



Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ

Τ.Ε.Ι. OF EPIRUS



ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Σ.Δ.Ο)  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS  
DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS,  
INFORMATICS AND MANAGEMENT

# *Gigabit* ETHERNET



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΤΣΑΡΑΔΗΜΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ** \_\_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

### **1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ** \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### **1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ETHERNET[1]** \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Η προέλευση του Ethernet : ALOHA (1968-1972) \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Η γέννηση του Ethernet στο Xerox PARC (1972-1977) \_ **Error! Bookmark not defined.**

-Η τυποποίηση του Ethernet (1979-1983) \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Η 3Com βγάζει το Ethernet στην παραγωγή (1980-1982) **Error! Bookmark not defined.**

-StarLAN: Μία σπουδαία ιδέα, εκτός από την ταχύτητα του (1984-1987) **Error! Bookmark not defined.**

-Η ιστορία του 10Base-T και της δομημένης καλωδίωσης (1986-1990) \_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Ethernet Switching και Full-duplex Ανάπτυξη (1990-1994) \_ **Error! Bookmark not defined.**

-Η εμφάνιση του Fast-Ethernet (1992-1995) \_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Οδηγώντας το Ethernet στον επόμενο αιώνα: VLANs και Layer3 Switching (1996-1998) \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

-Gigabit Ethernet (1995-1998) \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET** \_\_ *Error! Bookmark not defined.*

### **2.1 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ[2]** \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 2.1.1 Χρονοδιάγραμμα \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 2.1.2 Αρχιτεκτονική \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### **2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ 1<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ[2]** \_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 2.2.1 Πρότυπο 802.3z \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 2.2 Πρότυπο 802.3ab \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### **2.3 ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ 2<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ[1]** \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ Carrier extension \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ Frame bursting \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 802.3x full-duplex/flow control \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ Πρότυπα 802.1p, 802.1Q, 802.3ad \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ Full-Duplex repeater \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### **2.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΟ 3<sup>ο</sup> ΕΠΙΠΕΔΟ[12]** \_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ 1000Mbps** \_\_ *Error! Bookmark not defined.*

### **3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ GIGABIT ETHERNET[4]** **Error! Bookmark not defined.**

1) Εύκολη μετάβαση σε υψηλότερη απόδοση \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

2) Χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

2) Υποστήριξη νέων εφαρμογών και τύπων δεδομένων \_ **Error! Bookmark not defined.**

3) Ευέλικτο Internetworking και σχεδιασμός δικτύου **Error! Bookmark not defined.**

3.2 ΑΠΟΔΟΣΗ GIGABIT ETHERNET[3] \_\_ **Error! Bookmark not defined.**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ** \_\_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

4.1 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ[5] \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.1.1 1000BASE-SX \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.1.2 1000BASE-LX \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.1.3 1000BASE-CX \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.1.4 1000BASE-T \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

4.2 NETWORK COMPONENTS[5] \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.2.1 Repeaters και Full Duplex Repeaters **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.2.2 Switches και Bridges \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 4.2.3 Network Interface Cards (NICs) \_\_ **Error! Bookmark not defined.**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ GIGABIT ETHERNET** \_\_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

5.1 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ SWITCH-TO-SWITCH ΓΡΑΜΜΩΝ **Error! Bookmark not defined.**

5.2 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ SWITCH-TO-SERVER ΓΡΑΜΜΩΝ **Error! Bookmark not defined.**

5.3 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΝΟΣ SWITCH FAST ETHERNET BACKBONE **Error! Bookmark not defined.**

5.4 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΝΟΣ SHARED FDDI BACKBONE **Error! Bookmark not defined.**

5.5 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ **Error! Bookmark not defined.**

5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ** \_\_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

6.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET ΜΕ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ **Error! Bookmark not defined.**

6.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΓΟΡΑΣ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ-ΑΠΟΔΟΣΗ \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

6.3 ATM vs GIGABIT ETHERNET: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.1 Ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service) \_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.2 Κλιμακωτή επέκταση στο διαθέσιμο bandwidth\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.3 Κλιμακωτή επέκταση του δικτύου \_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.4 Προτυποποίηση \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.5 Κόστος \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.6 Πολυπλοκότητα \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

➤ 6.3.7 Μπορεί το Gigabit Ethernet σε συνδυασμό με το RSVP να ανταγωνιστεί το ATM; \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

## 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ATM \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

- 6.4.1 Το δίκτυο κορμού \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.2 Η ομάδα εργασίας (workgroup) \_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.3 Διασύνδεση των desktop σταθμών εργασίας **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.4 Εξυπηρετητές \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.5 Εικονικά τοπικά δίκτυα \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.6 Quality of service & Class of service **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.7 Συνύπαρξη ATM και Gigabit Ethernet σε υβριδικά δίκτυα \_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.8 Είναι τελικά οι δύο τεχνολογίες συμπληρωματικές; \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 6.4.9 Σύνοψη \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΟ 10G ETHERNET** \_\_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### 7.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### 7.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ **Error! Bookmark not defined.**

- 7.3.1 Σειριακή εφαρμογή \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.3.2 Παράλληλη εφαρμογή \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.3.3 Οι PMD \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.3.4 Φυσικό στρώμα \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.3.5 Συνδετική διάταξη με chip \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### 7.4 MAC \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

- 7.4.1 Full-duplex μόνο \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.4.2 Μορφή Πλαισίου MAC \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.4.3 Ρυθμός Δεδομένων \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**
- 7.4.4 Μηχανισμός Ρυθμού Προόδου (pacing mechanism) \_\_\_\_\_ **Error! Bookmark not defined.**

### 7.5 10G MEDIA INDEPENDENT INTERFACE (10GMII): **Error! Bookmark not defined.**

### 7.6 ΤΟ 10 GIGABIT ETHERNET ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ[13] **Error! Bookmark not defined.**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΙ ΕΠΙΦΥΛΑΣΣΕΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ** \_\_\_\_ *Error! Bookmark not defined.*

### 8.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET **Error! Bookmark not defined.**

### 8.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET **Error! Bookmark not defined.**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**



### ***1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ***

Το Ethernet σε όλες του τις μορφές είναι απλά η πιο επιτυχημένη τεχνολογία δικτύων LAN στην ιστορία. Η ευκολία της χρήσης του, η τεχνική του απλότητα και η ικανότητά του να «τρέχει» κατά μήκος υπαρχόντων δομών καλωδίωσης μαζί με την ικανότητά του να κλιμακώνεται από το αρχικό Ethernet των 3Mbps, μέχρι αυτό των 10 Mbps, των 100Mbps και τώρα αυτό των 1.000 Mbps, είναι μοναδικά. Το Ethernet

έχει δει μυριάδες τεχνολογιών δικτύου να συναγωνίζονται σε διάφορους χώρους εφαρμογής, από το IEEE 802.5 έως το ANSI X3T9 FDDI και το ATM. Σε όλες τις περιπτώσεις, το Ethernet έχει κυριαρχήσει στο χώρο των δικτύων LAN, υιοθετώντας νέους τύπους μέσων μετάδοσης, αυξάνοντας την ταχύτητα, υποστηρίζοντας ετερογενή δίκτυα, εφαρμογές πολυμέσων και υπηρεσίες Quality of Service (QoS).

Το πρωτόκολλο του Ethernet μπόρεσε επιτυχώς να χρησιμοποιήσει έναν μεγάλο αριθμό νέων δυνατοτήτων επειδή οι σχεδιαστές του, οι κατασκευαστές του και οι βασικές επιτροπές του παρέμειναν πιστές στους στόχους του αρχικού Ethernet και στις σχεδιαστικές αρχές της απλότητας, της λειτουργικότητας, της ευρωστίας και του χαμηλού κόστους. Με λίγα λόγια, το Ethernet παρέμεινε βιώσιμο ακριβώς επειδή υιοθετήθηκε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των πελατών του που αλλάζουν ενώ παρέμεινε εύκολο στη χρήση, εύκολο στην εγκατάσταση, εύκολο στη διατήρηση και οικονομικό.

Το Gigabit Ethernet είναι η πιο σημαντική πρόσφατη προσθήκη στο πρωτόκολλο του Ethernet. Παρέχει όλα τα γνωστά χαρακτηριστικά του Ethernet ενώ ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων έχει αυξηθεί στα 1000Mbps. Χρησιμοποιεί όλες τις αρχές που έκαναν το Ethernet να γνωρίσει τεράστια επιτυχία. Δανείστηκε μια γνωστή, δοκιμασμένη, τεχνολογία φυσικού στρώματος και δεν τροποποίησε τα σχέδια πλαισίου του Ethernet.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της τεχνολογίας του Gigabit Ethernet. Περιλαμβάνει οκτώ κεφάλαια και η διάρθρωσή της έχει ως εξής:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται οι σημαντικότεροι σταθμοί στην ιστορία του Ethernet, από την γέννησή του στο Xerox Palo Alto Research Center και την τυποποίηση του στις αρχές της δεκαετίας του '80 έως τον Μάιο του 1996 και την ίδρυση της Gigabit Ethernet Alliance (GEA).

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η τεχνολογία του Gigabit Ethernet. Αναλυτικότερα, εξετάζεται η αρχιτεκτονική του καθώς και η τεχνολογία που εφαρμόζεται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο αλλά και οι αλλαγές που έχουν υλοποιηθεί στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο εξετάζονται τα βασικά πλεονεκτήματα που συγκεντρώνει η τεχνολογία του Gigabit Ethernet καθώς και η αναμενόμενη απόδοσή του.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθενται θέματα που αφορούν την καλωδίωση του προτύπου.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο εξετάζονται οι τρόποι μετάβασης σε Gigabit Ethernet δίκτυα καθώς και το απαιτούμενο κόστος.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιείται σύγκριση του Gigabit Ethernet με ανταγωνιστικές τεχνολογίες και αναφέρονται τρόποι συνδυασμένης χρήσης του.

Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στο νεότερο μέλος της οικογένειας των δικτύων Ethernet, το 10Gigabit Ethernet.

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται λόγος για την ανάγκη ύπαρξης του Gigabit Ethernet και για τα θέματα που πρέπει να επιλυθούν έτσι ώστε να γίνει δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του.

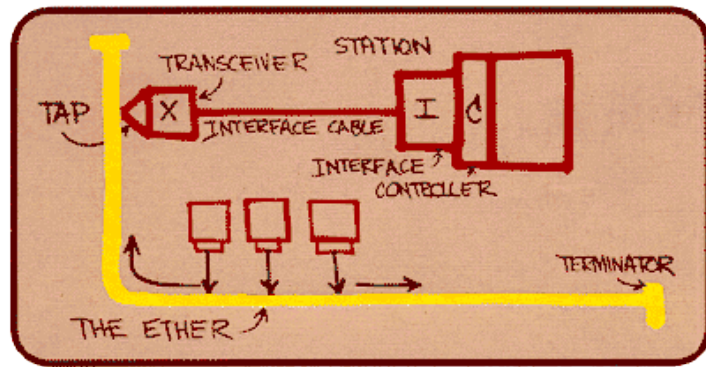
## **1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ETHERNET[1]**

### **-Η προέλευση του Ethernet : ALOHA (1968-1972)**

Το σημείο-κλειδί στο Ethernet είναι η χρήση του διαμοιραζόμενου καναλιού μετάδοσης. Η ιδέα αυτή ξεκίνησε στο Πανεπιστήμιο της Hawaii στα τέλη της δεκαετίας του '60 όταν ο Norman Abramson και οι συνάδελφοι του ανέπτυξαν ένα ραδιοφωνικό δίκτυο που το ονόμασαν «σύστημα ALOHA». Η αρχική ταχύτητα του συστήματος ήταν 4.800bps και αργότερα αυξήθηκε στα 9.600bps. Το είδος αυτού του δικτύου ονομάζεται δίκτυο βασισμένο στον ανταγωνισμό (contention-based network) επειδή οι διαφορετικοί σταθμοί που απαρτίζουν το δίκτυο, ανταγωνίζονται για το ίδιο κανάλι. Η αποδοτικότητα του συστήματος ALOHA υπολογίστηκε ίση με το 17% της θεωρητικής χωρητικότητάς του. Το 1972 το ALOHA αναβαθμίστηκε στο slotted ALOHA, μια αλλαγή που διπλασίαζε την αποδοτικότητα του.

### **-Η γέννηση του Ethernet στο Xerox PARC (1972-1977)**

Το Ethernet όπως το γνωρίζουμε σήμερα, ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1972 όταν ξεκίνησε η συνεργασία του Bob Metcalfe με το Computer Science Laboratory του Xerox Palo Alto Research Center. Εκεί ο Metcalfe σχεδίασε το ALTO ALOHA network, ένα δίκτυο που βασιζόταν στο σύστημα ALOHA και θα συνέδεε ένα μεγάλο αριθμό από υπολογιστές του ALTO για να υποστηρίξει την έρευνα στο "γραφείο του μέλλοντος". Το ALTO ALOHA Network, το πρώτο στον κόσμο τοπικό δίκτυο προσωπικών υπολογιστών, λειτούργησε τον Μάιο του 1973. Το όνομα του Ethernet προέρχεται από τον όρο 'luminiferous Ether', που ήταν μία ουσία που αρχικά θεωρούνταν ως το υλικό από το οποίο αποτελούνταν τα ουράνια σώματα, το φεγγάρι και κάποια αστέρια. Εκείνη την ημέρα ο Metcalfe έγραψε ένα υπόμνημα ανακοινώνοντας ότι άλλαξε το όνομα του δικτύου σε Ethernet. Το πρώτο Ethernet σύστημα έγινε γνωστό ως το "πειραματικό Ethernet" το οποίο λειτουργούσε στα 2,94Mbps.



\*Σχεδιάγραμμα του πρώτου συστήματος

Ethernet από τον Bob Metcalfe

Το Ethernet ήταν ένα μεγάλο βήμα σε σχέση με το προγενέστερο δίκτυο ALOHA. Το κύριο χαρακτηριστικό του ονομαζόταν carrier-sense, δηλαδή ένας σταθμός άκουγε πριν μεταδώσει το δικό του πακέτο δεδομένων (data stream), καθώς και ένα βελτιωμένο σχήμα επαναμετάδοσης που επέτρεπε τη χρήση του δικτύου σχεδόν στο 100%. Το 1976 το πειραματικό Ethernet συνέδεε 100 κόμβους στο PARC πάνω από thick ομοαξονικό καλώδιο μήκους 1000 μέτρων. Στο τέλος του 1977 ο Metcalfe και οι συνάδελφοι του κατοχύρωσαν μια ευρεσιτεχνία για το "Multipoint Data Communication System with Collision Detection". Αυτό το σύστημα μετάδοσης είναι το γνωστό CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection). Έτσι, γεννήθηκε το Ethernet.

### **-Η τυποποίηση του Ethernet (1979-1983)**

Στο τέλος του 1970 είχαν αναπτυχθεί δεκάδες διαφορετικές τεχνολογίες τοπικών δικτύων εκτός από το Ethernet. Αυτό όμως που έκανε το Ethernet να επικρατήσει δεν ήταν τόσο η τεχνική του ανωτερότητα ή η ταχύτητα, όσο η ιδέα του δημιουργού του να τυποποιήσει το Ethernet και να μη το αφήσει να αναπτυχθεί μόνο από ένα προμηθευτή. Τον Ιούνιο του 1979 οι DEC, Intel και Xerox προγραμματίσαν τριμερείς συναντήσεις που πραγματοποιήθηκαν το φθινόπωρο του 1979. Ένα χρόνο αργότερα οι εταιρείες αυτές δημοσίευσαν το Ethernet Blue Book, ή DIX Ethernet v1.0 specification. Παράλληλα, η IEEE οργάνωσε μια επιτροπή που ήταν υπεύθυνη να ορίσει και να προωθήσει βιομηχανικά πρότυπα LAN, που ονομάστηκε project 802. Τον Ιούνιο του 1981 η επιτροπή αυτή σχημάτισε την υποεπιτροπή 802.3 για να παράγει ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο βασισμένο στη δουλειά της DIX. Μετά από 1.5 χρόνο, 19 εταιρείες ανακοίνωσαν το νέο IEEE 802.3 draft standard. Το 1983 το draft ολοκληρώθηκε ως το IEEE 10BASE5 standard. Σήμερα, το Ethernet και το 802.3 θεωρούνται ισοδύναμα. Η διεθνής αναγνώριση για το IEEE 802.3 standard ήρθε το 1989 όταν η ISO υιοθέτησε το Ethernet ως standard number ISO 88023, προσδίδοντας παγκόσμια παρουσία.

### **-Η 3Com βγάζει το Ethernet στην παραγωγή (1980-1982)**

Τον Ιούνιο του 1979, ο Metcalfe και οι συνεργάτες του ίδρυσαν την 3Com Corporation. Το 1981 η 3Com άρχισε να αναπτύσσει το EtherLink ISA adapter, το οποίο αποτέλεσε μια τεχνολογική καινοτομία. Η 3Com παρουσίασε και μια καινούρια, λεπτότερη μέθοδο καλωδίωσης που είναι γνωστή ως thin Ethernet, η



οποία σύντομα έγινε 'de facto' standard αφού είχε αρκετά πλεονεκτήματα: περιόριζε την ανάγκη για εξωτερικό πομποδέκτη και καλώδιο πομποδέκτη, ήταν φθηνότερη, και έκανε τη δικτύωση περισσότερο φιλική προς το χρήστη, αφού το λεπτό ομοαξονικό καλώδιο ήταν πιο εύκολο στην εγκατάσταση και τη χρήση. Στο τέλος του 1983, οι πωλήσεις του Etherlink είχαν εκτοξευτεί και το 1984 η 3Com έκανε δημόσια προσφορά του stock της. Οι 3Com, ICL και Hewlett-Packard υπέβαλλαν την ιδέα του thin Ethernet στην IEEE, που το υιοθέτησε ως επίσημο standard το 1984. Το standard ήταν γνωστό ως 10BASE2, ή λόγω του ότι ήταν φθηνότερο, Cheapernet.

#### ***-StarLAN: Μία σπουδαία ιδέα, εκτός από την ταχύτητα του (1984-1987)***

Όμως το thin Ethernet είχε κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, εάν ένας χρήστης κατά λάθος αποσύνδεε το ομοαξονικό καλώδιο, το δίκτυο δεν θα λειτουργούσε. Πρόβλημα ήταν και το network reconfiguration εάν ένας χρήστης μετακόμιζε σε άλλη θέση. Στο τέλος του 1983, η Intel μαζί με την AT&T και την NCR άρχισαν να δοκιμάζουν εάν το Ethernet λειτουργεί πάνω από UTP τηλεφωνικό καλώδιο. Η AT&T πρότεινε μια τοπολογία αστέρα, παρόμοια με αυτή της υπάρχουσας τηλεφωνικής καλωδιακής υποδομής. Τα πλεονεκτήματα ήταν ότι οι διαμορφώσεις αστέρα είναι πιο εύκολες και φθηνές όσο αφορά την εγκατάσταση, τη διαχείριση και την επίλυση τυχόν προβλημάτων. Η IEEE 802 επιτροπή οργάνωσε την StarLAN task force και το 1986 το 1BASE5 ήταν το νέο standard. Μάλιστα, αρκετοί κατασκευαστές όπως η Hewlett-Packard και η AT&T άρχιζαν να πωλούν StarLAN hubs και NICs. Καθώς όμως η ταχύτητα του 1Mbps θεωρήθηκε χαμηλή, το StarLAN 'πέθανε' το 1987, όταν η SynOptics παρουσίασε το LATTISNET, που προσέφερε full-speed 10-Mbps Ethernet πάνω από κανονική τηλεφωνική γραμμή.

#### ***-Η ιστορία του 10Base-T και της δομημένης καλωδίωσης (1986-1990)***

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 η επανάσταση των προσωπικών υπολογιστών (PCs) είχε ξεκινήσει και μαζί τους και η δικτυακή τεχνολογία. Δύο ακόμα γεγονότα συνέβησαν που έδωσαν στο Ethernet μια επιπλέον ώθηση. Το 1985 η Novell άρχισε να πουλάει το Netware, ένα λειτουργικό σύστημα υψηλής απόδοσης σχεδιασμένο ειδικά για τη δικτύωση PCs. Το άλλο γεγονός ήταν το 10BASE-T: full-speed 10Mbps Ethernet πάνω από UTP τηλεφωνικό καλώδιο.

#### ***Fiber Ethernet και UTP Ethernet***

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, με τις οπτικές ίνες να κάνουν τη παρουσία τους αισθητή, η Xerox αποφάσισε να εξετάσει το Ethernet πάνω από οπτική ίνα. Μάλιστα βρέθηκε ότι το Ethernet μπορούσε να λειτουργήσει πάνω από οπτική ίνα σε διαμόρφωση αστέρα και όχι σε τοπολογία διαύλου.

#### ***Δομημένη καλωδίωση: StarLAN και Token Ring***

Το 1985 η IBM άρχισε να διαθέτει στην αγορά το 4Mbps Token Ring LAN, το δικό της δικτυακό πρωτόκολλο. Αν και το Token Ring είχε τη μισή ταχύτητα από το 10Mbps Ethernet είχε το πλεονέκτημα ότι βασιζόταν σε ένα δομημένο καλωδιακό σύστημα που ενσωματώνει ένα κεντρικό concentrator-hub και καλώδιο στη διασύνδεση των κόμβων.

#### ***Το 10BASE-T εγκρίνεται ως IEEE standard***

Το πρώτο προϊόν της SynOptics, το LATTISNET, κυκλοφόρησε στην αγορά στις 17 Αυγούστου 1987. Την ίδια μέρα η IEEE 802.3 συναντήθηκε για να συζητηθεί

η υλοποίηση του 10Mbps Ethernet πάνω από UTP, που αργότερα θα ονομαστεί 10BASE-T. Το φθινόπωρο του 1990 το νέο πρότυπο 802.3i/10BASE-T υιοθετήθηκε επίσημα.

### Ο θάνατος του Token Ring

Το μέλλον του Token Ring άρχισε να κλονίζεται τον Δεκέμβριο του 1987, όταν η SynOptics πούλησε τα πρώτα της Ethernet hubs στην Texas Instruments και την Boeing Aircraft Company. Μόλις στη δεκαετία του 1990 η networking division της IBM άρχισε να συνειδητοποιεί ότι το Token Ring δεν θα αντικαταστούσε το Ethernet και ότι η στρατηγική της είχε αποτύχει. Το 1992 ήταν το τελειωτικό χτύπημα. Μέσα σε τέσσερα χρόνια, το Ethernet είχε δεκαπλασιάσει τις πωλήσεις, από 1 εκατομμύριο κομμάτια το 1988, σε 10 εκατομμύρια το 1992.

### **-Ethernet Switching και Full-duplex Ανάπτυξη (1990-1994)**

Στο τέλος της δεκαετίας του 1980 η αγορά απαιτούσε πλέον γρηγορότερες δικτυακές υποδομές: Πολλαπλά Ethernet LANs διασυνδέονταν μεταξύ τους. Η διασύνδεση διαφορετικών LANs αύξανε την κίνηση σημαντικά, καθώς περισσότεροι χρήστες ανταγωνίζονταν για το ίδιο περιορισμένο bandwidth.

Μέσα στο 1990 εμφανίστηκε μια bridge που παρουσίαζε αρκετές διαφορές σε σχέση με τις υπάρχουσες υλοποιήσεις, η Kalpana EtherSwitch EPS-700.

Το **EtherSwitch** ήταν αρκετά διαφορετικό: Το switch διέθετε μια αρχιτεκτονική που επέτρεπε πολλαπλές ταυτόχρονες μεταδόσεις data, όπως ένα τηλεφωνικό switch. Έτσι οι χρήστες δεν μοιράζονταν πια το bandwidth με άλλους, βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση. Το EtherSwitch χρησιμοποιούσε μια νέα bridging τεχνολογία που ονομάζεται cut-through αντί για τη συμβατική store-and-forward. Αυτό βελτίωνε αρκετά τους χρόνους καθυστέρησης. Το EtherSwitch πωλήθηκε ως ένα δικτυακό switch για τη βελτίωση της απόδοσης των LAN's, και όχι ως bridge.

Το 1993 η Kalpana έφερε άλλη μια καινοτομία: **full-duplex Ethernet**. Τα πλεονεκτήματα ήταν προφανή: Η ταυτόχρονη αποστολή και λήψη δεδομένων μπορεί θεωρητικά να διπλασιάσει το data transmission rate. Το 1997 η IEEE επικύρωσε το 802.3x full-duplex/flow-control standard.

### **-Η εμφάνιση του Fast-Ethernet (1992-1995)**

Τα network switches ήταν τέλειες συσκευές για να μειώσουν τη δικτυακή συμφόρηση, όμως κάθε Ethernet Switch μπορούσε να προσφέρει στο μέγιστο 10Mbps ανά θύρα. Η μόνη σοβαρή τεχνολογία για εφαρμογές που απαιτούσαν πάνω από 10Mbps ήταν το FDDI, μια ακριβή 100Mbps fiber-based τεχνολογία. Δυστυχώς το FDDI δεν έγινε ποτέ κυρίαρχη τεχνολογία λόγω του υψηλού κόστους και της πολυπλοκότητας.

Ένα θέμα που απασχολούσε την IEEE 802 το 1992 ήταν τα δίκτυα υψηλότερων ταχυτήτων. Παρουσιάστηκαν δύο τεχνικές προτάσεις. Η πρώτη πρότεινε τη διατήρηση του Ethernet πρωτοκόλλου, ενώ η δεύτερη παρότρυνε για ένα εντελώς καινούριο MAC πρωτόκολλο για μετάδοση 100Mbps. Αυτό ήταν η απαρχή του "πολέμου". Επειδή η IEEE δεν μπορούσε να δώσει λύση στο θέμα, οι εταιρείες

πήραν την κατάσταση στα χέρια τους και ίδρυσαν την Fast Ethernet Alliance με σκοπό να αναπτυχθούν λύσεις 100Mbps Ethernet βασισμένα στο υπάρχον standard.

Τα ακόλουθα γεγονότα συνέβησαν: Τον Οκτώβριο του 1993, η **Fast Ethernet Alliance** δημοσίευσε το 100BASE-X interoperability specification της, γνωστό ως 100BASE-TX. Τον Μάρτιο του 1995, η IEEE και η Executive Comitee δέχτηκαν την IEEE 802.3u specification.

### ***-Οδηγώντας το Ethernet στον επόμενο αιώνα: VLANs και Layer3 Switching (1996-1998)***

Η IEEE είναι στην εμπροσθοφυλακή πολλών διαφορετικών προσπαθειών για να οδηγήσει το Ethernet στον επόμενο αιώνα. Μετά την υιοθέτηση του IEEE 802.3u το 1995, ξεκίνησαν αρκετές Ethernet καινοτομίες. Μεταξύ αυτών είναι το Gigabit Ethernet (802.3z), το νέο IEEE 802.3x full-duplex/flow control standard, το 802.1p standard για την προτεραιότητα του packet flow και το 802.1Q standard για virtual LAN (VLAN) tagging. Το Layer3 switching, αν και δεν είναι νέο standard, αλλά μάλλον ένας συνδυασμός από καινοτομίες hardware, μπορεί να προστεθεί στη λίστα αυτή.

### ***-Βιομηχανικές συγχωνεύσεις και τάσεις απόκτησης (1993-1998)***

Στις αρχές του 1990, οι κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού διαπίστωσαν ότι έπρεπε να προσφέρουν one-stop shopping, όχι μόνο ανεξάρτητα προϊόντα, για να μείνουν ανταγωνιστικές. Οι νέες εταιρείες που ιδρύονται έχουν στο μυαλό τους την εξής στρατηγική : "ανέπτυξε πρώτα μια τεχνολογία, προώθησέ την στην αγορά, και μετά πουλήσου σε ένα μεγάλο παίκτη". Οι σημερινοί γίγαντες της Networking Industry είναι οι Cisco, 3Com, Bay Networks και η Cabletron.

### ***-Gigabit Ethernet (1995-1998)***

Το ερώτημα που τίθεται εύλογα είναι: Εφόσον από τα 10Mbps πήγαμε στα 100Mbps, γιατί όχι και στα 1000Mbps;

Το Νοέμβριο του 1995 η IEEE 802.3 σχημάτισε μια νέα ομάδα για να ερευνήσει τη δυνατότητα του Ethernet να τρέξει σε gigabit per second. Τον Μάρτιο του 1996, η IEEE σχημάτισε το νέο 802.3z group για να τυποποιήσει το Gigabit Ethernet. Τον Μάιο του 1996, οι εταιρείες της Fast Ethernet Alliance μαζί με κάποιες νέες, οργάνωσαν την **Gigabit Ethernet Alliance (GEA)**.

Στόχος του Gigabit Ethernet ήταν αρχικά η switched full-duplex μετάδοση πάνω από οπτική ίνα, αντιτιθέμενο σε shared-media χαλκό. Ο λόγος ήταν ότι το Gigabit Ethernet θα χρησιμοποιείτο αρχικά για να συνδέσει διαφορετικά backbones ή superservers και workstations. Μερικά μέλη της IEEE σκέφτηκαν όμως ότι μια υλοποίηση βασισμένη σε χαλκό και σε shared-media έπρεπε να συμπεριληφθεί. Έτσι η IEEE υιοθέτησε ένα συμβιβασμό. Ένα υψηλότερης ποιότητας χάλκινο μέσο θα εξεταζόταν. Μια νέα task force, η 802.3ab, θα εστίαζε σε UTP κατηγορίας 5 στο desktop.

Το πρότυπο καλωδίωσης του Gigabit προήλθε από την τεχνολογία Fiber Channel και το Gigabit Ethernet περιλαμβάνει ένα buffered repeater section, που επιτρέπει να χτιστούν οικονομικοί shared-media repeaters.

Το 802.3z standard τελείωσε τον Ιούνιο του 1998. Η τελική τυποποίηση περιλαμβάνει μια CSMA/CD MAC engine καθώς και τρία cabling standards- το 1000BASE-SX και LX για οπτική ίνα, και το 1000BASE-CX για υψηλής ποιότητας copper cabling. Είναι φανερό ότι το Ethernet θα συνεχίσει να βελτιώνεται και θα παραμείνει το data communications standard και την επόμενη, τουλάχιστον, δεκαετία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET**

## 2.1 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ[2]

### 2.1.1 Χρονοδιάγραμμα

Τον Ιούλιο του 1996 η IEEE 802.3 working group δημιούργησε την 802.3z Gigabit Ethernet task force. Σκοπός της 802.3z ήταν η ανάπτυξη του προτύπου Gigabit Ethernet με τους εξής στόχους:

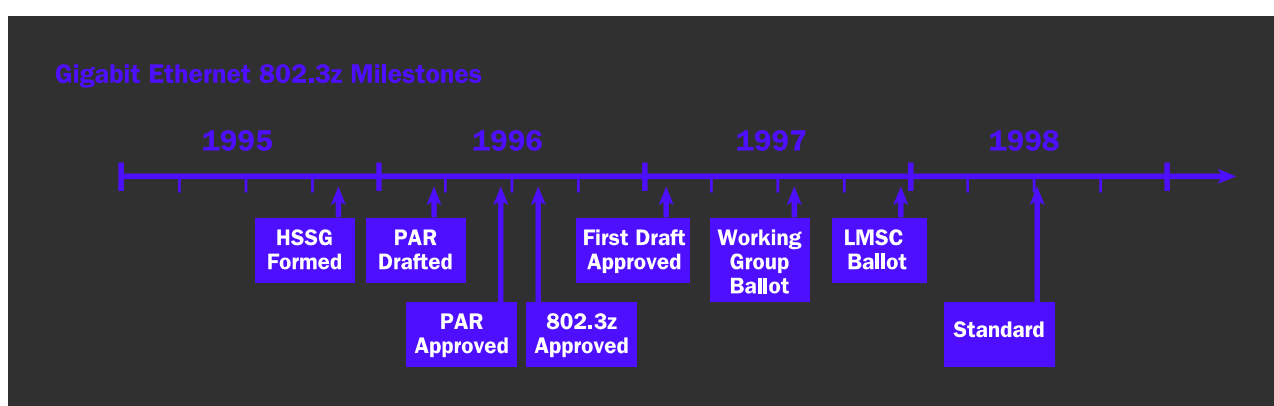
- half-duplex και full-duplex λειτουργία σε ταχύτητες της τάξης των 1000Mbps
- χρήση του ήδη υπάρχοντος 802.3 προτύπου για πλαίσια Ethernet
- χρήση της μεθόδου CSMA/CD με υποστήριξη ενός repeater ανά πεδίο σύγκρουσης (collision domain)
- προς τα πίσω συμβατότητα με τα πρότυπα 10BASE-T (Ethernet) και 100BASE-T (Fast Ethernet).

Ως προς την τεχνολογία των συνδέσεων, τέθηκε ως στόχος η λειτουργία του προτύπου πάνω σε:

- πολύτροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 550 μέτρων (1000BASE-SX)
- μονότροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 3 χιλιομέτρων που αργότερα επεκτάθηκε στα 5 χιλιόμετρα (1000BASE-LX)
- χάλκινο (short-haul copper) καλώδιο μέγιστου μήκους 25 μέτρων (1000BASE-CX).

Επίσης δημιουργήθηκε η υποεπιτροπή IEEE 802.3ab με σκοπό την ανάπτυξη του 1000BASE-T προτύπου που θα υποστηρίζει Gigabit Ethernet πάνω σε αθωράκιστο συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων κατηγορίας 5 (UTP CAT5) και μέγιστο μήκος 100 μέτρα.

Το χρονοδιάγραμμα προέβλεπε την έγκριση των προτύπων 1000BASE-LX, SX και CX μέσα στο 1998 ενώ για το 1000BASE-T μέσα στο 1999 (εικ. 2.1).

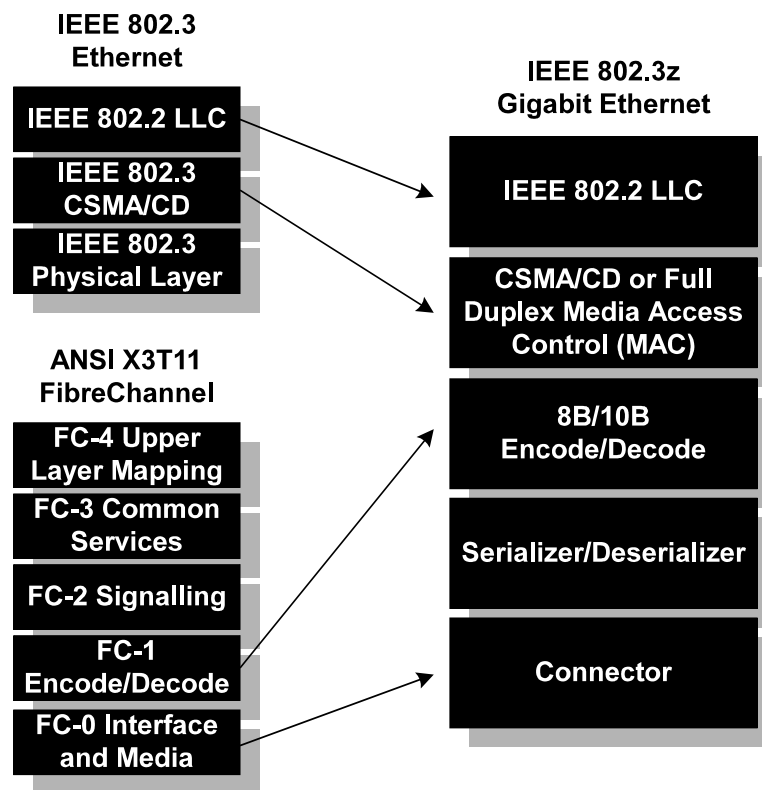


Εικόνα 2.2: Χρονοδιάγραμμα του Gigabit Ethernet (802.3z)

Η διαδικασία για το 802.3z τελικά ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 1998 ενώ για το 802.3ab βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη.

