στην ουσία ηλεκτρικών σημάτων) από τους άλλους σταθμούς. Πρέπει, επομένως, η ανίχνευση της σύγκρουσης από το σταθμό εργασίας να γίνει σε χρόνο μικρότερο από τη διάρκεια μετάδοσης του συνόλου των πλαισίων. Αυτή η παρατήρηση δημιουργεί αυτόματα περιορισμούς στο μέγιστο μήκος του καλωδίου, καθώς και στους ρυθμούς μετάδοσης των σταθμών εργασίας. Ας πάρουμε την περίπτωση σταθμού εργασίας A, που αρχίζει να μεταδίδει τη χρονική στιγμή t_0 . Ας υποθέσουμε, επίσης, ότι ο σταθμός A, που ξεκινά τη μετάδοση στη χρονική στιγμή t_0 , βρίσκεται στη μια άκρη του καλωδίου και ότι ο χρόνος μετάδοσης του σήματος από τη μια άκρη στη άλλη είναι τ . Στην αντίθετη άκρη του καλωδίου υπάρχει σταθμός B, που ξεκινά τη μετάδοση την στιγμή $t_0 + \tau - \chi$. Όπως είναι φυσικό, ο B θα αντιληφθεί τη σύγκρουση μετά από χρόνο χ και θα σταματήσει τη μετάδοση. Ο σταθμός A, όμως, θα χρειαστεί χρόνο $2\tau - \chi$, για να αντιληφθεί

τη σύγκρουση, γιατί τόσο χρόνο χρειάζονται τα αλλοιωμένα πλέον πλαίσια να φθάσουν σ' αυτόν. Επομένως, ένας σταθμός δεν μπορεί να είναι σίγουρος, ότι βρήκε το μέσο ελεύθερο, παρά μόνο όταν περάσει χρόνος 2τ χωρίς να γίνει σύγκρουση. Κατά συνέπεια, το μήκος των πλαισίων, θα πρέπει να είναι τέτοιο, που να επιτρέπει την ανίχνευση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης. Η υλοποίηση του μηχανισμού CSMA/CD καθορίζει, ότι το μέγιστο μήκος πλαισίου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1518 οκτάδες (bytes), ενώ το ελάχιστο κάτω από 64 οκτάδες. Επίσης, εάν το μήκος του καλωδίου είναι πολύ μεγάλο, οι συγκρούσεις ποτέ δεν θα ανιχνεύονται έγκαιρα. Ακόμα γίνεται αντιληπτό, ότι τα σήματα δεν θα πρέπει να έχουν στάθμη 0 Volt, γιατί σύγκρουση δύο σημάτων, που αντιστοιχούν σε μηδενική στάθμη δεν θα ανιχνευθεί. Για το λόγο αυτό, η μετάδοση των σημάτων γίνεται με βάση την ευρέως χρησιμοποιούμενη κωδικοποίηση Manchester. Στην κωδικοποίηση Manchester, το καλώδιο μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις τρεις καταστάσεις: η μετάδοση ενός bit 0 γίνεται με μετάβαση από χαμηλή σε υψηλή στάθμη, η μετάδοση ενός bit 1 γίνεται με μετάβαση από υψηλή σε χαμηλή στάθμη, ενώ τέλος κατάσταση χωρίς σήμα (αδρανές) ισοδυναμεί σε 0 Volts. Η υψηλή στάθμη σήματος είναι +0,85 Volts, ενώ η χαμηλή -0,85 Volts.



Σχήμα 4-16 Κωδικοποίηση Manchester

Ένα θέμα, που πρέπει επίσης να εξετασθεί, είναι για πόσο χρόνο ένας σταθμός εργασίας, αφού ανιχνεύσει τη σύγκρουση, θα απέχει από τη μετάδοση. Είναι προφανές, ότι ο χρόνος δεν θα πρέπει να είναι σταθερός και ίδιος για όλους τους σταθμούς εργασίας, γιατί έτσι θα οδηγηθούμε σε διαδοχικές και συνεχείς συγκρούσεις. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται αλγόριθμος για τον υπολογισμό της καθυστέρησης επαναμετάδοσης για κάθε σταθμό χωριστά, εξασφαλίζοντάς τους τυχαίο χρόνο επανεκπομπής.

Βασικά Πρότυπα του IEEE 802.3.

Προκειμένου να καλυφθούν οι διάφοροι συνδυασμοί φυσικών μέσων μεταφοράς και ρυθμοί δεδομένων, το πρότυπο IEEE 802.3 έχει προβεί στην έκδοση κάποιων παραλλαγών. Με την πάροδο του χρόνου ολοένα και περισσότερες παραλλαγές προστίθενται στα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3.

Η κωδικοποίηση των βασικών προτύπων γίνεται ως εξής:
XBase/BroadbandY

όπου:

X η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων σε Mbps

Base / Broadband ο τύπος σηματοδοσίας, που χρησιμοποιείται

Y αντιστοιχεί στο μέγιστο μήκος του τμήματος (segment)

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3 και τα χαρακτηριστικά τους.

Τύπος Δικτύου	Μέσο Μετάδοσης	Μέθοδος Σηματοδοσίας	Ρυθμός Δεδομένων	Μέγιστο μήκος τμήματος	Τοπολογία
10Base5	Ομοαξονικό 50 Ohm thick	Βασικής ζώνης	10 Mbps	500 m	Αρτηρίας
10Base2	Ομοαξονικό 50 Ohm thin (RG-58)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	185 m	Αρτηρίας
1Base5	Αθωράκιστο συνεστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	1 Mbps	250 m	Αστέρα
10BaseT	Αθωράκιστο συνεστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	100 m	Αστέρα
10Broad36	Ομοαξονικό 75 Ohm	Ευρυζωνική	10 Mbps	3600 m	Αρτηρίας

Το Ethernet II είναι παρόμοιο με το 10base5.

Πέρα από τις βασικές εκδόσεις του IEEE 802.3 που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα, έχουν παρουσιαστεί και άλλες εκδόσεις, όπως οι εκδόσεις για οπτική ίνα ως φυσικό μέσο μετάδοσης (Fiber Ethernet). Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται είναι: 10Base-F.

- **10Base -F: Fiber Ethernet**

Το 10Base-F βασίζεται στην προδιαγραφή FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link), που δημιουργήθηκε για τη διασύνδεση επαναληπτών με οπτικές ίνες. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη οπτική ίνα είναι η διπλή πολύτροπη 62.5/125 μm για τη μεταφορά υπέρυθρης ακτινοβολίας φωτός από LEDs. Η πιο γνωστή έκδοση είναι η 10Base-FL και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση κυρίως επαναληπτών (HUBs) σε απόσταση μέχρι και 2Km.

