

# 1. Εισαγωγή στα Τοπικά Δίκτυα

Τα Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών (LAN - Local Area Network), είναι δίκτυα επικοινωνίας σχεδιασμένα να υποστηρίζουν την διασύνδεση διαφόρων διατάξεων βασισμένων σε υπολογιστή (μεγάλους σταθμούς εργασίας, προσωπικούς υπολογιστές, εκτυπωτές, κλπ.), μέσα σε μια σχετικά μικρή περιοχή (π.χ. από ένα γραφείο μέχρι ένα συγκρότημα κτηρίων). Η διασύνδεση περιλαμβάνει τόσο τον εξοπλισμό όσο και το απαραίτητο λογισμικό.

Η εφαρμογή των LANs έχει ως στόχο την διευκόλυνση της άμεσης επικοινωνίας (σύγχρονη μορφή επικοινωνίας), την μεταφορά της πληροφορίας σε ελάχιστο χρόνο (ασύγχρονη μορφή επικοινωνίας), καθώς και την δυνατότητα χρησιμοποίησης όλων των πόρων που είναι διαθέσιμοι από τους χρήστες.

Η οργάνωση των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα LANs, συχνά αποκαλείται *αρχιτεκτονική των LANs*.

Η ενσωμάτωση των Τοπικών Δικτύων στις υπάρχουσες τεχνολογίες αποτελεί μία εξέλιξη αυτών παρά μια ανατροπή. Οι ανάγκες είναι αυτές που επηρεάζουν την κατεύθυνση και την ταχύτητα της εξέλιξης κατευθύνοντας με αυτόν τον τρόπο τις επενδύσεις. Οι κυριότερες επενδύσεις αφορούν τους εξής τομείς

- Μέσα μετάδοσης (συνεστραμμένα ζεύγη, ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες)
- Συστήματα τερματισμού και προσαρμογείς
- Μονάδες μεταγωγής και διασύνδεσης (switch, bridge, repeater, gateway)
- διαχείριση και λειτουργία δικτύου (network management control) και
- Υπάρχουσες υπηρεσίες και εφαρμογές του δικτύου (network services)

Τα βασικά πλεονεκτήματα των Τοπικών Δικτύων είναι:

- Η δυνατότητα διαμοιρασμού μέσων και ανταλλαγής πληροφοριών.
- Η δυνατότητα εύκολης επέκτασης.
- Η δυνατότητα τοποθέτησης αλλά και ανεύρεσης υπολογιστικής ισχύος (υπολογιστές ή περιφερειακά)
- Η δυνατότητα λειτουργίας των υπολογιστικών συστημάτων είτε αυτόνομα είτε σε συνεργασία με άλλα συστήματα.

## 1.1 Χαρακτηριστικά των Τοπικών Δικτύων

Βασικά χαρακτηριστικά των Τοπικών Δικτύων είναι:

- Η ύπαρξη ενός κοινού επικοινωνιακού μέσου, μέσω του οποίου όλοι οι σταθμοί εργασίας των χρηστών μπορούν να μοιράζονται πληροφορίες, προγράμματα και συσκευές, ανεξάρτητα από την φυσική θέση των χρηστών ή των συσκευών.
- Οι υψηλοί ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων (της τάξεως των Mbps καθώς και των Gbps). Το δίκτυο, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, υποστηρίζει την

μετάδοση δεδομένων μεταξύ των σταθμών εργασίας κοντά στην μέγιστη ταχύτητα με την οποία οι σταθμοί αυτοί μπορούν να επικοινωνούν.

- Η περιορισμένη γεωγραφική απόσταση που καλύπτουν, που συνήθως δεν υπερβαίνει μερικές εκατοντάδες μέτρα.
- Ο χαμηλός ρυθμός σφαλμάτων ( $10^{-8}$ - $10^{-11}$ ).
- Το γεγονός ότι είναι ιδιόκτητα, χαρακτηριστικό που τα διαφοροποιεί από άλλα επικοινωνιακά συστήματα τα οποία είναι δημόσια και υπάγονται σε διαφορετικά κανονιστικά πλαίσια.

Τα βασικά στοιχεία που συνήθως χαρακτηρίζουν ένα τοπικό δίκτυο είναι:

- Η τοπολογία (τρόπος σύνδεσης υπολογιστών μεταξύ τους)
- Το φυσικό μέσο μετάδοσης (μορφές καλωδίων, οπτικές ίνες) και
- Ο αλγόριθμος που ελέγχει την πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης και βοηθά στην κατάλληλη μεταβίβαση των δεδομένων (πρωτόκολλα)

## 2. Τύποι Τοπικών Δικτύων

Τα LANs γίνονται πιο εύκολα κατανοητά όταν αναλυθούν στις φυσικές τους συνιστώσες. Συνήθως αυτές οι συνιστώσες κατανέμονται σε διάφορα επίπεδα, σύμφωνα με το Μοντέλο Αναφοράς Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων (OSI RM - Open System Interconnect Reference Model).

Δύο πολύ σημαντικές συνιστώσες που χαρακτηρίζουν τα Τοπικά Δίκτυα αποτελούν: α) το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούν (διάφοροι τύποι καλωδίων, οπτικές ίνες, ασύρματες επικοινωνίες) καθώς β) η τοπολογία του δικτύου.

Η τοπολογία ενός Τοπικού Δικτύου αναφέρεται στην φυσική διάταξη των συσκευών διασύνδεσης και των καλωδίων.

Προτού αναλύσουμε τους διαφορετικούς τύπους Τοπικών Δικτύων καθώς και τις Τοπολογίες, είναι προτιμότερο να εξετάσουμε αρχικά μερικούς βασικούς πόρους που μπορούμε να βρούμε σε αυτά. Οι τρεις πιο σημαντικές πρωτεύουσες συσκευές είναι οι clients, οι servers και οι εκτυπωτές. Μία πρωτεύουσα συσκευή είναι αυτή που μπορεί να προσπελαστεί απευθείας από άλλες συσκευές ή να προσπελάσει άλλες. Ένας server είναι κάθε συνδεδεμένος υπολογιστής που μπορεί να “φιλοξενήσει” πόρους οι οποίοι διαμοιράζονται από άλλες συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες πάνω στο Τοπικό Δίκτυο. Ένας client είναι οποιοσδήποτε υπολογιστής που μπορεί να προσπελάσει στους πόρους οι οποίοι αποθηκεύονται στους servers, μέσω του LAN. Ένα μεγάλο πλήθος από άλλες συσκευές υπάρχουν, όπως οι οδηγοί CD-ROM και οι ταινίες, τα οποία μπορούν να προσπελαστούν μέσω του Τοπικού Δικτύου, αλλά ωστόσο αποτελούν δευτερεύουσες πηγές. Αυτό συμβαίνει διότι συνδέονται σε πρωτεύουσες συσκευές.

Ο τύπος δικτύου αντιπροσωπεύει την διάταξη με την οποία οι συνδεδεμένες συσκευές σε αυτό μπορούν να προσπελαστούν. Οι πόροι του δικτύου μπορούν να είναι: πελάτες (clients), εξυπηρετητές (servers), ή κάθε συσκευή, αρχεία κλπ. τα οποία βρίσκονται πάνω στους

clients ή τους servers. Αυτοί οι πόροι μπορούν να προσπελαστούν με έναν από τους δύο τρόπους: σημείο-προς-σημείο (peer-to-peer) ή μέσω κάποιου εξυπηρετητή (server-based).

## **2.1 Σημείο-προς-σημείο δίκτυα (peer-to-peer)**

Ένα σημείο-προς-σημείο δίκτυο υποστηρίζει μία αδόμητη μορφή προσπέλασης στους συνδεδεμένους σε αυτό πόρους. Κάθε συσκευή σε ένα peer-to-peer δίκτυο μπορεί να είναι ταυτόχρονα πελάτης και εξυπηρετητής. Όλες οι συσκευές του δικτύου είναι ικανές να προσπελάσουν τα δεδομένα, το λογισμικό και τους άλλους πόρους του δικτύου άμεσα. Με άλλα λόγια κάθε υπολογιστής στο δίκτυο είναι ισάξιος με κάθε άλλο υπολογιστικό σύστημα στο δίκτυο. Δεν υπάρχει δηλαδή ιεραρχία.

## **2.2 Δίκτυα βασισμένα σε εξυπηρετητή (server based)**

Τα βασισμένα σε εξυπηρετητή δίκτυα συνιστούν ιεραρχία η οποία σχεδιάστηκε με σκοπό τη βελτίωση της διαχείρισης των υποστηριζόμενων λειτουργιών του δικτύου καθώς το μέγεθος του αυξάνεται. Συχνά τα βασισμένα σε εξυπηρετητή δίκτυα αναφέρονται αλλιώς και ως πελάτης/εξυπηρετητής (client/server) δίκτυα.

Σε ένα πελάτης/εξυπηρετητής δίκτυο, συχνά οι διαμοιραζόμενοι πόροι εγκαθίστανται σε μία ξεχωριστή κατηγορία υπολογιστών που είναι γνωστοί ως εξυπηρετητές (servers). Οι εξυπηρετητές είναι πολυχρηστικά υπολογιστικά συστήματα τα οποία διαμοιράζουν τους πόρους του δικτύου σε όλους τους συνδεδεμένους σταθμούς εργασίας. Σε αυτό τον τύπο δικτύου οι σταθμοί εργασίας μπορούν να λειτουργήσουν οι ίδιοι ως εξυπηρετητές σε άλλα υπολογιστικά συστήματα.

## **2.3 Συνδυασμός Δικτύων**

Οι διαφορές ανάμεσα στους δύο τύπους δικτύων δεν είναι αρκετά ξεκάθαρες. Ο λόγος που διαχωρίζονται αφορά κυρίως ακαδημαϊκούς σκοπούς. Στην πραγματικότητα οι διαφορές αυτές εξαλείφονται με την χρήση των υπάρχοντων ισχυρών λειτουργικών συστημάτων, όπως: Windows 95/98/NT κλπ. Το καλύτερο αποτέλεσμα προκύπτει από τον συνδυασμό αυτών των δύο τύπων σε ένα δίκτυο.

## **2.4 Μέθοδοι μετάδοσης στα LAN**

Η μετάδοση δεδομένων στα Τοπικά Δίκτυα ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: εκπομπή σε συγκεκριμένο κόμβο (unicast), εκπομπή σε πολλούς κόμβους (multicast) και εκπομπή σε όλους τους κόμβους (broadcast). Σε κάθε τύπο μετάδοσης, ένα απλό πακέτο δεδομένων αποστέλλεται σε έναν ή περισσότερους κόμβους

Σε μια μετάδοση unicast, ένα απλό πακέτο αποστέλλεται από την πηγή στο δίκτυο προς ένα συγκεκριμένο σταθμό. Αρχικά, ο πρώτος κόμβος καθορίζει το δρόμο μεταβίβασης του πακέτου χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση προορισμού του. Στη συνέχεια το πακέτο αποστέλλεται στο δίκτυο όπου και μεταβιβάζεται στον προορισμό του.

Σε μια multicast μετάδοση το πακέτο δεδομένων αντιγράφεται και αποστέλλεται σε ένα συγκεκριμένο υποσύνολο κόμβων του δικτύου. Στην κατηγορία αυτή, ο πρώτος κόμβος διευθύνεται το πακέτο χρησιμοποιώντας μια multicast διεύθυνση. Το πακέτο τότε αποστέλλεται στο δίκτυο, το οποίο δημιουργεί αντίγραφα του πακέτου και τα στέλνει (τα αντίγραφα) σε κάθε κόμβο που αποτελεί τμήμα της multicast διεύθυνσης.