### 2.1.2 Αρχιτεκτονική

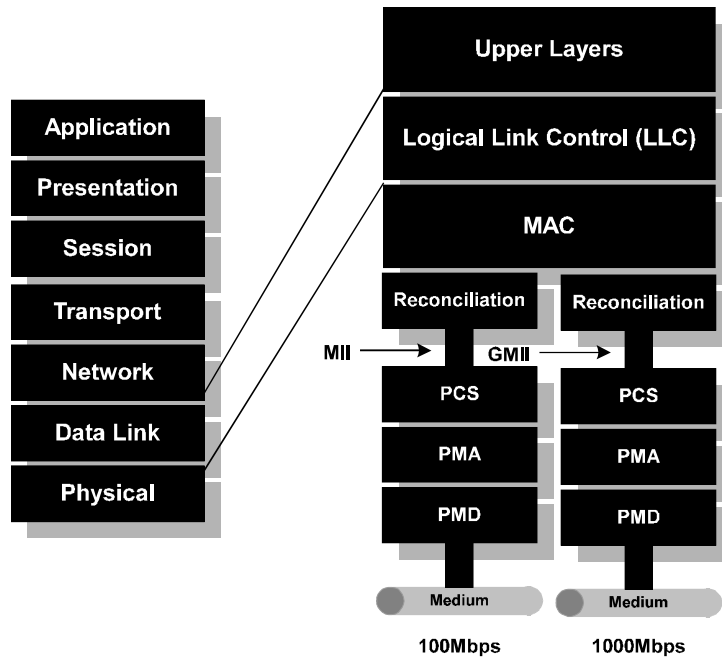
Για την επίτευξη ταχυτήτων τάξης 1Gbps χρειάζεται να γίνουν πολλές αλλαγές στο επίπεδο του φυσικού μέσου. Αποφασίστηκε επίσης ότι από το επίπεδο σύνδεσης και πάνω το Gigabit Ethernet πρέπει να ταυτίζεται σε συμπεριφορά με το Ethernet. Έτσι για την υλοποίηση επιλέχθηκε ο συνδυασμός δύο τεχνολογιών (προτύπων): της IEEE 802.3 Ethernet και της ANSI X3T11 Fibre Channel (εικ. 2.2).



**Εικόνα 2.2:** Gigabit Ethernet Protocol Stack

Αυτό σημαίνει ότι το πρότυπο μπορεί να εκμεταλλευτεί την ήδη υπάρχουσα, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο φυσικό μέσο, τεχνολογία του FibreChannel, ενώ διατηρείται ταυτόχρονα το πρότυπο πλαισίου του Ethernet και η προς τα πίσω συμβατότητα με την εγκατεστημένη βάση συστημάτων.

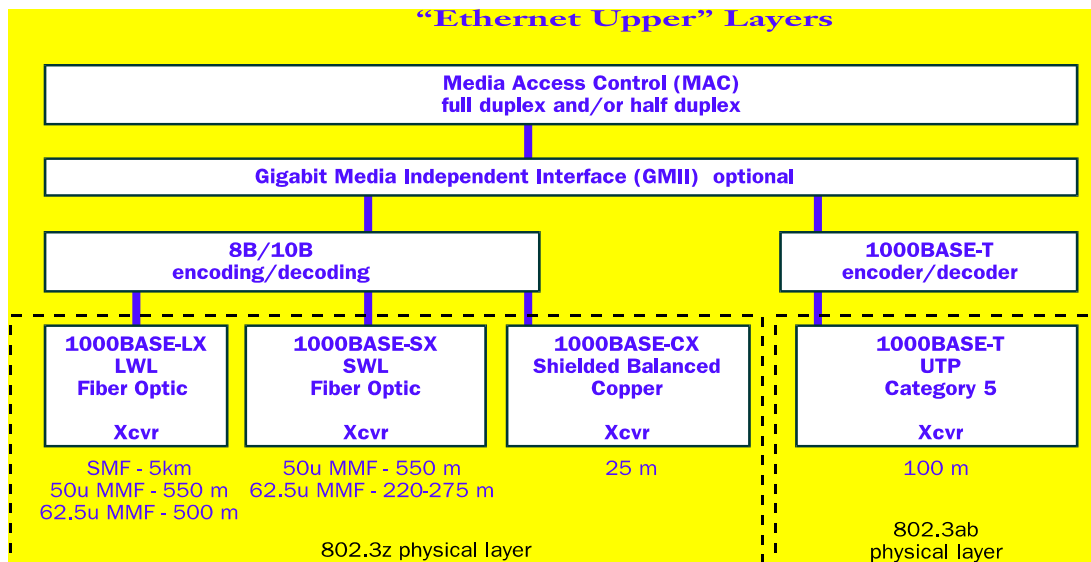
Το αρχιτεκτονικό μοντέλο του Gigabit Ethernet παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3.



**Εικόνα 2.3:** Αρχιτεκτονική IEEE 802.3z Gigabit Ethernet

## 2.2 Τεχνολογία στο 1ο επίπεδο[2]

Το Gigabit Ethernet υποστηρίζει full-duplex λειτουργία για συνδέσεις switch-to-switch και switch-to-end-station, και half-duplex λειτουργία για διαμοιραζόμενες συνδέσεις με τη χρήση repeater και της μεθόδου CSMA/CD. Αρχικά θα λειτουργούσε πάνω σε οπτική ίνα με προοπτική να εκμεταλλευτούν στο μέλλον και συνδέσεις τύπου Category 5 UTP. Στην εικόνα 2.4 παρουσιάζονται τα λειτουργικά στοιχεία του Gigabit Ethernet:



**Εικόνα 2.4:** Λειτουργικά στοιχεία του Gigabit Ethernet

### 2.2.1 Πρότυπο 802.3z

#### • Long-Wave και Short-Wave lasers πάνω σε οπτική ίνα

Δύο laser πρότυπα υποστηρίζονται πάνω σε οπτική ίνα: το 1000Base-SX (short-wave laser) και το 1000Base-LX (long-wave laser), και τα δύο πάνω σε πολύτροπη οπτική ίνα διαμέτρου 62.5 και 50 micron, αντίστοιχα. Με μονότροπη οπτική ίνα θα χρησιμοποιείται long-wave laser που είναι βελτιστοποιημένο για χρήση σε αυτό το είδος ίνας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένοι κατασκευαστές προωθούν ένα ακόμη πρότυπο, ανεξάρτητο με τα πρότυπα της IEEE, το 1000Base-LH το οποίο υποστηρίζει μετάδοση πάνω σε μονότροπη οπτική ίνα και καλύπτει αποστάσεις μέχρι και 100 χιλιόμετρα.

Οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών long και short-wave laser είναι το κόστος και η απόσταση μετάδοσης που υποστηρίζουν. Η μετάδοση με laser πάνω σε οπτική ίνα εξαρτάται άμεσα από το βαθμό της εξασθένησης (attenuation) του σήματος στο καλώδιο. Η εξασθένηση αυξάνει ανάλογα με τη συχνότητα του σήματος, έτσι επιβάλλεται να χρησιμοποιούνται οι μικρότερες δυνατόν συχνότητες που μπορούν να υποστηρίξουν το επιθυμητό ρυθμό δεδομένων. Το long-wave laser παρουσιάζει ελαττωμένη εξασθένηση για μεγαλύτερα μήκη κύματος από το short-wave και έτσι επιτυγχάνει μεγαλύτερες αποστάσεις κατά τη μετάδοση, όμως ως μεταγενέστερη τεχνολογία είναι και ακριβότερη (τα short-wave lasers χρησιμοποιούνται ήδη στην τεχνολογία του CD).

Η μονότροπη οπτική ίνα παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν για μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις (στο Ethernet για παράδειγμα μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 χιλιόμετρα). Με τη σημερινή τεχνολογία μπορούμε να έχουμε οπτικές ίνες με διάμετρο πυρήνα 9micron και 1300nanometer laser.

Το Gigabit Ethernet θα υποστηριχθεί πάνω σε δύο τύπους οπτικής ίνας: διαμέτρου 62.5 και 50 micron. Η 62.5micron ίνα είναι πιο συνηθισμένη και έχει χρησιμοποιηθεί από το Ethernet, το Fast Ethernet και το FDDI για το δίκτυο κορμού (backbone). Στα μειονεκτήματά της είναι το χαμηλό modal bandwidth (δηλαδή η ικανότητα να μεταδίδει το φως) ειδικά για short-wave lasers. Η 50micron ίνα έχει



σημαντικά μεγαλύτερο modal bandwidth και υποστηρίζει καλύτερα short-wave laser (εικ. 2.5).

Standard	Fiber Type	Diameter (microns)	Modal Bandwidth (MHz* km)	Minimum Range Meters
1000BASE-SX	MM	62.5	160	2 to 220*
	MM	62.5	200	2 to 275**
	MM	50	400	2 to 500
	MM	50	500	2 to 550***
1000BASE-LX	MM	62.5	500	2 to 550
	MM	50	400	2 to 550
	MM	50	500	2 to 550
	SM	9	N/A	2 to 5000

Notes:

\* The TIA 568 building wiring standard specifies 160/500 MHz\*km multimode fiber

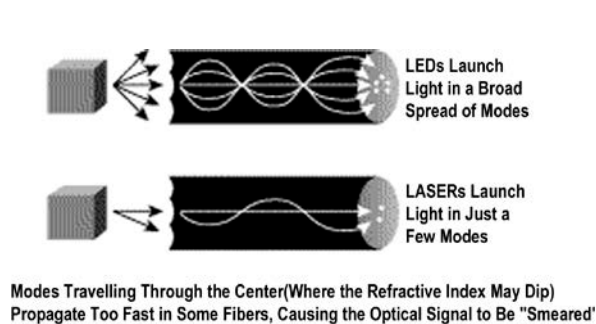
\*\* The international ISO/IEC 11801 building wiring standard specifies 200/500 MHz\*km multimode fiber

\*\*\* The ANSI Fibre Channel specification specifies 500/500 MHz\*km 50 micron multimode fiber and 500/500 fiber has been proposed for inclusion in ISO/IEC 11801.

**Εικόνα 2.5:** Αποστάσεις για μετάδοση με οπτική ίνα στο Gigabit Ethernet

Η πολύτροπη οπτική ίνα είχε σχεδιαστεί αρχικά για χρήση με LED σε μικρές αποστάσεις και όχι για laser. Οι εκτεταμένοι έλεγχοι, που έγιναν από την IEEE 802.3z πάνω στο laser και τη συμπεριφορά του σε πολύτροπες οπτικές ίνες, ανακάλυψαν προβλήματα στο σήμα, που προκαλούνταν από ένα φαινόμενο, γνωστό ως differential mode delay (DMD), (εικ 2.6). Καθώς μία ακτίνα φωτός διαπερνά την ίνα και δέχεται παραμόρφωση, το φαινόμενο DMD μπορεί να προκαλέσει τη διαίρεσή της σε δύο ή περισσότερες ακτίνες και φυσικά να οδηγήσει σε απώλεια δεδομένων. Το φαινόμενο δεν είχε παρατηρηθεί στη ήδη χρησιμοποιούμενη και δοκιμασμένη τεχνολογία του FibreChannel εξαιτίας των μικρών αποστάσεων που αυτή προβλέπει.

Το πρόβλημα διορθώνεται αν το φως που διαπερνά τον πυρήνα σε ευθεία γραμμή εκτραπεί κατά κάποια μικρή γωνία. Η μέθοδος αυτή ονομάστηκε “conditioned launch” (εικ. 2.7) και για την επίτευξη της απαιτείται η εγκατάσταση στο καλώδιο της σύνδεσης μιας ειδικής προέκτασης.



Εικόνα 2.6: Περιγραφή του Differential Mode Delay

- Prohibit LASER-Based Transmitters from Concentrating Their Light in the Center of a Fiber
- This is Referred to as "Conditioned Launch"



Εικόνα 2.7: Περιγραφή του Conditioned Launch

### • 150-Ohm θωρακισμένο χάλκινο καλώδιο (1000Base-CX)

Για συνδέσεις μικρότερες των 25 μέτρων, το Gigabit Ethernet επιτρέπει μετάδοση πάνω σε ένα, ειδικού τύπου, 150-Ohm χάλκινο καλώδιο. Ο συγκεκριμένος τύπος δεν είναι UTP 5 ή IBM Type I ή II αλλά ένα νέο είδος θωρακισμένου καλωδίου. Για να μεγιστοποιηθεί η ασφάλεια και η προστασία από παρεμβολές, που προκαλούνται από διαφορές στην τάση, ο δέκτης και ο πομπός μοιράζονται κοινή γείωση. Η απώλεια επιστροφής (return loss, το μέγεθος που χαρακτηρίζει την ενέργεια που ανακλάται εξαιτίας των διαφορών στην αντίσταση της σύνδεσης) για κάθε connector περιορίστηκε στα 20dB. Ο connector για το 1000Base-CX επιλέχθηκε να είναι τύπου DB-9, ενώ η AMP κατασκευάζει έναν ακόμη τύπο τον HSSDC.

Οι εφαρμογές που θα υποστηρίξει η συγκεκριμένη καλωδίωση περιλαμβάνουν short-haul data-center interconnections και inter-or-intra-rack connections. Εξαιτίας του περιορισμού των 25 μέτρων δεν υποστηρίζονται συνδέσεις data-centers to riser closets.

Πλεονεκτήματα του 1000Base-CX είναι η φθηνή υλοποίηση και η εύκολη εγκατάσταση.

### • PMA - PMD

Το υποεπίπεδο πρόσδεσης φυσικού μέσου (physical media attachment sublayer - PMA) στο Gigabit Ethernet είναι όμοιο με το PMA του FibreChannel. Η υποστήριξη πολλαπλών σχημάτων κωδικοποίησης και η παρουσίασή τους στα ανώτερα επίπεδα είναι ευθύνη του serializer/deserializer. Τα δεδομένα που μεταφέρει το φυσικό μέσο, τα οποία εισάγονται μέσω του υποεπιπέδου εξάρτησης από το φυσικό μέσο (physical media dependent sublayer - PMD), χρειάζεται να υποστηρίζουν κατάλληλο, για το μέσο, σχήμα κωδικοποίησης. Στην περίπτωση του FibreChannel αυτό το σχήμα είναι το 8B/10B που έχει σχεδιαστεί ειδικά για μετάδοση με οπτική ίνα. Το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί παρόμοια κωδικοποίηση. Η διαφορά του με το FibreChannel είναι στην ταχύτητα της σήμανσης: το FibreChannel χρησιμοποιεί σήμανση στα 1.062gigabaud ενώ το Gigabit Ethernet σήμανση στα 1.25gigabaud. Για μετάδοση με καλωδίωση UTP 5(1000Base-T) πρέπει να χρησιμοποιηθεί διαφορετικό σχήμα κωδικοποίησης.

### • PCS - 8B/10B encoding

Το επίπεδο FC-1 του FibreChannel περιγράφει το συγχρονισμό και το σχήμα κωδικοποίησης 8B/10B. Το FC-1 ορίζει το πρωτόκολλο μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων της σειριακής κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης από και προς το φυσικό μέσο, τους ειδικούς χαρακτήρες και τον έλεγχο λαθών. Το Gigabit

Ethernet χρησιμοποιεί το ίδιο σχήμα (δηλαδή το 8B/10B) που χρησιμοποιείται και στο FC-1.

Το 8B/10B είναι παρόμοιο με το παλαιότερο 4B/5B που χρησιμοποιεί το FDDI. Το 4B/5B όμως κρίθηκε ακατάλληλο για το FibreChannel εξαιτίας της έλλειψης DC balance. Η έλλειψη DC balance μπορεί να προκαλέσει θέρμανση των laser ανάλογα με τα δεδομένα που μεταδίδονται (συγκεκριμένα αν μεταδίδονται περισσότερα 1 από 0) και να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα λαθών.

Η κωδικοποίηση των δεδομένων προς μετάδοση προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Επηρεάζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μετάδοσης, όπως π.χ. βελτιστοποιεί την αναλογία των 1 με τα 0
- Διευκολύνει το δέκτη να ανακτήσει το συγχρονισμό του με τον πομπό
- Αυξάνει την πιθανότητα ο δέκτης να ανιχνεύσει και να διορθώσει πιθανά λάθη κατά τη μετάδοση
- Βοηθάει στο διαχωρισμό bits δεδομένων από bits ελέγχου

Η 8B/10B κωδικοποίηση στο Gigabit Ethernet εφαρμόζεται ως εξής: Το υποεπίπεδο προσαρμογής (reconciliation sublayer) στέλνει δεδομένα σε ομάδες των 8 bits στο υποεπίπεδο PCS, το οποίο αναλαμβάνει την κωδικοποίηση τους σε ομάδες των 10 bits με πρόσθεση bits ελέγχου και σύμφωνα με τις προδιαγραφές της 8B/10B κωδικοποίησης. Οι ομάδες των 10 bits στέλνονται στο PMA το οποίο τις κάνει serialize και προωθεί τα δεδομένα στο PMD.

Αντίστροφα, όταν λαμβάνονται δεδομένα, το PMD τα μεταφέρει στο PMA που τα ευθυγραμμίζει και κάνει deserialize σε ομάδες των 10 bits. Οι ομάδες στέλνονται στο PCS που τις αποκωδικοποιεί και με τη σειρά του μεταφέρει τα δεδομένα στα ανώτερα επίπεδα.

#### • **Gigabit Media Independent Interface (GMII)**

Το GMII είναι μια σειρά προδιαγραφών που καθορίζουν τη σύνδεση του MAC με το φυσικό επίπεδο. Σκοπός των προδιαγραφών αυτών είναι η ανεξάρτητη, από το είδος του φυσικού μέσου, λειτουργία από το υποεπίπεδο MAC και πάνω. Για παράδειγμα με το GMII γίνεται δυνατή η χρήση των υπάρχοντων Fibre Channel PHY chips από το Gigabit Ethernet ενώ μελλοντικά μπορούν να υιοθετηθούν καινούριες τεχνολογίες στο φυσικό μέσο χωρίς μεγάλες αλλαγές στον εξοπλισμό. Η χρήση του GMII δεν ορίζεται ως υποχρεωτική από το πρότυπο.

#### **2.2.2 Πρότυπο 802.3ab**

Το αθωράκιστο συνεστραμμένο ζεύγος (UTP) είναι το πλέον διαδεδομένο είδος καλωδίωσης παγκοσμίως. Ειδικά στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων κυριαρχεί το 4-pair, 100 ohm, UTP Category 5. Η υποστήριξη του UTP 5 από το Gigabit Ethernet κρίθηκε επιβεβλημένη.

Οι δυσκολίες που παρουσίαζε η συγκεκριμένη μετάβαση αλλά και η ιδιαίτερη σημασία της οδήγησαν στη αποσύνδεση του σχεδίου από την 802.3z και τη

δημιουργία ξεχωριστής επιτροπής, της 802.3ab που ανέλαβε το σχεδιασμό του 1000Base-T.

#### • Θέματα καλωδίωσης

Το 1000Base-T θα υποστηρίζει λειτουργία πάνω σε 4-pair, 100 ohm, UTP 5 που συμβαδίζει με το πρότυπο ANSI/TIA/EIA-568-A ή κατασκευάζεται από υλικό σύμφωνο με το ISO/IEC 11801:1995 και διαθέτει τις επιδόσεις που ορίζονται στο ANSI/TIA/EIA-568-A ANNEX E [10].

Η μετάδοση σε ρυθμούς 1000Mb/s πάνω στο UTP 5 παρουσιάζει τις εξής δυσκολίες (εικ. 2.8):

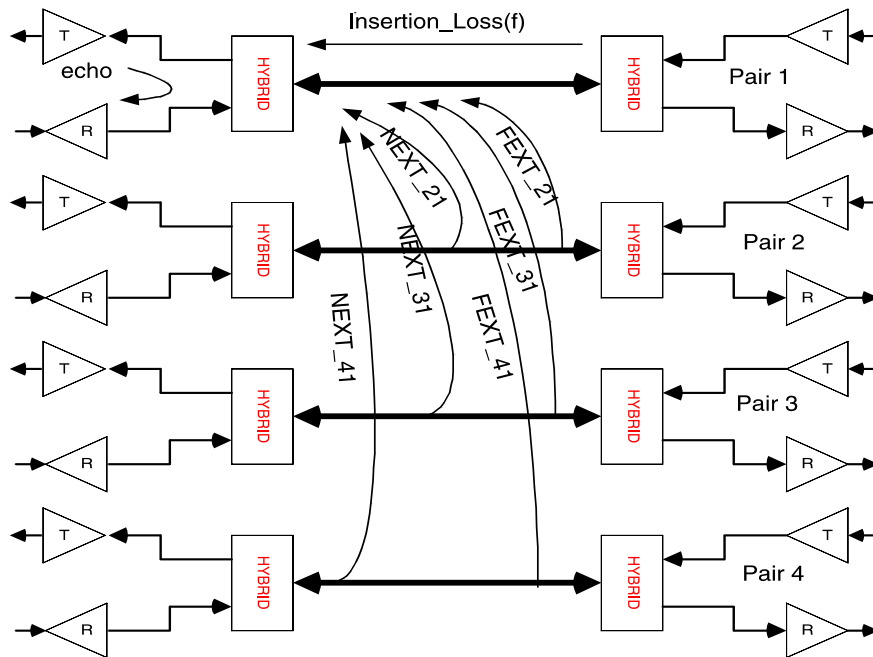
- ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
- εξασθένηση του σήματος (attenuation, βλ. Long-Wave και Short-Wave lasers πάνω σε οπτική ίνα)
- απώλεια επιστροφής (return loss, βλ. 150-Ohm θωρακισμένο χάλκινο καλώδιο - 1000Base-CX)
- ηχώ (echo), η ηχώ είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας σε full-duplex και παράγεται όταν το παραμένον σήμα μετάδοσης (residual transmit signal), εξαιτίας της trans-hybrid απώλειας, και η απώλεια επιστροφής του καλωδίου συνδυάζονται
- crosstalk, είναι ανεπιθύμητα σήματα που παράγονται από την αλληλεπίδραση των σημάτων μεταξύ δύο ζευγών. Εφόσον το 1000Base-T χρησιμοποιεί και τα 4 ζεύγη του UTP 5, κάθε ζεύγος μπορεί να επηρεαστεί από καθένα από τα άλλα 3 ζεύγη. Το crosstalk σε σχέση με τον πομπό χαρακτηρίζεται ως:

*Near-end crosstalk (NEXT)*, που δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απόληξη του πομπού

*Far-end crosstalk (FEXT)*, που δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απομακρυσμένη απόληξη του καλωδίου που ξεκινά από τον πομπό

*Equal level far-end crosstalk (ELFEXT)*, όμοια με το FEXT από το οποίο όμως αφαιρείται το μέγεθος της εξασθένησης του σήματος (attenuation)

Επιπλέον προδιαγραφές που καλύπτουν τα FEXT, ELFEXT και return loss θα προστεθούν στο ANSI/TIA/EIA-568-A ενώ ο υπάρχων εξοπλισμός πρέπει να εξεταστεί για συμβατότητα με τις απαιτήσεις του 1000Base-T.



**Εικόνα 2.8:** Προβλήματα στη μετάβαση του Gigabit Ethernet σε UTP 5

Γενικότερα, οποιοδήποτε σύστημα μετάδοσης λειτουργεί πάνω σε αθωράκιστο καλώδιο πρέπει να αντιμετωπίζει την ακτινοβολούμενη ενέργεια από άλλες πηγές και να μεγιστοποιεί την αντοχή του στον περιβάλλοντα θόρυβο.

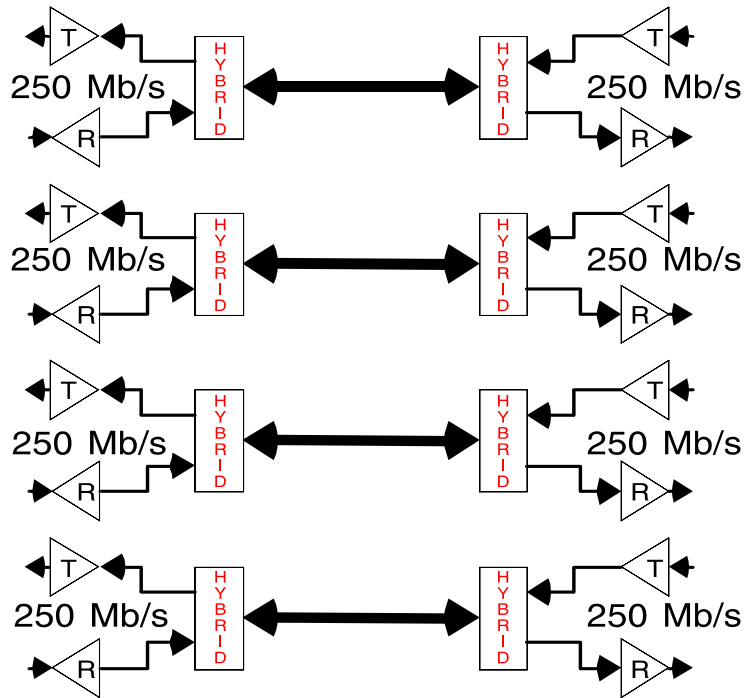
#### • Σχεδιαστική προσέγγιση

Η εξέλιξη της έρευνας στην ψηφιακή επικοινωνία τα τελευταία χρόνια, επέτρεψε την ανάπτυξη διαφόρων τεχνικών, οι οποίες συνέβαλλαν να ξεπεραστούν τα προβλήματα που παρουσίαζε η μετάδοση σε υψηλούς ρυθμούς δεδομένων πάνω σε UTP 5.

Για τη λειτουργία του 1000Base-T:

- χρησιμοποιείται καλωδίωση που συμβαδίζει με το πρότυπο ANSI/TIA/EIA-568-A (1995) για Category 5 UTP
- γίνεται dual duplex χρήση και των 4 ζευγαριών καλωδίων για να επιτυγχάνεται ρυθμός συμβόλων  $125\text{Mbaud}$  ( $4 \times 2 \times 125\text{Mbaud} = 1\text{Gbaud}$ )
- γίνεται χρήση της κωδικοποίησης PAM-5 που επιτρέπει την αποστολή περισσότερης πληροφορίας με κάθε σύμβολο
- γίνεται χρήση της 4D 8-state Trellis Forward Error Correction κωδικοποίησης για να αντισταθμιστεί η επίδραση του θορύβου και του crosstalk
- χρησιμοποιούνται τεχνικές διαμόρφωσης παλμού που προετοιμάζουν το προς μετάδοση φάσμα
- χρησιμοποιούνται υψηλής τεχνολογίας DSP τεχνικές εξισορρόπησης (equalize) του σήματος για την αντιμετώπιση του θορύβου, της ηχούς και του crosstalk καθώς και για την επίτευξη bit error rate  $10^{-10}$
- χρησιμοποιείται scrambling





**Εικόνα 2.10:** Dual Duplex μετάδοση με χρήση υβριδικών κυκλωμάτων

Τα υβριδικά κυκλώματα ελαχιστοποιούν αλλά δεν μπορούν ακόμα να εκμηδενίσουν τις επιδράσεις του παραμένουστος σήματος μετάδοσης, και της απώλειας επιστροφής για αυτό σε κάθε ζεύγος χρησιμοποιούνται κυκλώματα-ακυρωτές (cancellors) που αναλαμβάνουν να απομακρύνουν την ηχώ.

Η κωδικοποίηση 5-level PAM προσφέρει καλύτερη χρησιμοποίηση του bandwidth από την απλή δυαδική σήμανση, όπου κάθε σύμβολο παριστάνει τη τιμή ενός μόνο bit. Πιο συγκεκριμένα κάθε σύμβολο αναπαριστά και ένα από πέντε διαφορετικά επίπεδα (-1, -1, 0, +1, +2), τέσσερα από τα επίπεδα χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση 2 bits ενώ το πέμπτο χρησιμοποιείται για την Forward Error Correction κωδικοποίηση. Με αυτόν τον τρόπο το signal bandwidth μειώνεται στο μισό. Φυσικά για την υλοποίηση απαιτούνται καλύτερη απόκριση σήματος/θορύβου και η χρήση multi-bit D/A και A/D μετατροπών.

Η Forward Error Correction κωδικοποίηση λειτουργεί ως ένα δεύτερο επίπεδο κωδικοποίησης που βοηθά στην ανάκτηση των συμβόλων που αλλοιώνονται σε περιβάλλον υψηλού θορύβου και/ή εξαιτίας του crosstalk. Το συγκεκριμένο σχήμα κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται στο 1000Base-T είναι το 4-Dimensional 8-State Trellis Forward Error Correction, το οποίο λειτουργεί βελτιώνοντας την απόκριση σήματος/θορύβου στο σημείο απόφασης του A/D μετατροπέα του δέκτη.

Η διαμόρφωση παλμού επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του φάσματος του μεταδιδόμενου σήματος ώστε αυτά να βελτιστοποιούνται για το συγκεκριμένο κανάλι μετάδοσης που χρησιμοποιείται. Συγκεκριμένα ελαχιστοποιείται η ενέργεια του σήματος σε συχνότητες που παρουσιάζουν μειωμένη αντοχή στο θόρυβο και τις παρεμβολές, μειώνονται οι συνιστώσες του σήματος τόσο στις υψηλές όσο και στις χαμηλές συχνότητες και απορρίπτονται οι υψηλής συχνότητας συνιστώσες που οφείλονται στο θόρυβο. Η διαμόρφωση παλμού υλοποιείται με συνδυασμό ψηφιακών και αναλογικών φίλτρων και χρησιμοποιείται τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη. Το

φάσμα του σήματος στο 1000Base-T τελικά θα είναι σχεδόν όμοιο με αυτό του 100Base-TX.

Η εξισορρόπηση σήματος αντισταθμίζει την εισαγωγή παραμόρφωσης στο σήμα από το κανάλι επικοινωνίας. Ο απλούστερος τρόπος εξισορρόπησης γίνεται με τη χρήση κάποιου FIR φίλτρου (Linear Digital Equalization, Γραμμική Ψηφιακή Εξισορρόπηση). Η LDE όμως μεγαλώνει και το θόρυβο στον δέκτη, πρόβλημα που γίνεται σημαντικότερο στις υψηλές συχνότητες. Σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται χρήση DFE (decision-feedback equalizer). Ο DFE δεν επηρεάζει το θόρυβο όμως είναι ευαίσθητος σε λάθη στο σήμα (ένα απλό λάθος μπορεί να προκαλέσει λανθασμένη εξισορρόπηση, δηλαδή και άλλα λάθη). Πολλαπλοί DFE μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιμετωπιστεί αυτή η κατάσταση.

Τέλος, scrambling είναι η τυχαία ανακατανομή της σειράς που μεταδίδονται τα σύμβολα. Αυτό γίνεται με σκοπό την αποφυγή μακρών φασματικών γραμμών στο σήμα.

Πολλές από τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του 1000Base-T είχαν ήδη εμφανιστεί σε παλαιότερα πρότυπα του Fast Ethernet. Το γεγονός ότι προϋπήρχαν βοήθησε στην ταχύτερη ανάπτυξη του προτύπου και πρόσθεσε αξιοπιστία αφού πρόκειται για δοκιμασμένες λύσεις.

Συγκεκριμένα:

- το 100Base-TX χρησιμοποιεί σήμανση στα 125Mbaud πάνω σε καλωδίωση UTP 5
- το 100Base-T4 χρησιμοποιεί πολυεπίπεδη σήμανση πάνω σε καλωδίωση 4-pair UTP
- το 100Base-T2 χρησιμοποιεί κωδικοποίηση 5 επιπέδων και DSP τεχνικές για την αντιμετώπιση του crosstalk

### **2.3 Αλλαγές στο 2ο επίπεδο[1]**

Το υποεπίπεδο MAC του Gigabit Ethernet είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το αντίστοιχο MAC των Ethernet και Fast Ethernet (εικ. 2.11). Συγκεκριμένα:

- Χρησιμοποιεί τη μορφή πλαισίων που ορίζει το πρότυπο 802.3
- Έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει είτε σε half-duplex (με τη χρήση της μεθόδου CSMA/CD) είτε σε full-duplex

Η 802.3z αντιμετώπισε αρκετές αντιρρήσεις για τη διατήρηση του half-duplex τρόπου λειτουργίας στο Gigabit Ethernet. Τελικά όμως περιλήφθηκε στο πρότυπο για δύο κυρίως λόγους: ο επανασχεδιασμός των υπάρχοντων MAC chips ώστε να λειτουργούν σε 10-πλάσια ταχύτητα ήταν πολύ ευκολότερη διαδικασία από τον πλήρη επανασχεδιασμό τους και επίσης κάποια μέλη της επιτροπής ήθελαν απλώς να διατηρήσουν την 25-χρονη παράδοση του CSMA/CD.



7	1	6	6	2	46-1500	4	4
<b>Preamble</b>	<b>SFD</b>	<b>DA</b>	<b>SA</b>	<b>Length/Type</b>	<b>Data/Pad</b>	<b>FCS</b>	<b>C.Extension</b>

**Εικόνα 2.11:** Gigabit Ethernet Frame

SFD: Start of frame delimiter

DA : Destination Address

SA : Source Address

FCS:Frame Checksum

\*μεγέθη σε bytes

### 2.3.1 Carrier extension

Ο σχεδιασμός του αρχικού Ethernet (που λειτουργούσε μόνο σε half-duplex) όριζε ως μέγιστη απόσταση μεταξύ σταθμών τα 2 χιλιόμετρα. Ο περιορισμός αυτός είχε σχέση με τη μέθοδο CSMA/CD και το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου (το οποίο στην περίπτωση του Ethernet είναι 64bytes). Όταν συμβεί μια σύγκρουση πρέπει οι σταθμοί που εμπλέκονται να το μάθουν πριν ολοκληρώσουν τη μετάδοση. Περιορίζοντας το μέγεθος του collision domain, επιτρέπουμε στο σήμα εμπλοκής (jam signal) που στέλνει το MAC να φθάσει έγκαιρα στους ενδιαφερόμενους σταθμούς, ώστε αυτοί να επαναμεταδώσουν το πλαίσιο. Το Fast Ethernet χρησιμοποιεί και αυτό την ίδια μορφή πλαισίων του Ethernet. Εφόσον όμως λειτουργεί σε 10-πλάσια ταχύτητα (100Mbit έναντι 10Mbit), τα πλαίσια απαιτούν 10 φορές λιγότερο χρόνο για να μεταδοθούν, οπότε για την ομαλή λειτουργία της μεθόδου CSMA/CD, το collision domain έπρεπε να μειωθεί ανάλογα από τα 2 χιλιόμετρα στα 200 μέτρα.

Στην περίπτωση του Gigabit Ethernet, εφόσον και εδώ διατηρούνταν το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου, η διάμετρος του δικτύου έπρεπε να μειωθεί πάλι κατά 10, δηλαδή στα 20 μέτρα! Φυσικά αυτό καθιστούσε το πρότυπο πρακτικώς άχρηστο. Στην προσπάθεια να διατηρηθεί η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σταθμών στα 200 μέτρα έγινε μια τροποποίηση στο MAC που ονομάστηκε **carrier extension**. Το carrier extension δουλεύει ως εξής: Όταν ένα πλαίσιο είναι μικρότερο των 512bytes τότε το MAC στέλνει ένα ειδικό σήμα που διαρκεί τόσο ώστε το πλαίσιο να φαίνεται στους άλλους σταθμούς ως πλαίσιο των 512bytes, οπότε παρέχεται ο απαιτούμενος χρόνος για να ανιχνευθεί τυχόν σύγκρουση. Αυτή η τεχνική δεν επηρεάζει το ελάχιστο μήκος πλαισίου που παραμένει στα 64bytes αλλά απλώς μεταχειρίζεται διαφορετικά τα πλαίσια που είναι μικρότερα των 512bytes.