Η χρήση οπτικής ίνας χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να συνδέσουμε σημεία, που απέχουν αρκετά μεταξύ τους (μέχρι 2Km), και όταν υπάρχει αυξημένος

ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος (για παράδειγμα βιομηχανίες). Το μειονέκτημα, όμως, της οπτικής ίνας είναι το αυξημένο κόστος και η δυσκολία, που παρουσιάζει στην εγκατάσταση και το χειρισμό της (π.χ. δεν μπορούμε να τη τσακίσουμε για το σχηματισμό γωνίας).

Ethernet υψηλών ταχυτήτων.

Στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάσαμε τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3. Όπως έχουμε, ήδη, αναφέρει νέες εκδόσεις του IEEE 802.3 αναπτύσσονται και γίνονται πρότυπα με την πάροδο του χρόνου. Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε δύο νέα πρότυπα: το IEEE 802.3u (Fast Ethernet) και το IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

- **Fast Ethernet**

Το Fast Ethernet παρέχει εύρος ζώνης 100Mbps. Εκτός από το δεκαπλασιασμό της ταχύτητας, που παρέχει το Fast Ethernet, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο να μην διαταραχθεί κατά το δυνατόν η υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή. Έτσι ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο φυσικό μέσο, δημιουργήθηκαν διάφορα επιμέρους πρότυπα: το 100Base-TX, 100Base-FX και 100Base-T4.

- **100Base-TX:** Ως φυσικό μέσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο UTP (αθωράκιστο) κατηγορίας 5, ή καλώδιο STP (θωρακισμένο). Η απόσταση του τμήματος μπορεί να φθάσει μέχρι τα 100 μέτρα. Για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιούνται τα δύο από τα τέσσερα ζεύγη του καλωδίου, ένα ζεύγος για κάθε κατεύθυνση. Επίσης, για λόγους χρονισμού κυκλοφορούν πάντα σύμβολα και στα δύο ζεύγη, είτε αυτά είναι πραγματικά δεδομένα είτε ειδικά σύμβολα στην περίπτωση, που δεν υπάρχει δραστηριότητα στο δίκτυο. Τα ζεύγη, που δεν χρησιμοποιούνται, συνήθως τερματίζονται.

- **100Base-T4:** Το φυσικό μέσο μπορεί να είναι καλώδιο UTP κατηγορίας 3 και πάνω. Στο πρότυπο αυτό γίνεται χρήση και των τεσσάρων ζευγών του καλωδίου και αυτό αποτελεί μειονέκτημα στην περίπτωση, που υπάρχουν παλαιότερες εγκαταστάσεις και χρησιμοποιούν μόνο τα δύο ζεύγη. Στα ζεύγη υπάρχει σήμα μόνο, όταν έχουμε μεταφορά δεδομένων. Η μέγιστη απόσταση ενός τμήματος είναι τα 100 μέτρα. Τα τρία ζεύγη χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων, ενώ το τέταρτο για αναγνώριση (λήψη) των συγκρούσεων. Το 100BaseT4, αντίθετα με το 100BaseTX, δεν χρησιμοποιεί ξεχωριστά κανάλια για εκπομπή και λήψη και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατή η αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων.

- **100Base-FX:** Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διπλή πολύτροπη (62.5/125μm) ή μονότροπη οπτική ίνα. Το μήκος τμήματος για την περίπτωση χρήσης πολύτροπης ίνας είναι 412 μέτρα σε επικοινωνία half-duplex και 2 χιλιόμετρα σε επικοινωνία full-duplex. Για μονότροπη ίνα η απόσταση τμήματος μπορεί να φθάσει τα 25 χιλιόμετρα.

- **Gigabit Ethernet**

Το gigabit Ethernet IEEE 802.3z είναι το νεώτερο πρότυπο του IEEE 802.3. Προσφέ-

ρει επικοινωνία στο δίκτυο με εύρος ζώνης τα 1000 Mbps. Υπάρχει συμβατότητα στην καλωδίωση και κυρίως για χρήση καλωδίων βελτιωμένων κατηγορίας 5 (cat 5 enhance). Το 1000BaseT είναι πρότυπο για καλώδια τύπου cat 5e.

Το gigabit Ethernet έχει πρότυπα στην περίπτωση χρήσης οπτικών ινών. Έτσι για πολύτροπη οπτική ίνα 62.5 μm στο πρότυπο 1000BaseSX το μέγιστο μήκος μπορεί να φθάσει τα 275 μέτρα, ενώ για ίνα 50 μm τα 550 μέτρα. Στο πρότυπο 1000BaseLX για πολύτροπη ίνα 62.5 ή 50 microns το μέγιστο μήκος φθάνει τα 550 μέτρα και με μονότροπη ίνα των 9 μm μπορεί να φθάσει τα 5km.

Επισήμανση

Θα λέγαμε ότι το gigabit ethernet δημιουργεί νέες δυνατότητες στο χώρο των τοπικών δικτύων με την πραγματικά τεράστια ταχύτητα, που μπορεί να προσφέρει. Ειδικά με την τυποποίηση του 1000BaseT γίνεται πολύ ελκυστικό γιατί μπορεί να εκμεταλλευθεί την υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή που στην πλειοψηφία της είναι τύπου cat 5.

Ήδη όλοι οι κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού έχουν να επιδείξουν αρκετά μεγάλη γκάμα από gigabit switches και σε πολύ ανταγωνιστικότερες τιμές από άλλες τεχνολογίες με μικρότερο προσφερόμενο εύρος ζώνης.

4.3.3 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.4 - Αρτηρία με Κουπόνι (Token Bus)

Όταν η IEEE έβγαζε το πρότυπο 802.3, η χρήση του οποίου είναι πλέον πολύ διαδεδομένη, οι άνθρωποι της βιομηχανίας και κυρίως αυτοί που ασχολούνται με αυτοματισμούς, όπως η General Motors, είχαν κάποιους ενδοιασμούς. Οι επιφυλάξεις ξεκινούσαν από τον πιθανοτικό τρόπο λειτουργίας του 802.3. Για παράδειγμα ένας σταθμός ίσως να χρειαστεί να περιμένει αυθαίρετα μεγάλο χρόνο για να στείλει κάποια πλαίσια. Στην περίπτωση όμως της βιομηχανίας μπορεί ένας σταθμός να χρειαστεί να στείλει σήμα συναγερμού (αλάρμ). Είναι λογικό να θέλουμε να σχεδιάζουμε συστήματα πραγματικού χρόνου με τη δυνατότητα πρόβλεψης της καθυστέρησης κρίσιμης πληροφορίας.