Σε μια broadcast μετάδοση το πακέτο δεδομένων αντιγράφεται και αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Με αυτόν τον τύπο μετάδοσης, ο πρώτος κόμβος διευθύνεται το πακέτο χρησιμοποιώντας μια broadcast διεύθυνση. Κατόπιν, το πακέτο διοχετεύεται στο δίκτυο, το οποίο δημιουργεί αντίγραφα αυτού και τα οποία στέλνονται σε όλους τους κόμβους του δικτύου.

### 3. Τοπολογίες Δικτύων

Οι τοπολογίες των Τοπικών Δικτύων (LANs) ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι συσκευές έχουν οργανωθεί στο δίκτυο. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές μεταξύ τους τοπολογίες οι οποίες είναι διαθέσιμες για τα Τοπικά Δίκτυα και τα δίκτυα γενικότερα. Μερικές από αυτές είναι:

- Τοπολογία Αρτηρίας (Bus)
- Τοπολογία Αστέρα (Star)
- Τοπολογία Δακτυλίου (Ring)
- Τοπολογία Δένδρου (Tree)
- Τοπολογία Mesh

Αυτές οι τοπολογίες είναι λογικές διατάξεις μια και στην πραγματικότητα οι συσκευές δεν διατάσσονται αυστηρά με κάποιον από τους παραπάνω πέντε τρόπους. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις τέσσερις πρώτες τοπολογίες. Η τοπολογία Mesh συναντάται περισσότερο σε WAN δίκτυα όπου οι δρομολογητές (routers) παρέχουν πολλαπλά μονοπάτια για έναν συγκεκριμένο προορισμό.

#### 3.1 Τοπολογία Αρτηρίας (Bus)

Στην τοπολογία αρτηρίας, όλοι οι σταθμοί είναι συνδεδεμένοι σε ένα κοινό διαμοιραζόμενο επικοινωνιακό μέσο, το οποίο διατρέχει όλο το τοπικό δίκτυο. Η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω μονάδων διασύνδεσης και παροχέτευσης καλωδίου (taps). Τα μηνύματα διοχετεύονται

σε όλο το μέσο. Κάθε υπολογιστής συνδεδεμένος στο μέσο γνωρίζει πλήρως τη διεύθυνσή του ώστε να λαμβάνει τα μηνύματα. Κατά την αποστολή μηνυμάτων οι υπολογιστές πρέπει να συγχρονίζονται και να επιτρέπουν έναν υπολογιστή να μεταδίδει κάθε φορά.

Η τοπολογία αρτηρίας υλοποιείται συνήθως με δύο τρόπους: 10Base5 και 10Base2. Ο πρώτος αριθμός (το 10) υποδηλώνει την μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων στο δίκτυο, η λέξη "Base" την ζώνη μετάδοσης (βασική ζώνη μετάδοσης) και ο δεύτερος αριθμός πολλαπλασιασμένος με το 100 την μέγιστη απόσταση που μπορεί να καλύψει το δίκτυο με τις συγκεκριμένες προδιαγραφές.

α) 10Base5: Έχει ως κύριο μέσο μετάδοσης χοντρό ομοαξονικό καλώδιο RG-8 το οποίο μπορεί να έχει μήκος έως 500 μέτρα. Λειτουργεί με ταχύτητα 10 Mbps.

β) 10Base2: Έχει ως κύριο μέσο μετάδοσης λεπτό ομοαξονικό καλώδιο το οποίο μπορεί να έχει μήκος έως 200 μέτρα. Λειτουργεί με ταχύτητα 10 Mbps.

Το φυσικό μήκος της τοπολογίας αρτηρίας αυξάνεται με διασύνδεση πολλαπλών τμημάτων ομοαξονικού καλωδίου μέσω ενός επαναλήπτη (repeater), ή γέφυρας (bridge).

Τα δίκτυα τοπολογίας αρτηρίας αποτελούν καλή επιλογή για μικρά δίκτυα και για δίκτυα με χαμηλό φορτίο κίνησης, Παρουσιάζουν σχετικά χαμηλή πολυπλοκότητα και η απόδοσή τους είναι πολύ καλή όταν τα φορτία κίνησης είναι μικρά. Σε περίπτωση που το φορτίο αυξηθεί η απόδοσή τους μειώνεται. Η επέκταση και η αναδιάταξη ενός δικτύου αρτηρίας είναι εύκολη. Μια καινούργια ή αναδιατασσόμενη συσκευή μπορεί εύκολα να συνδεθεί στο πλησιέστερο διαθέσιμο σημείο πρόσβασης στο δίκτυο. Τα δίκτυα αυτά προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία. Μειονέκτημα αποτελεί η χαμηλή ασφάλεια που προσφέρουν καθώς και η δύσκολη διάγνωση προβλημάτων.

### **3.2 Τοπολογία Αστέρα (Star)**

Σε μία τοπολογία αστέρα, έχουμε έναν μεταγωγέα (switch) στον οποίο συνδέονται όλοι οι υπολογιστές και οι λοιπές συσκευές. Η σύνδεση μπορεί να γίνει μέσω συνεστραμμένων ζευγών (UTP - Unshielded Twisted Pair).

Η διαδικασία ελέγχου σε μια τοπολογία αστέρα μπορεί να υλοποιηθεί είτε με τον έλεγχο να τον έχει η κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης, είτε με τον έλεγχο να βρίσκεται σε κάποιον από τους περιφερειακούς σταθμούς, είτε τέλος με τον έλεγχο να είναι ισοκαταναμημένο στους σταθμούς εργασίας.

Το IEEE 802.3 CSMA/CD τοπικό δίκτυο μπορεί να λειτουργήσει σε έναν αστέρα χρησιμοποιώντας καλώδιο UTP, CAT-3, ή CAT-5.

Τα δίκτυα τοπολογίας αστέρα αποτελούν την καλύτερη επιλογή σε περιπτώσεις που απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής/δεδομένων ή μεγάλες ταχύτητες μεταγωγής. Επίσης διευκολύνουν πολύ την προσθήκη νέων σταθμών εργασίας, την διαχείριση των πόρων του δικτύου, την ασφάλιση, την διάγνωση προβλημάτων καθώς και την κατανομή των προτεραιοτήτων.

### 3.3 Τοπολογία Δακτυλίου (Ring)

Στην τοπολογία δακτυλίου οι υπολογιστές καθώς και οι λοιπές συσκευές συνδέονται έτσι ώστε να σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο. Τα μηνύματα μεταδίδονται από υπολογιστή σε υπολογιστή. Έτσι ο πρώτος στέλνει την πληροφορία στον δεύτερο, ο δεύτερος στον τρίτο κλπ. έως ότου φθάσει στον προορισμό της. Η σύνδεση του κάθε σταθμού εργασίας με τον δακτύλιο γίνεται μέσω μιας μονάδας διασύνδεσης η οποία είναι συνδεδεμένη με έναν αναμεταδότη, ο οποίος και αναμεταδίδει τα μηνύματα που κατευθύνονται σε άλλους σταθμούς εργασίας. Το FDDI (Fiber Distributed Data Interchange) είναι θεωρητικά ένα τέτοιο δίκτυο αλλά λόγω του ότι είναι ένα σύστημα υψηλών ταχυτήτων (100Mbps) χρησιμοποιείται για να διασυνδέει πολλά LANs μικρότερης ταχύτητας.

Τα δίκτυα δακτυλίου αποτελούν καλή επιλογή σε περιπτώσεις που απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας του δικτύου, καθώς επίσης και σε περιπτώσεις που πρέπει να συνδεθούν, σε μικρές αποστάσεις, λίγοι σταθμοί εργασίας οι οποίοι θα λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες. Προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία και εύκολη προσθήκη/αφαίρεση σταθμών εργασίας από το δίκτυο.

### 3.4 Τοπολογία Δένδρου (Tree)

Η τοπολογία δένδρου αποτελεί παραλλαγή της τοπολογίας αρτηρίας. Η μορφή του δικτύου μοιάζει με ένα ανεστραμμένο δένδρο όπου τα “κλαδιά” είναι αρτηρίες. Η αρτηρία αυτή περιλαμβάνει έναν κεντρικό κόμβο που ονομάζεται ρίζα του δένδρου (root) και οι υπόλοιποι σταθμοί εργασίας είναι συνδεδεμένοι με αυτή ή σε αυτήν μέσω άλλων σταθμών εργασίας σχηματίζοντας επίπεδα διασύνδεσης.

Πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας θεωρείται η εύκολη προσθήκη αλλά και αφαίρεση σταθμών εργασίας καθώς και η προσωρινή απομόνωση στοιχείων που παρουσιάζουν βλάβη. Ωστόσο όμως, μία πιθανή βλάβη της ρίζας θα έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία ολόκληρου του δικτύου.

### 3.5 Σύγκριση Τοπολογιών

Κάθε μία από τις παραπάνω βασικές τοπολογίες (Αρτηρία, Αστέρας, Δακτύλιος) έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Έτσι η Αρτηρία απαιτεί λιγότερα καλώδια, αλλά είναι ανενεργή μόλις το καλώδιο διασύνδεσης κοπεί. Η τοπολογία Αστέρας απαιτεί περισσότερα καλώδια διασύνδεσης, ωστόσο όμως μπορεί να ελεγχθεί πιο εύκολα. Τέλος η τοπολογία Δακτυλίου έχει εύκολο συγχρονισμό των χρηστών στο δίκτυο, γίνεται ανενεργή όμως μόλις το καλώδιο κοπεί. Η τροποποίηση ή ο συνδυασμός κάποιων χαρακτηριστικών των βασικών τοπολογιών οδηγεί στις λεγόμενες “υβριδικές” τοπολογίες. Η βιομηχανία χρησιμοποιεί περισσότερο την τοπολογία Αστέρα. Η τοπολογία αυτή αποτελεί και την πιο διαδεδομένη μορφή διασύνδεσης των υπολογιστικών συστημάτων συγκριτικά με τις άλλες δύο.

## 4. Τύποι Servers

Ο “Server” είναι μία λέξη η οποία χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει όλους τους πολύ-χρηστικούς (multi-user) υπολογιστές. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι servers είναι περισσότερο μία ετερογενής ομάδα. Οι servers σύμφωνα πάντα με την χρησιμότητά τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: εξυπηρετητές αρχείων (file serves), εξυπηρετητές εκτυπώσεων (print servers) και εξυπηρετητές εφαρμογών (application servers).

### 4.1 Εξυπηρετητές Αρχείων (File Servers)

Ένας από τους βασικότερους τύπους εξυπηρετητών είναι ο file server. Ο file server είναι μια συσκευή κεντρικής αποθήκευσης αρχείων τα οποία χρησιμοποιούνται από μία ομάδα χρηστών. Τοποθετώντας αυτά τα αρχεία σε μία κεντρική τοποθεσία, αντί σε κάθε υπολογιστή χωριστά, αποκομίζουμε πολλά πλεονεκτήματα.

Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:

*Κεντρική εγκατάσταση:* Όλοι οι χρήστες έχουν μία μόνο σταθερή αποθήκη για να διαμοιραστούν τα αρχεία τους. Αυτό αποφέρει διπλό όφελος. Οι χρήστες δεν έχουν να ψάξουν πολλαπλές τοποθεσίες αποθήκευσης για να βρουν ένα αρχείο, τα αρχεία αποθηκεύονται σε ένα μέρος. Επιπλέον οι χρήστες ξελαφρώνουν από το βάρος της συνεχούς συντήρησης των κωδικών πρόσβασης προκειμένου να μπορούν να επεμβαίνουν σε πολλά μηχανήματα. Με τη χρησιμοποίηση των Τοπικών Δικτύων απαιτείται ένας κωδικός πρόσβασης σε όλα τα αρχεία στα οποία έχουν πρόσβαση.

*Ηλεκτρικό Ρεύμα:* Η χρήση ενός κεντρικού server για αποθήκευση αρχείων επιτρέπει την εισαγωγή πολλών τεχνικών που προσφέρουν προστασία στα δεδομένα από διακοπές στο ηλεκτρικό ρεύμα. Διακυμάνσεις στο ηλεκτρικό ρεύμα ή ακόμη και διακοπή αυτού μπορεί να καταστρέψει εξίσου τα δεδομένα και τον εξοπλισμό (hardware). Η εξομάλυνση του ρεύματος με ειδικές συσκευές καθώς και με συμπληρωματικές συστοιχίες μπαταριών απαιτεί μεγάλο κόστος όταν πρόκειται να εφαρμοστεί σε μεγάλο πλήθος υπολογιστών σε αντίθεση με την εγκατάσταση στον κεντρικό υπολογιστή που περιέχει τα αρχεία (file server).

*Συνεχής προστασία των δεδομένων:* Η αποθήκευση των διαμοιραζόμενων αρχείων σε μία κεντρική τοποθεσία διευκολύνει πολύ την δημιουργία εφεδρικών αρχείων (backup), με τη χρήση μιας μόνο συσκευής. Αντιθέτως, η αποθήκευση των αρχείων σε διαμοιραζόμενες τοποθεσίες έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ξεχωριστών backup αρχείων. Το backup αποτελεί σημαντική προστασία ενάντια στην καταστροφή και την απώλεια των αρχείων. Συσκευές που χρησιμοποιούνται για αυτή την διεργασία αποτελούν οι δισκέτες, οι κασέτες, τα CD-ROMs, τα ZIP drives, οι σκληροί δίσκοι κλπ. Πολλαπλοί σκληροί δίσκοι (hard drives) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε μία τεχνική που ονομάζεται striping. Το striping περιλαμβάνει πολλαπλές, ταυτόχρονες εγγραφές σε διαφορετικούς σκληρούς δίσκους (hard drives). Αν και αυτό γίνεται για να παρέχει γρηγορότερη ανάγνωση των δεδομένων, μπορεί ωστόσο να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει πλεόνασμα με κάθε διαδικασία εγγραφής.

*Ταχύτητα:* Ο τυπικός server είναι πιο δυνατό μηχανήμα σε σχέση με τα client υπολογιστικά μηχανήματα. Αυτό μεταφράζεται σε μεγαλύτερη ταχύτητα εξυπηρέτησης κατά τη διαδικασία ανάκλησης αρχείων σε ένα Τοπικό Δίκτυο.

*Σημείωση:* Η χρησιμοποίηση ενός εξυπηρετητή αρχείων (file server) δεν συνεπάγεται πάντα την μεγαλύτερη ταχύτητα εξυπηρέτησης. Αυτό συμβαίνει υπό συνθήκες. Έτσι μερικές φορές η προσπέλαση στα αρχεία ενός client υπολογιστή πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ό τι στον κεντρικό server του δικτύου.

Στην κατηγορία αυτή εξυπηρετητών θα μπορούσε επίσης να συμπεριληφθεί και ο proxy server.

#### **4.1.1 Proxy Server**

Ένας proxy server είναι ένα πρόγραμμα που δέχεται αιτήσεις για την παρουσίαση σελίδων στο World Wide Web από το πρόγραμμα πλοήγησης (browser) ενός χρήστη, και αναλαμβάνει να προσκομίσει τις ζητούμενες σελίδες. Έτσι για παράδειγμα αν ένας χρήστης ζητήσει από το πρόγραμμα πλοήγησής του να χρησιμοποιήσει κάποιον proxy server, το πρόγραμμα αντί να επικοινωνήσει απευθείας με τον server που επιθυμεί ο χρήστης, ζητά από τον proxy server να του προσκομίσει τη σελίδα. Ο proxy server ζητά από τον server που ενδιαφέρει το χρήστη τις ζητούμενες σελίδες από το διαδίκτυο. Ο server αποστέλλει τις σελίδες στον proxy server. Τέλος, ο proxy server στέλνει τις σελίδες που ζητήθηκαν στο πρόγραμμα πλοήγησης του χρήστη, το οποίο τις παρουσιάζει.

Τις περισσότερες φορές ένας proxy server είναι και ένας cache server. Ένας cache server αποθηκεύει τις αιτήσεις των προγραμμάτων πλοήγησης και τις αντίστοιχες απαντήσεις των servers με σκοπό να διαχειριστεί νέες αιτήσεις. Έτσι, έχουμε έναν proxy cache server. Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα σύνολο χρηστών που αξιοποιούν τη λειτουργία ενός Proxy cache server, τότε αν ένας από αυτούς ζητήσει μια συγκεκριμένη σελίδα από έναν server στην Αμερική, ο proxy cache server θα φέρει τη σελίδα και αφενός θα την παραδώσει στο πρόγραμμα πλοήγησης του χρήστη, αφετέρου θα την αποθηκεύσει για μελλοντική χρήση. Αν τώρα ένας άλλος χρήστης ή και ίδιος, ζητήσει την ίδια σελίδα, τότε ο proxy cache server θα του προσκομίσει το αντίγραφο που έχει κρατήσει και δε θα αναζητήσει τη σελίδα στην Αμερική.

Επομένως, αν την ίδια σελίδα θέλουν να δουν 100 άτομα, με τη χρήση του proxy cache server, μόνο ο πρώτος θα χρειαστεί να περιμένει να έρθει η σελίδα από τον αρχικό server, ενώ οι υπόλοιποι 99 θα δουν τη σελίδα να έρχεται ταχύτερα, αφού θα τους διατεθεί από τον proxy cache server.

#### **4.2 Εξυπηρετητές εκτυπώσεων (print servers)**

Οι servers μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν για το διαμοιρασμό των εκτυπωτών μεταξύ των χρηστών του Τοπικού Δικτύου. Αν και το κόστος των εκτυπωτών, ειδικά στους laser εκτυπωτές, έχει μειωθεί αισθητά από την αρχική τους εμφάνιση, οι περισσότερες



επιχειρήσεις πιέζονται αρκετά από οικονομικής άποψης να εξασφαλίσουν έναν για κάθε υπολογιστικό μηχάνημα.

Η εργασία ενός εξυπηρετητή εκτυπώσεων (print server) είναι να δεχτεί όλες τις αιτήσεις για εκτύπωση από τους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο, να τους τοποθετήσει σε μία ουρά ελέγχοντας πάντα την σειρά προτεραιότητας εφόσον υπάρχει και να κατευθύνει τις εκτυπώσεις στους κατάλληλους εκτυπωτές.

Κάθε εκτυπωτής ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο έχει την δική του ουρά ή την λίστα αναμονής. Μία εναλλακτική μορφή χρησιμοποίησης ενός εκτυπωτή αποτελεί η απευθείας σύνδεση του εκτυπωτή στο Τοπικό Δίκτυο. Πολλοί εκτυπωτές μπορούν να δεχτούν μία ειδική κάρτα δικτύου η οποία τους επιτρέπει την απευθείας σύνδεση με το Τοπικό Δίκτυο. Έτσι οι εκτυπωτές γίνονται από μόνοι τους servers για την διευθέτηση της ουράς.

### **4.3 Εξυπηρετητές εφαρμογών (application servers)**

Οι εξυπηρετητές (servers) συνήθως χρησιμοποιούνται ως κεντρικές αποθήκες για την εκτέλεση προγραμμάτων. Οι εξυπηρετητές εφαρμογών (application servers) αν και μοιάζουν με τους εξυπηρετητές αρχείων (file servers), είναι μοναδικά συστήματα. Ο εξυπηρετητής εφαρμογών φιλοξενεί εκτελέσιμα προγράμματα. Για να εκτελέσει ένας πελάτης (client) μία εφαρμογή προϋποθέτει την σύνδεσή του με το δίκτυο στο οποίο ανήκει αυτός ο εξυπηρετητής. Η εφαρμογή εκτελείται πάνω στον εξυπηρετητή. Οι εξυπηρετητές οι οποίοι επιτρέπουν στους πελάτες να κατεβάσουν αντίγραφα των εφαρμογών για εκτέλεση στο μηχάνημα τους ονομάζονται εξυπηρετητές αρχείων. Τα αρχεία τους είναι στην πραγματικότητα αρχεία εφαρμογών αλλά λειτουργούν σαν εξυπηρετητές αρχείων.

Οι εξυπηρετητές αρχείων βοηθούν τις επιχειρήσεις να μειώσουν το κόστος των εφαρμογών που τρέχουν στους υπολογιστές τους εγκαθιστώντας τις εφαρμογές σε ένα υπολογιστικό σύστημα.

Η εγκατάσταση μίας εφαρμογής σε έναν εξυπηρετητή εφαρμογών αποφέρει προβλήματα της μορφής “Copyright”. Πρέπει συνεπώς να ελεγχθούν όλες οι συνθήκες αγοράς μιας εφαρμογής καθώς και τα δικαιώματα που τη συνοδεύουν. Το πρόβλημα αυτό εξαλείφεται όταν η εφαρμογή αγοραστεί για πολλές θέσεις εργασίας.

Αν και συνήθως υπάρχει η επιθυμία για διαχωρισμό των εφαρμογών από τα αρχεία δεδομένων χρησιμοποιώντας ξεχωριστούς servers, (του εξυπηρετητή εφαρμογών και του εξυπηρετητή αρχείων), ωστόσο υπάρχει μία σημαντική εξαίρεση η οποία πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Μερικές εφαρμογές δημιουργούν και συντηρούν μεγάλες σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Αυτές οι εφαρμογές και οι βάσεις δεδομένων πρέπει να ανήκουν μαζί στον εξυπηρετητή εφαρμογών. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι απλός: οι μηχανισμοί ανάκτησης των δεδομένων από τις βάσεις δεδομένων είναι εντελώς διαφορετικοί από την εκτέλεση αρχείων σε word ή excel. Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων των εφαρμογών ανακτούν μόνο εκείνα τα δεδομένα που έχουν ζητηθεί και κρατούν όλα τα υπόλοιπα στις βάσεις τους. Στην αυτοματοποίηση γραφείου, το word και το excel αποθηκεύουν την πληροφορία σε αρχεία τα οποία περιέχουν τα δεδομένα σε μία πιο πολύπλοκη δομή.