Λογικά το carrier extension έπρεπε να δημιουργεί εικονικά πλαίσια των 640bytes και όχι των 512. Η 802.3z έκρινε ότι 640bytes ήταν μάλλον μεγάλη ποσότητα και προτίμησε τα 512bytes. Για να επιτευχθεί αυτό μειώθηκε ο αριθμός των repeaters που επιτρέπονται ανά collision domain από 2, που ίσχυε στο Fast Ethernet, σε 1. Επίσης στα παλαιότερα πρότυπα του Ethernet υπήρχε και ένα περιθώριο ασφαλείας το οποίο, για αυτό το σκοπό, ελαχιστοποιήθηκε στο Gigabit Ethernet.

Επίσης, θα πρέπει να τονίσουμε ότι το πεδίο Carrier Extension χρησιμοποιείται μόνο όταν έχουμε μετάδοση δεδομένων στα 1000Mbps και μόνο όταν έχουμε λειτουργία half-duplex.

### 2.3.2 Frame bursting

Η μέθοδος του carrier extension έχει ένα βασικό μειονέκτημα: η προέκταση δεν χρησιμοποιείται για δεδομένα ενώ καταναλώνει bandwidth. Στην περίπτωση που η κυκλοφορία αποτελείται αποκλειστικά από πλαίσια των 64bytes τότε ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης πέφτει στα 120Mbps, δηλαδή απόδοση 12%! Φυσικά μια τέτοια περίπτωση είναι μάλλον ακραία, όμως στα περισσότερα δίκτυα Ethernet τα πλαίσια έχουν μέγεθος 200-500bytes οπότε η απόδοση αναμένεται να κινείται αρκετά χαμηλότερα από το 1Gbps.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έγινε μια ακόμα αλλαγή στο MAC που ονομάστηκε **frame bursting**. Το frame bursting είναι η μετάδοση πολλών μικρών (<512bytes) πλαισίων μαζί, συνολικού μεγέθους το πολύ 8192bytes.

Αν και το frame bursting, θεωρητικά, αντισταθμίζει το χαμένο bandwidth λόγω του carrier extension, πολλές από τις υπάρχουσες εφαρμογές δεν πρόκειται να το εκμεταλλευτούν γιατί απλά δεν σχεδιάστηκαν έχοντάς το υπόψη. Επίσης κάποιες εφαρμογές client-server λειτουργούν με τη λογική της μετάδοσης κάποιου μικρού πλαισίου και την αναμονή απάντησης, έτσι δεν έχουν πλαίσια για να προσθέσουν στο bursting. Σε αυτήν την περίπτωση το bursting μπορεί να επιτευχθεί σε συνδυασμό με πλαίσια άλλων εφαρμογών ή κόμβων, λειτουργία όμως που πρέπει να γίνει από τον network server και η οποία έχει αυξημένη πολυπλοκότητα. Τέλος, μέλη της 802.3z διατύπωσαν την άποψη ότι οι σχεδιαστές των εφαρμογών είναι αμφίβολο αν θα ασχοληθούν με την επανεγγραφή των προγραμμάτων τους και αυτό γιατί παραδοσιακά οι προγραμματιστές δεν ενδιαφέρονται για θέματα που ανήκουν σε τόσο χαμηλό επίπεδο.

Φυσικά, το carrier extension, το frame bursting και τα θέματα που συνδέονται με αυτά και αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν εφαρμογή μόνο όταν έχουμε λειτουργία σε half-duplex. Σε full-duplex η μέθοδος CSMA/CD δεν χρειάζεται γιατί δεν υπάρχουν συγκρούσεις. Πάντως και σε full-duplex υπάρχουν προβλήματα τα οποία αναλαμβάνει αντιμετώπισει το πρότυπο 802.3x full-duplex/flow control που περιγράφεται παρακάτω.

### 2.3.3 802.3x full-duplex/flow control

Ο έλεγχος ροής (flow control) είναι απαραίτητος σε ένα δίκτυο, ειδικά όταν αναμιγνύονται τεχνολογίες που λειτουργούν σε διαφορετικές ταχύτητες. Ένας γρήγορος server μπορεί εύκολα να υπερφορτώσει έναν αργό client. Η μέθοδος CSMA/CD προσφέρει έναν εγγενή τρόπο αντιμετώπισης παρόμοιων καταστάσεων αφού οι συγκρούσεις που δημιουργούνται εμποδίζουν την υπερφόρτωση. Ακόμη ένας σταθμός ο οποίος για οποιονδήποτε λόγο δεν μπορεί να ανταποκριθεί σε αιτήσεις από το υπόλοιπο δίκτυο μπορεί να δημιουργεί τεχνητές συγκρούσεις μέχρι να επανέλθει σε κανονική λειτουργία.

Σε full-duplex η CSMA/CD απενεργοποιείται οπότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη μέθοδος ελέγχου ροής. Στο Gigabit Ethernet αυτή η μέθοδος ορίζεται από το πρότυπο 802.3x full-duplex/flow control. Το 802.3x αναπτύχθηκε ξεχωριστά από το Gigabit Ethernet αλλά η χρήση του ορίζεται ως υποχρεωτική, σε full-duplex συνδέσεις, από το 802.3z.

Ο μηχανισμός του 802.3x είναι απλός: Όταν στη μία άκρη της σύνδεσης ο δέκτης δεν μπορεί να ανταποκριθεί στην κίνηση στέλνει ένα ειδικό PAUSE πλαίσιο που ειδοποιεί τον πομπό να σταματήσει προσωρινά τη μετάδοση για κάποιο χρονικό διάστημα. Όταν ο πομπός σταματήσει να δέχεται PAUSE πλαίσια συνεχίζει τη μετάδοση από το σημείο που είχε σταματήσει. Τα PAUSE πλαίσια χρησιμοποιούν συγκεκριμένη διεύθυνση ώστε να μην προωθούνται από τις γέφυρες και τα switches. Έτσι αποφεύγεται η παρεμβολή τους με τα μηνύματα ελέγχου ροής σε άλλο σημείο του δικτύου.

### 2.3.4 Πρότυπα 802.1p, 802.1Q, 802.3ad

Μια σειρά από πρότυπα της IEEE τα οποία αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα από το 802.3z συμπληρώνουν τις δυνατότητες του Gigabit Ethernet. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή:

*802.1p* - ορίζει μια μέθοδο που επιτρέπει στους σταθμούς να ζητούν προτεραιότητα και επιτρέπει στα switches να μεταφέρουν τις αιτήσεις αυτές στον προορισμό τους

*802.1Q* - ορίζει μια τυποποίηση για εικονικά δίκτυα (Virtual LANs - VLANs)

*802.3ad* - ορίζει μια τυποποίηση για link aggregation (η δυνατότητα ύπαρξης πολλαπλών παράλληλων point-to-point switch/switch ή switch/server συνδέσεων)

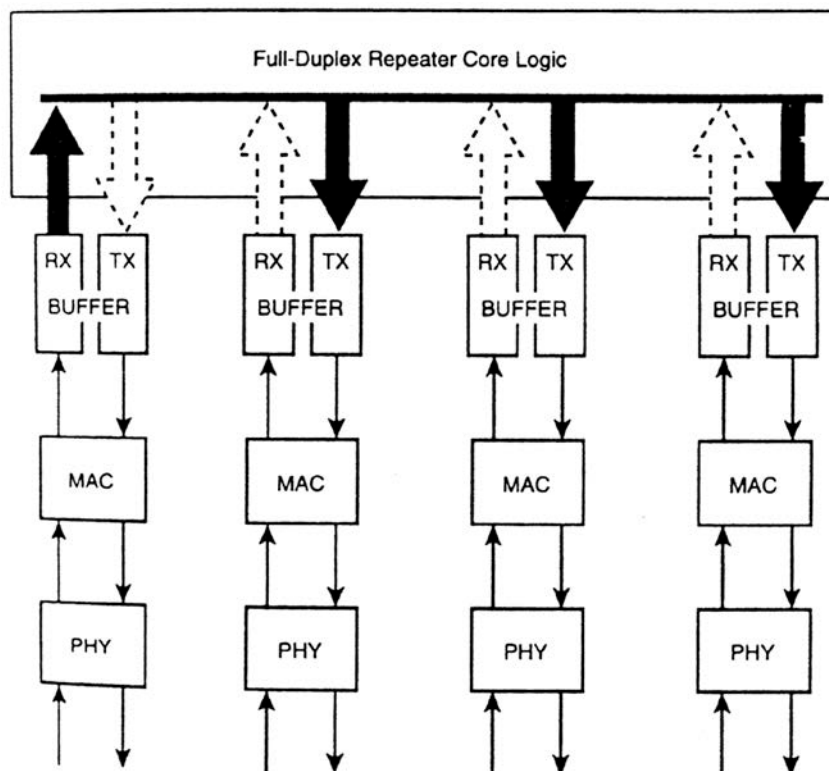
### 2.3.5 Full-Duplex repeater

Κάποιοι από τους κατασκευαστές του Gigabit Ethernet ανέπτυξαν μια καινούρια συσκευή τον full-duplex repeater (ο οποίος αναφέρεται επίσης και ως buffered distributor, nonfiltering switch ή CSMA/CD in a box).

Ο full-duplex repeater, όπως υπονοεί και η ονομασία του, εκτελεί τις λειτουργίες ενός repeater, προσφέρει όμως ταυτόχρονα και μερικά από τα πλεονεκτήματα των switches.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- οι σταθμοί εξυπηρετούνται βάσει του αλγορίθμου εξυπηρέτησης εκ περιτροπής (round robin)
- τα πακέτα που παραλαμβάνονται προωθούνται σε όλα τα ports εκτός από το port της παραλαβής
- λειτουργεί σε full-duplex (οι απλοί repeaters δουλεύουν σε half-duplex),(εικ. 2.12).
- τα ports λειτουργούν όλα στην ίδια ταχύτητα (στην περίπτωση μας στο 1Gbps)
- κάθε port περιλαμβάνει ένα στοιχειώδες MAC που μπορεί να ελέγξει την εγκυρότητα του πλαισίου που παρελήφθη
- ο εσωτερικός buffer έχει χωρητικότητα για λίγα μόνο πλαίσια
- χρησιμοποιείται το πρότυπο 802.3x full-duplex/flow control, όλοι οι σταθμοί που συνδέονται στον full-duplex repeater πρέπει να συμβαδίζουν με το πρότυπο



**Εικόνα 2.12:** Διάγραμμα του Full-Duplex repeater

Το μεγάλο πλεονέκτημα των full-duplex repeaters είναι ότι προσφέρουν απόδοση και λειτουργικότητα που πλησιάζει τα switches, ενώ το κόστος τους κυμαίνεται στα επίπεδα των απλών repeaters.

#### 2.4 Λειτουργία στο 3ο επίπεδο[12]

Το Gigabit Ethernet, όπως και οι προκάτοχοι του (με μερική εξαίρεση το 100VG-AnyLAN) δεν παρέχει μηχανισμούς Quality of Service (QoS), μπορεί όμως να παράσχει **Class of Service** (CoS - ή αλλιώς best-effort QoS), δηλαδή δέχεται αιτήσεις QoS χωρίς όμως να εγγυάται 100% ικανοποίηση τους.

Η υποστήριξη CoS παρέχεται στο Gigabit Ethernet μέσω προτύπων όπως τα 802.1p, 802.1Q και κυρίως μέσω του Resource reSerVation Protocol (RSVP).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ 1000Mbps**

### **3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ GIGABIT ETHERNET[4]**

Η επιταχυνόμενη αύξηση του φορτίου σε περιβάλλοντα τοπικού δικτύου ωθεί τους διαχειριστές δικτύων να αναζητήσουν δικτυακές τεχνολογίες υψηλότερης ταχύτητας για να επιλύσουν την απαίτηση σε bandwidth. Αυτοί οι διαχειριστές- που τυπικά έχουν Ethernet ή FDDI backbones σήμερα – έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε πολλές εναλλακτικές προτάσεις. Αν και κάθε δίκτυο έχει τα δικά του ξεχωριστά χαρακτηριστικά, το Gigabit Ethernet έχει αρκετά σημεία-κλειδιά, ως δίκτυο υψηλών ταχυτήτων:

1. Εύκολη και άμεση μετάβαση σε επίπεδα υψηλότερης απόδοσης χωρίς διάσπαση του δικτύου.
2. Χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας- συμπεριλαμβανομένου του κόστους αγοράς και υποστήριξης.
3. Ικανότητα υποστήριξης νέων εφαρμογών και τύπων δεδομένων.
4. Ευέλικτος σχεδιασμός δικτύου.

#### **1) Εύκολη μετάβαση σε υψηλότερη απόδοση**

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι διαχειριστές δικτύων είναι το πώς να αποκτήσουν υψηλότερο bandwidth χωρίς να διασπαστεί το υπάρχον δίκτυο. Το Gigabit Ethernet ακολουθεί την ίδια μορφή και λειτουργία με αυτή των προκατόχων του (10 Mbps και 100 Mbps Ethernet), επιτρέποντας μια άμεση και σταδιακή μετάβαση σε δίκτυα υψηλότερων ταχυτήτων, διατηρώντας παράλληλα την απλότητα του Ethernet. Τα τρία πρότυπα του Ethernet χρησιμοποιούν το ίδιο IEEE 802.3 σχήμα πλαισίου, full-duplex λειτουργία και μεθόδους ελέγχου ροής. Σε half-duplex mode, το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί τη θεμελιώδη μέθοδο πρόσβασης CSMA/CD για να επιλύσει τον ανταγωνισμό στο κοινό μέσο. Εξάλλου, το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί τα ίδια εργαλεία διαχείρισης που ορίζονται από την ομάδα IEEE 802.3. Εν κατακλείδι, το Gigabit Ethernet είναι Ethernet μόνο που είναι πιο γρήγορο από το κανονικό, επιτυγχάνοντας μια δεκαπλάσια αύξηση απόδοσης σε σύγκριση με την πιο δημοφιλή διασύνδεση, το Fast Ethernet.

#### *1.1 Μορφή πλαισίου Ethernet*

Είναι απλό να διασυνδέσουμε υπάρχοντες Ethernet συσκευές χαμηλότερης ταχύτητας με Gigabit Ethernet συσκευές, χρησιμοποιώντας LAN switches ή routers ώστε να προσαρμόσουμε μια ταχύτητα φυσικής γραμμής με την άλλη. Το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί το ίδιο σχήμα πλαισίου μεταβλητού μήκους της IEEE 802.3 (πακέτα από 64 ως 1514 bytes) που χρησιμοποιούν το Ethernet και το Fast Ethernet. Επειδή το σχήμα πλαισίου και το μέγεθος είναι τα ίδια για όλες τις τεχνολογίες Ethernet, δεν είναι αναγκαίες παραπέρα δικτυακές αλλαγές. Αυτό το μονοπάτι εξέλιξης επιτρέπει στο Gigabit Ethernet να ενσωματωθεί στα υπάρχοντα δίκτυα Ethernet και Fast Ethernet.

Αντίθετα, άλλες τεχνολογίες υψηλής ταχύτητας χρησιμοποιούν διαφορετικά σχήματα πλαισίου. Για παράδειγμα, το ATM υψηλών ταχυτήτων υλοποιεί ένα data

cell καθορισμένου μήκους. Όταν συνδέεται το ATM με Ethernet και Fast Ethernet, το switch ή ο router πρέπει να μεταφράσουν κάθε ATM cell σε ένα πλαίσιο Ethernet, και αντιστρόφως.

### *1.2 Full- και Half-Duplex λειτουργία*

Όπως ορίζεται από την τυποποίηση της IEEE 802.3x, δύο κόμβοι που συνδέονται μέσω ενός full-duplex switched μονοπατιού μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα πακέτα. Το Gigabit Ethernet ακολουθεί αυτό το πρότυπο για να επικοινωνήσει με full-duplex mode. Σχεδόν όλα τα προϊόντα Gigabit Ethernet που κυκλοφορούν στην αγορά από το 1998 είναι full-duplex. Το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί επίσης το πρότυπο του Ethernet για έλεγχο ροής, ώστε να αποφύγει τη συμφόρηση και το overloading. Όταν το Gigabit Ethernet λειτουργεί σε half-duplex mode, υιοθετεί την κλασική CSMA/CD μέθοδο για να επιλύσει τη συμφόρηση στο κοινό μέσο.

### *1.3 Αντικείμενα διαχείρισης*

Όπως ακριβώς συνέβη με τη μετάβαση από το Ethernet στο Fast Ethernet, τα βασικά αντικείμενα διαχείρισης με τα οποία είναι εξοικειωμένοι οι περισσότεροι διαχειριστές δικτύων μεταφέρονται και στο Gigabit Ethernet. Για παράδειγμα, το **SNMP** ορίζει μια πρότυπη μέθοδο ώστε να συλλέξουμε device-level πληροφορίες Ethernet. Το SNMP χρησιμοποιεί δομές MIB (Management Information Base) για να καταγράφει βασικά στατιστικά όπως ο αριθμός συγκρούσεων, πακέτα που στάλθηκαν ή ελήφθησαν, error rates και άλλες device-level πληροφορίες. Επιπλέον πληροφορίες συλλέγονται από RMON (Remote MONitoring) agents που συναθροίζουν τα στατιστικά για παρουσίαση, μέσω μιας εφαρμογής δικτυακής διαχείρισης. Επειδή το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί standard πλαίσια Ethernet, τα ίδια MIBs και RMON agents μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή διαχείρισης δικτύου σε gigabit ταχύτητες.

## **2) Χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας**

Το κόστος ιδιοκτησίας είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην εκτίμηση οποιασδήποτε νέας δικτυακής τεχνολογίας. Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας δεν περιλαμβάνει μόνο την αγορά εξοπλισμού, αλλά επίσης και το κόστος εκπαίδευσης, συντήρησης και την επίλυση προβλημάτων.

Ο ανταγωνισμός και οι οικονομίες κλίμακας οδήγησαν στην μείωση των τιμών αγοράς Ethernet διασυνδέσεων. Αν και τα προϊόντα του Fast Ethernet κυκλοφορούν από το 1994, ακόμα και σε αυτά τα προϊόντα έχει παρατηρηθεί μείωση των τιμών τα τελευταία δύο χρόνια. Το Gigabit Ethernet θα ακολουθήσει την ίδια τάση όπως το Fast Ethernet. Σήμερα τα προϊόντα στην αγορά παρέχουν cost-effective συνδέσεις για gigabit ρυθμούς μετάδοσης. Ο στόχος της IEEE 802.3z, που ανέπτυξε το πρότυπο του Gigabit Ethernet, ήταν να παρέχει συνδέσεις Gigabit Ethernet με δύο ή τρεις φορές το κόστος ενός 100BASE-FX interface, δηλαδή σε οικονομικά ανεκτές τιμές. Επειδή το Gigabit Ethernet αξιοποιεί τις υπάρχουσες Ethernet τεχνολογίες, εκμεταλλεύεται επίσης τις καμπύλες κόστους που επικρατούν μεταξύ των Ethernet βιομηχανιών. Με την πάροδο του χρόνου, οι χρήστες μπορούν να αναμένουν το κόστος των Gigabit Ethernet interfaces να μειωθεί δραστικά, όπως συνέβη και με άλλες τεχνολογίες.

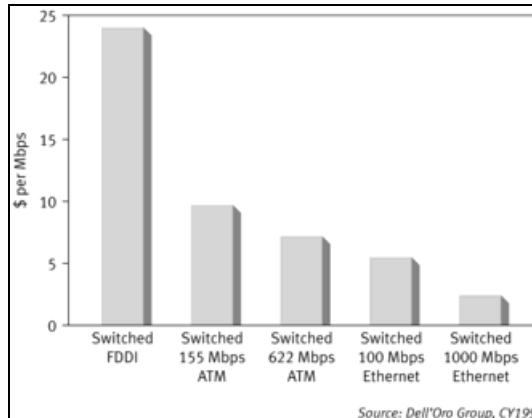
Οι συνδέσεις Switched Gigabit Ethernet έχουν χαμηλότερο κόστος από τα 622Mbps ATM interfaces (θεωρώντας ίδια interfaces φυσικού μέσου), εξαιτίας της

σχετικής απλότητας του Ethernet. Οι αναμεταδότες Gigabit Ethernet θα έχουν χαμηλότερο κόστος από τις συνδέσεις 622 Mbps ATM, παρέχοντας στους χρήστες cost-effective λύσεις σε backbone και server διασυνδέσεις. Ο παρακάτω πίνακας (3.1) παρουσιάζει τις τρέχουσες τιμές για Ethernet, Fast Ethernet, FDDI και 622 Mbps ATM multimode καθώς και τη διακύμανση για το Gigabit Ethernet με βάση τους στόχους της IEEE 802.3z και τους υπολογισμούς του Dell'Oro Group.

Τεχνολογία	Τύπος Εξοπλισμού	1996 τιμή εξοπ./port	1999 τιμή εξοπ./port	Αλλαγή %
Shared Fast Ethernet	Hub	\$137	\$85	-39%
Switched Fast Ethernet	Switch	\$785	\$390	-50%
Shared FDDI	Concentrator	\$835	\$650	-22%
Switched FDDI	Switch	\$4000	\$1860	-54%
ATM 622 Mbps υπολογισμός (multimode οπτική ίνα)	Switch	\$6600	\$4800	-27%
Shared Gigabit Ethernet IEEE στόχος (multimode οπτική ίνα)	Hub	-	\$470 ως \$700 (2x ως 3x Fast Ethernet MM)	
Switched Gigabit Ethernet IEEE στόχος (multimode οπτική ίνα)	Switch	-	\$1070 ως \$1610 (2x ως 3x Fast Ethernet MM)	

**Πίνακας 3.1:** Τιμές διασύνδεσης backbone

Το switched Gigabit Ethernet παρέχει τον καλύτερο λόγο κόστους/απόδοση όλων των προπορευόμενων υψηλής ταχύτητας LAN τεχνολογιών. Παρατίθεται γράφημα (εικ. 3.1), που δείχνει ότι το switched Gigabit Ethernet προσφέρει το χαμηλότερο λόγο κόστους προς data, λιγότερο από \$2/Mbps συγκρινόμενο με switched FDDI, switched 155 Mbps ATM, switched 622 Mbps ATM και switched Fast Ethernet.



**Εικόνα 3.1:** Η τιμή προς απόδοση του εύρους ζώνης

Με την πάροδο του χρόνου, η πρόοδος στους μικροεπεξεργαστές, συμπεριλαμβανομένου της 0.35-micron CMOS ASIC τεχνολογίας θα παρέχουν ακόμα μεγαλύτερα κέρδη στην απόδοση και ευκαιρίες μείωσης σε κόστος, που θα οδηγήσουν σε μια νέα γενιά Ethernet τεχνολογίας. Η ανάλυση δείχνει ότι οι επεξεργαστές των 0.35-micron θα επιτυγχάνουν λειτουργία σε 1250Mbps και θα έχουν ένα εκατομμύριο πύλες. Αυτό σημαίνει ότι θα είναι ένα πλήρες Ethernet switch, με management, ένα σημαντικό ποσό buffer memory και ένα 32-bit controller, όλα σε ένα καλούπι.

#### - Εγκατεστημένη βάση

Το Ethernet είναι η κυρίαρχη και πιο ευρέως διαδεδομένη LAN τεχνολογία σήμερα, καθώς και η πιο κατανοητή τεχνολογία. Σύμφωνα με την εταιρεία ανάλυσης IDC, περισσότερο από 85% όλων των εγκατεστημένων δικτυακών διασυνδέσεων ήταν Ethernet στο τέλος του 1997, που αντιπροσωπεύει 118 εκατομμύρια διασυνδεδεμένα PCs, workstations, και servers. Το Ethernet είναι δημοφιλές επειδή προσφέρει τον καλύτερο συνδυασμό *τιμής, απλότητας, scalability και ευκολίας διαχείρισης*. Εξάλλου, εφόσον η εγκατεστημένη βάση των χρηστών είναι εξοικειωμένη με την τεχνολογία, τα εργαλεία συντήρησης και troubleshooting στο Ethernet, τα κόστη υποστήριξης του Gigabit Ethernet θα είναι χαμηλότερα σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να μάθει νέα overlay πρωτόκολλα αλλά αυτό που απαιτείται είναι επιπρόσθετη εκπαίδευση προσωπικού και εργαλεία συντήρησης και επίλυσης προβλημάτων. Επειδή το Gigabit Ethernet είναι Ethernet, οι network managers μπορούν να αξιοποιήσουν την υπάρχουσα επένδυσή τους σε δίκτυο, εκπαίδευση προσωπικού και εμπειρία για να μειώσουν το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας.

Η ανάπτυξη του Gigabit Ethernet θα είναι γρηγορότερη από τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Αφού γίνει η αναβάθμιση της εκπαίδευσης και των εργαλείων, το προσωπικό θα είναι ικανό να εγκαταστήσει και να υποστηρίξει εγκαταστάσεις σε Gigabit Ethernet, και μάλιστα με χαμηλό ρίσκο και διαδεδομένο end-to-end framing.

### 3) Υποστήριξη νέων εφαρμογών και τύπων δεδομένων

Η εμφάνιση intranet εφαρμογών προμηνύει μετάβαση σε νέους τύπους δεδομένων, κυρίως video και φωνή. Στο παρελθόν πίστευαν ότι το video ίσως απαιτούσε μια διαφορετική δικτυακή τεχνολογία σχεδιασμένη ειδικά για multimedia.



Σήμερα, είναι πιθανό να αναμείξουμε data και video πάνω από το Ethernet με ένα συνδυασμό των παρακάτω:

- Αυξημένο bandwidth που παρέχεται από Fast Ethernet και Gigabit Ethernet, βελτιωμένο από LAN switching.
- Την εμφάνιση νέων πρωτοκόλλων όπως το RSVP που παρέχουν εξασφάλιση bandwidth.
- Την εμφάνιση νέων standards όπως το 802.1Q και 802.1p που θα παρέχουν εικονικά LAN (VLAN) και πληροφορίες προτεραιότητας για τα πακέτα μέσα στο δίκτυο.
- Την ευρεία χρήση προχωρημένων τεχνικών συμπίεσης video, όπως το MPEG-2.

Αυτή η τεχνολογία και τα πρωτόκολλα συνδυάζονται ώστε το Gigabit Ethernet να γίνει μια ελκυστική λύση για τη διανομή video και multimedia, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (3.2):

Ικανότητες	Gigabit Ethernet	Fast Ethernet	ATM	FDDI
IP συμβατότητα	Ναι	Ναι	Απαιτεί RFC 1557 ή IP πάνω σε LANE σήμερα I-PNNI και/ή MPOA στο μέλλον	Ναι
Ethernet πακέτα	Ναι	Ναι	Απαιτεί LANE	Ναι
Χειρισμός Multimedia	Ναι	Ναι	Ναι, αλλά η εφαρμογή χρειάζεται αλλαγές	Ναι
QoS	Ναι, με RSVP και/ή 802.1p	Ναι, με RSVP και/ή 802.1p	Ναι με SVCs ή RSVP	Ναι, με RSVP και/ή 802.1p
VLANs με 802.1Q/p	Ναι	Ναι	Απαιτεί αντιστοίχιση LANE και/ή SVCs σε 802.1Q	Ναι

**Πίνακας 3.2:** Δυνατότητες δικτύων υψηλών ταχυτήτων

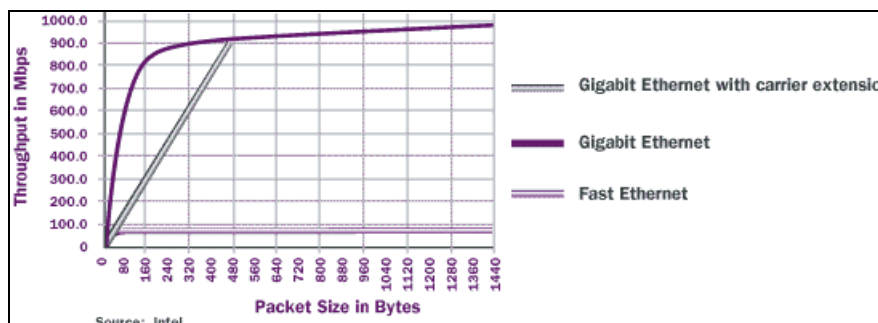
#### 4) Ευέλικτο Internetworking και σχεδιασμός δικτύου

Οι διαχειριστές δικτύων σήμερα αντιμετωπίζουν ένα πλήθος από επιλογές internetworking και σχεδιασμού δικτύου. Συνδυάζουν routed και switched δίκτυα, και οικοδομούν intranets μεγάλης κλίμακας. Τα δίκτυα Ethernet είναι shared (χρησιμοποιώντας αναμεταδότες) και switched, βασισμένα σε απαιτήσεις bandwidth και κόστους. Όμως, η επιλογή ενός δικτύου υψηλών ταχυτήτων δεν πρέπει να περιορίζει την επιλογή internetworking ή δικτυακής τοπολογίας.

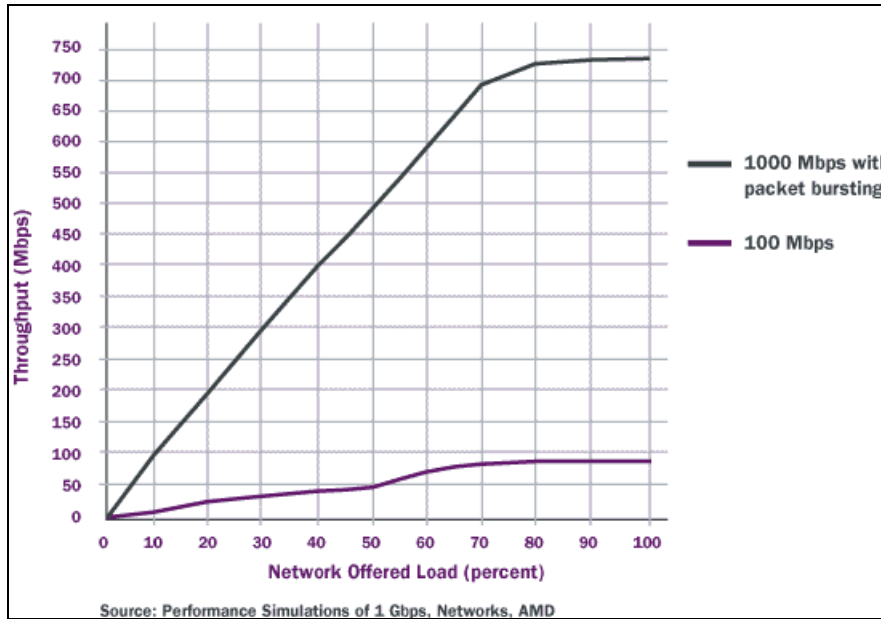
Το Gigabit Ethernet μπορεί να είναι switched, routed και shared. Οι τρέχουσες τεχνολογίες internetworking, καθώς και τεχνολογίες όπως IP-specific switching και Layer 3 switching, είναι πλήρως συμβατά με το Gigabit Ethernet, όπως ακριβώς είναι με το Ethernet και το Fast Ethernet . Το Gigabit Ethernet είναι διαθέσιμο σε full duplex αναμεταδότη, καθώς και σε LAN switches και routers.

### 3.2 ΑΠΟΔΟΣΗ GIGABIT ETHERNET[3]

Το Gigabit Ethernet επεκτείνει την απόδοση του Ethernet των 10/100 Mbps στα 1000 Mbps. Μια θεωρητική προσομοίωση που ετοιμάστηκε από την Intel Corporation δείχνει ότι το Gigabit Ethernet θα υπερβεί την απόδοση του Fast Ethernet όσο το μέγεθος του πακέτου αυξάνει κατά μια τάξη (εικόνα 3.2). Καθώς υλοποιείται το packet bursting, το Gigabit Ethernet θα γίνεται ολοένα και πιο αποδοτικό στο χειρισμό μικρών πακέτων. Πειράματα που εκτελέστηκαν από την AMD δείχνουν ότι σε μια τοπολογία half-duplex με συγκρούσεις, ένα δίκτυο Gigabit Ethernet πέτυχε throughput άνω των 720 Mbps σε συνθήκες προσφερόμενου φορτίου 100% (εικόνα 3.3). Επειδή οι περισσότερες αρχικές υλοποιήσεις του Gigabit Ethernet θα είναι switched, full-duplex τοπολογίες χωρίς συγκρούσεις, οι χρήστες πρέπει να αναμένουν ότι θα υπερβούν εύκολα αυτό το 70% throughput rate και πιθανόν να προσεγγίσουν το θεωρητικό μέγιστο των 2Gbps του full-duplex throughput.



Εικόνα 3.2: Προσομοίωση της απόδοσης του Gigabit Ethernet



**Εικόνα 3.3:** Απόδοση δικτύου vs Παρεχόμενος φόρτος

Επίσης, ο πιν. 3.3 δείχνει αποτελέσματα πειραμάτων για την απόδοση ενός port ενός Gigabit Ethernet multi-port switch, με διαφορετικά μεγέθη πακέτων: 64 bytes, 128 bytes, ..., 1518 bytes. Το switch ήταν non-blocking και η συνολική απόδοση διαιρείται από 8 ports ώστε να βρεθεί η απόδοση για κάθε port αντίστοιχα. Ανάλογα με το μέγεθος του πακέτου, η απόδοση κυμάνθηκε από 81.274 rps έως 1,488 εκατομμύρια rps.

Το πείραμα δείχνει ότι η αποδοτικότητα φτάνει ως και 100%. Για παράδειγμα, με πακέτα των 64 bytes, η απόδοση είναι άνω των 1,488 εκατομμυρίων πακέτων πακέτα το δευτερόλεπτο. Εφόσον το interframe gap των 12 bytes και η εισαγωγή (preamble) των 8 bytes συμπεριλαμβάνονται, το τεστ δείχνει ότι το Gigabit Ethernet link αποδίδει σε full wire-speed 1 δισ. bps! ( $1,488,095 \text{ εκατομ. rps} \cdot [64 + 12 + 8 \text{ bytes}] \cdot 8 \text{ bits/byte} = 1 \text{ δισ. bps}$ .)

Παρομοίως, για το μεγαλύτερο πακέτο των 1518 bytes, με μετρημένη απόδοση των 81.274 rps, η αποδοτικότητα ξεπερνά το 99%. ( $81,274 \text{ rps} \cdot [1518 + 12 + 8] \cdot 8 \text{ bits/byte} = 0,999 \text{ δισ. bps}$ .)