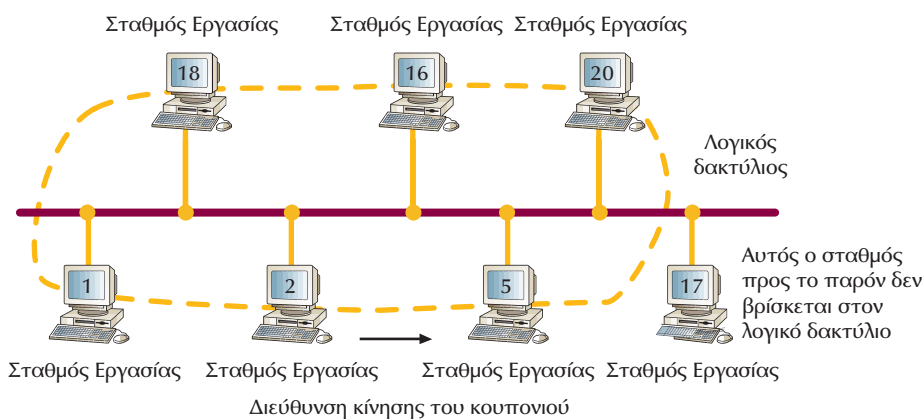
Έτσι δημιουργήθηκε το πρότυπο **IEEE 802.4**, που ονομάζεται και **αρτηρία με κουπόνι (token bus)**. Παράδειγμα πρωτοκόλλου, που στηρίζεται στο token bus, είναι το MAP (Manufacturing Automation Protocol, Πρωτόκολλο Αυτοματισμού Κατασκευής), που αναπτύχθηκε από την εταιρεία General Motors. Πάντως πρέπει να επισημάνουμε, ότι το IEEE 802.4 δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο, επειδή έχει αρκετά πολύπλοκο μηχανισμό λειτουργίας και παρουσιάζεται δυσκολία στην εμφάνιση ελκυστικών εναλλακτικών λύσεων στη χρήση ποικίλων φυσικών μέσων.

Σε φυσικό επίπεδο γίνεται χρήση ομοαξονικού καλωδίου 75 Ohm ευρείας ζώνης διαφόρων χαρακτηριστικών (RG6, RG11, RG59, και JT4750J) από 0.5 έως 1 ίν-

τσα). Δυνατές ταχύτητες μετάδοσης είναι από 1.5 και 10 Mbps. Για τη μετάδοση των σημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις διαφορετικές αναλογικές τεχνικές διαμόρφωσης: συνεχούς φάσης διαμόρφωση κατά συχνότητα (phase continuous FSK), σύμφωνης φάσης διαμόρφωση κατά συχνότητα (phase coherent FSK) και πολυεπίπεδη διπλοδυαδική διαμόρφωση κατά πλάτος και συχνότητα (multi level duobinary AM/FSK). Επίσης καθορίζονται πλήρως τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά για το μέσο μετάδοσης καθώς και οι υπηρεσίες, που το φυσικό επίπεδο παρέχει στο υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC).

Το πρότυπο IEEE 802.4 καθορίζει επίσης και υπηρεσίες, που προσφέρει το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο προς το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής σύνδεσης (LLC).

Στη συνέχεια, θα περιγράψουμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο αρτηρίας με κουπόνι. Η αρτηρία με κουπόνι είναι μια τοπολογία γραμμικής ή δενδρικής μορφής. Οι σταθμοί εργασίας σχηματίζουν λογικό δακτύλιο. Η φυσική θέση των σταθμών στο δίκτυο είναι άσχετη και ανεξάρτητη από τη θέση τους στο λογικό δακτύλιο (βλέπε Σχήμα 4-17).



Σχήμα 4-17 Αρτηρία με Κουπόνι

Ο κάθε σταθμός στο λογικό δακτύλιο γνωρίζει τη διεύθυνση των σταθμών, που λογικά βρίσκονται πριν και μετά από αυτόν. Στο δίκτυο κυκλοφορεί ειδικό πλαίσιο, που ονομάζεται κουπόνι (token). Κάθε κουπόνι περιέχει διεύθυνση προορισμού. Ο σταθμός, που λαμβάνει το κουπόνι, έχει το δικαίωμα πρόσβασης στο μέσο για κάποιο μέγιστο χρόνο. Στο χρόνο, που έχει ο σταθμός εργασίας, μπορεί να μεταδώσει τα πλαίσια του. Ο σταθμός περνάει το κουπόνι στο λογικά επόμενο του σταθμό όταν: δεν έχει να μεταδώσει πλαίσια δεδομένων, ή έχει στείλει όλα τα πλαίσια δεδομένων, που είχε για μετάδοση, πριν λήξει ο χρόνος του, ή όταν τελειώσει ο μέγιστος χρόνος, που είχε στη διάθεση του. Όπως είναι φανερό από

τον τρόπο λειτουργίας του token bus, από τη στιγμή που μόνο ένας σταθμός εργασίας κατέχει το κουπόνι κάθε φορά, δεν γίνονται συγκρούσεις. Τα πλαίσια, που στέλνονται από ένα σταθμό εργασίας στο μέσο, περιέχουν τη διεύθυνση προορισμού και, έτσι, είναι δυνατό ο σταθμός που θα δει πλαίσια με διεύθυνση προορισμού ίδια με τη δική του, να λάβει τα πλαίσια που τον αφορούν. Τα πλαίσια με διαφορετική διεύθυνση προορισμού απορρίπτονται.

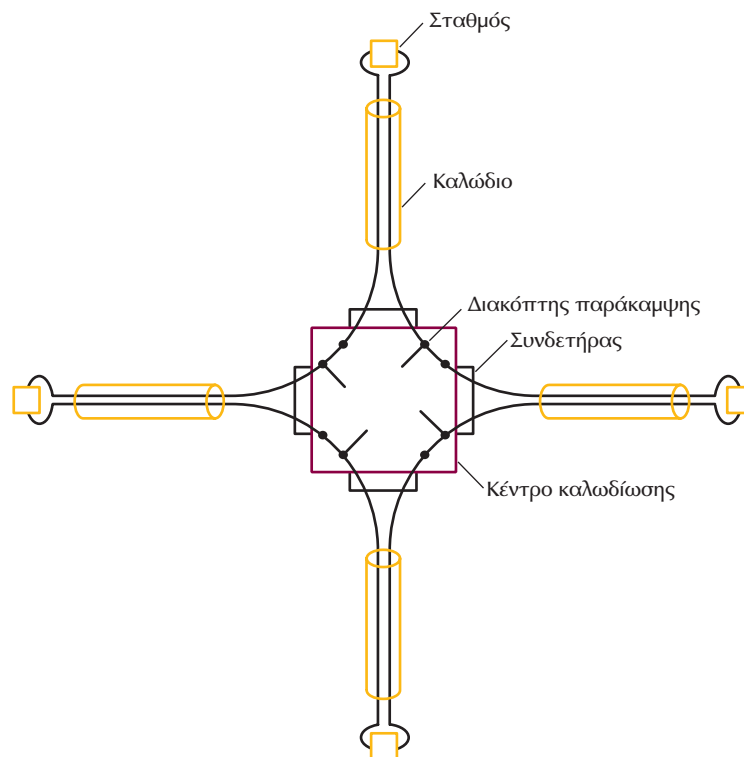
Στο πρότυπο αρτηρίας με κουπόνι ορίζονται τέσσερα είδη προτεραιότητας, 0,2,4 και 6 για τα πλαίσια, όπου 0 είναι η χαμηλότερη μορφή προτεραιότητας και 6 η υψηλότερη. Είναι σαν να έχει ο κάθε σταθμός τέσσερις διαφορετικές ουρές για τα πλαίσια που θέλει να μεταδώσει, με την κάθε ουρά να έχει διαφορετική προτεραιότητα. Όταν τα δεδομένα έρχονται στο υποεπίπεδο MAC, ελέγχεται η προτεραιότητά τους και προωθούνται σε μία από τις τέσσερις ουρές. Όταν ένας σταθμός έχει το κουπόνι, ξεκινά την αποστολή των δεδομένων από την ουρά με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα, δηλαδή την ουρά 6 και στη συνέχεια, την ουρά 4,2 και 0 με τη σειρά. Υπάρχει, βέβαια, η δυνατότητα, να γίνουν ρυθμίσεις σε μετρητές, που κρατά ο κάθε σταθμός εργασίας χωριστά και να καθορισθούν τα ποσοστά χρόνου, που έχει η κάθε ουρά στη διάθεση της από το συνολικό χρόνο, που έχει ο σταθμός εργασίας το κουπόνι. Αν μία ουρά δεν έχει δεδομένα να στείλει, ο χρόνος, που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη ουρά, δεν χάνεται αλλά υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησής του από τις ουρές χαμηλότερης προτεραιότητας. Είναι φανερό, ότι οι ουρές με χαμηλές προτεραιότητες μπορεί να μην προλάβουν να στείλουν τα δεδομένα τους όταν ο σταθμός εργασίας έχει το κουπόνι. Από την άλλη πλευρά όμως, μπορούμε με σωστή ρύθμιση των μετρητών ενός σταθμού, να είμαστε σίγουροι, ότι σημαντικά δεδομένα (όπως αλάρμ μηχανής) θα μεταδοθούν. Επιπλέον, μπορούμε να κάνουμε εκτίμηση της μέγιστης δυνατής καθυστέρησης. Ο μηχανισμός προτεραιοτήτων του IEEE 802.4 είναι ένας από τους σημαντικούς λόγους, που τον έχει κάνει δημοφιλή σε δίκτυα βιομηχανικών αυτοματισμών.