## 5. Πρότυπα Τοπικών Δικτύων

Τα Τοπικά Δίκτυα (LANs) είναι ένα σύνολο από υπολογιστές καθώς και άλλες συσκευές οι οποίες συνδέονται σε μια γεωγραφικά μικρή περιοχή με σκοπό να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες μιας επιχείρησης ή μιας μικρής κοινωνίας. Ο οργανισμός IEEE παρουσίασε διάφορα πρότυπα τοπικών δικτύων. Αυτά τα πρότυπα είναι συνολικά γνωστά ως IEEE 802 και περιλαμβάνουν το πρωτόκολλο πρόσβασης στο μέσο "Πολλαπλή Προσπέλαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), την αρτηρία με κουπόνι (token bus) και τον δακτύλιο με κουπόνι (token ring). Τα διάφορα IEEE 802 πρότυπα διαφέρουν στο φυσικό επίπεδο και στο υποεπίπεδο προσπέλασης στο μέσο (MAC - Medium Access Control), αλλά είναι συμβατά στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Τα πρότυπα IEEE 802 έχουν γίνει αποδεκτά από το οργανισμό ANSI ως Εθνικά πρότυπα των ΗΠΑ, από το NBS ως κυβερνητικά πρότυπα, και από τον ISO ως διεθνή πρότυπα (γνωστά ως ISO 8802). Τα πρότυπα χωρίζονται σε τμήματα. Το πρότυπο 802.1 κάνει μια εισαγωγή στην ομάδα των προτύπων και προσδιορίζει τις πρωτογενείς λειτουργίες της διασύνδεσης. Το πρότυπο 802.2 εξηγεί το άνω μέρος του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο LLC (Logical Link Control - Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης). Τα τμήματα 802.3 έως 802.5 εξηγούν τα τρία πρότυπα των LANs, το CSMA/CD, την αρτηρία με κουπόνι (token bus) και τον δακτύλιο με κουπόνι (token ring), αντίστοιχα. Κάθε πρότυπο καλύπτει τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου και του υποεπιπέδου MAC. Στη συνέχεια θα μιλήσουμε για τις διάφορες μορφές τοπικών δικτύων σύμφωνα πάντα με το πρότυπο που ακολουθούν.

### 5.1 Πρότυπα IEEE 802.3 (CSMA/CD)

Τα δίκτυα τύπου Ethernet (IEEE 802.3 βασικής ζώνης), αποτελούν την πλέον δημοφιλή δικτυακή λύση σε τοπικό επίπεδο. Πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν τη λέξη "Ethernet" σαν μια γενική έννοια για να αναφερθούν σε όλα τα πρωτόκολλα CSMA/CD παρόλο που αυτό πραγματικά αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο προϊόν το οποίο υλοποιεί το 802.3. Το πρότυπο IEEE 802.3 ορίζει το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο για τοπικό δίκτυο υπολογιστών τοπολογίας αρτηρίας, που χρησιμοποιεί ως μέθοδο πρόσβασης στο μέσο την Πολλαπλή Προσπέλαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

Η μέθοδος CSMA/CD είναι η συνήθης μέθοδος ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, των τοπικών δικτύων τοπολογίας αρτηρίας / δένδρου. Με τη μέθοδο αυτή όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει, "ακούει" το καλώδιο. Εάν το καλώδιο είναι απασχολημένο ο σταθμός περιμένει έως ότου ελευθερωθεί (idle), διαφορετικά μεταδίδει αμέσως. Εάν δύο ή περισσότεροι σταθμοί αρχίσουν να μεταδίδουν συγχρόνως σε ένα ελεύθερο καλώδιο, θα συγκρουστούν. Όλοι οι συγκρουόμενοι σταθμοί τότε τερματίζουν τη μετάδοσή τους, περιμένουν ένα χρονικό διάστημα και επαναλαμβάνουν ολόκληρη τη διαδικασία ξανά από την αρχή.

Μια κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει την απόδοση της μεθόδου, είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ανίχνευση μιας σύγκρουσης. Γενικά, σε ένα δίκτυο εκπομπής βασικής ζώνης, ο χρόνος αυτός είναι διπλάσιος της καθυστέρησης μετάδοσης, όπου η καθυστέρηση μετάδοσης ισούται με το χρόνο που χρειάζεται το σήμα να μεταδοθεί από το ένα άκρο του

δικτύου στο άλλο. Στην περίπτωση ευρυζωνικών δικτύων, ο αντίστοιχος χρόνος ισούται με το τετραπλάσιο της καθυστέρησης μετάδοσης, διότι για δύο σταθμούς που βρίσκονται κοντά, το σήμα θα πρέπει να μεταδοθεί από τον έναν σταθμό μέχρι το άκρο (headend) του καλωδίου και μετά να επιστρέψει διανύοντας ίση απόσταση. Κατά συνέπεια το μήκος των πλαισίων θα πρέπει να είναι τέτοιο, που να επιτρέπει την ανίχνευση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης.

Όπως περιγράφηκε μέχρι τώρα, η μέθοδος CSMA/CD δεν παρέχει επιβεβαιώσεις λήψης. Επειδή η απουσία των συγκρούσεων σίγουρα δεν εγγυάται την αποφυγή αλλοίωσης των bits, από αιχμές θορύβου στο καλώδιο, για να επιτευχθεί αξιόπιστη επικοινωνία ο σταθμός προορισμού θα πρέπει να επαληθεύει το άθροισμα ελέγχου και αν είναι σωστό, να στέλνει πίσω στην πηγή ένα πλαίσιο επιβεβαίωσης λήψης.

Τα δίκτυα τύπου Ethernet (IEEE 802.3) υποστηρίζουν ρυθμούς μεταφοράς μέχρι 10 Mbps. Το μειονέκτημα της μεθόδου CSMA-CD είναι η μη ντετερμινιστική του συμπεριφορά. Σε υψηλού φόρτου καταστάσεις δεν ασκεί κανένα έλεγχο στην διαδικασία καθυστέρησης κατά την πρόσβαση ή στο απαραίτητο εύρος για κάθε εφαρμογή. Έτσι χρησιμοποιείται γενικά σε ελεγχόμενα και προστατευόμενα περιβάλλοντα. Λόγω έλλειψης εγγυήσεων καθυστέρησης, τα δίκτυα τύπου Ethernet δεν συνίσταται για μετάδοση πολυμεσικών εφαρμογών.

Στο πρόβλημα των ανεπαρκών κριτηρίων απόδοσης των κλασσικών δικτύων Ethernets, όταν αυτά καλούνται να υποστηρίξουν ευρυζωνικές εφαρμογές, αντιμετωπίζεται με τους ακόλουθους δύο τρόπους:

- Τη χρήση τμηματοποίησης (segmentation)
- Τη μετανάστευση σε δίκτυα Ethernets υψηλού εύρους ζώνης.

Η τμηματοποίηση σημαίνει πρακτικά τη σύνδεση ενός πολύ μικρού αριθμού υπολογιστών ανά τμήμα Ethernet. Η δεύτερη προσέγγιση αναφέρεται στα πρότυπα των λεγόμενων δικτύων Ethernet υψηλών ταχυτήτων και περιλαμβάνει τις ακόλουθες τεχνολογίες:

- IEEE 802.9 Ισόχρονο Ethernet
- IEEE 802.3u (Fast Ethernet)
  - 100Base-Tx (UTP-CAT 5)
  - 100Base-Fx (Οπτικές ίνες)
  - 100Base-T4 (UTP-CAT 3)
- IEEE 802.12 Demand Priority LAN (Fast Ethernet)
- IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)
  - 1000Base-Sx
  - 1000Base-Lx
  - 1000Base-Cx

Το πρότυπο IEEE 802.3 είναι αναμφίβολα το πιο διαδεδομένο καθώς και το πιο ώριμο από τα υπάρχοντα πρότυπα. Δίνει τη δυνατότητα προσθήκης σταθμών εργασίας χωρίς την

“κατάρρευση” του δικτύου. Επιπρόσθετα, η καθυστέρηση σε χαμηλή φόρτωση είναι σχεδόν μηδενική.

Ένα μειονέκτημα αυτών των δικτύων αποτελεί το γεγονός ότι οι συνδεδεμένοι στο δίκτυο υπολογιστές θα πρέπει να είναι ικανοί διαρκώς να ανιχνεύουν την ύπαρξη σήματος των άλλων ασθενών υπολογιστών, ακόμη και την ώρα που μεταφέρουν δεδομένα στο δίκτυο. Επιπρόσθετα, το 802.3 είναι μη προσδιοριστικό (non deterministic) πρότυπο και συνεπώς ακατάλληλο για εργασία σε πραγματικό χρόνο. Επίσης δεν θέτει προτεραιότητες. Ακόμη, καθώς η ταχύτητα μετάδοσης των πλαισίων αυξάνεται, η αποτελεσματικότητα πέφτει εξαιτίας της αργής μεταφοράς αυτών. Τα πλαίσια έχουν μέγεθος 64 bytes, ακόμη και όταν μεταφέρουν έναν απλό χαρακτήρα. Τέλος αξίζει να επισημάνουμε ότι σε μεγάλη φόρτωση του δικτύου, η εμφάνιση συγκρούσεων αποτελεί σοβαρό πρόβλημα.

## 5.2 Ισόχρονο Ethernet

Το Ισόχρονο Ethernet αποτελεί παραλλαγή του κλασσικού Ethernet, η οποία προτάθηκε από την επιτροπή IEEE 802.9, στα πλαίσια των Τοπικών Δικτύων με ολοκλήρωση φωνής/δεδομένων (IVD LAN-Integrated Voice Data LAN). Αντικειμενικό στόχο της υποεπιτροπής 802.9, αποτέλεσε η συνδυασμένη παροχή υπηρεσιών τοπικών δικτύων υπολογιστών και ισόχρονων καναλιών όπως αυτά των ψηφιακών δικτύων ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN) χρησιμοποιώντας αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (UTP). Αποτελεί μια πιο έξυπνη τεχνική δίνοντας άλλα 6 Mbps και παρέχοντας 64 ισόχρονα B-κανάλια στο ίδιο καλώδιο με το στάνταρ 10 Mbps σήμα Ethernet. Τα επιπλέον 6 Mbps χρησιμοποιούνται σε ένα τύπο διαύλου- ένα σύγχρονο πλαίσιο στα 8 KHz το οποίο είναι το φέρον των B-καναλιών. Η διαχείριση και η μεταβίβαση των B-καναλιών ερευνάται ακόμα αλλά η ιδέα είναι να χρησιμοποιηθεί ένα ξεχωριστό κανάλι μεταβίβασης ισοδύναμο με το ISDN Q.931 D-κανάλι πρωτόκολλο μεταβίβασης. Αυτή η λύση έχει το πλεονέκτημα να διατηρεί τα 10 Mbps τεχνολογίας Ethernet, το οποίο σημαίνει ότι οι συσκευές πολυμέσων ISDN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα B- κανάλια.

Το Iso-Ethernet έχει σχετικά περιορισμένο εύρος και δεν υποστηρίζει πολυδιανομή-multicasting. Παρέχει πραγματική ισόχρονη κίνηση και η παρόμοια δομή του με το ISDN κανάλι σχεδιάστηκε για ήχο ή H.261 κωδικοποιημένη μετάδοση εικόνας, αλλά του λείπει απαραίτητο εύρος για IVD, Motion JPEG ή κωδικοποιημένο MPEG.