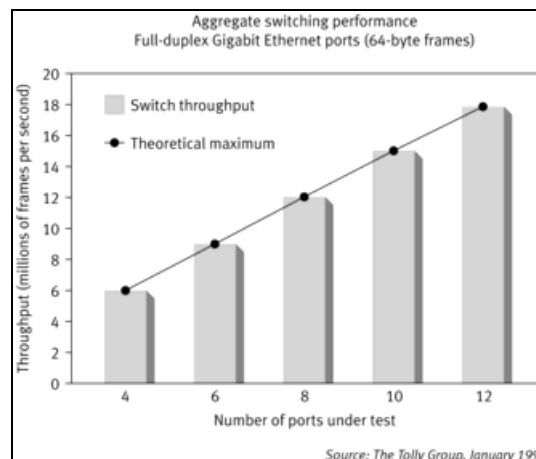
Μέγεθος πακέτου	Θεωρητική απόδοση (rps)	Πραγματική απόδοση (rps)	bps ( $\cdot 10^3$ )	Αποδοτικότητα α
64	1.488.095	1.488.095	1.000.000	100%
128	844.594	844.594	999.999	100%
256	452.898	452.898	999.999	100%
512	234.962	234.962	999.998	100%
768	158.629	158.629	999.997	100%
1024	119.731	119.731	999.993	100%

1280	96.153	96.153	999.991	100%
1518	81.274	81.274	999.995	100%

**Πίνακας 3.3:** Απόδοση Gigabit Ethernet

\* Ο υπολογισμός bps περιλαμβάνει το preamble και το interframe gap.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει παρόμοια αποτελέσματα για ένα 12-port Gigabit Ethernet switch, το **3Com SuperStack II Switch 9300**. Το switch έπιασε συνολική απόδοση άνω των 17,8 εκατομμυρίων frames το δευτερόλεπτο, χρησιμοποιώντας και τις 12 full-duplex switch ports, ή 1,48 εκατομμύρια frames το δευτερόλεπτο για κάθε port. Εφόσον το 12-byte interframe gap και το 8-byte preamble συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό, το τεστ φανερώνει ότι το Gigabit Ethernet αποδίδει σε full-wire speed 1 δισ. bits το δευτερόλεπτο για 64-bytes frames.



**Εικόνα 3.4:** Gigabit Ethernet wire speed απόδοση

Από τα παραπάνω, αναμφίβολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η απόδοση του Gigabit Ethernet συμπίπτει απόλυτα με τις προσδοκίες των δημιουργών του.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ**



### **4.1 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ[5]**

#### **4.1.1 1000BASE-SX**

Το 1000BASE-SX προορίζεται για χαμηλού κόστους, και μικρής σχετικά εμβέλειας δίκτυα κορμού, ή οριζόντια καλωδίωση. Χρησιμοποιεί πολύτροπη οπτική ίνα (MMF) και χαμηλού κόστους οπτικά στοιχεία (LEDs) που λειτουργούν στα 850nm. Οι αποστάσεις που υποστηρίζει κυμαίνονται μεταξύ 220 – 550 μέτρων, ανάλογα με την ποιότητα της οπτικής ίνας που θα χρησιμοποιηθεί.



#### **4.1.2 1000BASE-LX**

Το 1000BASE-LX προορίζεται για μεγάλης εμβέλειας δίκτυα κορμού ή οριζόντια καλωδίωση. Μπορεί να χρησιμοποιεί είτε μονότροπη (SMF) είτε πολύτροπη (MMF) οπτική ίνα και απαιτεί οπτικά στοιχεία υψηλής ακρίβειας και κόστους (LASERS) που λειτουργούν στα 1300 nm και επιτυγχάνουν πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση της δέσμης φωτός. Επιπλέον, στο συγκεκριμένο μήκος κύματος (1300 nm) το φως υφίσταται μικρότερες απώλειες (εξασθένηση) καθώς διαδίδεται δια μέσου της οπτικής ίνας. Οι αποστάσεις που υποστηρίζονται φτάνουν τα 5000 μέτρα αν χρησιμοποιηθεί SMF οπτική ίνα, ή τα 550 μέτρα αν χρησιμοποιηθεί MMF. Η βασική διαφορά ανάμεσα στις SMF και MMF οπτικές ίνες βρίσκεται στη διάμετρό τους, με τις MMF να κατασκευάζονται στα 62.5 και 50 μικρόμετρα, και τις SMF στα 9 μικρόμετρα. Στις MMF οπτικές ίνες υπάρχουν πολλοί τρόποι να μεταδοθεί μια ακτίνα φωτός, ανάλογα με τη γωνία ανάκλασης, και έτσι διαφέρει και η συνολική απόσταση που διανύεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σήμα να υφίσταται παραμορφώσεις στις μεγάλες αποστάσεις.

#### **4.1.3 1000BASE-CX**

Το τρίτο φυσικό επίπεδο που βασίζεται στο Fiber Channel σχεδιάστηκε για τη συνδεσμολόγηση hubs, switches και routers που βρίσκονται σε πολύ μικρές αποστάσεις, π.χ. στο ίδιο wiring closet. Χρησιμοποιεί χάλκινο θωρακισμένο twinax καλώδιο, παρόμοιο από αυτό που χρησιμοποιήθηκε στα token rings της IBM, και δεν

μπορεί να υπερβαίνει τα 25 μέτρα. Η αξία του είναι ότι διευκολύνει τις συνδέσεις, εφ' όσον ο χαλκός είναι πιο εύκολος στο χειρισμό από την οπτική ίνα.

#### 4.1.4 1000BASE-T



Το 1000BASE-T έκανε εφικτή τη χρήση του Gigabit Ethernet πάνω από UTP καλώδιο τεσσάρων ζευγών, κατηγορίας 5 το οποίο διαθέτει 4 ζεύγη καλωδίων. Αυτό ήταν μεγάλη επιτυχία, αφού το UTP καλώδιο είναι η πρώτη επιλογή σε μικρής εμβέλειας και οικιακά LAN λόγω της χαμηλής τιμής του και της πολύ εύκολης εγκατάστασής του δεδομένου ότι είναι λεπτό και εύκαμπτο. Ακόμα, αποφεύγονται εξ' ολοκλήρου οι σχετικά ακριβές και πολύπλοκες οπτικές διατάξεις. Το μόνο σίγουρο όμως είναι ότι με την τεχνολογία 1000BASE-T το UTP καλώδιο κατηγορίας 5 πραγματικά φτάνει στα όριά του και μας προσφέρει πολύ περισσότερο bandwidth απ' όσο μπορούσε κάποιος να φανταστεί πριν από μερικά χρόνια. Σε αντάλλαγμα όμως, πληρώνουμε, μικρά περιθώρια θορύβου, που σε ορισμένες ασθενικές υλοποιήσεις του υλικού (για λόγους κόστους) μπορεί να κυμαίνονται μόλις στα 2 db (περίπου τρεις φορές χειρότερο από το 100BASE-TX). Για το λόγο αυτό, υπάρχουν και καλωδιώσεις που έχουν χαρακτηριστεί σαν κατηγορίας 5 χωρίς να πληρούν τα κριτήρια ποιότητας, ή καλωδιώσεις που βρίσκονται πολύ κοντά στο όριο των 100 μέτρων ενδεχομένως να παρουσιάσουν πρόβλημα. Γι' αυτό προτείνεται στις νέες εγκαταστάσεις να χρησιμοποιείται UTP cat 5e, ή ακόμα UTP cat 6 που αυξάνουν τα περιθώρια θορύβου και την στιβαρότητα του συστήματος τουλάχιστον κατά 65%.

## 4.2 NETWORK COMPONENTS[5]

### 4.2.1 Repeaters και Full Duplex Repeaters

Οι repeaters σαν τεχνολογία είναι συνυφασμένοι με την Half Duplex επικοινωνία. Χρησιμοποιούνταν για την ενίσχυση και ανακατασκευή του σήματος, φιλτράροντας το θόρυβο, και επιτρέπουν την επέκταση του δικτύου. Αρχικά διέθεταν μόνο δύο ports, τα αδύναμα σήματα εισέρχονταν στο ένα port και τα ενισχυμένα σήματα εξέρχονταν από το άλλο port. Εξέλιξή τους αποτελούν τα multiport repeaters, ή hubs, τα οποία αντιλαμβάνονται το σήμα που εισέρχεται σε ένα port, το ενισχύουν και το επαναλαμβάνουν σε όλα τα ports εκτός από το port από το οποίο προήλθε. Τα hubs δημιουργούν μια τοπολογία αστέρα, όπου πολλαπλά hubs μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μια ιεραρχία. Τα βασικά χαρακτηριστικά των hubs είναι ότι λειτουργούν αποκλειστικά στο φυσικό επίπεδο, δεν αλλοιώνουν, την πληροφορία που μεταφέρουν τα frames, δεν αντιλαμβάνονται διάφορα συμβάντα του δικτύου (π.χ. collisions) και τα τμήματα δικτύου που διασυνδέουν μπορούν να ανήκουν στο ίδιο collision domain.

Η half duplex λειτουργία τείνει να εγκαταλειφθεί στο Gigabit Ethernet και το ίδιο συμβαίνει και με τους “παραδοσιακούς” repeaters. Αυτοί θα αντικατασταθούν από τους λεγόμενους “full duplex repeaters”, ή αλλιώς “buffered distributors”, οι οποίοι λειτουργούν στο επίπεδο 2 του μοντέλου OSI, μοιάζουν σε λειτουργικότητα με ένα switch αλλά έχουν τη χαμηλή τιμή ενός repeater. Διαθέτουν πολλά ports στα οποία διανέμονται τα frames και σε κάθε port υλοποιείται ένα MAC και ένα physical layer (PHY). Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός full duplex repeater είναι τα εξής:

- Παρόμοια με ένα repeater, ένας full duplex repeater διανέμει τα πακέτα που εισέρχονται σε ένα port, σε όλα τα ports εκτός από το port από το οποίο προήλθε.
- Όλα τα ports λειτουργούν σε συγκεκριμένη ταχύτητα, τα 1000Mbps και δεν μεταβάλλεται στα 100 ή 10 Mbps.
- Η βασική λειτουργία που επιτελεί το MAC sublayer του κάθε port είναι να λαμβάνει εξ’ ολοκλήρου ένα frame, να το αποθηκεύει σε ένα εσωτερικό μικρό buffer, να κάνει έλεγχο CRC και εφ’ όσον είναι σωστό να το διανέμει σε όλα τα υπόλοιπα ports.
- Όλα τα ports δουλεύουν σε full duplex mode ώστε μπορούν ταυτόχρονα να λαμβάνουν και να στέλνουν ένα frame.
- Ο full duplex repeater χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο 802.3x για flow control ώστε να μην υπερχειλίζουν οι εσωτερικοί buffers του.

#### 4.2.2 Switches και Bridges



Η εισαγωγή του switching στο Ethernet ήταν μια πραγματική επανάσταση γιατί έδωσε τη δυνατότητα να δημιουργηθούν δίκτυα μεγάλης έκτασης και να ξεφύγει το Ethernet από τον περιορισμό της μέγιστης απόστασης των 200 μέτρων. Επιπλέον το switching δίνει υψηλής ποιότητας συνδέσεις επιμερίζοντας τα collision domains, και αυτό το χαρακτηριστικό είναι πολλές φορές, ειδικά στα μεγάλα δίκτυα, πιο σημαντικό και από το raw bandwidth. Ιστορικά προηγήθηκαν τα bridges τα οποία αρχικά είχαν δύο μόνο ports και χρησιμοποιήθηκαν για να διασυνδέσουν δύο τμήματα δικτύου. Σε αντίθεση με τους repeaters λειτουργούν στο DLC επίπεδο και επαναλαμβάνουν τα πακέτα και όχι το σήμα.

Οι καινοτομίες που έφεραν οι bridges ήταν οι εξής:

- **Frame forwarding:** Είναι μια μορφή φιλτραρίσματος. Όταν ένα πακέτο φτάνει σε ένα Ethernet interface μιας bridge, η bridge διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου και αποφασίζει αν θα το προωθήσει σε άλλο Ethernet interface ή όχι. Χωρίς φιλτράρισμα, τα πακέτα θα στέλνονταν σε όλα τα τμήματα δικτύου.

- **Loop resolution:** Τοπικά δίκτυα με πολλά bridges μπορεί να έχουν βρόχους που να επιτρέπουν σε ένα πακέτο να ταξιδεύει συνέχεια. Υπάρχουν bridges που ανιχνεύουν τέτοια πακέτα και τα αποκόπτουν.
- **Learning techniques:** Οι bridges σχεδιάζουν πίνακες με τις διευθύνσεις των κόμβων των υποδικτύων που διασυνδέουν, είτε εξετάζοντας τη ροή των πακέτων είτε παίρνοντας πληροφορίες από «εξερευνητικά πακέτα» που έχουν μάθει την τοπολογία του δικτύου στα προηγούμενα ταξίδια τους. Η πρώτη μέθοδος λέγεται transparent bridging και η δεύτερη source routing.

Σύντομα η τεχνολογία επέτρεψε τη δημιουργία multiport bridges, τα οποία συγχέονται με τα switches τα οποία έχουν σήμερα αντικαταστήσει εξ' ολοκλήρου τα bridges. Τα switches και τα bridges αν και μοιάζουν, έχουν διαφορετικό προσανατολισμό. Τα πρώτα ήταν αργές και ακριβές συσκευές που χρησιμοποιούνταν κυρίως για να διασυνδέουν LANs διαφορετικής τεχνολογίας. Τα switches είναι πλέον mainstream και συσκευές που χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τις επιδόσεις ενός δικτύου. Οι βασικότερες διαφορές switches και bridges είναι οι εξής:

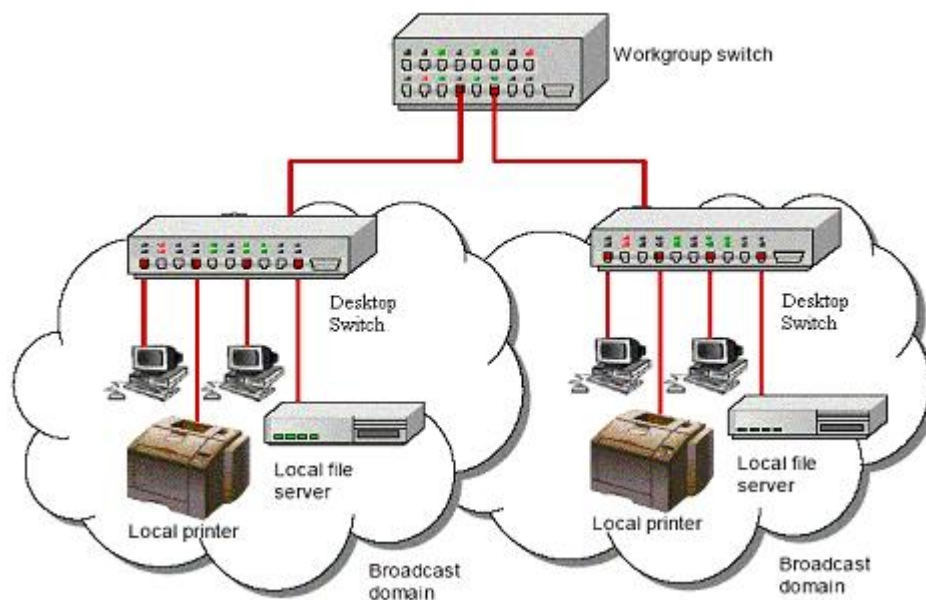
- Τα switches είναι υλοποιημένα εξ' ολοκλήρου σε hardware. Τα bridges ήταν στην ουσία mini-computers με επεξεργαστή, μνήμη και κάποιο πρόγραμμα που υλοποιούσε τη λογική του bridging. Τα switches δεν «τρέχουν» software και αυτό το χαρακτηριστικό τους επιτρέπει να είναι εξαιρετικά γρήγορα και να κάνουν switching σε “wire speed”.
- Η μαζική παραγωγή των chips που υλοποιούν το switching έχει ρίξει πολύ την τιμή τους με αποτέλεσμα τα switches να έχουν πολύ μικρότερο κόστος κατασκευής από τα bridges.
- Τα switches επιτρέπουν ταυτόχρονη μεταγωγή πακέτων μεταξύ πολλών ζευγών από ports.
- Εκτός από την store-and-forward τεχνική προώθησης τα switches υποστηρίζουν και άλλες εναλλακτικές τεχνικές, όπως το cut through switching και το modified cut through switching.

Σε ένα σύγχρονο δίκτυο(εικ. 4.1), τα switches αποτελούν κατά κύριο λόγο το συνδετικό κρίκο. Στο full duplex mode, στο οποίο όπως εξηγήσαμε λειτουργούν κατ' εξοχήν τα σύγχρονα Gigabit Ethernet δίκτυα, οι συνδέσεις οφείλουν να είναι point to point, δηλαδή NIC to NIC, Switch to NIC, ή Switch to Switch. Αρα με εξαίρεση την περίπτωση που δύο κόμβοι συνδέονται απ' ευθείας με ένα καλώδιο, η χρήση μιας ιεραρχίας από switches είναι επιβεβλημένη. Σε μια ιεραρχία δικτύου τα switches χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: Χαμηλότερα στην ιεραρχία βρίσκονται τα λεγόμενα Desktop switches, τα οποία έχουν τον περιορισμό ότι πρέπει να συνδέουν τερματικούς κόμβους (ή σταθμούς εργασίας) και έχουν την χαμηλότερη τιμή. Τα workgroup (ή segment) switches διασυνδέουν τμήματα δικτύου και έχουν γενικά υψηλότερη απόδοση και τεχνολογία. Τέλος, τα backbone switches μοιάζουν με τα workgroup switches αλλά υποστηρίζουν πολύ περισσότερα ports και άλλα χαρακτηριστικά υψηλής απόδοσης.

Πλέον τα σύγχρονα switches (και ιδιαίτερα τα backbone switches) υποστηρίζουν την τεχνολογία Gigabit Ethernet και είναι σε θέση να κάνουν switching



σε ταχύτητα 1000 Mbps σε κάθε port. Δεν είναι δυνατό βέβαια για τεχνικούς λόγους να υποστηριχτεί switching σε πλήρη ταχύτητα 1000 Gbps και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα σε όλα τα ports, σε ένα switch με 8 ports θα έπρεπε ο διαυλός του να λειτουργήσει στα 16 Gbps για να υποστηρίζεται πλήρης ταχύτητα ταυτόχρονα σε όλα τα ports. Αυτό βέβαια δεν είναι μεγάλο πρόβλημα, ειδικά στην περίπτωση των workgroup και Desktop switches αφού οι σταθμοί εργασίας παράγουν κίνηση με τη μορφή σύντομων «ριπών» (bursty traffic). Είναι σχετικά απίθανο κάποιος σταθμός να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα με σταθερό ρυθμό 1000 Mbps και άρα το αθροιζόμενο bandwidth συνήθως παραμένει εντός των αποδεκτών ορίων. Τα πράγματα όμως αλλάζουν στα Backbone switches, που έχουν να διαχειριστούν το αθροιζόμενο bandwidth που προκύπτει από τις χαμηλότερες ιεραρχίες και άρα ωφελούνται ιδιαίτερα από τις Gigabit ταχύτητες. Όσο πέφτουν οι τιμές και τα σύγχρονα δίκτυα αρχίζουν να παρέχουν Gigabit ταχύτητες μέχρι τον τελικό χρήστη τόσο τα backbones αρχίζουν να αντιμετωπίζουν προβλήματα κορεσμού και η ανάγκη για multiGigabit ταχύτητες να γίνεται επιβεβλημένη.



Εικόνα 4.1: Συνήθης διάταξη switches σε ένα workgroup περιβάλλον

#### 4.2.3 Network Interface Cards (NICs)

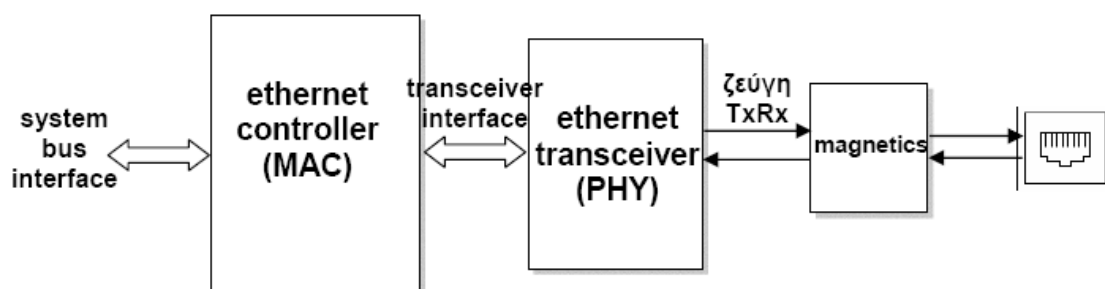


Κάθε client, κάθε server και κάθε σταθμός εργασίας πρέπει να διαθέτει μια κάρτα δικτύου ή Network Interface Card (NIC) για να συνδεθεί στο δίκτυο. Η ροή

των δικτυακών δεδομένων φτάνει στις NICs με τη μορφή πακέτων δεδομένων, και στη συνέχεια οδηγείται μέσω του system bus –με το οποίο διασυνδέονται οι NICs– στην κύρια μνήμη. Αν και οι NICs θεωρούνται ως οι λιγότερο σημαντικές δικτυακές συσκευές, στην ουσία η επιλογή των NICs είναι άμεσα υπεύθυνη για την απόδοση του δικτύου. Μερικά κριτήρια που θα μπορούσαν να μας απασχολήσουν κατά την επιλογή μιας NIC είναι τα εξής:

- *Wire speed.* Αυτή τη στιγμή υπάρχουν στην αγορά οι πολύ ελκυστικές από πλευράς απόδοσης/τιμής 10/100 Mbps NICs. Κρίνονται ιδιαίτερα συμφέρουσες για τα δεδομένα των Desktop PCs τα οποία ούτως ή άλλως δεν έχουν αυξημένες απαιτήσεις από το δίκτυο. Για αυξημένες απαιτήσεις (π.χ. για servers) υπάρχουν οι Gigabit κάρτες δικτύου, που υποστηρίζουν ρυθμούς διαμεταγωγής της τάξης των 10/100/1000 Mbps.
- *Driver Support.* Κάθε NIC οφείλει να συνοδεύεται από κάποιο πρόγραμμα οδήγησης που είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία της κάρτας με το λειτουργικό σύστημα. Πριν αγοράσουμε μια NIC πρέπει να βεβαιωθούμε ότι ο κατασκευαστής παρέχει drivers για τα λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιούμε και μας εγγυάται ότι θα παρέχει ενημερώσεις και για τις μελλοντικές εκδόσεις των λειτουργικών συστημάτων. Για κάποιες κάρτες δικτύου ενδέχεται να υπάρχει κάποια έκδοση driver ενσωματωμένη στο λειτουργικό σύστημα, προσφέροντας μια πραγματικά plug-n-play λογική.
- Τέλος, πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσο υποστηρίζεται *auto negotiation*, και *Full Duplex mode/flow control*. Βέβαια αυτά πλέον αποτελούν στάνταρ και είναι δύσκολο να βρεθεί κάποια σύγχρονη κάρτα δικτύου που δεν τα υλοποιεί.

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε την αρχιτεκτονική μιας σύγχρονης NIC, συμβατής με την τεχνολογία Gigabit Ethernet (αν και οι διαφορές με μια 10/100 Mbps κάρτα δικτύου είναι μηδαμινές). Στην ακόλουθη εικόνα περιγράφονται σχηματικά τα υποσυστήματα που αποτελούν μια τυπική NIC καθώς και τα interfaces που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεσή τους.



Εικόνα 4.2: Block διάγραμμα μιας τυπικής NIC card

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα υλοποίησης του επιπέδου MAC ονομάζεται συμβατικά **Ethernet controller**, ενώ τη σύνδεση με το επίπεδο PHY αναλαμβάνει ένα κύκλωμα ονομαζόμενο **Ethernet transceiver**. Στο σχήμα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα controller και transceiver εμφανίζονται ξεχωριστά, συχνά όμως

συνδυάζονται στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Δύο είναι τα σημαντικά interfaces για τη διασύνδεση των προηγούμενων κυκλωμάτων σε ένα υπολογιστικό σύστημα:

1. Ο Ethernet (MAC) controller διασυνδέεται στον δίαυλο του υπολογιστικού

συστήματος (system bus) για τη διακίνηση δεδομένων από και προς την κύρια μνήμη. Συνήθως ο δίαυλος αυτός είναι τύπου PCI, οπότε ο MAC controller διαθέτει το αντίστοιχο interface. Στο παρελθόν υπήρχαν και controllers με διαφορετικό interface, αλλά στις σύγχρονες κάρτες δικτύου το PCI interface έχει επικρατήσει.

2. Μεταξύ Ethernet controller και transceiver υπάρχει ένα τυποποιημένο interface (είναι το GMII, στο οποίο θα αναφερθούμε με λεπτομέρεια στη συνέχεια), το οποίο επιτρέπει τη διασύνδεση κυκλωμάτων MAC και PHY διαφορετικών κατασκευαστών.

Όσον αφορά τα magnetics, (έτσι ονομάζονται τα εξαρτήματα που διασυνδέουν τον transceiver με το φυσικό μέσο μετάδοσης, το UTP καλώδιο), πρόκειται για μετασχηματιστές με λόγο περιελίξεων 1:1 μαζί με κάποια πρόσθετα πηνία απόρριψης θορύβου. Οποιαδήποτε (εναλλασσόμενη) τάση στο πρωτεύον πηνίο ενός τέτοιου μετασχηματιστή προκαλεί την εμφάνιση τάσης αντίστοιχου πλάτους στο δευτερεύον πηνίο. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται ηλεκτρική απομόνωση. Για ευνόητους λόγους όταν χρησιμοποιείται οπτική ίνα σαν μέσο μετάδοσης δεν απαιτούνται magnetics.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ GIGABIT ETHERNET**

Αρχικά, οι εφαρμογές του Gigabit Ethernet προορίζονταν για campuses ή κτίρια που χρειάζονται περισσότερο εύρος ζώνης μεταξύ των routers, switches, hubs, repeaters και servers. Το Gigabit Ethernet μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε σημεία συμφόρησης του δικτύου όπως:

- Διασυνδέσεις switch-to-switch, switch-to-router, switch-to-server και repeater-to-switch
- Σύνδεση με servers υψηλών ταχυτήτων
- Backbone συνδέσεις

Στην αρχική του μορφή το Gigabit Ethernet δεν αναμενόταν να χρησιμοποιηθεί ευρέως στο desktop. Σε κάθε περίπτωση, το network operating system (NOS), οι εφαρμογές και οι NIC drivers στο desktop θα παρέμεναν χωρίς αλλαγές. Ο MIS manager μπορεί να εκμεταλλευτεί την υπάρχουσα πολυτροπική οπτική ίνα, αλλά και την τρέχουσα επένδυση σε δικτυακές εφαρμογές και εργαλεία.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι το αρχικό backbone είναι ένα 10Mbps Ethernet με διάφορα Ethernet τμήματα που συνενώνονται σε ένα 10/100Mbps switch, το οποίο με τη σειρά του έχει διάφορες 10Mbps Ethernet server συνδέσεις. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά :

- Οι ισχυροί χρήστες αντιμετωπίζουν συμφόρηση στις γραμμές των 10 Mbps.
- Οι χρήστες στα διαμοιραζόμενα τμήματα αντιμετωπίζουν μεγάλους χρόνους απόκρισης.
- Όλα τα νέα desktops είναι εξοπλισμένα με 10/100 PCI κάρτες.

Οι πιθανοί τρόποι για τη μετάβαση σε Gigabit Ethernet δίκτυο απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα [1] :

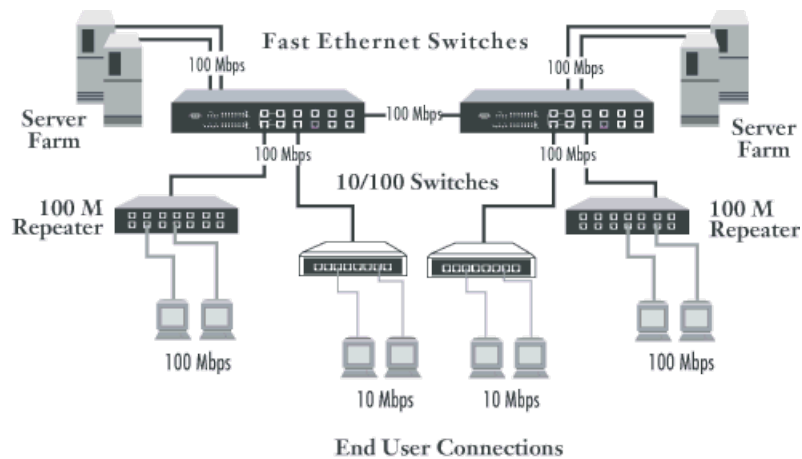
1. Αναβάθμιση switch-to-switch γραμμών	➔	Εγκατάσταση 1000Mbps pipes ανάμεσα σε 100/1000 switches
2. Αναβάθμιση switch-to-server γραμμών	➔	Επιτυχής υψηλής ταχύτητας πρόσβαση σε εφαρμογές και file servers
3. Αναβάθμιση ενός switched Fast Ethernet backbone	➔	Συμπλήρωση Fast Ethernet Switches με ένα Gigabit Ethernet switch ή repeater
4. Αναβάθμιση ενός shared FDDI backbone	➔	Αντικατάσταση FDDI switch ή Ethernet-to-FDDI switches-routers με Gigabit Ethernet switches ή repeaters
5. Αναβάθμιση σταθμών εργασίας υψηλών αποδόσεων	➔	Gigabit Ethernet NICs για διασύνδεση με Gigabit Ethernet switches ή repeaters

**Πίνακας 5.1:** Πιθανοί τρόποι μετάβασης

## 5.1 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ SWITCH-TO-SWITCH ΓΡΑΜΜΩΝ

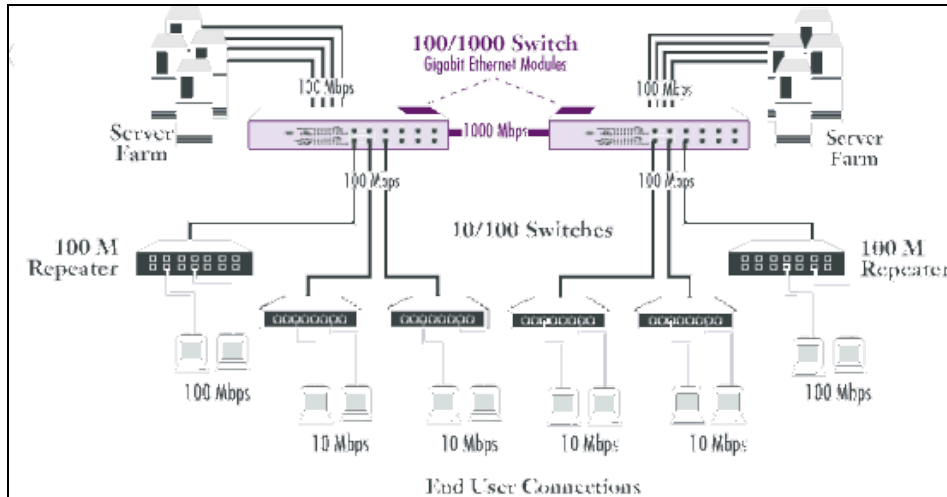


Ένας τρόπος είναι να αναβαθμίσουμε το backbone σε 100 Mbps Fast Ethernet και η κύρια ομάδα εργασίας να χρησιμοποιεί 100 Mbps Fast Ethernet συνδέσεις. Επιπλέον, μεταξύ των ακραίων σταθμών και του switch μπορούμε να εγκαταστήσουμε 10Mbps switching στις άλλες ομάδες εργασίας που χρειάζονται αποκλειστικά αφιερωμένο εύρος ζώνης. Το αποτέλεσμα θα είναι οι κυρίαρχοι χρήστες να αποκτήσουν 100Mbps ταχύτητα συνδέσεων και οι υπόλοιπες ομάδες εργασίας να απολαμβάνουν 10Mbps αποκλειστικά αφιερωμένο εύρος ζώνης, ενώ παράλληλα τα ήδη υπάρχοντα switches και NICs να παραμείνουν ως έχουν. Ακόμα, η ταχύτητα του backbone γίνεται 10 φορές μεγαλύτερη ώστε να ανταποκρίνεται στην ανάγκη για περισσότερο εύρος ζώνης. Έτσι προκύπτει η παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 5.1:** Μετά την αναβάθμιση σε Fast Ethernet

Στη συνέχεια, είναι εύκολο να αναβαθμίσουμε τις γραμμές 100 Mbps ανάμεσα σε Fast Ethernet switches ή repeaters σε γραμμές 1000 Mbps μεταξύ 100/1000 switches. Τέτοιες switch-to-switch γραμμές υψηλού εύρους ζώνης θα διευκολύνουν τα 100/1000 switches να υποστηρίξουν ένα μεγαλύτερο αριθμό τόσο switched όσο και shared Fast Ethernet τμημάτων. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το δίκτυο μετά την αναβάθμιση σε Gigabit Ethernet.

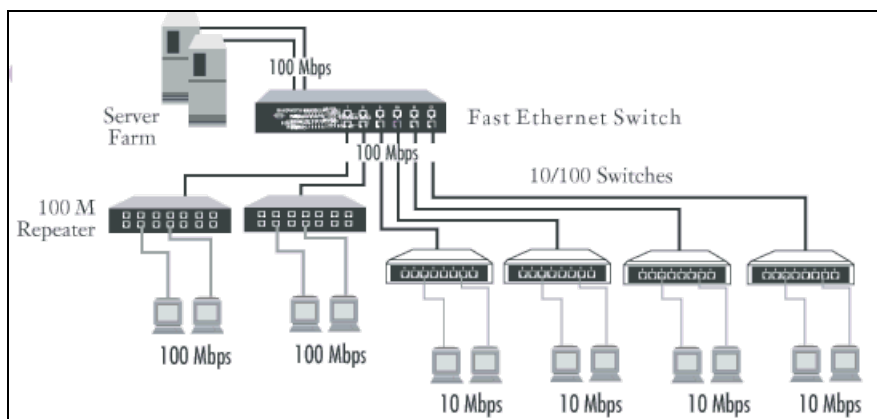


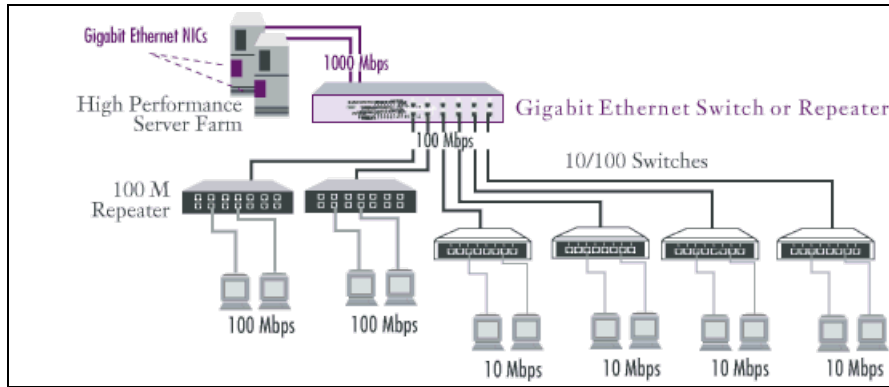
**Εικόνα 5.2:** Μετά την αναβάθμιση σε Gigabit Ethernet

Για να αυξήσουμε το backbone εύρος ζώνης ακόμα περισσότερο, μπορούμε να αναβαθμίσουμε τις downlink γραμμές προς το Gigabit Ethernet. Τα switches που υποστηρίζουν ισχυρούς χρήστες ή μεγάλες ομάδες εργασίας αναβαθμίζονται με Gigabit Ethernet downlink modules, το basement switch αναβαθμίζεται σε 100/1000 ικανότητα και οι key servers αναβαθμίζονται με Gigabit Ethernet NICs. Ένα βασικό σημείο που πρέπει να προσέξουμε είναι ότι οι αναβαθμίσεις του backbone σε Gigabit Ethernet υποστηρίζουν την επέκταση του switching μέχρι τα άκρα. Και οι δύο office ομάδες εργασίας υποστηρίζουν τώρα switched 10 ή switched 10/100 Ethernet στα desktops.