Άλλες λειτουργίες, που περιγράφονται στο πρότυπο, σχετίζονται με τη συντήρηση του λογικού δακτυλίου. Τέτοιες λειτουργίες είναι: η αρχικοποίηση του λογικού δικτύου, η πρόσθεση ή αφαίρεση σταθμών εργασίας στο λογικό δακτύλιο καθώς και η επανόρθωση από λάθος. Για τις λειτουργίες συντήρησης του δακτυλίου οι σταθμοί εργασίας σε περιοδικά διαστήματα στέλνουν κουπόνια ειδικής μορφής. Για τον έλεγχο των κουπονιών ειδικής μορφής υπάρχουν διάφορες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα ο μέγιστος αριθμός αναζήτησης σταθμών, ή ο μέγιστος χρόνος περιστροφής του κουπονιού. Κάθε σταθμός, που συμμετέχει στο δακτύλιο δέχεται ένα κουπόνι ειδικής μορφής για τη συντήρηση του δακτυλίου, ελέγχει τις διάφορες παραμέτρους και, όταν χρειάζεται τροποποιεί, κάποιες από τις μεταβλητές του κουπονιού ή το ακυρώνει, προκειμένου να εξασφαλίσει την απρόσκοπτη λειτουργία του δακτυλίου. Γενικά θα λέγαμε, ότι ο μηχανισμός συντήρησης δακτυλίου είναι σχετικά περίπλοκος και για την υλοποίησή του χρειάζεται η συμβολή αρκετών μετρητών, που ελέγχει ο κάθε σταθμός εντός του δακτυλίου.

4.3.4 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.5 - Δακτύλιος με Κουπό- νι (Token Ring)

Το δίκτυο token ring αναπτύχθηκε αρχικά από την IBM και παραμένει η κύρια τοπολογία τοπικού δικτύου, που χρησιμοποιεί η IBM. Το πρότυπο **IEEE 802.5** είναι σχεδόν ταυτόσημο και πλήρως συμβατό με το token ring. Το IEEE 802.5 αναπτύχθηκε μετά από το token ring και, γενικά, η χρήση του όρου token ring χρησιμοποιείται τόσο για το token ring της IBM, όσο και για το IEEE 802.5.

Το πρότυπο καθορίζει τις υπηρεσίες, που προσφέρει το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC) προς το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής (LLC). Επίσης, καθορίζει τις προδιαγραφές σύνδεσης του σταθμού εργασίας στο φυσικό μέσο και τα λειτουργικά, ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης με το μέσο μετάδοσης. Υποτίθεται, ότι ο κάθε σταθμός εργασίας συνδέεται στο δακτύλιο μέσω μονάδας σύζευξης με το καλώδιο. Το πρότυπο αναφέρει λεπτομέρειες, που αφορούν τη σηματοδότηση, την κωδικοποίηση και τους υποστηριζόμενους ρυθμούς δεδομένων. Προδιαγράφονται, επίσης, οι υπηρεσίες, που παρέχει το φυσικό επίπεδο προς το υποεπίπεδο MAC. Το πρότυπο, όμως, δεν καθορίζει προδιαγραφές για το ίδιο το μέσο, δηλαδή το καλώδιο.



Σχήμα 4-18 Υλοποίηση δακτυλίου με κουπό-νι με την χρήση κέντρου καλωδίωσης

Στην πραγματικότητα, η υλοποίηση του δακτυλίου γίνεται με συνδέσεις από σημείο σε σημείο. Μία από τις επικρίσεις για τα δίκτυα δακτυλίου είναι, ότι, εάν κάπου έχουμε διακοπή του καλωδίου, ο δακτύλιος πεθαίνει. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη χρήση κέντρου καλωδίωσης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4-18.

Μέσα στο κέντρο καλωδίωσης υπάρχουν διακόπτες παράκαμψης, οι οποίοι τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα από τους σταθμούς. Εάν κοπεί ο δακτύλιος ή εάν σταθμός τεθεί εκτός λειτουργίας, η διακοπή του ρεύματος θα απελευθερώσει το ρελέ και θα παρακάμψει το σημείο, που υπάρχει πρόβλημα. Η ενεργοποίηση των ρελέ μπορεί να γίνεται και με κάποιο λογισμικό.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το token ring και το IEEE 802.5 είναι σχεδόν ταυτόσημα. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιες διαφορές, που θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Το token ring καθορίζει φυσική τοπολογία αστέρα, όπου όλοι οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε συσκευές, που ονομάζονται "**Μονάδες Πρόσβασης Πολλαπλών Σταθμών**" (**Multistation Access Unit, MSAU**), ενώ το IEEE 802.5 δεν καθορίζει την τοπολογία συνδεσμολογίας, αν και στην πράξη οι περισσότερες υλοποιήσεις του IEEE 802.5 βασίζονται σε κέντρα καλωδίωσης, δηλαδή δακτυλίου με μορφή αστέρα. Στο token ring χρησιμοποιείται συνεστραμένο ζεύγος, ενώ στο IEEE 802.5 το καλώδιο δεν περιγράφεται. Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρονται συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά του token ring και του IEEE 802.5