## 5.3 Fast Ethernet 100Base-T (IEEE 802.3u)

Το 1990 συγκροτήθηκε μια ομάδα εργασίας με σκοπό την δημιουργία προδιαγραφών για ένα δίκτυο Ethernet με εύρος ζώνης τα 100Mbps. Το Fast Ethernet 802.3u αποτελεί φυσική εξέλιξη των προτύπων IEEE 802.3 και χρησιμοποιεί το ίδιο πρωτόκολλο CSMA/CD. Έτσι, το δίκτυο 100Base-T έχει τους ίδιους περιορισμούς σε ότι αφορά στα χαρακτηριστικά καθυστέρησης πρόσβασης. Επίσης, όπως και στο κλασσικό Ethernet, η χρήση δεν υπερβαίνει συνήθως το 50% του μεγίστου εύρους ζώνης που στην προκειμένη περίπτωση είναι 100 Mbps. Το δίκτυο 100Base-T μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπου ισχυροί σταθμοί

εργασίας αποτελούν μια ομάδα με αυξημένες απαιτήσεις εύρους ζώνης. Εκτός από την αύξηση του εύρους ζώνης ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στο να μην διαταραχθεί η υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή. Για αυτό δημιουργήθηκαν διάφορα επιμέρους πρότυπα ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο φυσικό μέσο. Ένα επιπλέον θετικό στοιχείο, είναι το γεγονός ότι δίκτυα 100Base-T και 10Base-T μπορούν να συνυπάρξουν σε κάποιο βαθμό. Δεν επιτρέπεται όμως ανάμειξη των δύο τεχνολογιών στο ίδιο τμήμα δικτύου.

Το Fast Ethernet 802.3u είναι πολύ αξιόπιστο. Παρέχει αρκετό εύρος για μεγάλο αριθμό πολυμεσικών εφαρμογών καθώς και πολυδιανομή. Αλλά δεν μπορεί να δώσει εγγυήσεις για καθυστέρηση. Είναι καλή λύση για μικρές ή μεσαίες δομές αλλά όχι για πολυμεσικές εφαρμογές μεγάλων απαιτήσεων.

## 5.4 Gb Ethernet

Στα τέλη του 1995 ο επιτροπή IEEE 802.3 συγκρότησε μια ομάδα μελέτης υψηλών ταχυτήτων δικτύων με σκοπό να ανακαλύψει μεθόδους για μεταβίβαση πακέτων στα δίκτυα Ethernet σε ταχύτητες των Gigabits ανά δευτερόλεπτο. Η στρατηγική του Gb Ethernet είναι ίδια με αυτή του Fast Ethernet. Αν και ορίστηκε ένα νέο μέσο μετάδοσης και προδιαγραφές μεταβίβασης το Gb Ethernet διατήρησε το πρωτόκολλο CSMA/CD και τη μορφή του Ethernet των 10 Mbps και 100 Mbps. Το δίκτυο αυτό είναι συμβατό με το 100Base-T και 10Base-T, διατηρώντας ένα απλό μονοπάτι μετανάστευσης. Καθώς περισσότερες επιχειρήσεις μετακινούνται στα 100Base-T τοποθετώντας ένα τεράστιο φορτίο κυκλοφορίας στα κεντρικά δίκτυα, δημιουργήθηκε η ανάγκη για να επεκταθούμε στα Gb Ethernet. Το μέσο μετάδοσης στα δίκτυα αυτά είναι η οπτική ίνα για μικρές αποστάσεις, αν και τα UTP, STP καθώς και το ομοαξονικό καλώδιο επιτρέπονται να χρησιμοποιηθούν.

Η τεχνολογία Gb Ethernet αποτελεί το επόμενο λογικό βήμα στα ευρυζωνικά δίκτυα. Τα δίκτυα αυτά είναι 100 φορές πιο γρήγορα από τα δίκτυα Ethernet, ωστόσο όμως, διατηρούν την απλότητα των τελευταίων. Η μεταφορά των πακέτων βασίζεται στη μέθοδο “χωρίς σύνδεση”. Το δε μήκος αυτών είναι μεταβλητό από 64 έως 1526 byte. Τα δίκτυα αυτά έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν συνεχή κίνηση δεδομένων. Η αποδοτικότητα του ωφέλιμου φορτίου φτάνει τα όρια του 98%. Ο ρυθμός των δεδομένων στο δίκτυο είναι τις τάξεως των 980Mb/s σε αντίθεση με το Fast Ethernet που είναι της τάξεως των 98Mb/s. Το κόστος για αυτή την τεχνολογία είναι αρκετά χαμηλό, ενώ η υλοποίησή της αρκετά εύκολη όπως και η διαχείρισή της.

## 5.5 Πρότυπο IEEE 802.4 (Token Passing Bus)

Το πρότυπο IEEE 802.4, ορίζει το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC) “περάσματος κουπονιού” (token passing) για ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας αρτηρίας. Το πρότυπο αυτό προτάθηκε κυρίως για την επικοινωνιακή υποστήριξη ολοκλήρωσης εργασιών που αφορούν τον βιομηχανικό αυτοματισμό. Η αρτηρία με κουπόνι (token passing bus) είναι ένα γραμμικό ή μορφής δέντρου καλώδιο, στο οποίο συνδέονται οι σταθμοί. Οι σταθμοί του δικτύου σχηματίζουν έναν λογικό δακτύλιο και κάθε σταθμός γνωρίζει τη διεύθυνση των

σταθμών που βρίσκονται “αριστερά του” και “δεξιά του”. Όταν πρωτοδημιουργείται (initialized) ο λογικός δακτύλιος, ο σταθμός με την υψηλότερη αριθμηση μπορεί να στείλει το πρώτο πλαίσιο. Αφού γίνει αυτό, δίνει την άδεια στον αμέσως διπλανό του, στέλνοντας ένα ειδικό πλαίσιο ελέγχου, που ονομάζεται κουπόνι (token). Το κουπόνι διαδίδεται πάνω στο λογικό δακτύλιο και μόνο αυτός που κατέχει το κουπόνι επιτρέπεται να μεταδίδει πλαίσια. Επειδή ένας μόνο σταθμός κάθε φορά κατέχει το κουπόνι, δεν γίνονται συγκρούσεις.

Ένα σημαντικό σημείο που πρέπει να αντιληφθούμε είναι ότι η φυσική σειρά που συνδέονται οι σταθμοί με το καλώδιο, δεν είναι σημαντική. Επειδή το καλώδιο είναι ένα μέσο εκπομπής, κάθε σταθμός λαμβάνει κάθε πλαίσιο απορρίπτοντας αυτά τα οποία δεν απευθύνονται σε αυτόν. Όταν ένας σταθμός μεταβιβάζει το κουπόνι, στέλνει ένα πλαίσιο κουπονιού ειδικά κατευθυνόμενο στον λογικά βρισκόμενο δίπλα του στον δακτύλιο, ανεξάρτητα από το που είναι η φυσική θέση αυτού του σταθμού στο καλώδιο.

Η αρτηρία με κουπόνι ορίζει τέσσερα είδη προτεραιότητας, 0, 2, 4 και 6 για την κυκλοφορία, με την 0 να είναι η χαμηλότερη και με τη 6 να είναι υψηλότερη προτεραιότητα. Είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς κάθε σταθμό εσωτερικά χωρισμένο σε τέσσερις υποσταθμούς, έναν για κάθε επίπεδο προτεραιότητας. Καθώς τα δεδομένα εισόδου έρχονται στο υποεπίπεδο MAC, ελέγχεται η προτεραιότητα αυτών και προωθούνται σε έναν από τους τέσσερις υποσταθμούς. Έτσι κάθε υποσταθμός τηρεί τη δική του ουρά πλαισίων που πρόκειται να μεταδοθούν. Όταν το κουπόνι εισέρχεται στο σταθμό μέσω του καλωδίου, διέρχεται εσωτερικά από τον υποσταθμό προτεραιότητας 6, ο οποίος μπορεί να αρχίσει να μεταδίδει πλαίσια, εάν έχει κάποιο. Όταν γίνει αυτό (ή όταν τελειώσει ο χρόνος του), το κουπόνι διέρχεται εσωτερικά από τον υποσταθμό προτεραιότητας 4, ο οποίος μπορεί τότε να μεταδίδει πλαίσια έως ότου τελειώσει ο χρόνος του και στο σημείο αυτό το κουπόνι εισέρχεται στον υποσταθμό με προτεραιότητα 2. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου ο υποσταθμός προτεραιότητας 0 έχει στείλει όλα του τα πλαίσια ή έχει τελειώσει ο χρόνος του. Στο σημείο αυτό το κουπόνι στέλνεται στον επόμενο σταθμό του δακτυλίου.

Τα δίκτυα αρτηρίας που υποστηρίζουν το πρότυπο IEEE 802.4 χρησιμοποιούν ένα πολύ αξιόπιστο καλώδιο όπως αυτό της τηλεόρασης. Επίσης είναι πιο προσδιοριστικά (deterministic) από ότι τα δίκτυα με το πρότυπο IEEE 802.3, αν και επαναλαμβανόμενες απώλειες του κουπονιού σε κρίσιμες στιγμές, δημιουργούν ένα κλίμα αστάθειας. Μπορεί ωστόσο να διαχειριστεί πολύ μικρά πλαίσια.

Τα δίκτυα αυτά υποστηρίζουν τις προτεραιότητες. Ακόμη μπορούν να υποδιαιρέσουν την συχνότητα για να εξυπηρετήσουν υψηλής προτεραιότητα κυκλοφορία, όπως η ψηφιοποιημένη φωνή. Τέλος, συμπεριφέρονται πολύ καλά σε καταστάσεις υπερφόρτωσης.

## **5.6 Πρότυπο IEEE 802.5 (Token Passing Ring)**

Το Token Passing Ring (IEEE 802.5) πρωτόκολλο πρόσβασης ταιριάζει καλύτερα από το Ethernet για την υποστήριξη δεδομένων από πολυμέσα. Ένας λόγος είναι το διαθέσιμο εύρος των 16 Mbps σε αντίθεση με τα 10 Mbps. Πιο σημαντικό όμως είναι η διάθεση πρωτοκόλλου προτεραιοτήτων τύπου MAC. Αυτό χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα υψηλής προτεραιότητας δεδομένα από τα χαμηλής προτεραιότητας συνήθη δεδομένα.

Τα δίκτυα δακτυλίου έχουν χρησιμοποιηθεί πάρα πολύ σε τοπικά και ευρείας περιοχής δίκτυα εδώ και πολλά χρόνια. Ανάμεσα στις πολλές και ελκυστικές δυνατότητες του είναι και το γεγονός ότι ένας δακτύλιος στην πραγματικότητα δεν είναι ένα μέσο εκπομπής αλλά ένα σύνολο από ανεξάρτητες συνδέσεις από σημείο σε σημείο (point-to-point) που σχηματίζουν ένα κύκλο.

Σε έναν δακτύλιο με κουπόνι μια ειδική ακολουθία από bits, που ονομάζονται κουπόνι (token), περιστρέφεται γύρω-γύρω στο δακτύλιο όταν όλοι οι σταθμοί είναι αδρανείς. Όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει ένα πλαίσιο, πρέπει να συλλάβει το κουπόνι και να το απομακρύνει από το δακτύλιο πριν να μεταδώσει. Επειδή υπάρχει μόνο ένα κουπόνι, μόνο ένας σταθμός μπορεί να μεταδίδει σε μια δεδομένη στιγμή, έτσι λύνεται το πρόβλημα προσπέλασης στο κανάλι, με τον ίδιο τρόπο που λύνεται και στην αρτηρία με κουπόνι.

Ένα επακόλουθο της σχεδίασης του δακτυλίου με κουπόνι είναι ότι ο ίδιος ο δακτύλιος πρέπει να έχει μια ικανοποιητική καθυστέρηση για να περιέχει ένα πλήρες κουπόνι που θα το περιστρέφει, όταν όλοι οι σταθμοί είναι αδρανείς. Η καθυστέρηση έχει δύο συνιστώσες:

- την καθυστέρηση 1-bit που δημιουργείται από κάθε σταθμό και
- την καθυστέρηση διάδοσης του σήματος.