## 5.2 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ SWITCH-TO-SERVER ΓΡΑΜΜΩΝ

Ο απλούστερος τρόπος αναβάθμισης είναι να αναβαθμίσουμε ένα Fast Ethernet switch σε ένα Gigabit Ethernet switch ώστε να κερδίσουμε υψηλή ταχύτητα, διασύνδεση 1000Mbps σε ένα server farm με super servers υψηλής απόδοσης και με εγκατεστημένα Gigabit Ethernet NICs. Η εικόνα δείχνει το δίκτυο πριν και μετά την αναβάθμιση.



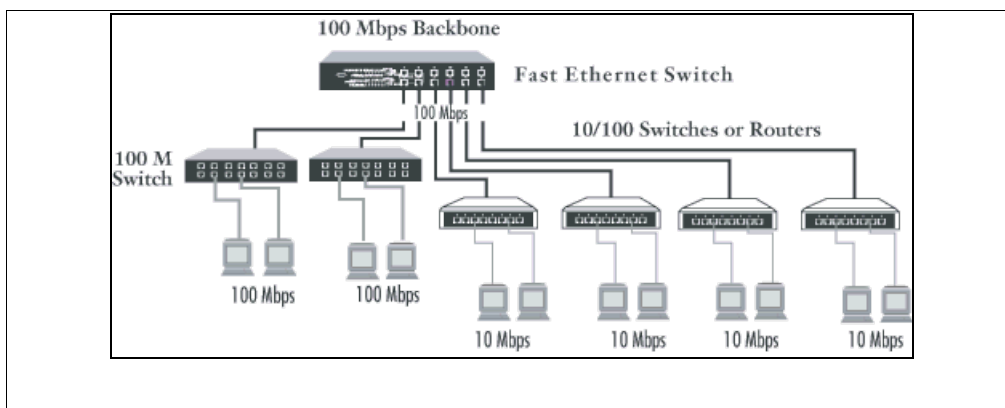


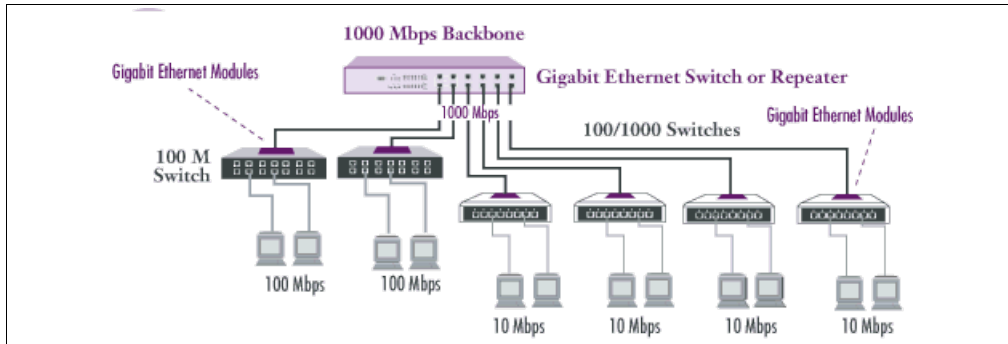
**Εικόνα 5.3:** Αναβάθμιση switch-to-server γραμμών

Η αναβάθμιση αυτή θα κοστίσει μόνο την αντικατάσταση του switch.

### 5.3 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΝΟΣ SWITCH FAST ETHERNET BACKBONE

Ένα Fast Ethernet backbone switch που συναθροίζει πολλά 10/100 switches μπορεί να αναβαθμιστεί σε ένα Gigabit Ethernet switch που υποστηρίζει πολλαπλά 100/1000 switches καθώς και άλλες συσκευές όπως routers και hubs με Gigabit Ethernet interfaces και uplinks. Gigabit repeaters ή/και buffered distributors μπορούν επίσης να εγκατασταθούν αν χρειάζεται. Gigabit full-duplex repeaters εγκαθίστανται όπου χρειάζεται για να συναθροίσουν servers ή να χτίσουν Gigabit Ethernet υποστήριξη για ομάδες εργασίας που χειρίζονται πολύ μεγάλα αρχεία multimedia και γραφικών. Όταν το backbone αναβαθμιστεί σε ένα Gigabit Ethernet switch, οι υψηλής απόδοσης servers μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο backbone με Gigabit Ethernet NICs, αυξάνοντας έτσι την απόδοση στους servers για τους χρήστες που έχουν εφαρμογές μεγάλου εύρους ζώνης ή για απαιτητικά σε εύρος ζώνης δεδομένα αποθήκευσης και backup υπηρεσίες. Ακόμη, το δίκτυο μπορεί τώρα να υποστηρίξει ένα μεγαλύτερο αριθμό από τμήματα, μεγαλύτερο εύρος ζώνης ανά τμήμα και έτσι ένα μεγαλύτερο αριθμό από κόμβους ανά τμήμα. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το δίκτυο πριν και μετά την αναβάθμιση.

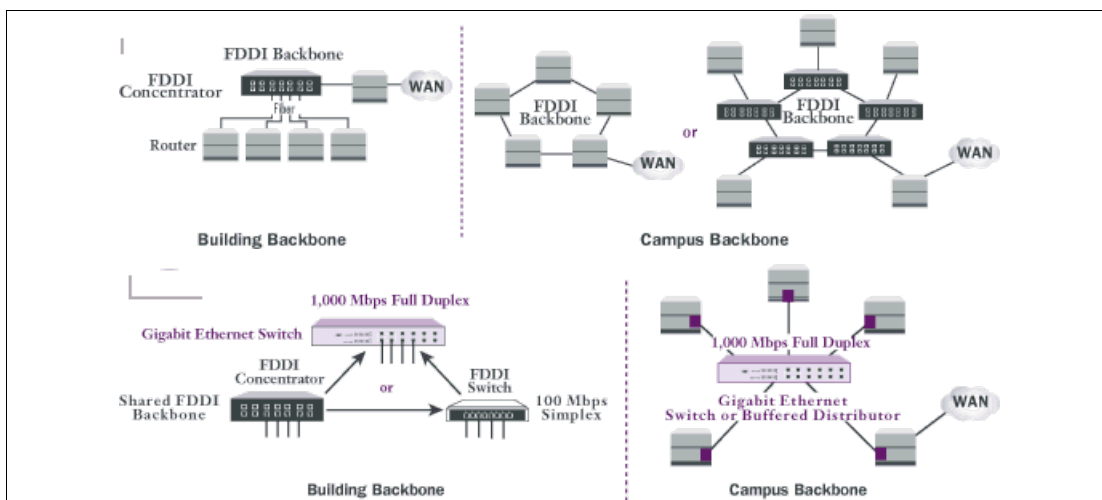




**Εικόνα 5.4:** Αναβάθμιση ενός Switched Fast Ethernet backbone

### 5.4 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΝΟΣ SHARED FDDI BACKBONE

Ένα FDDI backbone σε campus ή κτίριο μπορεί να αναβαθμιστεί αντικαθιστώντας τον FDDI concentrator ή hub ή Ethernet -to- FDDI router με ένα Gigabit Ethernet switch ή repeater. Τα περισσότερα FDDI campus δίκτυα έχουν την πλειοψηφία των σταθμών τους συνδεδεμένους σε ένα shared/switched Ethernet, οπότε είναι λογικό να μετακινηθούν προς την αναβάθμιση με τεχνολογίες Fast Ethernet και Gigabit Ethernet. Η συνύπαρξη του FDDI με 10/100/1000Mbps Ethernet είναι αναγκαία για την επίτευξη του στόχου μας. Σαν ένα ενδιάμεσο βήμα μερικοί χρήστες μπορούν να μεταβούν σε ένα FDDI switch προτού εγκαταστήσουν ένα Gigabit Ethernet switch. Η μόνη αναβάθμιση που χρειάζεται είναι η εγκατάσταση νέων Gigabit Ethernet interfaces στους routers, στα switches ή τους repeaters. Όλη η υποδομή σε οπτική ίνα παραμένει και το εύρος ζώνης γίνεται τουλάχιστο δεκαπλάσιο για κάθε τμήμα. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το δίκτυο πριν και μετά την αναβάθμιση.

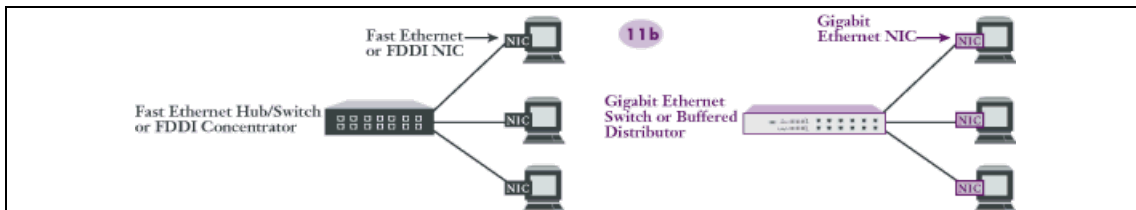


**Εικόνα 5.5:** Αναβάθμιση ενός Shared FDDI backbone



### 5.5 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

Στις τελευταίες φάσεις της υιοθέτησης του Gigabit Ethernet, και καθώς τα Fast Ethernet ή FDDI desktops χρειάζονται περισσότερο εύρος ζώνης, τα Gigabit Ethernet NICs αναμένεται να χρησιμοποιούνται για να αναβαθμίσουν υψηλής απόδοσης desktop computers με Gigabit Ethernet διασύνδεση. Οι υψηλής απόδοσης desktop computers θα διασυνδέονται ύστερα σε Gigabit Ethernet switches ή buffered distributors. Η εικόνα δείχνει το δίκτυο πριν και μετά την αναβάθμιση:



**Εικόνα 5.6:** Αναβάθμιση ομάδων εργασίας υψηλών αποδόσεων

### 5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ



Το κόστος για τη μετάβαση σε Gigabit Ethernet φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Τεχνολογία	Κόστος ανά NIC	Κόστος ανά switch port
Gigabit Ethernet	\$1000	\$3000
Fast Ethernet	\$100	\$500
FDDI	\$1200	\$3000

**Πίνακας 5.2:** Κόστος διαφόρων τεχνολογιών

→ Από όσα έχουν προαναφερθεί, είναι προφανές ότι όσο η αναβάθμιση του δικτύου γίνεται πιο κοντά στον τελικό χρήστη, τόσο αυξάνεται το κόστος για τη μετάβαση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**



### **6.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET ΜΕ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**

Κάθε δικτυακή τεχνολογία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά που της προσδίδουν τόσο πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων όσο και μειονεκτήματα. Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκριτικός πίνακας με τις κυριότερες LAN τεχνολογίες και τα κύρια χαρακτηριστικά τους [1] :

<b>Ιδιότητες</b>	<b>FDDI</b>	<b>Switched 100 Mbps Ethernet</b>	<b>Gigabit Ethernet</b>	<b>ATM</b>
Απόδοση	100-Mbps simplex	100-Mbps simplex	1000-Mbps simplex	25-Mbps ως 622-Mbps
Δυναμική εξέλιξη	Μικρή	Μερική	Μερική	Καλύτερη
Reserved Bandwidth	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Ισόχρονη υποστήριξη	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Multiple traffic classes	Όχι	Σχεδιάζεται στο 802.1p	Σχεδιάζεται στο 802.1p	Ναι
Εκτίμηση κόστους	Υψηλό	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο
Χρήση υπάρχουσας καλωδίωσης	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Κλιμάκωση ταχύτητας	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Μετάβαση σε WAN	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι

**Πίνακας 6.1:** Σύγκριση ιδιοτήτων FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, και ATM

Στον πίνακα 6.2 φαίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε LAN τεχνολογίας ξεχωριστά.

Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
100 Mbps Ethernet switched	Scalable, απλό, προστασία επένδυσης (NIC, καλωδίωση, εξοπλισμός), μερική υποστήριξη QoS	Περιορισμοί απόστασης
100 Mbps Ethernet shared	Φθινό, απλό, βελτίωση ταχύτητας, προστασία επένδυσης (NIC, καλωδίωση, εξοπλισμός), εύκολο στη διαχείριση	Βασισμένο στις συγκρούσεις, περιορισμοί απόστασης, μη υποστήριξη QoS
Gigabit Ethernet	Αύξηση ταχύτητας σε 1Gbps, απλό, ενδεχόμενη μείωση κόστους	Ακριβό, μη υποστήριξη QoS, περιορισμοί απόστασης, βασισμένο σε συγκρούσεις
FDDI	Fault-tolerant	Ακριβό, μη υποστήριξη QoS, όχι upgrade path
ATM 25, 155, 622 Mbps	End-to-end QoS, χωρίς περιορισμούς απόστασης, μετάβαση στο OC-48	Ακριβό

**Πίνακας 6.2:** Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ανταγωνιζόμενων LAN τεχνολογιών

Όπως φαίνεται και από τους παραπάνω πίνακες, οι **τεχνολογίες Ethernet** προσφέρουν μια απλή, φθηνή και κατανοητή λύση, υστερούν όμως σε scalability, εύρος ζώνης allocation, προέκταση σε WAN, end-to-end ολοκλήρωση, καθώς και χαρακτηριστικά QoS που απαιτούνται από τις μελλοντικές multimedia εφαρμογές.

Το **ATM** είναι αρκετά διαφορετικό από τις υπόλοιπες LAN τεχνολογίες. Μόνο το Switched 100-Mbps Ethernet έχει κοινά χαρακτηριστικά από το υπόλοιπο group, με το ATM. Παρά το γεγονός ότι το Ethernet Switching παρέχει μεγάλα ποσά αφοσιωμένου εύρους ζώνης σε απλούς χρήστες, τα switched networks συνεχίζουν να λειτουργούν σε μια peer-to-peer αρχιτεκτονική. Αυτό μπορεί να είναι ένα βασικό μειονέκτημα καθώς το μέγεθος του δικτύου μεγαλώνει, επιδρώντας στην απόδοση, τη διαχείριση, και τη scalability. Επίσης, το Ethernet έχει περιορισμούς στην απόσταση ενώ τα δίκτυα ATM δεν έχουν τέτοιου είδους περιορισμούς. Άλλο μειονέκτημα της τεχνολογίας Ethernet είναι η ανικανότητα να συνεργαστεί με διαφορετικές LAN τεχνολογίες, όπως το FDDI, χωρίς τη βοήθεια bridges ή routers. Στο ATM, η εξομοίωση LAN και τα πρωτόκολλα MPOA επιτυγχάνουν συνεργασία με άλλα LAN. Στο FDDI η υψηλή τιμή του και η έλλειψη εκτεταμένης υποστήριξης αποτελούν κύρια μειονεκτήματα. Το ATM έχει το μειονέκτημα του υψηλού κόστους και της πολυπλοκότητας. Κατά αυτό τον τρόπο οι αυξημένες ικανότητες του, δεν αξιοποιούνται από τις επιχειρησιακές εφαρμογές. Ήταν όμως η πρώτη τεχνολογία που παρείχε network scalability και QoS. Επίσης έχει πολύ καλό έλεγχο εύρους ζώνης.

Το **Gigabit Ethernet** έχει αναπτυχθεί με τη βοήθεια του wire-speed routing, καθώς η ολοκλήρωση της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα wire-speed routing που εκτιμάται ότι θα χωρέσει δεκάδες χιλιάδες δικτυακές διευθύνσεις σε ένα port. Με αυτό τον τρόπο το Gigabit Ethernet παρέχει scalability και απόδοση ισάξια με το ATM. Εξάλλου είναι σημαντικό ότι το IP-το μελλοντικά κυρίαρχο δικτυακό πρωτόκολλο- σχεδιάστηκε και δουλεύει άριστα σε frame-based δίκτυα. Το Gigabit Ethernet μπορεί να χειριστεί IP-based multimedia traffic αρκετά αποτελεσματικά.

## 6.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΓΟΡΑΣ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ-ΑΠΟΔΟΣΗ

Το μέγεθος της αγοράς, η interoperability μεταξύ των vendors, και η interoperability στην τεχνολογία (με την ήδη εγκατεστημένη βάση), διαδραματίζουν κύριο ρόλο στην επιλογή τεχνολογίας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την κατάσταση της αγοράς για κάθε τεχνολογία LAN, την ικανότητα των κατασκευαστών με διαφορετικούς εξοπλισμούς να συνεργάζονται πάνω στην ίδια τεχνολογία, και την ικανότητα της τεχνολογίας να συνεργάζεται με άλλες τεχνολογίες [1] :

Τεχνολογία	Μέγεθος Αγοράς	Interoperability Vendors	Interoperability τεχνολογίας
100-Mbps Ethernet switched	Ραγδαία ανάπτυξη	Καλή	Ικανοποιητική
100-Mbps Ethernet shared	Αναπτυσσόμενη	Καλή	Φτωχή
FDDI	Μειωμένη	Ικανοποιητική	Φτωχή
Gigabit Ethernet	Αναπτυσσόμενη	Φτωχή (ως τώρα)	Άγνωστο

**Πίνακας 6.3:** Παράγοντες αγοράς για τεχνολογίες LAN

Η επιλογή LAN και WAN τεχνολογίας πρέπει να βασίζεται στις ανάγκες των χρηστών και των εφαρμογών τους. Ο ακόλουθος πίνακας δείχνει τις τεχνολογικές λύσεις τόσο του ATM όσο και των μη-ATM επιλογών για την επίλυση των αναγκών των χρηστών και των εφαρμογών.

Στόχος	Μη-ATM λύση	ATM λύση
Αύξηση ταχύτητας ανά shared τμήμα	100/1000 Mbps Ethernet, FDDI	155-Mbps ATM
Αύξηση ταχύτητας ανά χρήστη	Micro-segment 10 Mbps, single-user 10 Mbps	Dedicated 25-Mbps ATM
Dedicated BW ανά χρήστη	Switched Ethernet με micro-segmentation	Switched 155-Mbps ATM
Διακίνηση φωνής και	Iso-Ethernet, 100M	Οποιοδήποτε ATM (25 ως

video	Ethernet	155)
Μείωση add/move/changes	VLANs	LANE VLANs
Multicast	IP multicast	IP over ATM multicast, LANE
QoS/BW reservation	802.1p, RTP, RSVP	Τυποποιημένη υπηρεσία

**Πίνακας 6.4:** ATM και μη ATM λύσεις για τις απαιτήσεις χρηστών και εφαρμογών

Το ATM παρέχει την καλύτερη μεταβατική τεχνολογία από LAN σε WAN στη βιομηχανία. Ένα πλεονέκτημα του ATM είναι η ευρεία κλίμακα ταχυτήτων που παρέχει. Τα Ethernet LANs και το ATM τρέχουν σε συγκριτικές ταχύτητες. Το 25-Mbps ATM είναι ισοδύναμο με το 100-Mbps Fast Ethernet και χρησιμοποιώντας παρόμοια λογική, το 622-Mbps ATM είναι ισοδύναμο με το simplex Gigabit Ethernet. Έτσι, ένας server μπορεί να έχει σύνδεση από 25-Mbps ως 622-Mbps (ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι πιο ισχυροί servers). Το ATM τυποποιεί το OC-48, σχεδόν 2.5Gbps full-duplex εύρος ζώνης, διπλάσιο του full-duplex Gigabit Ethernet και τετραπλάσιο του half-duplex Gigabit Ethernet! Αξίζει να τονιστεί ότι πριν από μια δεκαετία, οι περισσότεροι σχεδιαστές LAN δεν πίστευαν ότι οι χρήστες θα απαιτούσαν παραπάνω από 10 Mbps.

Αυτό που πραγματικά μετρά σε περιβάλλοντα LAN δεν είναι η αποδοτικότητα των switching πλαισίων μεταβλητού μήκους ή των ATM cells, αλλά αν οι συσκευές διαθέτουν το απαιτούμενο hardware ή software για να εκτελέσουν το switching και το routing.

### **6.3 ATM vs GIGABIT ETHERNET: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τους λόγους για τους οποίους θα πρέπει κανείς να προτιμά ή να αποφεύγει τη χρήση των δύο αυτών δικτυακών τεχνολογιών [1].

Με την πρώτη ματιά μπορεί να φανεί ότι η απαίτηση για περισσότερο bandwidth είναι πλασματική και απλώς οδηγούμαστε από τις ίδιες τις κατασκευάστριες εταιρείες δικτυακού εξοπλισμού οι οποίες ακολουθώντας τον δικό τους κύκλο ανάπτυξης μέσα από την κατασκευή και πώληση συσκευών και λογισμικού ολοένα και υψηλότερων επιδόσεων, προσπαθούν να μας πείσουν ότι αυτά που κατασκευάζουν είναι και αυτά που οπωσδήποτε χρειαζόμαστε. Ωστόσο, αυτό δεν είναι πλέον μακριά από την πραγματικότητα, αφού υπάρχουν αρκετοί, πραγματικοί και σοβαροί λόγοι που οδηγούν τα δίκτυα στην χρήση περισσότερου bandwidth. Ο πιο έκδηλος είναι η επέκταση και διεύρυνση των δικτύων ώστε να υποστηρίξουν περισσότερους χρήστες σε απομακρυσμένα σημεία (παραρτήματα του κεντρικού χώρου στον οποίο εργάζονται και γενικότερα λειτουργούν), στο σπίτι τους ή ακόμα ενώ βρίσκονται σε κίνηση έξω από αυτούς τους χώρους. Ένας άλλος λόγος είναι η μεγάλη διασπορά και διάδοση της χρήσης του internet, που πραγματικά πλημμυρίζει

τους κορμούς των διαφόρων δικτύων με γραφικά δεδομένα. Επίσης, τα intranets με την τάση που έχουν να διανέμουν δεδομένα και εφαρμογές σε ολόκληρο το δίκτυο σηματοδοτούν μία αλλαγή στη στάση και την συμπεριφορά των χρηστών που όλο και με μεγαλύτερη συχνότητα διαπερνούν τα στενά όρια των μικρών ομάδων εργασίας (workgroups) στις οποίες ανήκουν. Έπειτα είναι η ανάπτυξη μίας ιδιαίτερης μορφής λειτουργίας του κάθε δικτύου στην οποία όλοι οι χρήστες συνεχώς “κατεβάζουν” δεδομένα μέσω του αντίστοιχου δικτύου κορμού. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων στα εσωτερικά δίκτυα των workgroups, έτσι κατ’ αναλογία θα πρέπει να αυξάνεται και η ταχύτητα μετάδοσης στα δίκτυα κορμού. Διαφορετικά επέρχεται συμφόρηση (bottleneck).

Ωστόσο, οι περισσότεροι σχολιαστές συμφωνούν ότι υπάρχει μεγάλο εύρος λύσεων υψηλού bandwidth σε σχέση με τις τρέχουσες ανάγκες των χρηστών. Οι κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού προωθούν την ανάπτυξη τεχνολογίας, όχι τόσο επειδή αυτή είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθεί άμεσα αλλά επειδή προσπαθούν να είναι έτοιμοι και προετοιμασμένοι για κάποια ασαφή μελλοντική ανάγκη. Η τωρινή φιλοσοφία που επικρατεί είναι ότι η Fast Ethernet τεχνολογία είναι το κυρίαρχο πρότυπο αυτή τη χρονική στιγμή, αλλά καθώς επεκτείνεται ραγδαία στην περιοχή των desktops θα προκαλέσει την ανάγκη για ακόμη υψηλότερα bandwidth στην περιοχή των Δικτύων Κορμού. Σ’ αυτό το επίπεδο οι επιλογές που προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία είναι μεταξύ ATM και Gigabit Ethernet.

Το ATM είναι βασισμένο στην μετάδοση cells μήκους 53bytes το καθένα, με 5bytes διεύθυνση να περιλαμβάνεται σε αυτά. Αυτό απλοποιεί τη διαχείριση των δεδομένων αφού κάθε πακέτο δεδομένων ή cell είναι μοναδικού μήκους. Το ATM είναι μία τεχνολογία μεταγωγής, οπότε κάθε μετάδοση χρησιμοποιεί ένα σαφώς αφιερωμένο σ’ αυτήν κύκλωμα. Η τεχνολογία συνδυάζει τα καλύτερα πλεονεκτήματα της μεταγωγής κυκλώματος, στην οποία ως γνωστό στηρίζεται το δίκτυο μετάδοσης φωνής, και της μεταγωγής πακέτου. Το αποτέλεσμα είναι το εγγυημένο bandwidth για κάθε μετάδοση και η υψηλή αποτελεσματικότητα στη χρήση της δικτυακής υποδομής.

### **6.3.1 Ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service)**

Ο υψηλός έλεγχος στα ποιοτικά στοιχεία μιας μετάδοσης καθώς και η εύκολη διαχείρισή τους που προσφέρει το ATM σημαίνουν ότι στις συγκεκριμένες μεταδόσεις που απαιτούν σταθερά links, δηλαδή με σταθερά και απόλυτα προβλέψιμα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η μετάδοση φωνής και ζωντανού video, παρέχεται από το ATM εγγυημένο το bandwidth που χρειάζονται. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να “τρέχουν” εφαρμογές πολυμέσων όπως είναι το video conferencing ή να κάνουν κλήσεις πάνω από το δίκτυο δεδομένων. Έτσι, το ATM μπορεί να υποστηρίξει όλων των ειδών τις μεταδόσεις πάνω από ένα δίκτυο.

Βέβαια, το ATM είναι ένα πραγματικά πολύ έξυπνο στη σύλληψη και στην υλοποίηση σύστημα μετάδοσης αλλά στον σημερινό πραγματικό κόσμο δεν φαίνεται να έχει ευρεία εφαρμογή. Είναι αλήθεια ότι το ATM είναι καλύτερο στις περιπτώσεις που απαιτείται εξασφαλισμένη ποιότητα στην παρεχόμενη υπηρεσία αν το συγκρίνουμε με την τεχνολογία μετάδοσης πακέτων, ωστόσο οι εταιρείες που χρησιμοποιούν ή εγκαθιστούν δίκτυα δεν δείχνουν να εκμεταλλεύονται αυτή τη δυνατότητά του. Στα επόμενα χρόνια θα πρέπει να θεωρούμε το μέλλον του ATM να σχετίζεται άμεσα με το πλήθος και το βαθμό χρήσης, και αποδοχής από τους χρήστες,

υπηρεσιών πολυμέσων εξαρτημένων στενά από τα ποιοτικά στοιχεία της μετάδοσης (χαμηλό και σταθερό latency).

### 6.3.2 Κλιμακωτή επέκταση στο διαθέσιμο bandwidth

Το ATM δεν παρέχει μόνο ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης. Είναι περισσότερο μία γενική μέθοδος μετάδοσης, όπως είναι το Ethernet ή το Token Ring. Ως εκ τούτου είναι ικανό για τη μετάδοση με πολλούς διαφορετικούς ρυθμούς που μπορεί να είναι από σχετικά μικροί έως και πολύ υψηλοί. Το πρότυπο που μέχρι πρόσφατα υποστηρίζονταν από πολλούς κατασκευαστές ήταν στα 25Mbps για τα desktops. Οι περισσότεροι ωστόσο κατασκευαστές μεταγωγών έχουν υποστηρίξει ιδιαίτερα την ταχύτητα των 155Mbps, ενώ παράλληλα υπάρχουν πρότυπα καθώς και τα αντίστοιχα προϊόντα για τα 622Mbps πάνω σε δίκτυα κορμού αλλά και για τα 2,4Gbps για δίκτυα WAN.

Αν και υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί ρυθμοί μετάδοσης στο ATM standard, ο υπάρχον δικτυακός εξοπλισμός τύπου μεταγωγών δεν επιτρέπει την σταδιακή αναβάθμιση ενός δικτύου, όπως συμβαίνει με τα 10/100 Ethernet switches. Με άλλα λόγια δεν βρίσκουμε στην αγορά προϊόντα όπως ATM κάρτες υπολογιστών που να μπορούν να λειτουργήσουν κατά το επιθυμητό είτε στα 25Mbps είτε στα 155Mbps είτε στα 622Mbps, ανάλογα με την θύρα του ATM switch στο οποίο συνδέονται αλλά και τις δυνατότητες του φυσικού μέσου που χρησιμοποιείται. Αντίθετα οι Ethernet τεχνολογίες με auto-negotiation και auto-sensing τεχνικές που χρησιμοποιούν τόσο στις κάρτες δικτύων (NICs- Network Interface Cards) όσο και στα 10/100Mbps Ethernet switches, οι οποίες μάλιστα έχουν προτυποποιηθεί, μπορούν να είναι πιο ευέλικτες στην προσαρμογή τους στις ανάγκες αλλά και στις δυνατότητες του χρήστη και της καλωδιακής και δικτυακής υποδομής που χρησιμοποιεί, π.χ. ο ρυθμός μετάδοσης πάνω από μία 10/100Mbps Ethernet σύνδεση είτε από τον ίδιο τον διαχειριστή του δικτύου (στατική δήλωση στο configuration του μεταγωγέα στον οποίο συνδέεται ο εν λόγω χρήστης), είτε ως αποτέλεσμα “διαπραγμάτευσης” ανάμεσα στον μεταγωγέα και στο χρήστη. Βασικό σημείο που πρέπει να παρατηρήσουμε είναι ότι στην αυτόματη “διαπραγμάτευση” βασικός παράγοντας είναι η ποιότητα και οι δυνατότητες του χρησιμοποιούμενου φυσικού μέσου. Έτσι, αν το μήκος της χρησιμοποιούμενης καλωδίωσης είναι μεγάλο, ή η ποιότητα του καλωδίου δεν είναι η καλύτερη δυνατή (π.χ. κάποιο ελάττωμα ή κακοτεχνία), και είναι δύσκολο έως αδύνατο να αποκατασταθεί μετάδοση στα 100Mbps τότε υπάρχει η εναλλακτική επιλογή της μετάδοσης στα 10Mbps. Όλη την παραπάνω αναφερόμενη λειτουργία δεν την συναντάμε στα ATM δίκτυα, όπου η σύνδεση ενός δικτυακού κόσμου σε έναν μεταγωγέα μπορεί να γίνει σε μία μόνο ταχύτητα. Σ’ αυτήν την περίπτωση απαιτείται π.χ. η κάρτα του προς σύνδεση υπολογιστή να υποστηρίζει ακριβώς την ίδια ταχύτητα με την θύρα του ATM μεταγωγέα στον οποίο πρόκειται να συνδεθεί. Στους ATM μεταγωγείς δεν υποστηρίζονται δυνατότητες auto-negotiation/auto-sensing.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι δεν πρέπει να υπάρχει σύγχυση με τη δυνατότητα που παρέχει το ATM για τη διαχείριση του διαθέσιμου bandwidth πάνω από μία φυσική σύνδεση. Έτσι, μπορεί μία ATM σύνδεση να είναι των 155Mbps αλλά ο διαχειριστής του δικτύου να επιτρέπει συνολικά μόνο ένα μέρος

αυτού του bandwidth να χρησιμοποιείται από κάποιον χρήστη, π.χ. τα 70Mbps. Αυτό απλώς σημαίνει ότι η φυσική σύνδεση χρησιμοποιείται μόνο κατά το αντίστοιχο ποσοστό (δηλαδή στην περίπτωση μας κατά το 70/155Mbps) από τον συγκεκριμένο χρήστη ενώ τον υπόλοιπο χρόνο (π.χ. περίπου  $[155-70]/155\text{Mbps}$ ) απλώς μένει ανενεργή ή χρησιμοποιείται από άλλον χρήστη. Ωστόσο, κάθε χρονική στιγμή στην οποία μεταδίδει πληροφορία, η μετάδοση αυτής της πληροφορίας πραγματοποιείται με το σταθερό ρυθμό των 155Mbps το δευτερόλεπτο.

Καταλαβαίνει, λοιπόν, κανείς ότι στον τομέα της ευελιξίας που παρέχεται στους χρήστες αλλά και στους σχεδιαστές δικτύων στη χρήση διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης ανάλογα με τις δυνατότητες του δικτυακού εξοπλισμού αλλά και του ποιότητας και των χαρακτηριστικών του φυσικού μέσου που θα χρησιμοποιηθεί, οι Ethernet τεχνολογίες είναι εκείνες που υπερτερούν. Γενικότερα, δεν υπάρχει αυτή τη στιγμή κάποια άλλη τεχνολογία πέραν της Ethernet που να παρέχει αυτού του είδους την ευελιξία που παρέχουν τα 10/100Mbps Ethernet switches. Στην περίπτωση του ATM οποιαδήποτε μετάβαση από κάποιο ρυθμό μετάδοσης σε κάποιον άλλο απαιτεί την πλήρη αντικατάσταση του υλικού (hardware) που χρησιμοποιείται και φυσικά με σχετικά υψηλό κόστος. Το υλικό αυτό περιλαμβάνει π.χ. από κάρτες δικτύου ATM για υπολογιστικά συστήματα μέχρι και κάρτες (network modules) για τους αντίστοιχους μεταγωγείς (switches). Σε κάποιες περιπτώσεις που οι ATM μεταγωγείς είναι fixed, δηλαδή δεν επιδέχονται modules ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν μόνο αυτά από άλλα που να υποστηρίζουν διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης, απαιτείται η πλήρης αντικατάσταση του μεταγωγέα με φυσικά ακόμη μεγαλύτερο κόστος. Στην περίπτωση Ethernet τεχνολογίας ο σχεδιαστής του κάθε δικτύου απλώς επιλέγει έναν Ethernet μεταγωγέα που να υποστηρίζει auto-sensing, auto-negotiation και έτσι μπορεί να δείχνει στους χρήστες του δικτύου τη δυνατότητα να μην χρειάζεται καμία επιπλέον επένδυση (καμία αντικατάσταση ή αναβάθμιση του μεταγωγέα) όταν αυτοί αναβαθμίσουν τους σταθμούς εργασίας τους σε υψηλότερες ταχύτητες δικτυακής μετάδοσης.

### 6.3.3 Κλιμακωτή επέκταση του δικτύου

Το γεγονός ότι το ATM είναι ικανό να υποστηρίζει υπηρεσίες σε πολλούς διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε μέρος ενός δικτύου. Όχι μόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διασύνδεση στα πλαίσια μίας ομάδας εργασίας (workgroup) αλλά και σε όλο το εύρος του Δικτύου Κορμού και τελικά ακόμη και στο ευρείας περιοχής μέρος του δικτύου. Στη θεωρία, το ATM μπορεί να μεταφέρει κάθε τύπο υπηρεσίας σε όλο το εύρος ενός δικτύου, αφού άλλωστε αυτός είναι και ο σκοπός της αρχικής του σχεδίασης από την CCITT (σήμερα ITU) το 1988. Ωστόσο, το ATM έχει αποτύχει μέχρι τώρα να επικρατήσει ή έστω να επεκταθεί σε σημαντικό βαθμό στο desktop μέρος των δικτύων. Η καθημερινή πρακτική μας θυμίζει ότι το κόστος προμήθειας μίας Ethernet κάρτας υπολογιστή (Ethernet NIC) έχει μειωθεί δραματικά (μίας Fast Ethernet κάρτα με UTP interface κοστίζει περίπου 25€) αφήνοντας τις ATM κάρτες να αποτελούν πολύ ακριβότερες λύσεις (μία ATM κάρτα των 155Mbps επίσης με UTP interface έχει περίπου δεκαπλάσιο κόστος).