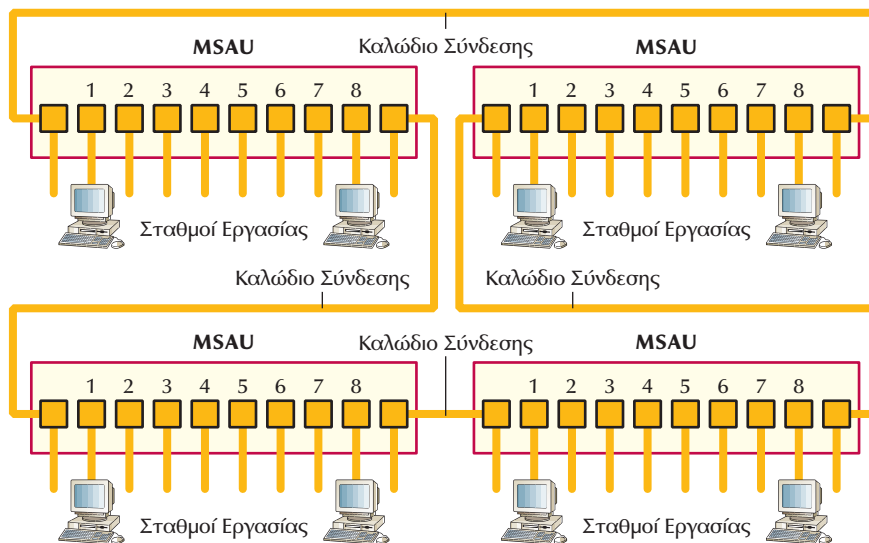
	IBM Token Ring Δίκτυο	IEEE 802.5
Ρυθμοί δεδομένων	4.16Mbps*	4.16Mbps
Σταθμοί / Τμήμα	260 (για καλώδιο S.T.P) 72 (για καλώδιο U.T.P)	250
Φυσική Τοπολογία	Αστέρας	Δεν καθορίζεται
Μέσο	Συνεστραμένο ζεύγος	-//-
Σηματοδοσία	Βασικής ζώνης	Βασικής ζώνης
Μέθοδος πρόσβασης	Πέρασμα κουπονιού	Πέρασμα κουπονιού
Κωδικοποίηση σήματος	Διαφορική Manchester	Διαφορική Manchester

Πίνακας 4-4 Χαρακτηριστικά token ring και IEEE802.5

* Πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει δακτύλιος με κουπόνι που υποστηρίζει 16Mbps, είναι το λεγόμενο "Early release token" της εταιρείας IBM.

Στο παρακάτω Σχήμα 4-19 μπορούμε να δούμε, πως υλοποιείται η φυσική συνδεσμολογία των σταθμών εργασίας με τη βοήθεια των συσκευών MSAU.

Όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 4-19, οι σταθμοί συνδέονται απευθείας στα MSAU. Μπορούμε να συνδέσουμε διάφορα MSAU μεταξύ τους, προκειμένου να σχηματίσουμε μεγάλο δακτύλιο. Οι συσκευές MSAU έχουν ρελέ παράκαμψης για την απομόνωση σταθμών με κάποια βλάβη από το δακτύλιο.



Σχήμα 4-19 Σύνδεση των MSAU, για την δημιουργία ενός μεγάλου δακτυλίου με κουπόνι

Τα δίκτυα token ring και IEEE 802.5 είναι από τα πρώτα παραδείγματα δικτύων, που λειτουργούν με πέρασμα κουπονιού (token passing). Στο δίκτυο κυκλοφορεί μικρό πλαίσιο, το λεγόμενο κουπόνι. Ο σταθμός, που λαμβάνει το κουπόνι, έχει το δικαίωμα να μεταδώσει τα δικά του πλαίσια. Εάν ο σταθμός, που δέχεται το κουπόνι δεν έχει δεδομένα να μεταδώσει, απλά περνά το κουπόνι στο επόμενο σταθμό του δακτυλίου. Ο σταθμός που δέχεται κουπόνι, διαθέτει καθορισμένο χρόνο που μπορεί να το κρατήσει, δηλαδή μέσα σε αυτό το χρόνο μπορεί να μεταδώσει όσα δεδομένα προλάβει.

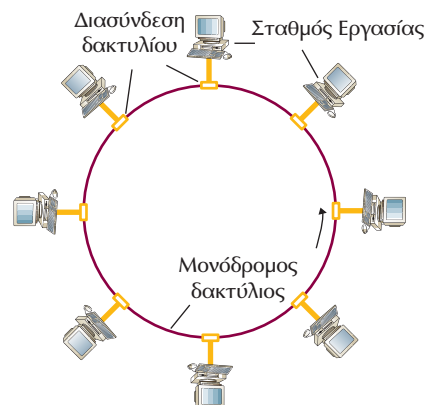
Εάν ο σταθμός, που λάβει το κουπόνι, έχει δεδομένα να μεταδώσει, μετατρέπει ένα bit του πλαισίου του κουπονιού, δηλαδή μετατρέπει το κουπόνι σε αρχή ακολουθίας πλαισίων (start - frame - sequence). Στη συνέχεια, ο σταθμός προσκολλά τα δεδομένα, προς μετάδοση και τα στέλνει στο δακτύλιο προς τον επόμενο του σταθμό. Κατά τη διάρκεια μετάδοσης των δεδομένων από ένα σταθμό δεν κυκλοφορεί κανένα κουπόνι μέσα στο δακτύλιο. Συνεπώς, οι σταθμοί, που θέλουν να μεταδώσουν τα δικά τους πλαίσια, πρέπει να περιμένουν. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι συγκρούσεις μέσα στο δακτύλιο.

Όταν το πλαίσιο με τα δεδομένα φθάσει, τελικά, στο σταθμό προορισμού, αυτός αντιγράφει τα δεδομένα για περαιτέρω επεξεργασία και ταυτόχρονα μεταβάλλει κάποιο bit του πλαισίου, για να μπορέσει να καταλάβει ο σταθμός, που το έστειλε, ότι το πλαίσιο παραλήφθηκε. Το πλαίσιο, όμως, συνεχίζει να κυκλοφορεί μέσα στο δακτύλιο και, τελικά, φθάνει στο σταθμό, που το έστειλε. Ο σταθμός, που έστειλε το πλαίσιο, έχει την ευθύνη να σταματήσει και την κυκλοφορία του πλαισίου από το δακτύλιο. Ο σταθμός, που έστειλε το πλαίσιο βλέποντας τυχόν αλλαγές σε κάποια bit του πλαισίου, που έλαβε, σε σχέση με αυτό που αρχικά

έστειλε μπορεί να καταλάβει: εάν ο σταθμός, για τον οποίον προόριζε το πλαίσιο, δεν υπάρχει ή είναι ανενεργός, εάν ο σταθμός υπάρχει στο δίκτυο, αλλά για κάποιον λόγο δεν παρέλαβε το πλαίσιο, ή εάν το πλαίσιο έχει παραληφθεί κανονικά.