Οι διασυνδέσεις του δακτυλίου έχουν δύο φάσεις λειτουργίας, τη φάση της ακρόασης και τη φάση της μετάδοσης. Στη φάση της ακρόασης τα bits εισόδου απλώς αντιγράφονται στην έξοδο, με χρονική καθυστέρηση ενός bit. Στη φάση της μετάδοσης, στην οποία ο σταθμός εισέρχεται μετά τη σύλληψη του κουπονιού, η διασύνδεση σπάει τη σύνδεση μεταξύ εισόδου και εξόδου, εισάγοντας τα δικά της δεδομένα στο δακτύλιο. Για να μπορεί να περνά από τη φάση της ακρόασης στη φάση της μετάδοσης σε χρόνο 1 bit, η διασύνδεση συνήθως χρειάζεται να αποθηκεύει στην ενδιάμεση μνήμη ένα ή περισσότερα πλαίσια, παρά να τα φέρνει από το σταθμό μέσα σε τόσο σύντομο χρόνο.

Καθώς τα bits που έχουν διαδοθεί γύρω από τον δακτύλιο επανέρχονται, απομακρύνονται εκτός δακτυλίου από τον πομπό. Ο σταθμός εκπομπής μπορεί είτε να τα αποθηκεύει για να τα συγκρίνει με τα αρχικά δεδομένα, και να παρακολουθεί έτσι την αξιοπιστία του δακτυλίου, είτε να τα απορρίπτει. Αυτή η αρχιτεκτονική δακτυλίου δεν θέτει κανένα όριο στο μέγεθος του πλαισίου, επειδή το πλαίσιο ολόκληρο δεν εμφανίζεται ποτέ στον δακτύλιο σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Αφότου ένας σταθμός τελειώσει τη μετάδοση του τελευταίου bit του πλαισίου του πρέπει να ξαναδημιουργήσει το κουπόνι. Όταν το τελευταίο bit του πλαισίου έχει κάνει το γύρο και επιστρέφει, πρέπει να απομακρυνθεί, και η διασύνδεση πρέπει να επανέλθει αμέσως στη φάση της ακρόασης, για να αποφευχθεί η απομάκρυνση του κουπονιού το οποίο μπορεί να ακολουθεί, εάν κανείς άλλος σταθμός δεν το έχει απομακρύνει.

Όσον αφορά την αξιοπιστία, παρέχει αρκετό εύρος για ένα περιορισμένο αριθμό ρευμάτων πολυμέσων. Μπορεί να δώσει εγγυήσεις καθυστέρησης αν χρησιμοποιηθούν οι μηχανισμοί προτεραιότητας πρόσβασης και ο διαχειριστής του εύρους φάσματος. Επίσης αφού προσφέρει πολυδιανομή το Token Ring των 16 Mbps είναι καλό μονοπάτι για επικοινωνία με πολυμέσα. Αξίζει να αναφέρουμε ότι η αποτελεσματικότητα αυτού του δικτύου σε καταστάσεις υπερφόρτωσης είναι πολύ αξιόλογη.

## 5.7 Fast Ethernet - Demand Priority LAN (IEEE 802.12)

Μια άλλη τεχνική LAN των 100 Mbps τυποποιείται από την 802.12 ομάδα εργασίας. Είναι μια εξέλιξη του κλασικού Ethernet και του Token Passing Ring των 100 Mbps. Τα δίκτυα αυτά πέρα του ότι υποστηρίζουν πλαίσια Ethernet, βασίζονται σε μια νέα μέθοδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο. Η μέθοδος περιγράφεται από το Πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP - Demand Priority Protocol) και μοιάζει πολύ με τον έλεγχο πρόσβασης που στηρίζεται στα κουπόνια. Αποτελεί μια πιο έξυπνη κωδικοποίηση χρησιμοποιώντας 4 ζεύγη καλωδίων αντί για ένα ζεύγος επιτυγχάνοντας μια δεκαπλάσια αύξηση της ταχύτητας με μέτρια αύξηση του εύρους και με κόστος παρόμοιο με αυτό της τεχνικής 10Base-T. Το πρωτόκολλο αυτό, σχεδιάστηκε για να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς στις αποστάσεις και στον μέγιστο αριθμό επαναληπτών που εισάγει η μέθοδος CSMA/CD, καθώς και τους περιορισμούς που επιβάλλει στην υποστήριξη χρονικά κρίσιμων εφαρμογών.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP), ένας σταθμός όταν έχει δεδομένα προς μετάδοση υποβάλλει μια αίτηση στο τοπικό του κομβικό σημείο (hub). Κάθε hub έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό θυρών και σε κάθε θύρα μπορεί να συνδεθεί ένας σταθμός. Αρχικά το δίκτυο είναι χωρίς δραστηριότητα. Οι σταθμοί αποστέλλουν το σήμα και το Hub τους απαντά με το ίδιο σήμα (idle). Όταν ένας σταθμός θελήσει να στείλει ένα πλαίσιο ζητάει την άδεια κάνοντας μία "αίτηση". Η επιλογή του ποιος σταθμός θα στείλει και με ποια σειρά γίνεται στο κομβικό σημείο hub. Η άδεια αποστολής ακολουθεί τη διαδικασία "εξυπηρέτηση εκ περιτροπής". Εάν για παράδειγμα κατά τη μετάδοση ενός πλαισίου από τον σταθμό 1, υποβληθούν αιτήσεις κατά σειρά από τους σταθμούς 5, 3 και 2, η σειρά εξυπηρέτησης θα είναι 2, 3 και 5. Στη συνέχεια το Hub γνωστοποιεί στον σταθμό που έχει επιλέξει ότι μπορεί να μεταδώσει και αποστέλλει στους σταθμούς σήμα ελέγχου ότι ενδέχεται να λάβουν ένα πλαίσιο. Με την λήψη του σήματος οι σταθμοί κλείνουν τους σταθμούς τους και ο σταθμός αποστολής μεταδίδει το πλαίσιο στο hub. Το hub λαμβάνοντας το απαραίτητο τμήμα του πλαισίου αναγνωρίζει τον σταθμό προορισμού του μεταδίδει το πλαίσιο ενώ στους υπόλοιπους το σήμα ελέγχου idle. Το hub με την ολοκλήρωση της μετάδοσης επιλέγει τον επόμενο σταθμό.

Μια αίτηση στέλνεται στο κέντρο το οποίο παρέχει πρόσβαση βασισμένο σε μια διαδικασία επαναλαμβανόμενου ελέγχου αίτησης. Μέσω αυτής της διαδικασίας μπορεί να υπολογιστεί και να εγγυηθεί κάθε όριο καθυστέρησης. Για παράδειγμα ο χρόνος μετάδοσης 4 Kb είναι 0.3 ms. Ακόμα και όταν όλοι οι 30 σταθμοί στέλνουν αιτήσεις ταυτόχρονα η καθυστέρηση πρόσβασης είναι κάτω από 10 ms. Μια διαδικασία διπλού επιπέδου προτεραιότητας θα μπορούσε να μειώσει ακόμα περισσότερο την καθυστέρηση.

Σχετικά με το εύρος του, εξυπηρετεί περισσότερο από το 100Base-T τις πολυμεσικές εφαρμογές, μη έχοντας περιορισμό όσον αφορά την καθυστέρηση πρόσβασης. Αν ένας διαχειριστής εύρους περιορίζει τον αριθμό της ροής των πολυμέσων χρησιμοποιώντας υψηλής προτεραιότητας πρόσβαση τότε μπορεί να εγγυηθεί την καθυστέρηση κάτω από τα 10 ms. Η πολυδιανομή είναι δυνατή καθώς και η επικοινωνία με πολυμέσα για τοπολογίες μικρότερες από 30 σταθμούς.



## 5.8 FDDI

Το FDDI - Fiber Distributed Data Interface βασίζεται στο πρότυπο 802.5 είναι ένα υψηλής απόδοσης τοπικό δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι χρησιμοποιώντας ως μέσο μετάδοσης οπτικές ίνες. Το μήκος του δακτυλίου μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 100 χιλιόμετρα. Η ταχύτητά του φθάνει τα 100 Mbps ενώ το πλήθος των σταθμών που μπορούν να συνδεθούν τους 500. Η καλωδίωση του αποτελείται από δύο δακτυλίους ινών, ο ένας μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού και ο άλλος μεταδίδει αντίθετα προς αυτή. Οι δύο δακτύλιοι αποκαλούνται: πρωτεύοντας και δευτερεύοντας. Ο δεύτερος δακτύλιος είναι εφεδρικός προσδίδοντας μεγαλύτερη αξιοπιστία στο δίκτυο. Αν σπάσουν και οι δύο δακτύλιοι στο ίδιο σημείο τότε οι δύο δακτύλιοι μπορούν να ενωθούν συγκροτώντας έναν μεγαλύτερο δακτύλιο διπλάσιο περίπου σε μήκος. Κάθε σταθμός διαθέτει διακόπτες που επιτρέπουν την ένωση των δύο δακτυλίων σε περίπτωση ζημιάς ή την παράκαμψη του σταθμού σε περίπτωση που ζητηθεί ή θεωρηθεί απαραίτητο για την αποφυγή τυχόν προβλημάτων που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την συμμετοχή του στο δακτύλιο.

Το FDDI καθορίζει δύο κατηγορίες σταθμών: τους σταθμούς Α και τους σταθμούς Β. Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας συνδέονται και με τους δύο δακτυλίους, ενώ οι σταθμοί κατηγορίας Β συνδέονται μόνο με τον ένα δακτύλιο. Γι' αυτό άλλωστε είναι και πιο φθηνοί στην εγκατάστασή τους. Ανάλογα με το πόσο σημαντική είναι η ανοχή σφαλμάτων, μια εγκατάσταση μπορεί να επιλέξει μία από τις δύο κατηγορίες ή ακόμη και συνδυασμών σταθμών από τις δύο κατηγορίες.

Στην διαδικασία της μετάδοσης βάσει προτεραιότητας, το FDDI υποστηρίζει σύγχρονο τρόπο κίνησης με το όριο καθυστέρησης να έχει τη δυνατότητα τροποποίησης κατά τη στιγμή εκκίνησης στο δακτύλιο. Δυστυχώς, κάνοντας χαμηλότερο το όριο καθυστέρησης έχουμε μείωση στην εκμετάλλευση του εύρους. Λόγω του μεγάλου του εύρους στο FDDI, η καθυστέρηση μετάδοσης εξαρτάται από την καθυστέρηση πρόσβασης. Το FDDI χρησιμοποιεί πολύτροπες ίνες και η μετάδοση γίνεται με ακτίνες φωτός και όχι με laser, για λόγους ασφάλειας. Άλλωστε και η εκπομπή φωτός επιτρέπει τη μετάδοση των δεδομένων στα 100 Mbps. Με το laser ο χρήστης μπορεί να καεί σε περίπτωση που κοιτάξει την οπτική ίνα κατά τη διάρκεια εκπομπής. Τα χαρακτηριστικά σχεδίασης του FDDI απαιτούν όχι περισσότερα από 1 σφάλμα στα  $2,5 \times 10^{10}$  bits.