### 6.3.4 Προτυποποίηση

Τα πρότυπα σχετικά με το ATM έχουν ολοκληρωθεί και παγιωθεί εδώ και αρκετό χρονικό διάστημα. Τα περισσότερα μέρη αυτής της τεχνολογίας, όπως είναι το LAN emulation, η διαχείριση του δικτύου σε ευρεία περιοχή (WAN), τα interfaces στο φυσικό επίπεδο, τα πρωτόκολλα μεταγωγής, η διαχείριση της κίνησης που διέρχεται από το δίκτυο, τα διαφορετικά interfaces μεταξύ χρηστών και δικτύου, έχουν προτυποποιηθεί για διάστημα αρκετών ετών το καθένα. Αυτό σημαίνει ότι έχουν δοκιμαστεί και φυσικά ότι έχουν δημιουργηθεί και αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα. Μία σειρά από προϊόντα που υποστηρίζουν ATM δίκτυα είναι διαθέσιμα από ένα σύνολο από γνωστούς κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού και χρησιμοποιούνται από αρκετούς οργανισμούς και φορείς παγκοσμίως. Οι περιοχές ανθρώπινης δραστηριότητας στις οποίες συναντάμε περισσότερο συχνά την χρήση ATM δικτύων είναι η υγεία και η εκπαίδευση, των οποίων οι αντίστοιχοι φορείς έχουν συχνά προβεί στην εγκατάσταση της σχετικής δικτυακής υποδομής. Ο λόγος είναι φυσικά η ιδιαίτερη μορφή της διακινούμενης πληροφορίας που παρατηρείται σ' αυτούς τους φορείς, και που κατά βάση είναι προϊόν εφαρμογών πολυμέσων. Αντίθετα το Gigabit Ethernet είναι μία σχετικά νεότερη τεχνολογία, που πολύ πρόσφατα ξεκίνησε η προσπάθεια προτυποποίησής της και που είναι λογικό πως δεν έχει προλάβει να δώσει ακόμη μεγάλο εύρος ενεργών δικτυακών συσκευών και μάλιστα από αρκετούς κατασκευαστές. Συμπερασματικά, προκύπτει πως με βάση το κριτήριο του βαθμού προτυποποίησης και του πλήθους των σχετικών προϊόντων και κατασκευαστών αυτών των προϊόντων που υπάρχουν σήμερα, το ATM δείχνει να έχει κάποιο προβάδισμα. Αυτή η διαπίστωση όπως είναι κατανοητό έχει ισχύ αυστηρά μόνο αυτή τη στιγμή που συντάσσεται το παρόν κείμενο και δεν μπορεί να στηριχθεί σε σημαντικό βαθμό κανείς σ' αυτήν για να συγκρίνει τις δύο τεχνολογίες. Είναι βέβαιο πως είναι πολύ κοντά η στιγμή που το Gigabit Ethernet θα είναι πλήρως τυποποιημένο και τα προϊόντα θα ακολουθούν απόλυτα αυτά τα πρότυπα.

### 6.3.5 Κόστος

Είναι γεγονός ότι το ATM παρουσιάζει υψηλότερο κόστος, το οποίο προκύπτει από το ότι πρόκειται για υψηλής ποιότητας τεχνολογία που χρησιμοποιείται κυρίως από περιορισμένο πλήθος φορέων για υψηλών προδιαγραφών και στόχων δίκτυα (π.χ. κυρίως δίκτυα κορμού), ενώ παράλληλα είναι ακόμη περιορισμένο το πλήθος των κατασκευαστών που παρέχουν προϊόντα αυτής της τεχνολογίας. Η προσφορά λοιπόν αυτής της τεχνολογίας αλλά και η ζήτησή της είναι σε χαμηλά σχετικά επίπεδα. Οι τιμές λοιπόν παραμένουν υψηλές, και αυτό δείχνει να δημιουργεί έναν φαύλο κύκλο, που δεν φαίνεται να μπορεί να διακοπεί εύκολα παρά μόνο στην περίπτωση που το ευρύ κοινό πεισθεί ότι είναι η μοναδική επιλογή για να υποστηρίξει νέες ανάγκες του. Άρα, και η πορεία του κόστους του ATM εξοπλισμού και των δικτυακών υποδομών αναμένεται να ακολουθήσει την πορεία των νέων εφαρμογών και υπηρεσιών που θα αναπτυχθούν και που θα έχουν ανάγκη αποκλειστικά τις δυνατότητες που παρέχει το ATM. Εδώ αναφερόμαστε κυρίως σε διαφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της μετάδοσης που θα έχουν ανάγκη αυτές οι νέες υπηρεσίες και όχι τόσο στο διαθέσιμο bandwidth που θα τους εξασφαλίζει η κάθε τεχνολογία (ATM και Ethernet).

Το διαθέσιμο bandwidth εξαρτάται κυρίως από τις δυνατότητες του φυσικού μέσου και των μεθόδων και τεχνικών κωδικοποίησης και δειγματοληψίας που ακολουθούνται στη μετάδοση δεδομένων πάνω από αυτό. Έτσι, είναι λογικό να περιμένει κανείς πως μελλοντικά, όπως άλλωστε συνέβαινε και μέχρι τώρα, τόσο στο

ATM όσο και στο Ethernet θα συναντάμε ολοένα αυξανόμενους ρυθμούς μετάδοσης (και διαθέσιμα τα αντίστοιχα interfaces), τους ίδιους ή παραπλήσιους και για τις δύο τεχνολογίες. Όσο η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης πάνω από τα φυσικά μέσα, τόσο αυτές θα υιοθετούνται από τις αυτές τεχνολογίες για να δίνουν νέες δυνατότητες. Βέβαια, δεν θα πρέπει να αγνοούμε και το γεγονός ότι πρόκειται για δύο switching τεχνολογίες και επομένως τα όριά τους καθορίζονται και από τις δυνατότητες του δικτυακού εξοπλισμού στην ταχύτητα μεταγωγής (και όχι μόνο στην ταχύτητα μετάδοσης). Ωστόσο, επειδή ακριβώς είναι και δύο τεχνολογίες μεταγωγής, εκεί που μπορεί να φθάσει η μία θα μπορεί να φθάσει και η άλλη. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο τεχνολογίες, λοιπόν, για την οποία θα πρέπει να πεισθεί ο χρήστης ώστε να την προτιμήσει, είναι όχι στην ταχύτητα μετάδοσης αλλά στην ποιότητα μετάδοσης. Όταν, και αν, οι χρήστες και σχεδιαστές δικτύων πεισθούν ότι μόνο η ATM τεχνολογία είναι εκείνη που μπορεί να τους εξασφαλίσει τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά για τις νέες υπηρεσίες που ζητούν, τότε μόνο μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη ζήτηση για την κάλυψη αναγκών στο desktop επίπεδο, δηλαδή μεγαλύτερη παραγωγή και κατανάλωση σχετικών δικτυακών προϊόντων και επομένως επίτευξη χαμηλότερου κόστους σε σχέση με το κόστος για την εγκατάσταση Ethernet τεχνολογίας.

### 6.3.6 Πολυπλοκότητα

Η ATM τεχνολογία αντιπροσωπεύει μία διαφοροποίηση, σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες, στην μεθοδολογία μετάδοσης και επομένως απαιτεί μία σημαντική επένδυση χρόνου και χρήματος για την εκμάθησή της και την αποδοτική χρήση της ως δικτυακή επιλογή. Έτσι οι σχεδιαστές και διαχειριστές δικτύων που συνήθως είναι οικείοι ως προς τις Ethernet τεχνολογίες θα πρέπει να παρακολουθήσουν εκπαιδευτικά προγράμματα για να αποκτήσουν τα απαραίτητα προσόντα για μία εντελώς διαφορετική τεχνολογία.

Είναι κοινά αποδεκτό, κυρίως από τους διαχειριστές δικτύων βασισμένων σε ATM τεχνολογία, ότι σχεδόν ελάχιστη προσπάθεια έχει δοθεί από τις κατασκευάστριες εταιρείες ώστε να κάνουν τον ATM δικτυακό εξοπλισμό εύκολο στην εγκατάστασή του. Αν είναι δύσκολο να εγκατασταθεί τέτοιος εξοπλισμός αλλά και σε επόμενη φάση να μπορεί κάποιος να τον διαχειριστεί, τότε οι φορείς που θα μπορούσαν να είναι πιθανοί χρήστες του θα προσπαθήσουν να τον αποφύγουν και να κατευθυνθούν σε λύσεις που είναι ήδη γνωστές σ' αυτούς, όπως το Ethernet. Ακόμη σήμερα, η εκσφαλμάτωση αλλά και η κατανόηση των connection-oriented ATM δικτύων πολύ συχνά αποτελεί πραγματικό πονοκέφαλο σε πολλούς, ενώ η πραγματική και ολοκληρωτική διαλειτουργικότητα μεταξύ ATM προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών απέχει πολύ ακόμη, αν και πρέπει να ομολογηθεί αρκετή προσπάθεια και πρόοδος που έχει σημειωθεί προς αυτήν την κατεύθυνση, ιδιαίτερα στα πλαίσια της προτυποποίησης των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων.

Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στο χώρο της κατασκευής ATM δικτυακού εξοπλισμού, την FORE. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του ATM και πριν την προτυποποίηση πρωτοκόλλων όπως το Classical IP και το PNNI, στα προϊόντα της είχε ενσωματώσει τις αντίστοιχες δυνατότητες ακολουθώντας proprietary πρωτόκολλα, τα οποία ονόμασε και FORE IP και FORE PNNI, αντίστοιχα. Για να είναι δυνατή η διαλειτουργικότητα ATM μεταγωγέων που απαιτούσαν τη ρύθμιση και χρήση αυτών των πρωτοκόλλων θα έπρεπε αυτοί οι μεταγωγείς να είναι όλοι τις ίδιας κατασκευάστριας εταιρείας. Με

την ολοκλήρωση της προτυποποίησης αυτών των πρωτοκόλλων, η εταιρεία (όπως ανάλογα συνέβησαν και με άλλες εταιρείες) προχώρησε στην ενσωμάτωσή τους στα προϊόντα της, κάνοντας έτσι περισσότερο δυνατή την διαλειτουργικότητα μεταξύ προϊόντων διαφορετικών εταιρειών. Ωστόσο, οι proprietary λύσεις συνεχίζουν να υποστηρίζονται στα προϊόντα της και η εκτίμηση είναι πως θα συνεχίζουν για αρκετό ακόμη καιρό ώσπου να ξεκαθαρίσει πλήρως το τοπίο σε θέματα προτυποποίησης αλλά και στο βαθμό που αυτά τα πρότυπα υιοθετούνται και υλοποιούνται από τους υπόλοιπους κατασκευαστές

### **6.3.7 Μπορεί το Gigabit Ethernet σε συνδυασμό με το RSVP να ανταγωνιστεί το ATM;**

Μετά την τελική εμφάνιση προτύπων για το Gigabit Ethernet, οι εταιρίες κατασκευής δικτυακού εξοπλισμού υπόσχονται το συνδυασμό RSVP με Gigabit Ethernet με σκοπό τον εκτοπισμό του ATM από την κορυφαία θέση στα δίκτυα κορμού που απαιτούν QoS. Δυστυχώς, υπάρχουν μερικά σοβαρά μειονεκτήματα σε αυτό το σχέδιο: α) η έλλειψη προτύπων και β) ορισμένα προβλήματα που παρουσιάζει το RSVP.

Σε αντίθεση με το ATM, το οποίο έχει σχεδιαστεί εξ αρχής και σε όλη του την έκταση για να παραδίδει πραγματικά κλιμακωτή ποιότητα εξυπηρέτησης, το Resource Reservation Protocol στερείται τεχνολογιών απαραίτητων για κλιμάκωση.

Το RSVP σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει ένα-προς-πολλά sessions. Συνεπώς, για να επιτευχθεί end-to-end QoS, κάθε router στην αλυσίδα πρέπει να υποστηρίξει RSVP. Εξαιτίας του ότι η απαίτηση για QoS έρχεται μετά την επιλογή της διαδρομής, χωρίς το πρωτόκολλο δρομολόγησης να λαμβάνει υπόψη του στοιχεία για QoS, τα μονοπάτια (paths) μπορούν εύκολα να αλλοιωθούν ή να απορριφθούν ενώ παράλληλα άλλα έτοιμα μονοπάτια μένουν διαθέσιμα.

Έλλειψη προτύπων: Σε αντίθεση με το ATM, το οποίο χρησιμοποιεί Private Network-to-Network Interface προκειμένου να δρομολογήσει τις απαιτήσεις για QoS, δεν είναι ακόμη διαθέσιμα πρότυπα για δρομολόγηση QoS πάνω σε Ethernet. Σημαντική εργασία έχει ξεκινήσει με μια αναθεώρηση του OSFP (Open Shortest Path First) με σκοπό να περιέχει το RSVP.

Αυτό συμβαίνει γιατί οι δρομολογητές (routers) πρέπει να διατηρούν τις πληροφορίες κατάστασης σε κάθε RSVP ροή η οποία περνάει μέσα από αυτούς. Έτσι, ένας μεγάλος αριθμός από sessions μπορεί εύκολα να υπερφορτώσει επιχειρησιακούς routers, ειδικά με την υπάρχουσα τάση για cross-subnet traffic και την εκθετική ανάπτυξη του Internet.

Το IETF καθορίζει το τρόπο με τον οποίο οι routers οφείλουν να διαχειριστούν εγγυημένες και ελεγχόμενα φορτωμένες απαιτήσεις. Κάτω από την εγγυημένη προδιαγραφή οι routers πρέπει να αποστέλλουν δεδομένα χωρίς να παραλείπονται πακέτα και πρέπει να επιμένουν στην μέγιστη καθυστέρηση. Η διασπορά (jitter) και η μέση καθυστέρηση δε είναι εγγυημένα.

Εξαιτίας του ότι, ένα εγγυημένο RSVP απαιτεί μία τεράστια ποσότητα από processor overhead, θα υλοποιηθεί σε συνδέσεις χαμηλότερης ταχύτητας. Ελεγχόμενα φορτία, τα οποία καθορίζουν ότι οι RSVP ροές θα διαχειριστούν όπως σε ένα μη

φορτωμένο δίκτυο χωρίς επιπρόσθετες εγγυήσεις , θα φτάσουν σε συνδέσεις υψηλότερης ταχύτητας.

Επιπρόσθετα με τα θέματα τα οποία μελετούνται λεπτομερώς στα πρότυπα, υπάρχουν μερικά άλλα εμπόδια για την ενσωμάτωση του RSVP στο Gigabit Ethernet. Για παράδειγμα, πρέπει ακόμη να καθοριστεί πολιτική ελέγχου, η οποία θα προσδιορίζει ποιος μπορεί ή δε μπορεί να κάνει μία κράτηση (reservation) χρησιμοποιώντας ένα RSVP. Η RSVP προδιαγραφή, παρέχει ένα μηχανισμό για τη μεταφορά της πληροφορίας της πολιτικής, αλλά δεν υπάρχουν προδιαγραφές για τις ίδιες τις πολιτικές.

Ένα άλλο σοβαρό εμπόδιο στην ευρεία ανάπτυξη του μετώπου για το RSVP είναι ότι τροποποιημένες ή spoofed reservation απαιτήσεις διαχειρίζονται από ένα hop-by-hop MD5 (message data) άθροισμα ελέγχου μνήμης (checksum). Αυτό υποθέτει ότι έχει οριστεί βασική διαχείριση για βασική ανταλλαγή ανάμεσα στους routers. Στην πραγματικότητα όμως δεν έχει. Ενώ μπορεί ακόμη να υπάρχουν επιθέσεις για άρνηση εξυπηρέτησης βασιζόμενες σε αυτή τη μέθοδο, η ανάπτυξη του RSVP θα ενισχύσει ακόμη περισσότερο το πρόβλημα.

Το RSVP επίσης εξαρτάται από την υποστήριξη του 802.1p (priority and multicast traffic), 802.1q (virtual LAN tags) Real Time Transport Protocol και Real Time Streaming Protocol. Ανάμεσα σε όλους αυτούς τους αριθμούς και τα Internet Engineering Task Force drafts, είναι ελάχιστα γνωστό το γεγονός ότι το RSVP είναι ένα “best effort” QoS, με την έννοια του ότι όταν αναγνωριστεί μια συγκεκριμένη απαίτηση για QoS, το δίκτυο μπορεί να έχει ή να μην έχει την ικανότητα να την μεταφέρει.

#### Προβλήματα του RSVP:

- Για να υποστηριχτεί πλήρως το RSVP θα πρέπει κάθε router στη αλυσίδα να διατηρεί πληροφορίες κατάστασης σε όλες τις RSVP ροές μέσα σε αυτή, υπερφορτώνοντας έτσι σημαντικά την επεξεργαστική τους ισχύ.
- Μένει ακόμη να οριστούν πολιτικές για RSVP, οι οποίες να μπορούν να οδηγήσουν σε ιδιόκτητες λύσεις.
- Δεν υπάρχει βασική διαχειριστική υποδομή ανάμεσα σε routers προς πιστοποιημένα αυθεντικές απαιτήσεις.
- Το RSVP απαιτεί υποστήριξη προκειμένου να είναι πλήρως λειτουργικά τα 802.1p, 802.1q, RTP και RSTP.
- Στη τελική του μορφή, το RSVP θα έχει μόνο τη δυνατότητα να αναγνωρίσει μία απαίτηση για QoS, αλλά δε θα έχει τη δυνατότητα να την εξυπηρετήσει.

## 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ATM

Αν και συχνά θεωρούμε τις δύο αυτές τεχνολογίες ως ανταγωνιστικές, το Gigabit Ethernet και το ATM συχνά συνδυάζονται για να δημιουργήσουν μερικά από τα μεγαλύτερα switched τοπικά δίκτυα [1]. Η δυνατότητα για κλιμακωτή επέκταση και η ισχύς του ATM επιτρέπει στους σχεδιαστές δικτύων να υλοποιήσουν εξαιρετικά υψηλής χωρητικότητας Δίκτυα Κορμού με πλήθος διασυνδέσεων (mesh τοπολογίες), ενσωματώνοντας μετάδοση δεδομένων, φωνής και video τόσο πάνω σε τοπικά όσο και σε ευρείας περιοχής δίκτυα. Η απλότητα του Ethernet και του Fast Ethernet τα καθιστά πολύ σοβαρές και καλές επιλογές για desktop εφαρμογές και σταθμούς εργασίας. Επιπλέον, για την υποστήριξη ομάδων εργασίας πάνω από τοπικά δίκτυα, για την δρομολόγηση διακινούμενης πληροφορίας μεταξύ ιδεατών τοπικών δικτύων (Virtual LANs) και την σύνδεση στο δίκτυο διαφόρων εξυπηρετητών, η επιλογή μεταξύ ATM και Ethernet καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις απαιτήσεις των χρηστών του δικτύου που είναι και πελάτες των εταιρειών που είτε κατασκευάζουν ενεργό δικτυακό εξοπλισμό είτε σχεδιάζουν και υλοποιούν δίκτυα. Η ανάγκη για συνδυασμένη αντιμετώπιση ζητημάτων που προκύπτουν κατά το σχεδιασμό δικτύων οδήγησε στον καθορισμό από ATM Forum του Local Area Network Emulation standard (LANE) που μπορούμε να πούμε πως πρόκειται για την τεχνολογία εκείνη που επιτυγχάνει την επιτυχή ολοκλήρωση των δύο εκ πρώτης όψεως αταίριαστων τεχνολογιών.

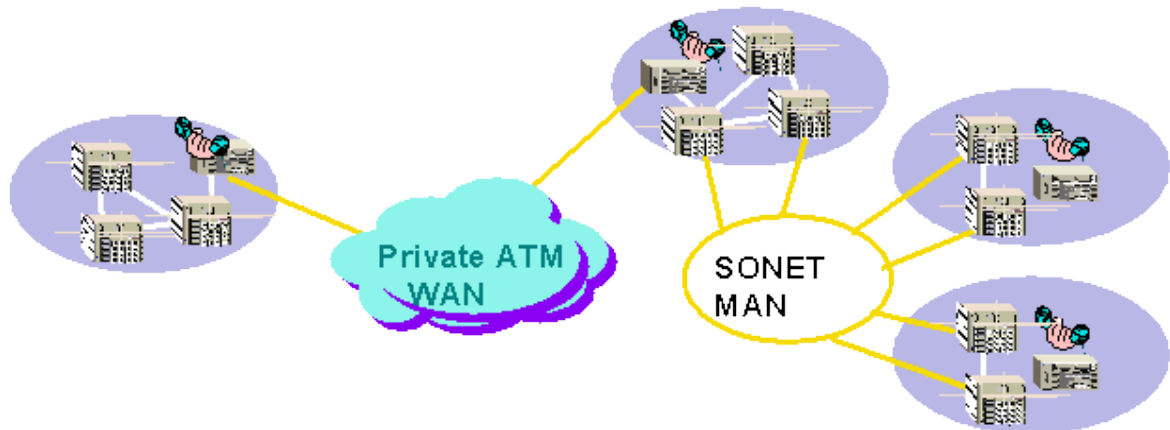
Η εμφάνιση του Gigabit Ethernet φέρνει όχι μόνο δεκαπλασιασμό του bandwidth αλλά επιπλέον την διασφάλιση για VLANs και Class Of Service στηριζόμενα σε standards. Τα IEEE 802.1Q και 802.1p standards εγγυώνται την προτυποποίηση αντίστοιχα των παραπάνω δύο θεμάτων (VLANs και ClassOfService) που μέχρι πρόσφατα καλύπτονταν και υποστηρίζονταν από ανεξάρτητες αυτοσχέδιες υλοποιήσεις των εταιρειών κατασκευής ενεργού δικτυακού εξοπλισμού. Κατά συνέπεια η ολοκλήρωση Gigabit Ethernet και ATM δικτύων οφείλει να συμβιβάσει όχι μόνο κλασσικά θέματα και διαφορές που αφορούν την ATM-Ethernet ολοκλήρωση αλλά και τα διαφορετικά VLAN και Class/QualityOfService σχήματα που παρέχονται και υποστηρίζονται από την κάθε τεχνολογία.

### 6.4.1 Το δίκτυο κορμού

Το Gigabit Ethernet παρέχει νέες επιλογές για την υλοποίηση δικτύων κορμού σε επίπεδο και μέγεθος μίας επιχείρησης ή ενός campus (π.χ. το campus του ενός Πανεπιστημίου). Ενώ το ATM είναι μία δοκιμασμένη επιλογή και λύση για Δίκτυα Κορμού όπου το κλιμακωτά αυξανόμενο bandwidth, η υποστήριξη εναλλακτικών δρόμων που θα παρέχουν ασφάλεια και άμεση αντιμετώπιση βλαβών του δικτύου, καθώς και η ολοκλήρωση και ενοποίηση δεδομένων, φωνής και video είναι απαίτηση και ανάγκη, το Gigabit Ethernet επιτρέπει την γρήγορη και εύκολη προσθήκη επιπλέον bandwidth οποτεδήποτε και οπουδήποτε αυτό είναι αναγκαίο. Η κατάλληλη επιλογή της χρήσης των δύο τεχνολογιών επιτρέπει στους σχεδιαστές δικτύων να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα και τις δυνατότητες της κάθε μίας.

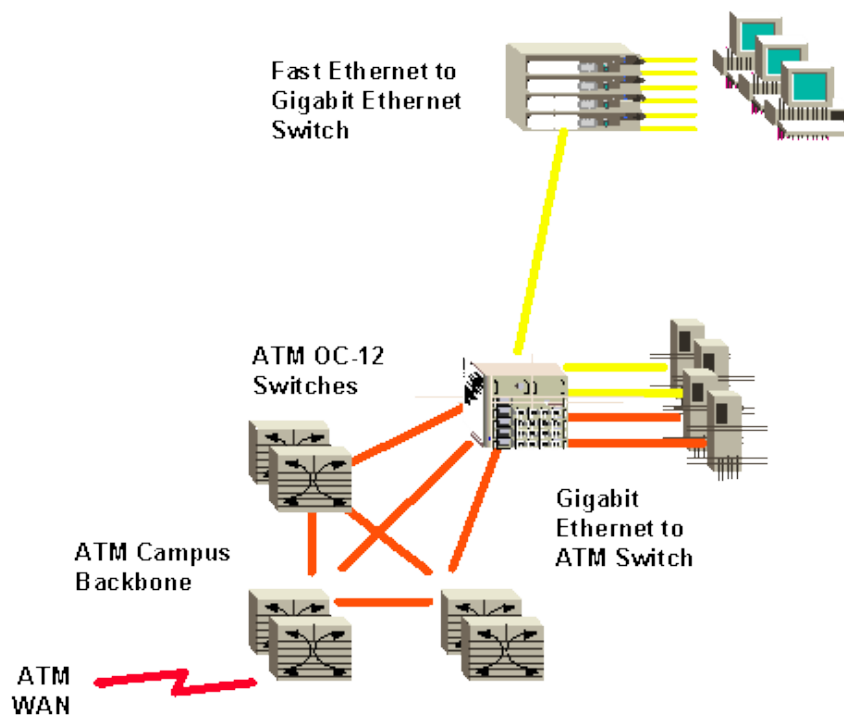
Στο **Σχήμα 6.1**, το ATM πληρεί τις απαιτήσεις ενός Δικτύου Κορμού στα πλαίσια και το μέγεθος μίας επιχείρησης για δυνατότητα βαθμωτής επέκτασης και ανοχής απέναντι σε προβλήματα και βλάβες, υλοποιώντας μία υποδομή διασύνδεσης κάθε δικτυακού κόμβου με όλους τους άλλους (mesh topology). Το ATM Δίκτυο Κορμού διαπερνά κτίρια και campus, ολοκληρώνοντας δικτυακές τεχνολογίες

τοπικής, μητροπολιτικής και ευρείας περιοχής για να παρέχει υπηρεσίες δεδομένων, φωνής και video. Στο σημείο που το Δίκτυο Κορμού συναντά τις εσωτερικές ομάδες εργασίες, τα workgroups που υλοποιούνται από το Δίκτυο Διανομής, το Gigabit Ethernet χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τις ροές των δεδομένων από πολλά Ethernet και Fast Ethernet switches (που υλοποιούν τα workgroups) και να τα οδηγήσει στο Δίκτυο Κορμού.



**Σχήμα 6.1:** ATM Δίκτυα Κορμού (Enterprise, Campus και Building)

Στο **Σχήμα 6.2**, υλοποιείται ένα Δίκτυο Κορμού ενός campus χρησιμοποιώντας ένα Gigabit Ethernet switch. Το Δίκτυο Κορμού του κάθε κτιρίου συνδέεται στο κεντρικό ATM Δίκτυο Κορμού του campus, διαμέσου πολλαπλών OC-12 συνδέσεων, παρέχοντας: α) πολλές εναλλακτικές λύσεις και συνδέσεις σε περιπτώσεις βλαβών και β) τη δυνατότητα για διαμοιρασμό του φόρτου (load-sharing) που προκύπτει από τη διακίνηση δεδομένων μέσα από πολλές συνδέσεις και όχι μόνο μέσα από μία σύνδεση που αναπόφευκτα θα επέφερε ευκολότερα αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των παρεχόμενων δικτυακών υπηρεσιών.



Σχήμα 6.2: Gigabit Ethernet Δίκτυο Κορμού

#### 6.4.2 Η ομάδα εργασίας (workgroup)

Ένα δίκτυο σε επίπεδο workgroup στην ουσία συγκεντρώνει και διασυνδέει ένα σύνολο από desktop σταθμούς εργασίας, είτε switched (συνδεδεμένα σε θύρες ενός ή περισσότερων switches) είτε shared (συνδεδεμένα σε θύρες ενός ή περισσότερων hubs), στους οποίους παρέχει και υψηλής ταχύτητας διασύνδεση τόσο με τον/τους εξυπηρετητές (servers) του workgroup όσο και με το Δίκτυο Κορμού. Το Gigabit Ethernet και το ATM συναντώνται σ' ένα τέτοιο επίπεδο του δικτύου και ο βαθμός και η μορφή της συνεργασία τους εξαρτάται απόλυτα από τις ανάγκες των χρηστών. Τα workgroups που απαιτούν απλή και οικονομική διασύνδεση θα χρησιμοποιήσουν τεχνολογίες βασισμένες στο Ethernet, συμπεριλαμβανομένων των συνδέσεων με Gigabit Ethernet εξυπηρετητή αλλά και Gigabit Ethernet συνδέσεις μεταξύ των μεταγωγέων (switches). Τα workgroups των οποίων οι απαιτήσεις περιλαμβάνουν ανοχή και αντοχή απέναντι σε βλάβες, ικανότητα για κλιμακωτή επέκταση και αύξηση του διαθέσιμου bandwidth, και υποστήριξη διακίνησης πολυμέσων μπορούν να επιλέξουν το ATM ως την τεχνολογία για σύνδεση με τους εξυπηρετητές και συγκέντρωση των συνδέσεων των desktop σταθμών εργασίας.

#### 6.4.3 Διασύνδεση των desktop σταθμών εργασίας

Η διασύνδεση desktop σταθμών εργασίας είναι πραγματικά ο καλύτερος χώρος που βρίσκει ευρεία αποδοχή και χρήση η Ethernet τεχνολογία. Αν και οι πρώτες υλοποιήσεις του Gigabit Ethernet δεν φαίνεται να φθάσουν στους πολλούς

χρήστες εύκολα αλλά ούτε και γρήγορα, ωστόσο η αύξηση της ταχύτητας επεξεργασίας, νέες εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις αλλά και οι ανάγκες των χρηστών είναι ικανές να προωθήσουν την ανάγκη για gigabit ταχύτητες ακόμη και στα desktop. Η απλότητα και το οικονομικό σχετικά κόστος της Ethernet τεχνολογίας θα την καταστήσουν την κυρίαρχη επιλογή.

Τόσο το ATM όσο και το Gigabit Ethernet θα αποτελούν επιλογές για τη συγκέντρωση των συνδέσεων των desktop συσκευών. Τόσο για ATM δικτυακές συσκευές όσο και για Gigabit Ethernet παρέχονται από τις κατασκευάστριες εταιρείες δικτυακών συσκευών οι δυνατότητες για διασύνδεσή τους με Fast Ethernet desktop switches.

#### **6.4.4 Εξυπηρετητές**

Για τη δικτυακή σύνδεση εξυπηρετητών, η επιλογή μεταξύ ATM και Gigabit Ethernet τεχνολογίας συνυπάρχει σήμερα με τις εναλλακτικές επιλογές του Fast Ethernet και του OC-3. Με την ανάπτυξη του Gigabit Ethernet και του OC-12, αυξάνει κατά πολύ το διαθέσιμο στους εξυπηρετητές bandwidth. Επιπλέον, η προτυποποίηση των Ethernet-based εικονικών τοπικών δικτύων (VLANs), στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω, επιτρέπει στους σχεδιαστές δικτύων, των οποίων οι απαιτήσεις περιλαμβάνουν εξυπηρετητές σε πολλαπλά VLANs, να επιλέγουν ανάμεσα σε ATM και Ethernet-based τεχνολογίες.

#### **6.4.5 Εικονικά τοπικά δίκτυα**

Η κατάτμηση ενός δικτύου σε VLANs ελαχιστοποιεί την αρνητική επίδραση που έχει στην απόδοση του δικτύου η κίνηση που προκαλείται από τα broadcasts, βελτιώνει την ασφάλεια του δικτύου, διευκολύνει τη διαχείριση προσθηκών αφαιρέσεων ή άλλων αλλαγών του δικτύου. Το ATM Forum LAN Emulation standard παρέχει τη δυνατότητα να έχει κανείς πολλά προσομοιούμενα (Emulated) LANs σε ένα μόνο φυσικό δίκτυο. Αυτή η ικανότητα έχει προσδώσει στα ATM δίκτυα όλα τα πλεονεκτήματα των VLANs, συμπεριλαμβανομένου του περιορισμού των broadcasts, της ασφάλειας και της αυξημένης απόδοσης. Με το switched Ethernet, διάφορα αυτοσχέδια σχήματα των κατασκευαστριών εταιρειών ενεργού δικτυακού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων του VLAN Trunk (VLT), της 3Com και του VLAN Trunking Protocol (VPT) της Cisco, έχουν δώσει στους χρήστες αντίστοιχες δυνατότητες. Με την εμφάνιση του IEEE 802.1Q standard, τα switched Ethernet δίκτυα έχουν αληθινά διαλειτουργικά VLAN σχήματα.

Η δρομολόγηση ανάμεσα στα VLANs, μία σημαντική λειτουργία στα δίκτυα, μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση ενός δρομολογητή (router). Μία απλή φυσική ATM σύνδεση μεταφέρει δικτυακή κίνηση από όλα τα VLANs στον δρομολογητή. Ισοδύναμη λειτουργία μπορεί να επιτευχθεί από πολλές συνδέσεις Ethernet τεχνολογίας, και είναι δυνατή με μία απλή Fast ή Gigabit Ethernet σύνδεση όταν υλοποιούνται 802.1Q VLANs.



#### 6.4.6 Quality of service & Class of service

Το ATM είναι η επιλογή πολλών σχεδιαστών δικτύων εξαιτίας της ικανότητάς του να παρέχει προβλέψιμη ποιότητα παρεχόμενης υπηρεσίας (Quality of Service). Το QoS δίνει στον υπεύθυνο της λειτουργίας και διαχείρισης ενός δικτύου την δυνατότητα να καθορίσει τις απαιτήσεις σε bandwidth, καθώς και τα αποδεκτά επίπεδα καθυστέρησης μετάδοσης (transfer delay), απώλειας δεδομένων (data loss) και διασποράς της καθυστέρησης μετάδοσης (jitter) για κρίσιμες εφαρμογές που είναι ευαίσθητες σε τέτοιους παράγοντες. Σε αντιδιαστολή, η CoS παρέχει στον διαχειριστή ενός δικτύου τη δυνατότητα να καθορίζει επίπεδα προτεραιότητας για την δικτυακή κίνηση, επιτρέποντας έτσι στην κίνηση υψηλότερης προτεραιότητας (π.χ. μεταφορά video πραγματικού χρόνου ή μετάδοση φωνής) να διακινείται ευκολότερα και γρηγορότερα σε σχέση με χαμηλότερης προτεραιότητας κίνηση (όπως είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο - email). Η εμφάνιση του IEEE 802.1p standard προτυποποιεί το Class of Service στον κόσμο του Ethernet switching.

Η αντιστοίχιση των 802.1p CoS στο κατάλληλο ATM QoS δίνει στους διαχειριστές δικτύων την δυνατότητα να καθορίσουν πολλές κλάσεις υπηρεσιών στα switches σε ολόκληρη την έκταση του δικτύου. Διάφορα standards που σχετίζονται με την υλοποίηση QoS και CoS σε ATM και Ethernet δίκτυα είναι καθ'οδόν. Το LANE 2.0 δίνει στους διαχειριστές δικτύων τη δυνατότητα να ορίζουν Quality of Service στην διακίνηση δεδομένων μεταξύ LAN Emulation clients. Το IETF Integrated Services over Specific Link Layers Working Group έχει παράγει διάφορα κείμενα/οδηγίες που προσδιορίζουν τον τρόπο που η πληροφορία σχετικά με το Quality of Service, που καθορίζεται στο Layer3 με τη χρήση του RSVP, μπορεί να μεταφερθεί τόσο στα 802.1D/802.1p bridged Ethernet δίκτυα όσο και στις ATM δικτυακές υποδομές.