Ο σταθμός, που στέλνει τα δεδομένα, δεν έχει περιορισμό στο μέγεθος του πλαισίου, που μπορεί να στείλει. Έτσι, υπάρχει συνήθως πλαίσιο, που ταξιδεύει στο δακτύλιο. Υπάρχει, όμως, και η δυνατότητα να τεμαχίσει τα δεδομένα του σε μικρότερα πλαίσια, πάντα όμως μέσα στο χρόνο, που μπορεί να κρατήσει το κουπόνι.

Με βάση όσα έχουμε αναφέρει, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τη λειτουργία των σταθμών στο δακτύλιο σε δύο φάσεις: τη φάση ακρόασης και τη φάση μετάδοσης. Στη φάση ακρόασης βρίσκονται οι σταθμοί που δεν έχουν το κουπόνι. Στη φάση ακρόασης, τοποθετούν κάθε bit του πλαισίου, που δέχονται σε ενδιάμεσο καταχωρητή ενός bit και, κατόπιν, το αντιγράφουν έξω ξανά στο δακτύλιο. Όταν το bit βρίσκεται στον ενδιάμεσο καταχωρητή, η τιμή του μπορεί να επιθεωρηθεί ή και να μεταβληθεί από το σταθμό. Στη φάση της ακρόασης έχουμε τη λεγόμενη καθυστέρηση 1 - bit. Ο σταθμός, που θα λάβει το κουπόνι και στέλνει το πλαίσιο με τα δεδομένα του βρίσκεται πλέον σε φάση μετάδοσης. Είναι σαν να έχει σπάσει το δακτύλιο και από το ένα σημείο να στέλνει τα bits του πλαισίου και από το άλλο να λαμβάνει το πλαίσιο, που έχει στείλει, για να τσεκάρει ποία ήταν η τύχη του και ταυτόχρονα να σταματά την επανακυκλοφορία της πληροφορίας μέσα στον δακτύλιο.



Σχήμα 4-20 Δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι

Στο τέλος, αφού ο σταθμός μεταδώσει όλα τα δεδομένα του ή του τελειώσει ο χρόνος μετάδοσης που είχε στη διάθεση του, πρέπει να εκδώσει καινούργιο κουπόνι και να το περάσει στον επόμενο σταθμό.

Στο token ring και IEEE 802.5, υποστηρίζονται οκτώ επίπεδα προτεραιότητας. Ο μηχανισμός προτεραιοτήτων είναι αρκετά πολύπλοκος. Μέσα στο κουπόνι υπάρχει πεδίο που δηλώνεται ο βαθμός προτεραιότητας. Ένας σταθμός, που θέ-

λει να μεταδώσει δεδομένα με προτεραιότητα X, θα πρέπει να περιμένει να περάσει κουπόνι με προτεραιότητα μικρότερη ή ίση του X. Υπάρχει τρόπος ο σταθμός, που θέλει να μεταδώσει, να δεσμεύσει το επόμενο κουπόνι αλλάζοντας πεδίο του τρέχοντος κουπονιού (κάνοντας δηλαδή ένα είδος κράτησης προτεραιότητας). Επειδή, γενικά, ο μηχανισμός της κράτησης οδηγεί τελικά στην αύξηση της προτεραιότητας, έχουν δημιουργηθεί κανόνες, όπου οι σταθμοί, που αυξάνουν την προτεραιότητα, στο τέλος της μετάδοσης του πλαισίου τους, να μεταδώσουν κουπόνι με μικρότερη προτεραιότητα.

Επίσης, στα δίκτυα token ring και IEEE 802.5, υπάρχει και ο μηχανισμός συντήρησης του δακτυλίου. Για το λόγο αυτόν, ορίζεται σταθμός ως "ενεργός ελεγκτής" (active monitor), ο οποίος ανιχνεύει και διορθώνει, όσο μπορεί, πιθανές καταστάσεις δυσλειτουργίας. Διαθέτει, επίσης, τη δυνατότητα "καθαρισμού" του δακτυλίου, εκδίδοντας το λεγόμενο πλαίσιο καθαρισμού (purge frame). Οι υπόλοιποι σταθμοί του δικτύου συνεργάζονται μεταξύ τους για την παρακολούθηση της συνέχειας του δακτυλίου. Σε περίπτωση βλάβης του ενεργού ελεγκτή, αυτόματα αναλαμβάνει το ρόλο του κάποιος άλλος σταθμός εργασίας μέσα στο δακτύλιο.

Από τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων token ring και IEEE 802.5 είναι φανερό, ότι υπάρχει, γενικά, η δυνατότητα εκτίμησης της καθυστέρησης μετάδοσης πλαισίου στο δίκτυο, σε αντίθεση με το πρότυπο IEEE 802.3 (ethernet). Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές, που χρειάζονται μετάδοση σε πραγματικό χρόνο, αρκεί, βέβαια, να καλύπτονται από το εύρος ζώνης, που μπορεί να προσφέρει το δίκτυο.

4.3.5 Σύγκριση τοπικών δικτύων.

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα αλλά και στα μειονεκτήματα των προτύπων πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3, 802.4 και 802.5.

Το πρότυπο IEEE 802.3 διακρίνεται για την απλότητα του αλγόριθμου πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD. Η μέθοδος CSMA/CD είναι εύκολα υλοποιήσιμη, εφαρμόζεται αρκετά χρόνια και είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος με τεράστια εγκαταστημένη βάση. Ειδικότερα η υλοποίησή του με τη χρήση κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης, βοηθά στη γρήγορη εγκατάσταση σταθμών χωρίς να βγει εκτός λειτουργίας το δίκτυο. Ο διαμοιρασμός της χρήσης του δικτύου είναι δίκαιος και η καθυστέρηση σε χαμηλό φορτίο είναι πρακτικά ελάχιστη.

Στα μειονεκτήματα του IEEE 802.3 μπορούμε να καταλογίσουμε την μη καθορισμένη συμπεριφορά. Σε κατάσταση λειτουργίας με υψηλό φορτίο, η απόδοσή του μειώνεται δραματικά. Το γεγονός ότι ο χρόνος πρόσβασης στο μέσο δεν μπορεί να προβλεφθεί, το κάνει μη ελκυστικό για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Επίσης, δεν έχει μηχανισμό προτεραιοτήτων, γεγονός που εντείνει το πρόβλημα. Στα μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να προσθέσουμε, ότι η υλοποίηση μέρους του ενεργού εξοπλισμού του προτύπου απαιτεί αναλογικά μέρη, όπως για παράδειγμα το κύκλωμα εντοπισμού συγκρούσεων.