Το φυσικό επίπεδο του FDDI υλοποιείται με χρήση πολύτροπης οπτικής ίνας, συνήθως 62,5/125  $\mu\text{m}$  και laser στα 1300 nm. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σταθμών δεν μπορεί να ξεπερνά τα 2 km. Το πλαίσιο του FDDI περιέχει μέχρι 4500 bytes. Χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση 4B/5B. Η δομή του πλαισίου είναι παρόμοια με εκείνη του token ring. Το FDDI χρησιμοποιείται κυρίως ως η σπονδυλική στήλη πάνω στην οποία θα συνδεθούν τα διάφορων τύπων τοπικά δίκτυα με χάλκινα καλώδια. Όσον αφορά την αξιοπιστία του FDDI υποστηρίζει επικοινωνία με πολυμέσα λόγω του μεγάλου του εύρους, σύγχρονο τύπο κίνησης και πολυδιανομή. Για να χρησιμοποιήσουμε FDDI ικανοποιητικά σε εφαρμογές πολυμέσων, απαιτείται είτε ένας πρόσθετος διαχειριστής εύρους ή η διαθεσιμότητα του σύγχρονου τύπου κίνησης του FDDI.

Τα πρωτόκολλα FDDI είναι βασισμένα στα πρωτόκολλα 802.5. Για τη μετάδοση των δεδομένων, ένας σταθμός πρέπει πρώτα να πιάσει το κουπόνι. Κατόπιν μεταδίδει ένα πλαίσιο και το απομακρύνει όταν έρχεται ξανά πίσω. Μια διαφορά ανάμεσα στο FDDI και

το 802.5 είναι ότι στο 802.5, ένας σταθμός μπορεί να μη δημιουργήσει ένα νέο κουπόνι, έως ότου το πλαίσιο του έχει κάνει όλο το γύρο και επιστρέψει. Στο FDDI με 500 σταθμούς και 100 km από οπτικές ίνες, ο χρόνος που χάνεται περιμένοντας το πλαίσιο να κάνει το γύρο του δακτυλίου είναι σημαντικός. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να επιτρέπεται σε έναν σταθμό να βάλει ένα νέο κουπόνι ξανά επάνω στον δακτύλιο μόλις μεταδώσει τα πλαίσια του. Σ' έναν μεγάλο δακτύλιο μπορούν να υπάρχουν πολλά πλαίσια ταυτόχρονα.

## 5.9 FDDI II

Το FDDI-II σχεδιάστηκε για καλύτερη υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο κίνηση. Η ισόχρονη δυνατότητά του παρέχεται χρησιμοποιώντας χρονοθυρίδες σε ρυθμό 8 KHz ανά δευτερόλεπτο. Όπως και το FDDI, το FDDI-II φθάνει σε ταχύτητα τα 100 Mbps. Ένα σύνθετο σήμα και μια δυναμική διαδικασία διαχειρίζεται το εύρος ανάμεσα σε ασύγχρονα, σύγχρονα και ισόχρονα δεδομένα. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την υποστήριξη κίνησης σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων, παρέχοντας ισόχρονα κανάλια καθυστέρησης.

Το FDDI-II σχεδιάστηκε να υποστηρίζει κίνηση σταθερού ρυθμού. Παρέχει πραγματικά ισόχρονα κανάλια με καθυστέρηση στην χαμηλή περιοχή των μs. Για να εξυπηρετήσει περιοδικές ισόγχρονες αιτήσεις, το FDDI-II χρησιμοποιεί μία πολιτική περιοδικής μετάδοσης στην οποία οι ευκαιρίες μετάδοσης επαναλαμβάνονται κάθε 125 μs. Αυτό το διάστημα έχει επιλεγεί εξαιτίας του ότι αντιστοιχίζεται στο βασικό σύστημα αναφοράς της συχνότητας του ρολογιού που χρησιμοποιείται στα περισσότερα δημόσια δίκτυα τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως. Σε αυτό το διάστημα, ένα ειδικό πλαίσιο που καλείται κύκλος (cycle), δημιουργείται. Στα 100 Mbps, 1562,5 bytes μπορούν να μεταδοθούν στα 125 μs. Από αυτά, 1560 bytes χρησιμοποιούνται για τα πλαίσια και 2,5 bytes χρησιμοποιούνται για τα εσωτερικά κενά του πλαισίου.

Τα bytes του πλαισίου μεταδίδονται μέσα από διαφορετικά κανάλια (για επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών), στον δακτύλιο. Για παράδειγμα, ένα κανάλι μπορεί να έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιεί το 26<sup>ο</sup> και 122<sup>ο</sup> byte κάθε πλαισίου. Αυτά τα bytes δεσμεύονται για το κανάλι με την έννοια ότι εάν κάποιος σταθμός που του ανήκει αυτό το κανάλι δεν το χρησιμοποιεί, οι υπόλοιποι σταθμοί δεν μπορούν να το χρησιμοποιήσουν και τα bytes θα παραμείνουν αχρησιμοποίητα.

Τα 1560 bytes του πλαισίου διαιρούνται σε 16 ευρυζωνικά κανάλια (WBC - WideBand Channels) των 96 bytes έκαστο. Κάθε WBC παρέχει μία ζώνη συχνοτήτων για τα 96 bytes για κάθε 125 μs ή 6,144 Mbps. Αυτό είναι ικανοποιητικό για να υποστηρίξουμε μία εκπομπή τηλεόρασης, 4 υψηλής ποιότητας προγράμματα stereo ή 96 τηλεφωνικές συνδιαλέξεις.

Μερικά από τα 16 ευρυζωνικά κανάλια μπορούν να διατεθούν για τη μεταφορά πακέτων και τα άλλα για ισόγχρονες μορφές μεταφορές. Η κατανομή αυτή γίνεται σύμφωνα με τα πρωτόκολλα διαχείρισης των σταθμών. Έτσι για παράδειγμα, τα ευρυζωνικά κανάλια 1,5 και 7 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορά (μεταγωγή) πακέτων και τα κανάλια 2,3,4,6 και 8 μέχρι 15 να χρησιμοποιηθούν για ισόχρονη μορφή μεταφοράς ή μεταγωγή κυκλώματος. Μπορούμε επίσης να δεσμεύσουμε όλα τα κανάλια εξ ολοκλήρου για μεταγωγή κυκλώματος ή μεταγωγή πακέτου.

Τα 16 WBC χρησιμοποιούν 1536 bytes από τα συνολικά 1560 bytes του πλαισίου. Από τα εναπομείναντα 24 bytes, 12 bytes χρησιμοποιούνται για την επικεφαλίδα του πλαισίου (header) και τα υπόλοιπα 12 bytes δεσμεύονται προσωρινά για πιθανή μεταγωγή πακέτου. Αυτά τα bytes καλούνται Dedicated Packet Group (DRG) και διασφαλίζουν ότι τουλάχιστον 0,768 Mbps από το εύρος ζώνης θα είναι διαθέσιμο για μεταγωγή πακέτων σε περίπτωση όπου όλα τα ευρυζωνικά κανάλια έχουν διατεθεί για μεταγωγή κυκλώματος.

## 5.10 Σύγκριση Τεχνολογιών

Πλεονεκτήματα της μεθόδου CSMA/CD:

- Η απλότητα του αλγορίθμου που περιγράφει τη μέθοδο πρόσβασης, και η ευκολία υλοποίησής του. Η μέθοδος εφαρμόζεται ήδη για αρκετά χρόνια και κατά συνέπεια υπάρχουν δοκιμασμένα και αξιόπιστα προϊόντα στην αγορά.
- Ο διαμοιρασμός της χρήσης του δικτύου είναι δίκαιος, ακόμα και κάτω από συνθήκες μεγάλου φορτίου.
- Η μέθοδος CSMA/CD χαρακτηρίζεται από αρκετά καλά κριτήρια λειτουργίας (απόδοση και καθυστέρηση), τουλάχιστον μέχρι κάποιο συγκεκριμένο φορτίο.

Μειονεκτήματα της μεθόδου CSMA/CD:

- Η αδυναμία υποστήριξης προτεραιοτήτων σε συγκεκριμένους σταθμούς.
- Η ακαταλληλότητα για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Λόγω του ότι ο χρόνος προσπέλασης στο δίκτυο δεν είναι προκαθορισμένος, είναι αδύνατη η εκ των προτέρων εκτίμηση του χρόνου αντίδρασης από ένα σταθμό.
- Η διαδικασία ανίχνευσης συγκρούσεων, όπως έχει ήδη αναπτυχθεί, επιβάλλει περιορισμούς στις ισχύεις των σημάτων, στην απόσταση που μπορεί να καλύψει ένα τοπικό δίκτυο, και στο ελάχιστο μήκος πλαισίου. Για να βελτιωθεί η απόδοση της μεθόδου θα πρέπει να αυξηθεί το μήκος του πλαισίου, ή να μειωθεί η ταχύτητα μεταφοράς. Η δεύτερη φυσικά λύση δεν συνιστάται γιατί επηρεάζει την συνολική απόδοση του δικτύου. Έτσι, για ορισμένους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων και για κάποια μεγέθη πλαισίων, η απόδοση της μεθόδου πέφτει καθώς το φορτίο αυξάνει.

Από την άλλη μεριά για τη μέθοδο “περάσματος κουπονιού” (token passing), σε δίκτυα τοπολογίας αρτηρίας, ισχύουν τα παρακάτω:

Πλεονεκτήματα:

- Η απόδοση αυξάνει καθώς αυξάνει ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων. Η απόδοση αυτή δεν επηρεάζεται σημαντικά από την αύξηση του φορτίου ή του μήκους του μέσου μετάδοσης.
- Η μέθοδος είναι προσδιοριστική υπό την έννοια ότι υπάρχει ένα άνω όριο χρόνου, που κάποιος σταθμός πρέπει να περιμένει πριν να μεταδώσει. Το άνω αυτό όριο είναι γνωστό, γιατί κάθε σταθμός του λογικού δακτυλίου μπορεί να κρατήσει το κουπόνι για καθορισμένο χρόνο.
- Η μέθοδος, εκτός από το ότι παρέχει ελεγχόμενη πρόσβαση, διαμοιράζει το μέσο εξίσου δίκαια. Μάλιστα, για μεγάλα φορτία κίνησης ο διαμοιρασμός του μέσου είναι δικαιότερος. Επίσης, μπορεί να υποστηριχθεί η απόδοση προτεραιότητας σε συγκεκριμένους σταθμούς. Τέλος, η μέθοδος εξασφαλίζει ένα καθορισμένο εύρος

απόδοσης, γεγονός που είναι απαραίτητο για ορισμένους τύπους δεδομένων, όπως η φωνή, η ψηφιακή εικόνα και η τηλεμετρία.

Μειονεκτήματα:

- Το βασικό μειονέκτημα είναι η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου και οι απαιτούμενες πληροφορίες ελέγχου.
- Λόγω του τρόπου κυκλοφορίας του κουπονιού, για χαμηλά φορτία η απόδοση του δικτύου είναι χειρότερη από την αντίστοιχη απόδοση όταν εφαρμόζεται η μέθοδος CSMA/CD.

Όσον αφορά το Πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας έχουμε τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα:

- Αύξηση της απόδοσης γιατί το hub δεν λειτουργεί με το σχήμα "απόθήκευσης και προώθησης" αλλά μεταδίδει το σήμα το συντομότερο δυνατόν
- Το πλαίσιο στέλνεται μόνον στον αποδέκτη ή σε σταθμούς που δήλωσαν ότι επιθυμούν να λαμβάνουν όλα τα πλαίσια.
- Το hub ουσιαστικά "ξεχνάει" τις υπάρχουσες αιτήσεις από την στιγμή που αποφασίζει να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο ζευγάρι σταθμών. Έτσι αποφεύγονται αιτήσεις που οφείλονται σε δυσλειτουργίες των γραμμών ή γενικότερα του περιβάλλοντος λειτουργίας.
- Η διαδικασία που επιβάλλει το DPP, αντιμετωπίζει ισότιμα τους σταθμούς, υπό την έννοια ότι οι αιτήσεις τους εξυπηρετούνται εκ περιτροπής κυκλικά.
- Το πρωτόκολλο DPP μπορεί να επεκταθεί εύκολα έτσι ώστε να υποστηρίξει δύο επίπεδα προτεραιότητας.