Ένα άλλο σχετικό ζήτημα είναι ο έλεγχος ροής (flow control). Το ATM παρέχει από άκρο σε άκρο έλεγχο της συμφόρησης (congestion control) με τη χρήση τεχνικών διαχείρισης του ρυθμού ροής δεδομένων καθώς και μηχανισμών ανάσχεσης. Το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί το IEEE 802.3x standard, ένα κατάλληλα διαμορφωμένο Xon/Xoff πρωτόκολλο, για να επιτύχει έλεγχο ροής. Υπάρχουν δικτυακά προϊόντα που συνδυάζουν ATM και Gigabit Ethernet και, μάλιστα, υλοποιούν μηχανισμούς “μετάφρασης” και αντιστοίχισης των σημάτων του 802.x, για τον έλεγχο ροής, σε δείκτες συμφόρησης και ανάσχεση (για το ATM μέρος του δικτύου) υλοποιώντας έτσι μία πραγματικά από άκρο σε άκρο λύση για τον έλεγχο της ροής μετάδοσης μέσα σε δίκτυα που συνδυάζουν ATM και Gigabit Ethernet.

#### 6.4.7 Συνύπαρξη ATM και Gigabit Ethernet σε υβριδικά δίκτυα



Εκτός όμως από τους ένθερμους υποστηρικτές των δύο τεχνολογιών υπάρχουν και εκείνοι που προτιμούν να κρίνουν την τεχνολογία και τις ανάγκες τους πέρα από συναισθηματισμούς και με καθαρά αντικειμενικά κριτήρια. Για όλους αυτούς το δίλημμα δεν είναι τόσο μεγάλο όσο παρουσιάζεται από άλλους.

Κοιτάζοντας καλύτερα τα στοιχεία και των δύο τεχνολογιών μπορεί να διακρίνει κανείς δύο σημαντικά μειονεκτήματα που χαρακτηρίζουν και τις δύο.

Το πρώτο έχει σχέση να κάνει με το κόστος και είναι σαφές πως καμία από τις δύο τεχνολογίες δεν μπορεί να υποστηρίξει ότι είναι αρκετά φθηνότερη από την άλλη. Το κόστος ανά ηλεκτρονικό υπολογιστή που συνδέεται στο δίκτυο είναι αρκετά υψηλό και για τις περισσότερες επιχειρήσεις σχεδόν απαγορευτικό. Ίσως δεν έχει μεγάλη σημασία αν το κόστος ανά Mbit για το Gigabit Ethernet είναι ελαφρώς μικρότερο από αυτό του 622 ATM. Αυτό που μετράει για την πλειοψηφία των επιχειρήσεων είναι πως και οι δύο τεχνολογίες είναι ακόμη αρκετά ακριβές. Και προφανώς σε ένα περιβάλλον που μοναδικός στόχος είναι το κέρδος μια τόσο μεγάλη επένδυση χωρίς να είναι 100% αναγκαία δεν πρόκειται να εγκριθεί εύκολα.

Το δεύτερο πρόβλημα έχει σχέση με την δυνατότητα που έχουν τμήματα υλικού και λογισμικού από διαφορετικές κατασκευάστριες εταιρείες να συνεργάζονται μεταξύ τους, γνωστό και ως interoperability. Παρόλο που και οι δύο τεχνολογίες διακηρύττουν πως προϊόντα από διαφορετικές εταιρείες είναι συμβατά μεταξύ τους και συνεργάζονται χωρίς πρόβλημα η πράξη έχει δείξει πως κάτι τέτοιο είναι από πολύ δύσκολο έως ακατόρθωτο. Ακόμη και προϊόντα από κυρίαρχες εταιρείες στον χώρο δεν μπορούν να συνεργαστούν άμεσα χωρίς να προγραμματιστούν κάποια τμήματά τους. Το γεγονός αυτό θα αναγκάσει τους ιδιοκτήτες των μελλοντικών δικτύων να δεθούν πίσω από το άρμα μεγάλων εταιριών πληροφορικής με ότι κόστος μπορεί να συνεπάγεται αυτό. Το στοιχείο αυτό αναμένεται να κάνει ακόμη πιο δύσκολη την απόφαση για μετάβαση σε μία από τις δύο τεχνολογίες.

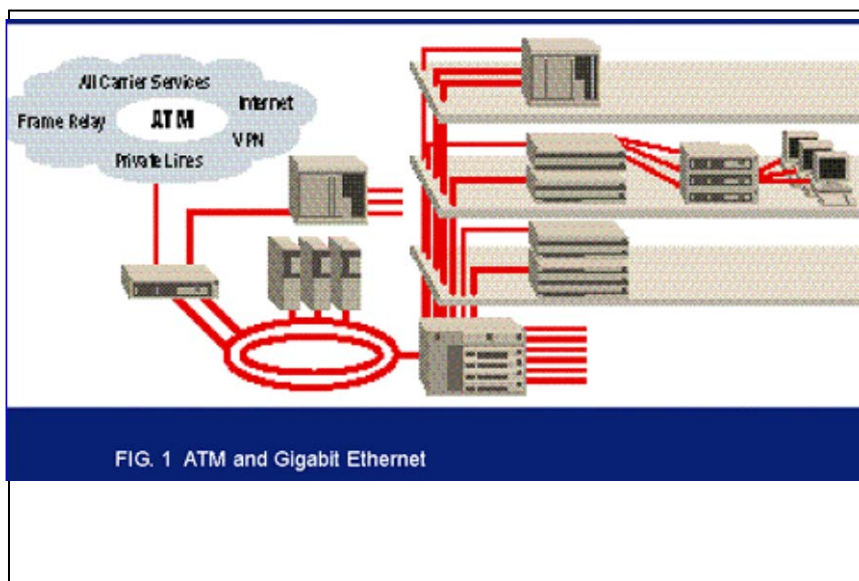
Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως καμία από τις δύο τεχνολογίες δεν είναι εύκολο να υποστηρίξει πως αποτελεί την πανάκεια για όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ένα δίκτυο με ανομοιογενές φορτίου που εκτός των άλλων περιλαμβάνει και πολυμεσικές εφαρμογές. Και οι δύο τεχνολογίες μοιάζουν πλέον να έχουν συνειδητοποιήσει τα αδύνατα σημεία τους και να κατανοούν πως η ολοκληρωτική επικράτηση κάποιας έναντι της άλλης είναι ουτοπία. Οι οπαδοί του Gigabit Ethernet ξέρουν πως η συγκεκριμένη τεχνολογία θα πρέπει να δώσει σκληρή μάχη για να επικρατήσει σαν τεχνολογία κορμού σε πανεπιστήμια και επιχείρησης ενώ ελάχιστοι ρομαντικοί υποστηρικτές του ATM πιστεύουν πως η συγκεκριμένη τεχνολογία θα φτάσει έως τον τελικό χρήστη.

Η λύση που μοιάζει να κερδίζει έδαφος είναι αυτή των υβριδικών δικτύων, δικτύων δηλαδή που θα συνδυάζουν και τις δύο τεχνολογικές επιλογές. Επομένως ATM και Gigabit Ethernet θα πρέπει να συνεργαστούν προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των χρηστών με σχετικά χαμηλό κόστος και να μπορούν να προσαρμόζονται στις αλλαγές των απαιτήσεων από το δίκτυο χωρίς να απαιτείται επανασχεδιασμός όλων των τμημάτων.

Το ερώτημα λοιπόν από την πλευρά του ATM είναι πόσο μακριά στο δίκτυο κορμού θα φτάνει η συγκεκριμένη τεχνολογία ενώ από την πλευρά του Gigabit Ethernet το ερώτημα είναι πόσο η συγκεκριμένη τεχνολογία θα επεκτείνεται προς το δίκτυο ευρείας ζώνης. Σε πιο σημείο του δικτύου κορμού οι δύο τεχνολογίες θα συναντιούνται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το κόστος, οι εφαρμογές, η ποιότητα εξυπηρέτησης, το μέγεθος του δικτύου, η τοπολογία του καθώς και οι απαιτήσεις για ανθεκτικότητα σε πιθανές αποτυχίες τμημάτων του.

Μερικά πιθανά σενάρια υβριδικών ATM και Gigabit Ethernet δικτύων περιγράφονται στα επόμενα σχήματα.

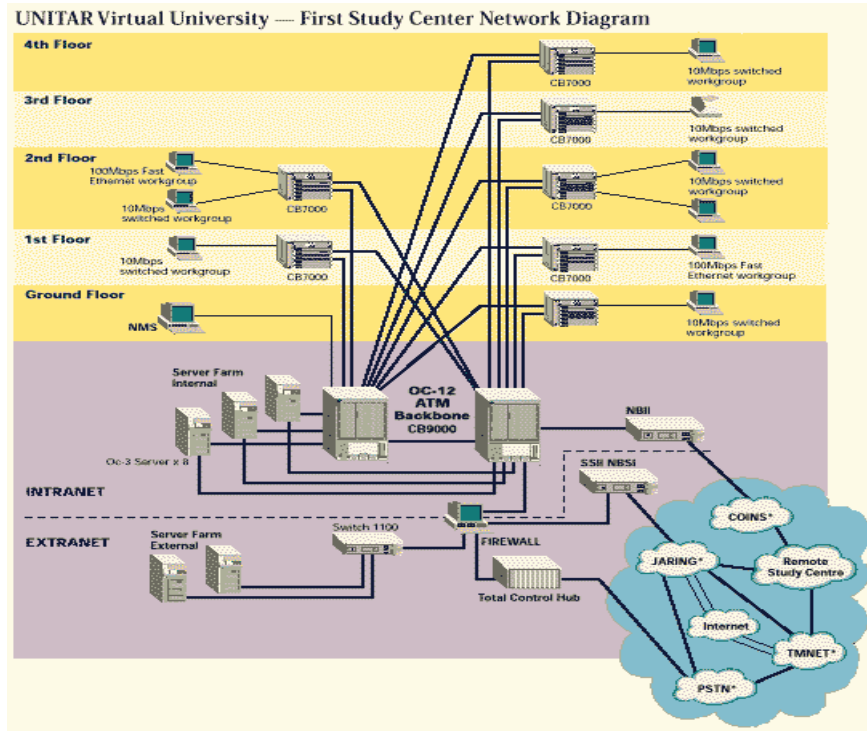
Στο σχήμα 6.3 παρουσιάζεται ένα κτίριο με δομημένη καλωδίωση και εδώ μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικά σενάρια. Το πρώτο είναι αυτό που απεικονίζεται και το οποίο δείχνει για το backbone του κτιρίου (κάθετος άξονας) να έχει ακολουθηθεί η λύση του Gigabit Ethernet ενώ για τον οριζόντιο άξονα έχει ακολουθηθεί η προσέγγιση των 10/100/1000 Gigabit συνδέσεων. Το δίκτυο αυτό συνδέεται με ένα ATM δίκτυο το οποίο μπορεί να αποτελεί είτε το WAN δίκτυο είτε το backbone ενός μεγαλύτερου δικτύου μέσα στο οποίο βρίσκεται και το συγκεκριμένο κτίριο.



Σχήμα 6.3

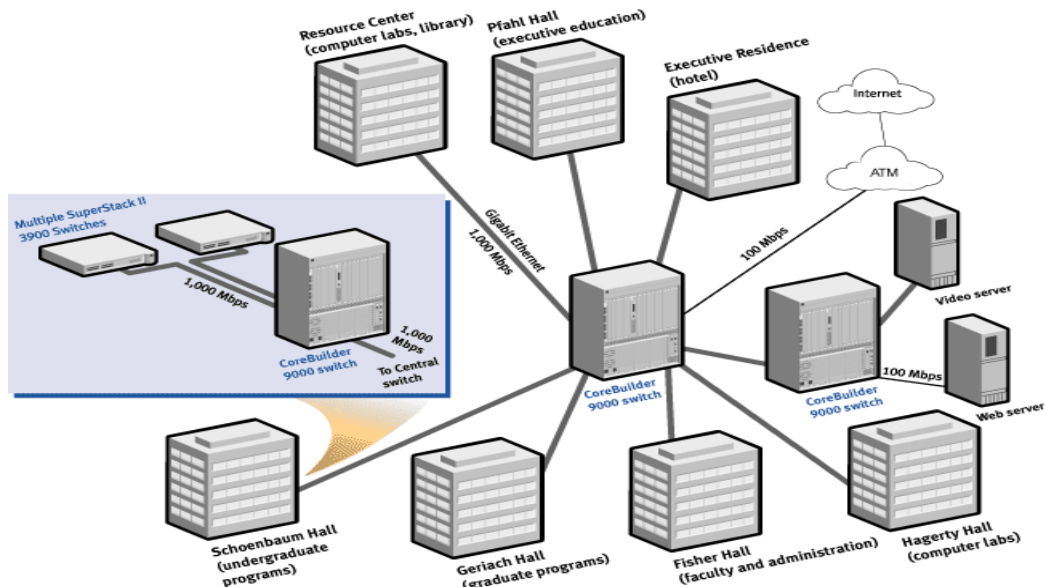
Η εναλλακτική λύση που θα προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση και καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών με υψηλότερο κόστος φυσικά είναι η ακόλουθη: Gigabit Ethernet συνδέσεις σε κάθε όροφο του κτιρίου και ATM συνδέσεις στον κάθετο άξονά του. Στην σημερινή πραγματικότητα η πρώτη λύση θα ήταν αρκετά πιθανότερη από την δεύτερη.

Ένα άλλο σενάριο που εξετάζεται είναι αυτό του backbone σε δίκτυα πανεπιστημιακών ιδρυμάτων (campus networks). Μία λύση που υιοθετείται σήμερα και που μοιάζει ικανοποιητική είναι η επιλογή της ATM τεχνολογίας για το δίκτυο κορμού (σχήμα 6.4) και μετά για κάθε ίδρυμα ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως ένα ίδρυμα μπορεί να διαθέτει Gigabit Ethernet κάποιο άλλο fast Ethernet κ.ο.κ Η λύση αυτή μοιάζει να απειλείται από την επέλαση του Gigabit Ethernet το οποίο θέλει να κατακτήσει τον συγκεκριμένο χώρο. Γενικά όποια από τις δύο τεχνολογίες καταφέρει να υπερισχύσει στο δίκτυο κορμού πανεπιστημιακών και ερευνητικών χώρων θα μπορεί να μιλάει για μια πρώτη νίκη έναντι της αντιπάλου τεχνολογίας. Όμως σίγουρο είναι πως το τοπίο δεν θα ξεκαθαρίσει τόσο εύκολα.



Σχήμα 6.4: ATM backbone σε campus networks

Τέλος, παρουσιάζεται ένα μοντέλο με Gigabit Ethernet στο backbone και πρόσβαση σε ένα ATM δίκτυο ευρείας ζώνης. Είναι το μοντέλο που για πολλούς θα



είναι αυτό που θα επικρατήσει τα αμέσως επόμενα χρόνια.

Σχήμα 6.5: Gigabit Ethernet backbone με ATM στο WAN

Γενικά, δεν υπάρχουν χρυσοί κανόνες και μέθοδοι που να δείχνουν που πρέπει να επιλεγεί η λύση του ATM και που του Gigabit Ethernet. Πάντως είναι γεγονός πως η προέλευση των δύο αυτών τεχνολογιών παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των χαρακτηριστικών τους και κατ'επέκταση προαποφασίζει σε μεγάλο βαθμό σε ποιά περιβάλλοντα θα χρησιμοποιηθούν. Έτσι, για το ATM που προέρχεται από τους κρατικούς οργανισμούς τηλεπικοινωνιών (και δεν είναι απίθανο να επιστρέψει τελικά σε αυτούς) καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί όταν:

- Απαιτείται μία υποδομή για μετάδοση ήχου, δεδομένων και video
- Χρειάζεται ανθεκτικότητα σε λάθη του δευτέρου επιπέδου και καταμερισμός φορτίου στο δίκτυο και
- Όταν είναι ανάγκη να υπάρχει αποτελεσματική μεταγωγή ανάμεσα σε LAN/MAN/WAN δίκτυα.

Αντίθετα το Gigabit Ethernet που απευθύνεται σε εφαρμογές γραφείου καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί όταν :

- Η απλότητα και το κόστος παίζουν πρωτεύοντα ρόλο.
- Όταν πρωτόκολλα όπως το RSVP και το 802.1p είναι επαρκή για δεδομένα που θεωρούνται ευαίσθητα σε χρονικές καθυστερήσεις και
- Όταν είναι ιδιαίτερα σημαντική η χωρίς προβλήματα διασύνδεση με τους προσωπικούς υπολογιστές που έχουν πρόσβαση στο δίκτυο.

#### 6.4.8 Είναι τελικά οι δύο τεχνολογίες συμπληρωματικές;

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται όλα τα χαρακτηριστικά των δύο τεχνολογιών και απ' τον οποίο μπορούμε να τεκμηριώσουμε την άποψη ότι οι δύο τεχνολογίες στην πραγματικότητα είναι συμπληρωματικές τεχνολογίες.

<i>Κριτήριο Σύγκρισης</i>	<i>Gigabit Ethernet</i>	<i>ATM</i>	<i>Γιατί Συμπληρωματικές;</i>
<i>Ταχύτητα μετάδοσης</i>	1Gbps	OC3 - 155Mbps  OC12 - 622Mbps  OC48 - 2.488Gbps	Ταχύτητα εκεί που απαιτείται
<i>Μέσο Μετάδοσης</i>	Multimode fiber	Multimode fiber	Παρόμοιες απαιτήσεις καλωδίωσης

	Single mode fiber  UTP Category 5  Dual Coaxial	Single mode fiber  UTP Category 5	
<b><i>Αποστάσεις Μετάδοσης</i></b>	25 Meters – Dual Coax  100 Meters - Category 5 UTP  240 Meters - SX Multi-mode fiber  440 Meters - LX Multi-mode fiber  2 Kilometers - Single-mode fiber	700 Meters - OC-12 MMF  15km - OC-12 SMF short reach  60km - OC12 - SMF long reach	Gigabit Ethernet για μικρές αποστάσεις  Επιλογή για μεσαίες αποστάσεις  ATM για μεγάλες αποστάσεις
<b><i>QoS/Cos</i></b>	802.1p CoS - 8 priorities for data	QoS: ABR, VBR, CBR	CoS – από άκρο σε άκρο
<b><i>VLANs</i></b>	Standard 802.1Q	Standard LAN Emulation	VLAN – ELAN mapping
<b><i>Flow control</i></b>	802.1x - Xon/Xoff	Traffic management	802.x – TM ολοκλήρωση
<b><i>Redundancy</i></b>	Spanning Tree Protocol	Fully meshed, load sharing	Χρήση ανάλογα με τις απαιτήσεις
<b><i>Trunking</i></b>	Proprietary, switch to switch	Standards based, fully meshed	Χρησιμοποίηση ATM για trunking

<b>Διαλειτουργικότητα( Multivendor interoperability)</b>	Διαθέσιμη, αν και άργησε να πραγματοποιηθεί (περίπου το 1997)	Διαθέσιμη	
<b>Πολυπλοκότητα</b>	Σχετικώς απλό	Σχετικώς πολύπλοκο	
<b>Εφαρμογές στις οποίες προτιμούνται</b>	High performance workstations  Desktop switch downlinks  Workgroup network  Server connectivity  Building backbone	Desktop switch downlinks  Workgroup network  Server connectivity  Building backbone  Enterprise backbone  Redundancy/Load sharing  LAN/MAN/WAN integration  Voice, video and data integration	ATM workgroup aggregates desktop switches  ATM building backbone aggregates workgroup networks  ATM campus backbone aggregates building backbones

Ενοποιώντας και συνδυάζοντας κατάλληλα το ATM και το Gigabit Ethernet, οι σχεδιαστές δικτύων μπορούν να παράγουν δίκτυα που χρησιμοποιούν την καλύτερη κατά περίπτωση από αυτές τις πρωτοποριακές τεχνολογίες. Η απλότητα και το υψηλό bandwidth του Gigabit Ethernet, σε συνδυασμό με την πληρότητα, την ισχύ και τη δυνατότητα για περισσότερο κλιμακωτή επέκταση που μας δίνει το ATM, είναι η καλύτερη εγγύηση επιτυχίας για μεγάλους σχεδιασμούς δικτύων.

#### 6.4.9 Σύνοψη

Λαμβάνοντας υπόψη τα όσα έχουμε προαναφέρει, στη διαμάχη μεταξύ Gigabit Ethernet και ATM μάλλον δεν υπάρχει ξεκάθαρος νικητής. Και οι δύο τεχνολογίες παρουσιάζουν πλεονεκτήματα για όποιον τις επιλέξει αλλά και σημαντικά μειονεκτήματα.

Επομένως, στην ερώτηση «Gigabit Ethernet ή ATM» η απάντηση πιθανότατα δεν είναι μονολεκτική. Λαμβάνοντας υπόψη την παρατήρηση αυτή καταλήγουμε στην λύση της υβριδικής τεχνολογίας, δηλαδή στη συνδυασμένη χρήση των δύο τεχνολογιών.

Και σε αυτή την περίπτωση όμως, ο τρόπος εκμετάλλευσής τους δεν είναι απόλυτα καθορισμένος. Θα επιλεγεί το ATM ως δίκτυο κορμού (backbone) και στις υπόλοιπες περιπτώσεις το GigE ή μήπως κάποιου άλλου είδους συνδυασμός ανάμεσα σε αυτά τα δύο; Σε κάθε περίπτωση, τα θετικά και αρνητικά σημεία που διαγράφονται εκατέρωθεν καθώς και οι εκάστοτε ανάγκες μπορούν να αποτελέσουν ένα είδος «οδηγού» για τον ενδιαφερόμενο χρήστη.

Τελικός νικητής στη διαμάχη ανάμεσα σε ATM και Gigabit Ethernet ίσως δεν υπάρξει ποτέ. Κερδισμένοι όμως από τη συνεργασία ή τον ανταγωνισμό θα είμαστε σίγουρα όλοι.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΟ 10G ETHERNET



### **7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το νεότερο μέλος της οικογένειας των Ethernet είναι το 10Gigabit Ethernet. Δεν χρειάζεται να πούμε ότι υπάρχει μια σημαντική ομοιότητα με όλα τα προηγούμενα Ethernet [4]. Η συνολική κατασκευή είναι ουσιαστικά η ίδια όπως και πριν, και οι αλλαγές εισήχθησαν μόνο όπου χρειαζόταν να αντιμετωπίσουν υψηλότερη ταχύτητα όσον αφορά τις λειτουργίες.

Το προτεινόμενο πρότυπο Ethernet των 10Gbps (10 GbE), που είναι γνωστό ως IEEE 802.3ae δεν θα παρέχει μόνο ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων των 10Gbps αλλά θα συνεργάζεται επίσης με μητροπολιτικά και ευρείας περιοχής δίκτυα (MAN και WAN), όπου η τεχνολογία ATM και η Sonet κυριαρχούν σήμερα. Το Ethernet και το Fast Ethernet σχεδιάστηκαν για να λειτουργούν κυρίως με τοπικά δίκτυα (LAN), όπου και είναι οι κυρίαρχες τεχνολογίες.

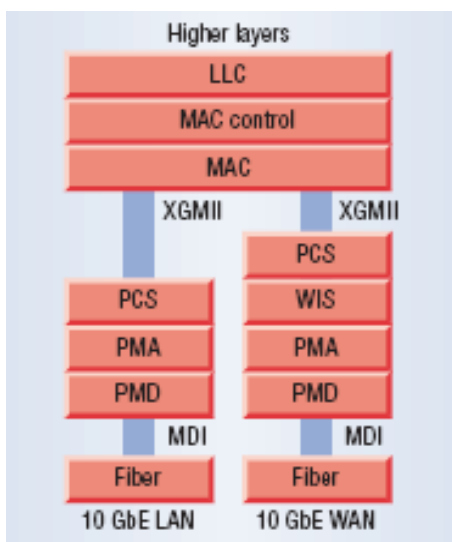
Οι υπέρμαχοι της νέας τεχνολογίας υποστηρίζουν ότι το νέο πρότυπο θα προσφέρει πολυάριθμα πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, το Ethernet των 10Gbps μπορεί να επιτρέψει στους συνεργαζόμενους χρήστες LAN να εργάζονται πιο αποδοτικά με πολυμέσα και άλλες εφαρμογές που χρειάζονται δεδομένα. Επιπλέον, οι οργανισμοί θα μπορούν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία σε δίκτυα διαφορετικής αρχιτεκτονικής και οι παροχείς υπηρεσιών μπορούν να καθιερώσουν τα δικά τους δίκτυα με μια ενοποιημένη τεχνολογία Ethernet.

Ωστόσο, το 10GbE αντιμετωπίζει επίσης σημαντικές προκλήσεις, όπως είναι η τιμή, η αξιοπιστία, η ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) και η επιφυλακτικότητα των χρηστών να εγκαταλείψουν τον τρέχοντα εξοπλισμό δικτύου που διαθέτουν. Παρόλα αυτά, η δυνατότητα της τεχνολογίας προφανώς είναι αρκετά ελκυστική ώστε να ενθαρρύνει πολυάριθμες εταιρείες, όπως η Cisco Systems και η Nortel Networks, να κατασκευάσουν πρότυπο εξοπλισμό Ethernet, συμπεριλαμβανομένων switches και εξαρτημάτων οπτικού δικτύου.



Στην αρχιτεκτονική (Σχήμα.7.1) του 10GbE το φυσικό επίπεδο του Ethernet αποτελείται από το υποεπίπεδο PMD (Physical Media Dependent) το οποίο αντιπροσωπεύεται από τους οπτικούς transceivers, το υποεπίπεδο PMA (Physical

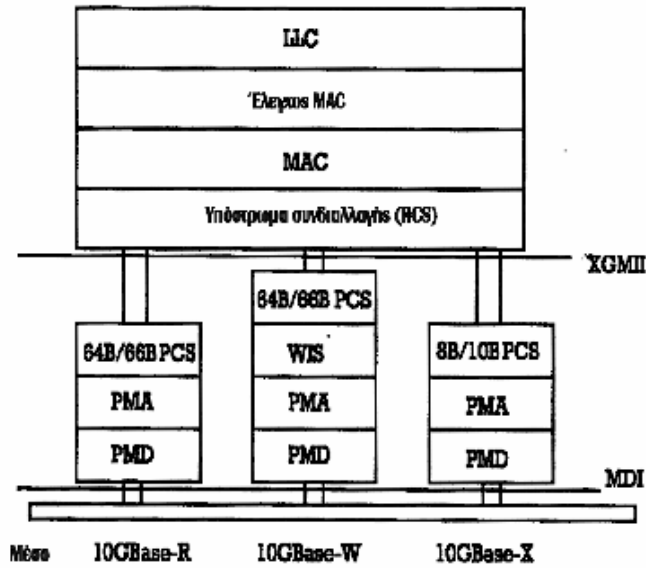
Media Attachment) το οποίο καθορίζει τις διαδικασίες λήψης και εκπομπής και από το υποεπίπεδο PCS (Physical Coding Sublayer) το οποίο χειρίζεται λειτουργίες όπως η κωδικοποίηση δεδομένων και η πολυπλεξία [12]. Η έκδοση του προτύπου που προορίζεται για δίκτυα ευρείας έκτασης (WAN) περιλαμβάνει επίσης ένα WAN interface υποεπίπεδο (WIS). Το φυσικό επίπεδο συνδέεται με το οπτικό μέσο με τη βοήθεια του MDI (Medium Dependent Interface) και με το στρώμα MAC (Media Access Control) μέσω της XGMII (10-gigabit media independent interface) η οποία είναι μια πλατειά συνδετικά διάταξη 74 σημάτων (με μονοπάτια δεδομένων των 32 bit για κάθε εκπομπή και αποδοχή). Τα υψηλότερα επίπεδα χειρίζονται άλλες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα το υποεπίπεδο LLC (Logical Link Control) καθορίζει τη μετακίνηση δεδομένων.



Σχήμα 7.1

Όπως και με το Gigabit Ethernet, έτσι και η αρχιτεκτονική του 10-Gigabit Ethernet διαχωρίζει περαιτέρω την PHY (στρώμα 1) σε PMD και PCS. Οι οπτικοί αναμεταδότες, για παράδειγμα, είναι PMD. Η PCS δημιουργείται από κωδικοποίηση και σειριοποιήσιμες ή πολυσυναρτησιακές λειτουργίες.

Με τις προδιαγραφές του IEEE 802.3ae καθορίστηκαν δύο τύπου PHY – μια για τοπικά δίκτυα και μια άλλη και εθνικά δίκτυα. Τα διάφορα αρχιτεκτονικά συστατικά του 10-Gigabit Ethernet φαίνονται στο σχήμα 7.2



Σχήμα 7.2: Στοιβά πρωτοκόλλου του 10G Ethernet

Το υπόστρωμα συνδετικής διάταξης WAN εισάγεται στην κεντρική επιλογή στο Σχήμα 7.2 για να παρέχει την CAN PHY. Η WAN PHY έχει ένα επιπλέον χαρακτηριστικό το οποίο έχει προστεθεί στις λειτουργίες του LAN PHY. Οι δύο LAN PHY ξεχωρίζονται αποκλειστικά από την PCS.

## 7.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Τα διάφορα πρότυπα που περιλαμβάνει η καλωδίωση του Gigabit Ethernet αναφέρονται παρακάτω [6] :

- **10GBASE-LR** (long range): Η 10GBASE-LR είναι η περισσότερο δημοφιλής συνδετική διάταξη του Ethernet των 10G και σύμφωνα με κάποιους υπολογισμούς αντιπροσωπεύει το 80% των 10G Ethernet θυρών που διατέθηκαν το 2002 και το 2003. Η 10GBASE-LR χρησιμοποιείται σχεδόν για κάθε ανάγκη του Ethernet των 10G και μάλλον θα συνεχίσει να είναι η συνδετική διάταξη που θα επιλέγεται και στο μέλλον. Το πρότυπο αυτό υποστηρίζει μετάδοση δεδομένων σε αποστάσεις έως 10km με τη χρήση μονότροπης ίνας (1310nm).

- **10GBASE-ER** (extended range): Σχεδόν όλες οι θύρες 10GBASE-ER του Ethernet των 10G χρησιμοποιούνται από παροχείς υπηρεσιών του Ethernet. Λόγω του σχετικά υψηλού κόστους της αυτή η συνδετική διάταξη χρησιμοποιείται μόνον όταν

υπάρχει ανάγκη για μετάδοση σε μια απόσταση έως 40km κατά μήκος μονότροπης οπτικής ίνας(1550nm). Πρόσφατα, ορισμένοι κατασκευαστές διαθέτουν στην αγορά interfaces για αποστάσεις έως και 80km.

- **10GBASE-SR** (short range): Οι σχετικά μικρές αποστάσεις (26 έως 82 μέτρα κατά μήκος πολύτροπης ίνας) η οποία μπορεί να επιτευχθεί με αυτή την συνδετική διάταξη περιορίζει τη χρήση της. Μια τυπική χρήση για την 10GBASE-SR είναι η εσωτερική σύνδεση δύο Ethernet switches ή η σύνδεση μιας τερματικής συσκευής σε έναν Ethernet switch.

- **10GBASE-LX4** (wavelength division multiplexing): Η 10GBASE-LX4 χρησιμοποιεί 4 λέιζερ παράλληλα σε αντίθεση με το ένα και μοναδικό σειριακό λέιζερ που χρησιμοποιείται στις προηγούμενες συνδετικές διατάξεις. Αυτό το τεχνικό χαρακτηριστικό δυστυχώς περιόρισε την βιωσιμότητα της 10GBASE-LX4 επειδή απλά είναι πολυέξοδη και πολύπλοκη. Ως αποτέλεσμα, οι περισσότεροι κατασκευαστές επέλεξαν να μην αναπτύξουν το πρότυπο αυτό και η διαθεσιμότητα διατάξεων της κατηγορίας αυτής είναι περιορισμένη. Χρησιμοποιείται για συνδέσεις με μήκος από 240 έως 300m πάνω από πολύτροπη ίνα και επίσης για αποστάσεις της τάξης των 10km με μονότροπη ίνα.

- **10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW**: Ο μόνος λόγος ύπαρξης της WAN PHY ήταν να επιτευχθεί η συμβατότητα ανάμεσα στο Ethernet των 10G και στο SONET OC-192/STM-64. Εξαιτίας αυτού του λόγου αυτή η συνδετική διάταξη θα ενδιαφέρει μόνο μερικούς παροχείς υπηρεσιών. Έτσι δεν υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον γι' αυτή τη συνδετική διάταξη από παροχείς υπηρεσιών παγκοσμίως.

- **10GBASE-T**: Είναι ένα προτεινόμενο χάλκινο πρότυπο Ethernet των 10G που τρέχει κατά μήκος καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους. Οι κύριοι οδηγοί πίσω από το 10GBASE-T είναι το χαμηλό κόστος και η χρησιμοποίηση της ευρέως ανεπτυγμένης και καλά κατανοητής καλωδίωσης συνεστραμμένου ζεύγους. Οι βασικοί στόχοι για το 10GBASE-T είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Καμία αλλαγή στον τύπο πλαισίου του Ethernet ή στα ελάχιστα και μέγιστα μεγέθη πλαισίου.

- 2) Μια πολυσύνθετη αλλά πρότυπη υποστήριξη των LAN με συνδέσεις από σημείο σε σημείο και τοπολογίες δομημένης καλωδίωσης.

- 3) Να υποστηρίζει την αυτοδιαπραγμάτευση(auto-negotiation).

- 4) Να υποστηρίζει τις ακόλουθες κατηγορίες αποστάσεων

- Κατηγορία 5e UTP – 20 με 40 μέτρα

- Κατηγορία 6 UTP – 55 έως 100 μέτρα

- Κατηγορία 7 STP – 100 μέτρα

- **10GBASE-LRM**: Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με δίκτυα FDDI πάνω από πολύτροπη οπτική ίνα.

- **10GBASE-CX4 (IEEE 802.3ak)**: Χρησιμοποιεί χάλκινο καλώδιο όχι όμως συνεστραμμένου ζεύγους αλλά διαξονικό (24 gauge) το οποίο έχει μεγαλύτερο κόστος από το αντίστοιχο UTP. Χρησιμοποιείται κυρίως στην περίπτωση σύνδεσης ενός switch με έναν δρομολογητή (router).

Στο σχήμα 7.3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα διάφορα πρότυπα καλωδίωσης με τις αντίστοιχες μέγιστες αποστάσεις μετάδοσης.



Σχήμα 7.3

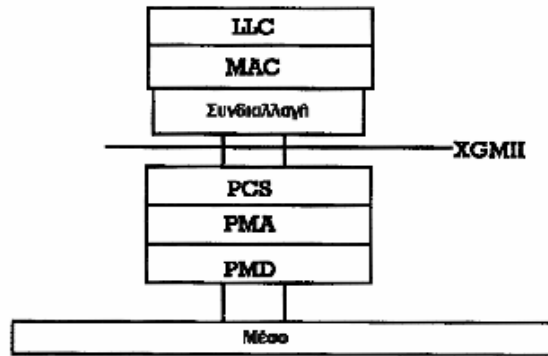
### 7.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Ένα από τα πρώτα πράγματα το οποίο θα πρόσεχε ένας μελετητής του 10G Ethernet είναι ότι υπάρχουν δύο επιλογές για την εφαρμογή του φυσικού στρώματος – μια σειριακή λύση και μια παράλληλη λύση [7].

Η σειριακή λύση περιλαμβάνει ένα υψηλής ταχύτητα κύκλωμα και η παράλληλη λύση χρησιμοποιεί πολλαπλά κυκλώματα, καθένα από τα οποία λειτουργεί σε χαμηλότερη ταχύτητα. Οι δύο λύσεις έχουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

#### 7.3.1 Σειριακή εφαρμογή

Στην σειριακή εφαρμογή, που φαίνεται στο Σχήμα 7.4 ένα φυσικό κανάλι λειτουργεί στα 10 Gbps.