Πρέπει, όμως, να ομολογήσουμε, ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης που προσφέρει στις νέες εκδόσεις στα 100 Mbps και ειδικότερα στα 1000 Mbps το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική τεχνολογία. Σε συνδυασμό με τις ελάχιστες ή μηδαμινές απαιτήσεις

για αλλαγές στην υπάρχουσα καλωδίωση, καθώς και η ποικιλομορφία των φυσικών μέσων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λύνει τα χέρια των σχεδιαστών τοπικών δικτύων.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν, τα πρότυπα πρόσβασης στο μέσο, που χρησιμοποιούν σαν μέθοδο το πέρασμα κουπονιού. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η ντετερμινιστική συμπεριφορά των δικτύων, υπό την έννοια ότι υπάρχει ανώτατο όριο χρόνου, που κάποιος σταθμός πρέπει να περιμένει πριν μεταδώσει. Το όριο αυτό είναι γνωστό, γιατί κάθε σταθμός του δακτυλίου μπορεί να κρατήσει το κουπόνι για καθορισμένο χρόνο. Η απόδοση των μεθόδων IEEE 802.4 και 802.5 πλησιάζει το 100 %, όσο το φορτίο κίνησης αυξάνει. Σε χαμηλή κίνηση, όμως, τα πρότυπα αυτά έχουν χειρότερη συμπεριφορά συγκρινόμενα ειδικά με το IEEE 802.3. Αυτό συμβαίνει, γιατί ο σταθμός θα περιμένει να λάβει το κουπόνι προκειμένου να αρχίσει τη μετάδοση, ενώ το κουπόνι μπορεί να μεταβαίνει σε σταθμούς, που δεν έχουν τίποτα να μεταδώσουν. Μεγάλο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα υποστήριξης επιπέδων προτεραιότητας. Η δυνατότητα προτεραιοτήτων διευκολύνει τη χρήση του δικτύου από εφαρμογές πραγματικού χρόνου, γιατί μπορούν να βασίζονται σε καθορισμένο εύρος ζώνης.

Βασικό μειονέκτημα των μεθόδων IEEE 802.4 και 802.5 είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα των αλγορίθμων που χρησιμοποιούν.

Τα δύο πρότυπα IEEE 802.4 και 802.5 δεν προορίζονται για χρήση στον ίδιο εργασιακό χώρο. Το IEEE 802.4 έχει εγκαταστημένη βάση, κυρίως, σε βιομηχανικούς χώρους. Με κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων των σταθμών, προσφέρει εγγυημένο εύρος ζώνης σε κάθε επίπεδο προτεραιότητας, σε αντίθεση με το 802.5, όπου ευνοούνται υπερβολικά οι σταθμοί, που θέλουν να μεταδώσουν με υψηλή προτεραιότητα. Επίσης, δεν στηρίζεται σε κεντρικό σταθμό εποπτείας του δακτυλίου, όπως στο 802.5, αλλά όλοι οι σταθμοί περιοδικά αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες συντήρησης του δακτυλίου. Μειονέκτημα του 802.5 θεωρείται η ύπαρξη κάθε φορά ενός μόνου σταθμού εποπτείας. Τα προβλήματα αρχίζουν όχι από την ολοκληρωτική βλάβη αυτού, αλλά στην περίπτωση μερικής υπολειτουργίας. Μεγάλο πλεονέκτημα του προτύπου 802.5, σε περίπτωση υλοποίησής του με κέντρα καλωδίωσης, είναι η δυνατότητα ανίχνευσης και εξάλειψης διακοπών στα καλώδια αυτόματα.

Ο σχεδιαστής δικτύων πρέπει να σταθμίσει ποια χαρακτηριστικά πρέπει να καλύπτει το δίκτυο, που θέλει να σχεδιάσει, σε συνάρτηση πάντα με τις εφαρμογές, που θα τρέχουν πάνω σε αυτό και να αποφασίσει. Πολλές φορές, η υλοποίηση καινούργιου δικτύου είναι πιο εύκολη από την αναβάθμιση υπάρχοντος, επειδή δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η υπάρχουσα εγκατεστημένη βάση. Σημαντικότερος παράγοντας είναι το κόστος και στο σημείο αυτό το πρότυπο IEEE 802.3, λόγω της απλότητας που το διακρίνει, υπερτερεί σημαντικά. Ταυτόχρονα έχει παρουσιάσει και τη μεγαλύτερη εξέλιξη σε σχέση με τους "ανταγωνιστές του". Ίσως για το λόγο αυτό δεν είναι τυχαίο, που σήμερα πλέον οι περισσότερες εγκαταστάσεις δικτύων είναι βασισμένες σε εκδόσεις του προτύπου IEEE 802.3

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράψαμε τους βασικούς τύπους καλωδιώσεων και αναφερθήκαμε στα ιδιαίτερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, στις χρήσεις και επιδόσεις του κάθε τύπου.

Ακολουθώντας, προσπαθήσαμε να εξηγήσουμε, τι ακριβώς εννοούμε με τον όρο τοπικά δίκτυα, αναφέροντας τα κύρια χαρακτηριστικά τους, τα οποία τα διαφοροποιούν από τα δίκτυα ευρείας πρόσβασης (WAN). Στη συνέχεια, αναφερθήκαμε στις κυριότερες τοπολογίες των τοπικών δικτύων, όπως αρτηρίας, δακτυλίου, αστέρα καθώς και των τοπολογιών, που προκύπτουν από το συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, όπως δένδρου και αστέρα δακτυλίου. Έγινε παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών των τοπολογιών, που προαναφέραμε, καθώς και αναφορά των πλεονεκτημάτων ή μειονεκτημάτων της κάθε τοπολογίας.

Στη συνέχεια, αναφερθήκαμε στο έργο της επιτροπής 802 του ινστιτούτου IEEE, καθώς και στα πρότυπα που έχουν εκδοθεί από τις επιμέρους υποεπιτροπές, που συστάθηκαν από το ινστιτούτο IEEE. Έγινε αναφορά στο διαχωρισμό του δευτέρου φυσικού επιπέδου Σύνδεσης Δεδομένων του OSI σε δύο υποεπίπεδα, στο υποεπίπεδο Ελέγχου λογικής Σύνδεσης (LLC) και στο υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC). Στη συνέχεια ακολούθησε παρουσίαση των προτύπων 802.2,3,4 και 5.

Στο πρότυπο 802.2, που αναφέρεται στο υποεπίπεδο ελέγχου Λογικής Σύνδεσης, έγινε παρουσίαση των διαφόρων υπηρεσιών, που μπορεί να παρέχει, όπως, υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση, υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση και υπηρεσία με σύνδεση. Επίσης, αναφερθήκαμε στη διαθεσιμότητα των παραπάνω υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου του μοντέλου αναφοράς OSI.

Στη συνέχεια αναλύσαμε το πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3. Έγινε λεπτομερής παρουσίαση του τρόπου πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD, καθώς και της συγγένειας του με το πρότυπο ethernet. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν τα βασικά πρότυπα υλοποίησης του IEEE 802.3 (π.χ 10Base5, 10BaseT κ.ο.κ) και τέλος έγινε παρουσίαση των δύο νεότερων προτύπων του IEEE 802.3, που είναι το Fast Ethernet και το Gigabit Ethernet.