Μειονεκτήματα:

- Ως μειονέκτημα του DPP μπορεί να θεωρηθεί η τυχόν ανάγκη για επιπλέον καλωδιακή υποδομή (υπενθυμίζεται ότι το hub συνδέεται με κάθε σταθμό με τέσσερα ζεύγη UTP).
- Η ανάγκη για καινούργια στοιχεία μεταγωγής (hubs και switches) και κάρτες προσαρμογής (αν και υπάρχουν κάρτες στις οποίες συνυπάρχουν υλοποιήσεις των 10 και 100 Mbps και απαιτείται μόνο μια απλή μεταγωγή).

## 5.11 Συσκευές Διασύνδεσης Δικτύων

Οι συσκευές που καλύπτουν τις ανάγκες διασύνδεσης δικτύων LAN με άλλα δίκτυα LAN ή δίκτυα δεδομένων (δημόσια ή ιδιωτικά) είναι οι ακόλουθες:

- Repeaters – Επαναληπτές
- Bridges – Γέφυρες
- Routers – Δρομολογητές
- Gateways – Πύλες

## Επαναλήπτες

Συνδέει δυο LAN του ιδίου τύπου, ουσιαστικά επιμηκύνοντας το φυσικό μέσο σύνδεσης. Λαμβάνει το σήμα από το ένα άκρο, το αναγεννά και το περνά στο άλλο καλωδιακό άκρο. Το καλωδιακό μέσο στα δυο άκρα του επαναλήπτη μπορεί να διαφέρει, π.χ. ομοαξονικό με UTP.

## Γέφυρες

Χρησιμοποιούνται για σύνδεση δυο LAN, είτε τοπικών είτε απομακρυσμένων. Στην απομακρυσμένη λειτουργία χρησιμοποιούνται δυο γέφυρες, δυο modem και μια τηλεφωνική γραμμή. Σε τοπική σύνδεση αρκεί μια γέφυρα μεταξύ των δυο δικτύων. Οι γέφυρες επιδρούν πάνω στο πλαίσιο κάνοντας τις απαραίτητες αλλαγές στα πεδία του πλαισίου, προκειμένου να ταιριάζει στο άλλο δίκτυο. Οι γέφυρες εργάζονται στο 2ο επίπεδο του OSI (Data Link) και είναι διαφανείς στα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου. Οι γέφυρες ελέγχουν την διεύθυνση του αποδέκτη. Αν ο αποδέκτης είναι στο ίδιο LAN με τον αποστολέα η γέφυρα αγνοεί το πακέτο. Σε αντίθετη περίπτωση η γέφυρα αποδέχεται το πακέτο και το δρομολογεί κατάλληλα.

## Δρομολογητές

Χρησιμοποιούνται για διασύνδεση τοπικών δικτύων LAN, όπου υπάρχουν περισσότερες από μια εναλλακτικές διαδρομές σύνδεσης. Τα πακέτα δεδομένων δρομολογούνται από το ένα LAN στο άλλο, χρησιμοποιώντας το 3ο OSI επίπεδο (Network Layer). Οι δρομολογητές προσφέρουν τρεις βασικές λειτουργίες:

- Δικτύωση Βρόχου

Δυνατότητα επιλογής του βέλτιστου δρόμου για την δρομολόγηση των δεδομένων, εκμεταλλευόμενη καλύτερα την διαθεσιμότητα του δικτύου (τεχνική αντιστοίχιση της Datagram). Η επιλογή του δρόμου γίνεται με στατικό τρόπο ή δυναμικά (παρακολουθώντας συνεχώς την κατάσταση φόρτου του δικτύου).

- Μείωση όγκου δεδομένων λόγω broadcast

Οι δρομολογητές σε αντίθεση με τις γέφυρες διακρίνουν τα πακέτα ως προς τον προορισμό τους και τα δρομολογούν κατάλληλα, αποφεύγοντας την διακίνηση μεγάλου όγκου δεδομένων στο δίκτυο λόγω broadcast και βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του δικτύου.

- Έλεγχος προσπέλασης

Παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου της προσπέλασης από τον υπεύθυνο του δικτύου, προκειμένου να επιτραπεί η πρόσβαση σε συγκεκριμένους χρήστες.

## Πύλες

Συσκευές με πολύπλοκες λειτουργίες που επιτρέπουν την σύνδεση ενός LAN με κεντρική μονάδα H/Y ή μέσα από ένα δημόσιο δίκτυο δεδομένων, όπως το X25. Διαθέτουν ευφυείς συσκευές, είναι όμως σχετικά αργές διότι απαιτούν χρόνο προσαρμογής.

## 5.12 Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς στα Τοπικά Δίκτυα

Η εξομοίωση Τοπικών Δικτύων είναι μια δικτυακή ικανότητα που επιτρέπει σε δίκτυα τύπου Ethernet/Περάσματος κουπονιού να επικοινωνούν απευθείας με σταθμούς ATM (και αντιστρόφως) σαν να χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο. Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών προσφέρουν υπηρεσίες "χωρίς σύνδεση" με βάση την αρχή της "καλύτερης προσπάθειας", δηλαδή δεν επανεκπέμπουν πακέτα τα οποία έχουν χαθεί ή δεν είναι έγκυρα., μεταφέροντας πακέτα δεδομένων μεταβλητού μήκους. Επίσης, υποστηρίζουν μεταφορά από σημείο σε σημείο, πολλαπλή εκπομή (multicast) και εκπομπή (broadcast). Πολλά από τα υπάρχοντα πρωτόκολλα στηρίζονται στη δυνατότητα εκπομπής. Από τους χρήστες δε ζητείται η εγκατάσταση σύνδεσης πριν την υποβολή δεδομένων για μετάδοση, ούτε και απαιτείται η περιγραφή των χαρακτηριστικών της κίνησης πριν από τη μετάδοση. Οι χρήστες απλά υποβάλουν το φορτίο τους στο τοπικό δίκτυο, το οποίο και δυναμικά διαμοιράζει το διαθέσιμο εύρος ζώνης μεταξύ των ενεργών χρηστών.

Ο πλέον βασικός παράγοντας εισαγωγής της τεχνολογίας ATM σε περιβάλλοντα τοπικών δικτύων, είναι η λεγόμενη "εξομοίωση Τοπικού Δικτύου" (LAN emulation). Ο όρος αναφέρεται στην τεχνική εξομοίωσης δικτύων IEEE 802 (Ethernet και Token Ring) πάνω από υποδομή ATM, δηλαδή προσπάθειας "μίμησης" από ένα ATM LAN της συμπεριφοράς ενός δικτύου IEEE 802.3 ή 802.5.

Για να γίνει εύκολα αντιληπτή η διαδικασία εξομοίωσης τοπικών δικτύων, θα πρέπει αρχικά να "καταγραφούν" εκείνα τα χαρακτηριστικά τους, που δεν μπορούν να παρασχεθούν απευθείας από ένα δίκτυο ATM και επομένως πρέπει να εξομοιωθούν.

Οι διαφορές των τοπικών δικτύων με τα ATM δίκτυα και οι οποίες πρέπει να επιλυθούν αφορούν τα εξής θέματα:

- Κατάτμηση και επανασύσταση των πλαισίων των τοπικών δικτύων
- Καθορισμός μεθόδων που θα παρέχουν υπηρεσίες χωρίς σύνδεση σε ένα περιβάλλον ATM
- Καθορισμός μεθόδων που θα παρέχουν υπηρεσίες broadcast/multicast
- Ανάγκη προσφοράς παρόμοιας με αυτή της "καλύτερης προσπάθειας", είτε μέσω της δημιουργίας "αποθέματος" εύρους ζώνης στο επίπεδο ATM, είτε απευθείας παροχή της δυνατότητας από το ATM (χρησιμοποιώντας την υπηρεσία ABR). Συνοδευτικά δημιουργείται η ανάγκη μιας μεθόδου ελέγχου συμφόρησης, μέσω ενός μηχανισμού που θα στηρίζεται είτε στον ρυθμό (rate-based) είτε στην παρεχόμενη "πίστωση" (credit-based).

Η μεθοδολογία εξομοίωσης αφορά:

- Τα δομικά στοιχεία εξομοίωσης ενός LAN από ATM και τις απαιτούμενες μεταξύ τους συνδέσεις
- Το μηχανισμό εξομοίωσης τοπικού δικτύου σύμφωνα με το ATM Forum.

Γενικά η εξομοίωση ενός τοπικού δικτύου χρησιμοποιώντας ATM, απαιτεί τόσο τη συνεργασία των σταθμών εργασίας όσο και την υλοποίηση υπηρεσιών που θα παρέχονται κεντρικά. Συγκεκριμένα:

- α) Σε κάθε σταθμό του τοπικού δικτύου εγκαθίσταται ο λεγόμενος "πελάτης εξομοίωσης τοπικού δικτύου" (LEC - LAN Emulation Client).
- β) Στο δίκτυο εισάγονται τρία νέα δομικά στοιχεία
  - Ο διαθέτης εξυπηρέτησης πλαισίων εκπομπής και "αγνώστων" πλαισίων σε όλους τους άμεσα συνδεδεμένους πελάτες εξομοίωσης LANs.
  - Ο διαθέτης εξομοίωσης τοπικού δικτύου (LES - LAN Emulation Server), με αντικείμενο την υποστήριξη του "πρωτοκόλλου ανάλυσης διεύθυνσης για εξομοίωση τοπικού δικτύου". Το πρωτόκολλο αυτό απαιτείται προκειμένου ο LEC αποστολής να βρει την ATM διεύθυνση του LEC προορισμού, που είναι υπεύθυνος για μια συγκεκριμένη MAC διεύθυνση προορισμού.
  - Ο διαθέτης σύνθεσης της εξομοίωσης Τοπικού Δικτύου. Στο διαθέτη αυτό συνδέεται ένας πελάτης (LEC) προκειμένου να πληροφορηθεί την ATM διεύθυνση του υπεύθυνου LES.

Σε ένα περιβάλλον χρήστη / εξυπηρετητή (client/server), η εξομοίωση των τοπικών δικτύων (LAN - Local Area Networks) μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα:

- Η εξομοίωση LAN παρέχει μηχανισμούς για υπάρχουσες client/server εφαρμογές στα LAN να "τρέξουν" πάνω σε ATM δίκτυα χωρίς τροποποίηση.
- Η εξομοίωση των LAN χρησιμοποιεί τα ATM ως "σκελετό" για την αλληλοσύνδεση των υπαρχόντων LANs προκειμένου να επιτευχθεί υψηλότερο πλάτος συχνότητας.
- Η εξομοίωση LAN επιτρέπει ποικίλες ακολουθίες LANs ή Virtual LANs (VLANs) να μοιράζονται από κοινού τα ίδια ATM δίκτυα. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει ένα φυσικό δίκτυο να εμφανίζεται σαν διαφορετικά λογικά δίκτυα.
- Η εξομοίωση LAN πρέπει να εφαρμόζεται απευθείας στα ATM δίκτυα.