Ακολούθησε αναφορά στο πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.4 (token bus). Έγινε περιγραφή του τρόπου λειτουργίας, καθώς και των μηχανισμών προτεραιότητας που, υποστηρίζει. Από την ανάλυση λειτουργίας του παραπάνω προτύπου γίνεται αντιληπτός ο λόγος διάδοσης του συγκεκριμένου προτύπου σε βιομηχανικά περιβάλλοντα εργασίας.

Επίσης έγινε παρουσίαση του προτύπου IEEE 802.5 (token ring). Έγινε περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του προτύπου, καθώς και του μηχανισμού προτεραιότητας, που υποστηρίζει.

Στο τέλος πραγματοποιήθηκε σύγκριση των προτύπων IEEE 802,3,4 και 5. Η σύγκριση εστιάστηκε κύρια στο IEEE 802.3 με τα πρότυπα περάσματος κου-

πονιού IEEE 802.4 και 5, καθώς και στις διαφορές μεταξύ του προτύπου IEEE 802.4 και 5.

Με την ολοκλήρωση του κεφαλαίου πιστεύουμε, ότι έχει γίνει αντιληπτό στους μαθητές ο λόγος, που το πρότυπο IEEE 802.3, έχει επικρατήσει των άλλων δύο προτύπων του IEEE. Ταυτόχρονα επισημάνσαμε τις αδυναμίες, που παρουσιάζει το IEEE 802.3, σε καταστάσεις πολλών σταθμών εργασίας και υψηλών φορτίων κίνησης. Η αδυναμία όμως, αυτή του IEEE 802.3 περιορίζεται σημαντικά με τη χρήση συσκευών switch, συσκευές, που θα έχουμε τη δυνατότητα να αναλύσουμε το τρόπο λειτουργίας στο επόμενο κεφάλαιο.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Να αναφέρετε τους διάφορους τύπους καλωδίων συνεστραμένων ζευγών και να περιγράψεται την κατασκευή τους.
2. Σε τι οφείλεται η εξασθένηση του σήματος στα καλώδια συνεστραμένων ζευγών;
3. Τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών χωρίζονται σε κατηγορίες σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA 568-A. Που θα χρησιμοποιούσατε την κάθε κατηγορία ; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
4. Να περιγράψετε την κατασκευή των οπτικών ινών και να αναφέρετε τις ιδιαιτερότητες του κάθε τύπου.
5. Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα των καλωδίων οπτικών ινών απέναντι στα καλώδια συνεστραμένων ζευγών. Ποια χρήση θα επιλέγατε για το καθένα;
6. Αναφέρατε τα κύρια χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων.
7. Αναφέρατε τις πλέον δημοφιλείς τοπολογίες τοπικών δικτύων.
8. Σε ποια τοπολογία δικτύου τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται έχουν αυξημένη πολυπλοκότητα:
 - α. Τοπολογία Αρτηρίας
 - β. Τοπολογία Δακτυλίου
9. Ποιος μπορεί να είναι ο ρόλος της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης σε τοπολογία αστέρα;
10. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα :
 - α. της τοπολογίας δένδρου
 - β. της τοπολογίας αστέρα – δακτυλίου
11. Ποιους τρόπους υπηρεσιών παρέχει το υποεπίπεδο LLC με βάση το πρότυπο IEEE 802.2;

12. Στην περίπτωση που το κανάλι επικοινωνίας, που είχατε στη διάθεση σας, γνωρίζατε, ότι εξασφαλίζει πολύ μικρό ποσοστό λαθών, ποιου είδους υπηρεσία για τον Έλεγχο Λογικής Σύνδεσης θα προτιμούσατε, εάν μπορούσατε να επιλέξετε και γιατί:
- α. Υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση
 - β. Υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση
 - γ. Υπηρεσία με σύνδεση
13. Ποια πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων είναι τα πλέον διαδεδομένα :
- α. τα πρωτόκολλα διαχωρισμού χαρακτήρων
 - β. τα πρωτόκολλα διαχωρισμού bit
14. Τι εννοούμε με τον όρο σύγκρουση (collision) στη μέθοδο πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD;
15. Εξηγείστε τους λόγους, που θέτουν περιορισμούς στο μήκος των μεταδιδόμενων πακέτων από τους σταθμούς εργασίας, καθώς και στο μήκος των καλωδίων, που χρησιμοποιούνται, στο πρότυπο IEEE 802.3
16. Ο χρόνος επανεκπομπής των σταθμών εργασίας σε δίκτυο IEEE 802.3, σε περίπτωση σύγκρουσης είναι :
- α. καθορισμένος
 - β. τυχαίος
 - γ. ρυθμιζόμενος
17. Τι σχέση υπάρχει μεταξύ του προτύπου Ethernet και του IEEE 802.3;
18. Αναφέρατε μερικά από τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3, καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών και εξηγείστε την κωδικοποίηση, που χρησιμοποιείται.
19. Αναφέρατε τα κύρια χαρακτηριστικά των προτύπων του Fast Ethernet και Gigabit Ethernet.
20. Ποιες είναι οι διαφορές στο μηχανισμό προτεραιοτήτων μεταξύ των προτύπων IEEE 802.4 και 5;
21. Ποιες είναι οι διαφορές στη τοπολογία μεταξύ των προτύπων IEEE 802.4 και 5;
22. Τι εννοούμε λέγοντας καθυστέρηση 1-bit στο πρότυπο IEEE 802.5;
23. Γιατί δεν παρατηρείται το φαινόμενο των συγκρούσεων στα πρότυπα IEEE 802.4 και 5;
24. Γιατί δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της καθυστέρησης στη μετάδοση πλαισίου στο IEEE 802.3, σε αντίθεση με τα IEEE 802.4 και 5;
25. Ποιοι είναι οι κύριοι λόγοι, που το IEEE 802.3 έχει επικρατήσει σε σχέση με τα πρότυπα IEEE 802.4 και 5;

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Πομπόρτσος Α., *Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*, εκδ. Α. Τζιόλα Ε. 1997.
3. Στασινόπουλος Γ., *Ψηφιακά Συστήματα Επικοινωνιών*, ΕΜΠ 1998.
4. Bartee C. Thomas, *Data Communications, Networks and Systems*, Howard W. Sams & Co. Inc., 1985.
5. Breyer Robert and Riley Sean , *Switched and Fast Ethernet: How It Works and How to Use It*, Ziff – Davis Press 1995.
6. Tanenbaum A., *Computer Networks*, Prentice Hall, 1994.
7. Teldor, *The optical solution program*.
8. Truelove James, *Lan Wiring*, McGraw-Hill 1997.
9. *Systemax structured cabling systems*, Lucent Technologies, Global Commercial Markets EMEA Hilversum, The Netherlands.