**Σχήμα 7.4:** Εφαρμογή σειριακού φυσικού στρώματος

Η λειτουργία είναι ευθεία. Για εκπομπή, η συνδιαλλακτική αυτοτελής μονάδα περνάει τα σήματα, που αντιστοιχούν σε δεδομένα MAC, λέξη κατά λέξη στην αυτοτελή μονάδα PCS. Η αυτοτελής μονάδα PCS στη συνέχεια κωδικοποιεί τα σήματα με μια προκαθορισμένη τεχνική κωδικοποίησης και περνάει το κωδικοποιημένο σήμα στην αυτοτελή μονάδα PMA. Η αυτοτελής μονάδα PMA στη συνέχεια σειριοποιεί τα κωδικοποιημένα σήματα και περνάει το ρεύμα στην αυτοτελή μονάδα PMD. Η αυτοτελής μονάδα PMD εκπέμπει το ρεύμα του σήματος κατά μήκος της ίνας στα 10 Gbps. Για την αποδοχή, η διαδικασία αντιστρέφεται.

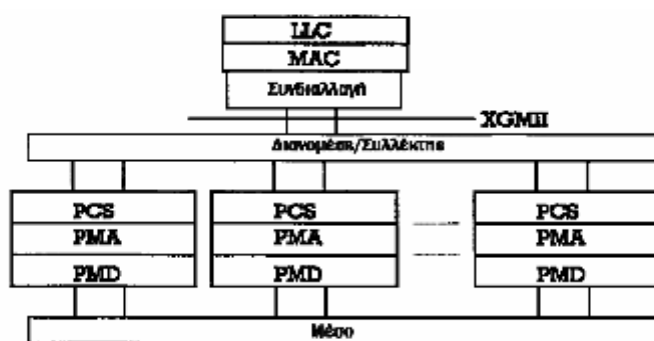
Η κύρια ιδιότητα της σειριακής αρχιτεκτονικής είναι η απλότητά της – οι λειτουργίες εκπομπής και αποδοχής είναι και οι δύο ευθείες. Δεν απαιτεί μια πολύπλοκη πολυσύνθεση/από-πολυαποσύνθεση όπως αυτή που χρειάζεται στην παράλληλη εφαρμογή. Επιπλέον, η σειριακή εφαρμογή απαιτεί μόνο κανάλι ίνας και ένα σε εξοπλισμού λέιζερ, και έτσι το κόστος της εφαρμογής ελαχιστοποιείται.

Η αρνητική πλευρά της σειριακής αρχιτεκτονικής αφορά η ανάγκη για ακριβή, υψηλής ταχύτητας λογικά κυκλώματα και τεχνολογία. Για να μειωθεί ο ρυθμός εκπομπής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις τεχνικές κωδικοποίησης υψηλότερου ρυθμού. Σε μια τέτοια περίπτωση, μπορεί να χρειαστεί μόνο μια μονάδα λέιζερ με λιγότερο κόστος.

### 7.3.2 Παράλληλη εφαρμογή

Στην παράλληλα εφαρμογή, που φαίνεται στο Σχήμα 7.5, υπάρχουν πολλαπλά φυσικά κανάλια. Κάθε υποκανάλι μπορεί να συμπληρωθεί με την χρήση παράλληλου καλωδίου.

Για την εκπομπή, ο διανομέας πολυσυνθέτει τα δεδομένα που έχουν γίνει αποδεκτά από το στρώμα MAC σε έναν αριθμό ξεχωριστών ρευμάτων χρησιμοποιώντας ένα σχέδιο ευθείας κυκλικής αίτησης. Το κάθε ρεύμα δίνεται σε κάθε αυτοτελή μονάδα PCS.



Σχήμα 7.5: Εφαρμογή παράλληλου φυσικού στρώματος

Η κάθε αυτοτελής μονάδα PCS κωδικοποιεί το ρεύμα που έγινε αποδεκτό και το περνάει σε κάθε αυτοτελή μονάδα PMA για σειριοποίηση. Μετά τη σειριοποίηση, η κάθε αυτοτελής μονάδα PMD εκπέμπει το κάθε σειριοποιημένο ρεύμα δεδομένων με έναν κλασματικό ρυθμό bit, όπως καθορίστηκε από το επίπεδο του παραλληλισμού που χρησιμοποιήθηκε. Για την αποδοχή, εκτελείται η αντίστροφη διαδικασία.

Το κύριο πλεονέκτημα της παράλληλης εφαρμογής είναι ότι ο λειτουργικός ρυθμός στις αυτοτελείς μονάδες PCS και PMA μειώνεται, κάτι το οποίο δίνει τη δυνατότητα σε φθηνότερες συσκευές να χρησιμοποιηθούν. Τα μειονεκτήματα είναι η

ανάγκη για μια αυτοτελή μονάδα διανομέα/συλλέκτη η οποία πρέπει να είναι ευαίσθητη στο «τρεμούλιασμα» του χρόνου και η χρήση πολλαπλών σετ λογικών κυκλωμάτων και εξοπλισμού λείζερ. Δύο τεχνικές χρησιμοποιούνται για να επιτευχθούν τα πολλαπλά κανάλια: παράλληλα καλώδια και πολυσύνθεση διαίρεσης μήκους κύματος.

Για να μπορέσει η παράλληλη λύση να επιτύχει ένα συνολικό ρυθμό 10 Gbps, 10 X 1 (ή 10 X 1,25 Gbps να προσαρμόσουν το σχέδιο κωδικοποίησης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ίνες. Η διαθεσιμότητα της λύσης του 10-gigabit Ethernet το κάνει αυτό ένα αξιόπιστο μονοπάτι αναβάθμισης. Παρόλα αυτά, το κόστος αυτής της λύσης είναι 10 φορές μεγαλύτερο απ' αυτό του 1-Gigabit Ethernet. Αυτό καταστρατηγεί την οικονομία της κλίμακας που θα ανέμενε κάποιος από το 10-Gigabit Ethernet, και αυτό το κάνει μια λιγότερο ελκυστική λύση. Παρόλα αυτά, καθώς ο εξοπλισμός των 10 Gbps γίνεται όλο και πιο πολύ διαθέσιμος, μόνο τέσσερις παράλληλες ίνες ή μια μόνο ίνα θα χρειαστούν. Αυτή η τεχνική θα είναι πολύ ελκυστική για εφαρμογές μικρής διαδρομής (λιγότερο από 200 μ.), όπου το κόστος του ακριβού εξοπλισμού πολυσύνθεσης μπορεί να εξισορροπηθεί από το κόστος των καλωδίων ίνας. Παρόλα αυτά, η λύση της παράλληλης καλωδίωσης δεν εφαρμόζεται στην υπάρχουσα υποδομή.

### 7.3.3 Οι PMD

Από την άποψη της εκτεταμένης κλίμακας εφαρμογών για το 10-gigabit Ethernet, η IEEE 802.3ae έχει καθορίσει τον ακόλουθο αριθμό PMD:

- Μια σειριακή PMD της τάξεως των 850 nm έχει καθοριστεί για να επιτυγχάνει έναν στόχο 65 μ. κατά μήκος πολύτροπης ίνας.
- Μια σειριακή PMD της τάξης των 1,310 nm μπορεί να ικανοποιήσει 2 χλμ. και 10 χλμ. μονότροπης ίνας .
- Μια σειριακή PMD της τάξης των 1,550 nm μπορεί να ικανοποιήσει (ή ακόμα και να ξεπεράσει) έναν στόχο σε 40 χλμ. μονότροπης ίνας .

Η τρίτη περίπτωση – μια PMD που δουλεύει σε μια ακτίνα 40 χλμ. – αντικατοπτρίζει την επιτυχημένη ανάπτυξη των λύσεων του Gigabit Ethernet σε μητροπολιτικές και μακρινών αποστάσεων εφαρμογές.

Επιπλέον, η IEEE 802.3ae επέλεξε τις ακόλουθες δύο εκδοχές WDM PMD:

- Μια εκδοχή της τάξεως των 1,310 nm κατά μήκος μιας μονότροπης ίνας με μια απόσταση – στόχο των 10 χλμ.
- Μια PMD της τάξεως των 1,310 nm που πρέπει να βρει έναν στόχο στα 300 μ. κατά μήκος μιας εγκατεστημένης πολύτροπης ίνας.

Αυτές οι δύο τελευταίες PMD συμπεριλήφθηκαν για να ικανοποιήσουν τον στόχο του 10-gigabit Ethernet σχετικά με την υποστήριξη LAN, MAN και WAN.



Ο Πίνακας 7.1 δίνει μια σύνοψη των διαφόρων επιλογών PMD που καθορίζεται από την 802.3ae.

**Πίνακας 7.1**

<b>Οπτική πηγή και Τύπος ίνας</b>	<b>Εκπομπή</b>	<b>Απόσταση - στόχος</b>
850 nm πολύτροπης	Σειριακή	65 μ.
1,310 nm πολύτροπης	WDM	300 μ.
1,310 nm μονότροπης	WDM	10 χλμ.
1,310 nm μονότροπης	Σειριακή	10 χλμ.
1,550 nm μονότροπης	Σειριακή	40 χλμ.

#### **7.3.4 Φυσικό στρώμα**

Και τα δύο φυσικά στρώματα που καθορίζονται για το 10-Gigabit Ethernet – το LAN PHY και το WAN PHY – θα λειτουργήσουν πάνω σε συνηθισμένες PMD, και γι' αυτό το λόγο, θα υποστηρίξουν τις ίδιες αποστάσεις. Μόνο η PCS ξεχωρίζει τις δύο PHY.

Η 10-gigabit LAN PHY έχει σαν σκοπό να υποστηρίξει όλες τις υπάρχουσες εφαρμογές Gigabit Ethernet κατά 10 φορές περισσότερο από το πλάτος ζώνης μια έναν τρόπο περισσότερο αποδοτικό όσον αφορά το κόστος που θα συζητήσουμε αργότερα με περισσότερες λεπτομέρειες. Με την πάροδο του χρόνου, αναμένεται η LAN PHY να χρησιμοποιηθεί σε αγνά οπτικά περιβάλλοντα τα οποία εκτείνονται σε όλα τα WAN.

Η WAN PHY διαφέρει από την LAN PHY επειδή συμπεριλαμβάνει ένα απλοποιημένο πλαίσιο SONET/SDH στο υπόστρωμα συνδετικής διάταξης του WAN. Επειδή ο ρυθμός γραμμής του SONET OC-192 είναι περίπου 10 Gbps, είναι σχετικά απλό να εφαρμόσουμε ένα MAC το οποίο μπορεί να λειτουργήσει με μια LAN PHY στα 10 Gbps ή με ένα ρυθμό εκπομπής WAN PHY περίπου στα 9,29 Gbps.

Για να κρατήσει το κόστος εφαρμογής της WAN PHY σε ένα αποδεκτό επίπεδο, η δύναμη κρούσης IEEE 802.3ae σοφά απέρριψε την πλήρη συμφωνία με το SONET/SDH. Αντίθετα, η WAN PHY θεωρείται πιο φθηνός μηχανισμός ο οποίος

χρησιμοποιεί τις συνηθισμένες PMD του Ethernet για να έχει πρόσβαση στα SONET/SDH.

Είναι επίσης σημαντικό να σημειώσουμε ότι το Ethernet παραμένει ένα πρωτόκολλο ασύγχρονης σύνδεσης. Όπως σε κάθε δίκτυο Ethernet, ο συγχρονισμός του 10-gigabit Ethernet πρέπει να διατηρηθεί μέσα σε κάθε χαρακτήρα στο ρεύμα των bit των δεδομένων. Ο κόμβος αποδοχής, μπορεί να αναχρονίσει και να ανασυγχρονίσει τα δεδομένα. Σε αντίθεση, συγχρονισμένα πρωτόκολλα, όπως είναι το SONET και το SDH, απαιτούν κάθε συσκευή να μοιράζεται το ίδιο σύστημα ρολογιού για να αποφευχθεί η παρέκκλιση συγχρονισμού ανάμεσα στον εξοπλισμό εκπομπής και αποδοχής και οι επακόλουθες αυξήσεις σε λάθη δικτύου όπου η έγκαιρη διανομή είναι κρίσιμη.

Η WAN PHY επιτρέπει την σύνδεση εξοπλισμού δεδομένων, όπως είναι οι διακόπτες, σε ένα δίκτυο SONET/SDH και έτσι, προσαρμόζει απλή προέκταση των συνδέσεων του Ethernet σε αυτά τα δίκτυα. Δύο διαβιβαστές θα συμπεριφέρονται σαν να είναι συνδεδεμένοι απ' ευθείας ο ένας με τον άλλο κατά μήκος μιας και μόνο σύνδεσης Ethernet. Για να απλοποιηθεί η διαχείριση των εκτεταμένων συνδέσεων του 10-Gigabit Ethernet, η Wan PHY παρέχει τις περισσότερες από τις περισσότερες από τις πληροφορίες διαχείρισης SONET/SDH. Αυτό επιτρέπει σε έναν διαχειριστή δικτύου να θεωρεί τις συνδέσεις WAN PHY σαν να ήταν μια σύνδεση SONET/SDH. Γι' αυτό το λόγο είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί έναν έλεγχο της απόδοσης και μια απομόνωση των λαθών σε ολόκληρο το δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου της σύνδεσης WAN του 10-Gigabit Ethernet, από τον διαχειριστικό σταθμό του SONET/SDH. Οι πληροφορίες διαχείρισης του SONET/SDH παρέχονται από το WIS, το οποίο επίσης συμπεριλαμβάνει τον πλαισιωτή SONET/SDH. Το WIS, λειτουργεί ανάμεσα στα στρώματα της PCS και της σειριακής PMD που είναι συνηθισμένες στην LAN PHY.

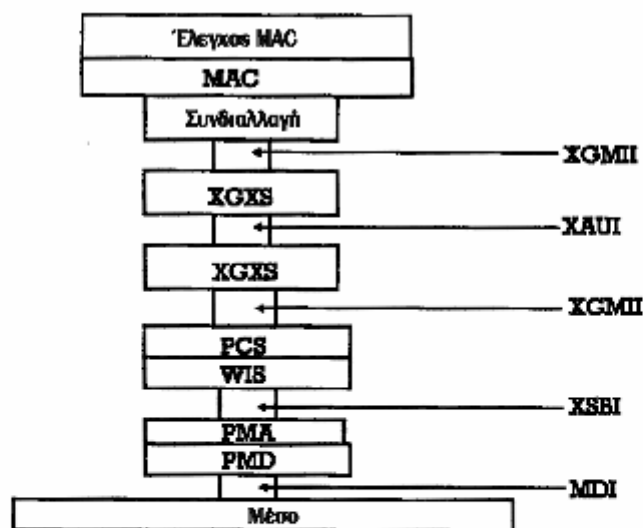
### **7.3.5 Συνδεδετική διάταξη με chip**

Μια από τις τεχνικές καινοτομίες που εισήχθησαν από την δύναμη κρούσης IEEE 802.3ae είναι μια συνδεδετική διάταξη η οποία ονομάζεται XAUI (προφέρεται «Ζόου»). Το τμήμα «AUI» του ονόματος προέρχεται από την συνδεδετική διάταξη της σύνδεσης Ethernet. Το τμήμα «X» αντιπροσωπεύει το Ρωμαϊκό αριθμό 10 και υπονοεί 10 Gbps. Το XAUI έχει σχεδιαστεί ως μια προέκταση της συνδεδετικής διάταξης και η συνδεδετική διάταξη την οποία αυτό επεκτείνει, είναι η XGMII, η MII των 10G. Η θέση του στο συνολική εικόνα του 10-gigabit Ethernet φαίνεται στο Σχήμα 7.4 (το σχήμα δείχνει επίσης άλλα σημεία συνδεδετικής διάταξης).

Η XGMII είναι μια πλατειά συνδεδετική διάταξη 74 σημάτων (με μονοπάτια δεδομένων των 32 bit για κάθε εκπομπή και αποδοχή) η οποία μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει την Ethernet MAC στην PHY. Η XAUI μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση της XGMII, ή για να την επεκτείνει, σε εφαρμογές από τσιπ σε τσιπ που είναι τυπικές στις περισσότερες εσωτερικές συνδέσεις των Ethernet.

Η ταχύτητα της συνδετικής διάταξης XAUI είναι 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή την 1000Base-X. Αυτό σημαίνει ότι, χρησιμοποιώντας τέσσερις σειριακές λωρίδες, η συνδετική διάταξη XAUI των 4 bit μπορεί να υποστηρίξει την δεκαπλάσια αύξηση των συνολικών δεδομένων που απαιτούνται από ένα 10-Gigabit Ethernet. Η XAUI χρησιμοποιεί την ίδια εύρωστη κωδικοποίηση 8B/10B που χρησιμοποιείται από το 1000Base-X για να παρέχει ένα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας του σήματος μέσω του χάλκινου μέσου. Επιπλέον οφέλη από την τεχνολογία XAUI είναι η χαμηλή ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή (EMI), η ανίχνευση λάθους και οι δυνατότητες απομόνωσης της αιτίας που προκαλεί το λάθος.



Σχήμα 7.6: Που ταιριάζει η XAUI

Η συνδετική διάταξη XAUI γίνεται παγκοσμίως διαθέσιμη και η ισοδυναμία της με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε άλλα βασικά πρότυπα της βιομηχανίας, κυρίως στο Κανάλι Ένας των 10 Γίγαμπιτ, εξασφαλίζει το μικρότερο δυνατό κόστος.

## 7.4 MAC

Το στρώμα MAC στο Ethernet των 10 Γιγαμπάιτ μοιάζει πολύ με το στρώμα MAC των προηγούμενων τεχνολογιών Ethernet. Χρησιμοποιεί την ίδια διεύθυνση Ethernet και τις ίδιες μορφές πλαισίου, αλλά δεν υποστηρίζει την half-duplex μετάδοση [8]. Υποστηρίζει ρυθμούς δεδομένων που είναι μικρότερα από 10Gbps χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό ρυθμού προόδου για προσαρμογή ρυθμού και ελέγχους ροής. Τα ακόλουθα τμήματα εξηγούν καθένα από αυτά τα χαρακτηριστικά.

### 7.4.1 Full-duplex μόνο

Στα προηγούμενα πρότυπα του Ethernet, υπήρχαν δύο καταστάσεις λειτουργίας: η half-duplex μετάδοση και η μετάδοση full-duplex. Η half-duplex μετάδοση έχει καθοριστεί από την αρχική εκδοχή του Ethernet. Σε αυτή την κατάσταση, τα δεδομένα εκπέμπονται χρησιμοποιώντας το δημοφιλές πρωτόκολλο CSMA/CD σε ένα κοινό μέσο. Η απλότητά της συνεισέφερε στην πρώιμη επιτυχία του πρότυπου του Ethernet. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας είναι τόσο διάσημη ώστε πολλοί συσχετίζουν λανθασμένα το πρωτόκολλο CSMA/CD με την λειτουργία του πρότυπου Ethernet. Η αποδοτικότητα και ο περιορισμός της απόστασης είναι τα κύρια μειονεκτήματα της μετάδοσης half-duplex. Σε αυτή την κατάσταση, η απόσταση σύνδεσης περιορίζεται από το ελάχιστο μέγεθος του πλαισίου MAC. Αυτός ο περιορισμός μειώνει δραστικά την αποδοτικότητα του ρυθμού εκπομπής των δεδομένων. Για παράδειγμα, οι τεχνικές προέκτασης διακομιστή carrier extension χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου των 512 bytes στο gigabit Ethernet ώστε να επιτευχθεί μια λογική απόσταση σύνδεσης.

Στον ρυθμό εκπομπής των 10 Gbps, η half-duplex μετάδοση δεν είναι μια ελκυστική επιλογή και ρεαλιστικά δεν θα υπήρχε καμία αγορά για την αυτή με αυτό τον ρυθμό εκπομπής, καθώς οι περισσότερες από τις συνδέσεις στα 10 Gbps γίνονται από σημείο σε σημείο κατά μήκος οπτικών ινών. Σε αυτή την περίπτωση, η πλήρως σύνθετη λειτουργία θα ήταν η προτιμητέα επιλογή, και έτσι το πρότυπο του Ethernet των 10G καθορίζει μόνο την full-duplex λειτουργία.

Στην full-duplex λειτουργία, δεν υπάρχει καμία σύνδεση. Η οντότητα του στρώματος MAC μπορεί να εκπέμψει όπου εκείνη θέλει, δεδομένου ότι η ομοτιμότητά του είναι έτοιμοι να λάβει. Η απόσταση της σύνδεσης περιορίζεται από το χαρακτηριστικό του φυσικού μέσου και των συσκευών, από τους προϋπολογισμούς της δύναμης και από την διαμόρφωση. Σε αυτή την περίπτωση, μια επιθυμητή τοπολογία μπορεί να γίνει δυνατή με την χρήση διακοπών ή διανεμημένων συσκευών προσωρινής μνήμης.

#### **7.4.2 Μορφή Πλαισίου MAC**

Ένας από τις κυριότερους στόχους κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του προτύπου Ethernet των 10G ήταν να χρησιμοποιηθεί η ίδια μορφή πλαισίου MAC όπως αυτή που καθορίστηκε στα προηγούμενα πρότυπα Ethernet. Αυτό επιτρέπει μια μονοκόμματη κάθετη ενοποίηση του Ethernet των 10G με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα Ethernet. Δεν υπάρχει ανάγκη για πλαισιοποίηση και επανασυγκέντρωση ή για ερμηνεία της διεύθυνσης, και αυτό με τη σειρά του υποδηλώνει γρηγορότερη διασταύρωση. Αφού χρησιμοποιείται μόνο η πλήρως σύνθετη λειτουργία, η απόσταση σύνδεσης δεν επηρεάζει το μέγεθος πλαισίου MAC. Το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου MAC θα είναι ίσο με 64 οκτάδες, όπως καθορίστηκε σε προηγούμενα πρότυπα Ethernet. Δεν απαιτείται επέκταση διακομιστή.

#### **7.4.3 Ρυθμός Δεδομένων**

Παρόλο που πολλοί άνθρωποι πιστεύουν το αντίθετο, ο καθορισμός των ρυθμών δεδομένων για το Ethernet των 10G δεν ήταν μια απλή εργασία. Τα περισσότερα από τα LAN ήθελαν το ρυθμό δεδομένων να είναι 10 Gbps έτσι ώστε ένας διακόπτης Ethernet των 10G να μπορεί να υποστηρίξει ακριβώς 10 θύρες του Ethernet του 1G. Η κοινωνία των τηλεπικοινωνιών, από την άλλη πλευρά, ήθελε τον ρυθμό να είναι 9,584640 Gbps έτσι ώστε να είναι ίσος ακριβώς με το καθιερωμένο πρότυπο OC-192 που χρησιμοποιήθηκε για συστήματα εκπομπής.

Η λύση είναι να υποστηρίξουμε και τους δύο ρυθμούς. Αυτό γίνεται μέσω του καθορισμού του ρυθμού των δεδομένων στα 10Gbps και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό προόδου για να προσαρμόσουμε τους (ελαφρώς) μικρότερους ρυθμούς δεδομένων. Αυτό που θα ήταν ένα θέμα σε αυτή την λύση είναι ότι μπορεί να απαιτεί μια συσκευή με μεγάλη προσωρινή μνήμη για να γεφυρωθούν οι δύο ρυθμοί. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν ο ρυθμός δεδομένων καθοριστεί στα 9.584640 Gbps, τότε δεν είναι πιθανό να υποστηριχθεί ο ρυθμός δεδομένων των 10 Gbps.

#### **7.4.4 Μηχανισμός Ρυθμού Προόδου (pacing mechanism)**

Ο μηχανισμός ρυθμού προόδου επιτρέπει στο στρώμα MAC να υποστηρίζει τους ρυθμούς εκπομπής, για παράδειγμα, των 1Gbps και των 10Gbps για τα LAN, καθώς επίσης και ένα ρυθμό των 9.584640Gbps για εκπομπή κατά μήκος μιας ευρείας περιοχής. Για να επιτευχθεί αυτό, το στρώμα MAC έχει την ικανότητα να σταματά την εκπομπή δεδομένων για μια κατάλληλη περίοδο ώστε να παρέχεται ένας

έλεγχος ροής ή προσαρμογή ρυθμού. Υπάρχουν δύο τεχνικές για τον μηχανισμό ρυθμού προόδου. Ο πρώτος είναι ο μηχανισμός λέξης προς λέξη, και ο δεύτερος είναι η τεχνική του Κενού εσωτερικά του πλαισίου (IFG). Στην τεχνική λέξης προς λέξη, το η οντότητα του στρώματος MAC παύει να στέλνει δεδομένα που αποτελούνται από λέξεις των 32 bit για μια προκαθορισμένη περίοδο χρόνου μόλις ζητηθεί από το φυσικό στρώμα. Στην τεχνική IFG, το κενό ανάμεσα στα πλαίσια επεκτείνεται για μια προκαθορισμένη περίοδο χρόνου είτε επειδή έχει ζητηθεί είτε όχι από το φυσικό στρώμα. Το κύριο μειονέκτημα της τεχνικής IFG είναι ότι απαιτείται μια μεγάλη προσωρινή μνήμη δεδομένων επειδή ο αλγόριθμος λειτουργεί ανάμεσα στα πλαίσια. Ο μηχανισμός λέξης προς λέξη προτιμάται εξαιτίας των βασικών του πλεονεκτημάτων να μπορεί να υποστηρίξει οποιασδήποτε από τις τεχνικές κωδικοποίησης. Επιπλέον, δεν χρειάζεται μια μεγάλη προσωρινή μνήμη δεδομένων για να κρατήσει πολλαπλά πλαίσια MAC, και έτσι το μέγεθος της προσωρινής μνήμης είναι ανεξάρτητο από την ταχύτητα σύνδεσης.

#### **7.5 10G MEDIA INDEPENDENT INTERFACE (10GMII):**

Η MII των 10G (10GMII) παρέχει την συνδυαστική διάταξη ανάμεσα στο στρώμα Mac και στο φυσικό στρώμα. Αυτή επιτρέπει στο στρώμα MAC να υποστηρίξει διάφορες αποκλίσεις του φυσικού στρώματος [9] .

Η γραμμή κράτησης της λέξης παρέχεται για να υποστηρίξει τον μηχανισμό ρυθμού προόδου με βάση τη λέξη. Τα μονοπάτια των δεδομένων των 32 bits παρέχονται για λειτουργίες εκπομπής και αποδοχής, έχοντας το καθένα από αυτά τέσσερα bits ελέγχου (ένα για κάθε byte). Το bit ελέγχου τοποθετείται στο «1» για ειδικούς χαρακτήρες και στο «0» για τα δεδομένα. Οι ειδικοί χαρακτήρες καθορίζονται από την τιμή δεδομένων των 8 bit όταν το bit ελέγχου τοποθετήθηκε στο «0». Οι ειδικοί χαρακτήρες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- *IDLE*, το οποίο στέλνεται ως σήμα κατά τη διάρκεια του κενού ανάμεσα στα πακέτα και όταν δεν υπάρχουν δεδομένα για να σταλούν.
- *SOP*, το οποίο σηματοποιείται στην αρχή κάθε πακέτου
- *EOP*, το οποίο σηματοποιείται στο τέλος κάθε πακέτου
- *ERROR*, το οποίο σηματοποιείται όταν ανιχνευθεί ένα λάθος στο αποδεχόμενο σήμα ή όταν ένα λάθος πρέπει να μπει στο εκπεμπόμενο σήμα.

Αυτοί οι ειδικοί χαρακτήρες κάνουν δυνατό έναν κατάλληλο συγχρονισμό για λειτουργίες πολυσύνθεσης και από-πολυσύνθεσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η συνδυαστική διάταξη μπορεί επίσης να κλιμακοποιηθεί με βάση την ταχύτητα και το πλάτος. Με αυτόν τον τρόπο, οι ειδικοί χαρακτήρες παραμένουν ίδιοι. Έτσι, μπορεί να υποστηριχθούν τόσο οι σειριακές όσο και οι παράλληλες εφαρμογές των PCS.

## 7.6 TO GIGABIT ETHERNET ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ[12]

Η Ethernet τεχνολογία είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία για υψηλής επίδοσης LAN περιβάλλοντα. Οι διάφορες εταιρίες ανά τον κόσμο, έχουν επενδύσει πολλά σε θέματα καλωδίωσης, γενικότερα εξοπλισμού και εκπαίδευσης για το Ethernet. Επίσης η μεγάλη εξάπλωση του Ethernet κρατάει το κόστος σε χαμηλά επίπεδα και κάθε νέα έκδοση του Ethernet κάνει το κόστος επέκτασης ακόμα μικρότερο. Στα δίκτυα σήμερα, η αύξηση της δικτυακής κίνησης οδηγεί τους παροχείς υπηρεσιών, τους διαχειριστές και τους αρχιτέκτονες δικτύων να ψάξουν για γρηγορότερες δικτυακές τεχνολογίες για να μπορούν να ανταποκριθούν στη τεράστια απαίτηση για bandwidth. Εδώ λοιπόν δε πρέπει να παραβλέψουμε ότι το 10 Gigabit Ethernet έχει δεκαπλάσια ταχύτητα από το Gigabit Ethernet. Έτσι με την προσθήκη της τεχνολογίας Gigabit Ethernet στην οικογένεια Ethernet, ένα LAN μπορεί να εξαπλωθεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις και να εξυπηρετήσει εφαρμογές με αυξημένη απαίτηση για bandwidth. Το 10 Gigabit Ethernet πληρεί πολλά κριτήρια για αποτελεσματική υψηλής ταχύτητας λειτουργία, τα οποία κάνουν πια φυσική επιλογή την επέκταση και την αναβάθμιση των Ethernet δικτύων. Αυτά είναι:

- Η υπάρχουσα δομή Ethernet κάποιου πελάτη είναι συμβατή με το 10 Gigabit Ethernet. Επίσης η νέα αυτή τεχνολογία προσφέρει χαμηλό κόστος απόκτησης αλλά και συντήρησης σχετικά με κάποιες εναλλακτικές τεχνολογίες.
- Χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα και εργαλεία διαχείρισης που είναι ήδη εκτεταμένα στις υπάρχουσες δομές, το 10 Gigabit Ethernet μπορεί να βασιστεί και να λειτουργήσει με βάση αυτή την υπάρχουσα πείρα.
- Ευελιξία στο σχεδιασμό δικτύων με εξυπηρετητή, με συνδέσεις διακοπών ή δρομολογητών.
- Η ύπαρξη πολλών κατασκευαστών προϊόντων αυτής της τεχνολογίας που είναι και απόδειξη της διαλειτουργικότητας του προτύπου.

Καθώς το 10 Gigabit Ethernet μπαίνει στην αγορά και οι κατασκευάστριες εταιρίες εξοπλισμού παράγουν 10 Gigabit Ethernet συσκευές, το επόμενο βήμα και για τους κατασκευαστές αλλά και για τους παροχείς υπηρεσιών δικτύων, είναι ο συνδυασμός του multi-gigabit εύρους ζώνης με έξυπνες υπηρεσίες ο οποίος θα οδηγήσει σε multi-gigabit δίκτυα με συνδέσεις που θα φτάνουν τα 10Gbps. Η σύγκλιση λοιπόν φωνής και δεδομένων φαντάζει κάτι πολύ πιο εφικτό. Και όπως το TCP/IP ενσωματώνει ιδιαίτερα ισχυρές υπηρεσίες και χαρακτηριστικά, όπως φωνή σε πλαίσια και βίντεο, έτσι και το Ethernet θα μπορεί να παρέχει τέτοιες υπηρεσίες με ελάχιστες τροποποιήσεις.

Η τεχνολογία 10 Gigabit Ethernet δεν αυξάνει μόνο τη ταχύτητα του Ethernet στα 10Gbps, αλλά επίσης επεκτείνει τη διασύνδεση και την απόσταση λειτουργίας στα 40km. Όπως το Gigabit Ethernet έτσι και το 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae) υποστηρίζει και μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούν μονότροπη και πολύτροπη ίνα. Όμως στη περίπτωση του 10 Gigabit Ethernet η απόσταση για μονότροπη ίνα είναι 40km, σε αντίθεση με το Gigabit Ethernet που είναι 5km. Το πλεονέκτημα της επίτευξης μεγαλύτερων αποστάσεων παρέχει, στις εταιρίες που διαχειρίζονται τα δικά τους LAN, τη δυνατότητα να επεκτείνουν το κέντρο δεδομένων τους σε μία λιγότερο ακριβή τοποθεσία περισσότερο από 40km από τις εγκαταστάσεις τους. Αυτό επίσης

τους επιτρέπει να έχουν πολλές διαφορετικές εγκαταστάσεις στην απόσταση των 40 km.

Όπως συμβαίνει σε προηγούμενες εκδόσεις του Ethernet το κόστος για 10Gbps επικοινωνία έχει μειωθεί σημαντικά με την ανάπτυξη τεχνολογιών 10 Gigabit Ethernet. Συγκρίνοντας με τα 10Gbps τηλεπικοινωνιακά laser, η 10 Gigabit Ethernet τεχνολογία όπως ορίζεται από το πρότυπο 802.3ae, μπορεί να χρησιμοποιεί χαμηλότερου κόστους μη ψυχόμενες ίνες και VCSEL lasers που ελαττώνουν το κόστος της PMD συσκευής.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΙ ΕΠΙΦΥΛΑΣΣΕΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ**

A black square with a red border containing the text "GigE" in white.

### **8.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET**

Σήμερα, με την ταχύτατη πρόοδο της τεχνολογίας, νέες τεχνολογίες δημιουργούν την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και νέες εφαρμογές, με τη σειρά τους, πυροδοτούν την ανάγκη για περαιτέρω προώθηση της τεχνολογίας [2]. Σε ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, η δικτυακή τεχνολογία εξελίχθηκε από το shared/switched Ethernet στο shared/switched Fast Ethernet, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για μεγαλύτερο εύρος ζώνης (bandwidth) στο desktop, στους εξυπηρετητές, στα hubs και στα switches. Παρόλ' αυτά, στα πλαίσια των δικτύων των επιχειρήσεων, οι δικτυακές εφαρμογές περιλαμβάνουν τώρα υψηλής ανάλυσης γραφικά, βίντεο και άλλων ειδών μέσα που υπερβαίνουν σε απαιτήσεις ακόμα και την απόδοση του switched Fast Ethernet.

Η γενιά αυτή των απαιτητικών σε εύρος ζώνης εφαρμογών μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Διάφορα επιστημονικά μοντέλα και ιατρικές εφαρμογές παράγουν αρχεία multimedia και γραφικών που αυξάνονται σε μέγεθος από megabytes σε gigabytes και terabytes.
  - Επιστημονικές εφαρμογές απαιτούν δίκτυα με τεράστιο εύρος ζώνης με στόχο τη μετάδοση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων από περίπλοκα αντικείμενα, που μπορεί να είναι από μόρια έως αεροσκάφη.
  - Περιοδικά, φυλλάδια και άλλες πολύπλοκες και πολύχρωμες εκδόσεις κατασκευασμένα σε desktop computers μεταδίδονται κατευθείαν για εκτύπωση.
  - Πολλές ιατρικές εφαρμογές μεταδίδουν πολύπλοκες εικόνες πάνω από τοπικά δίκτυα (LAN) ή WAN, καθιστώντας απαραίτητη τη χρήση ακριβού εξοπλισμού και εξειδικευμένων ιατρικών γνώσεων.
  - Μηχανικοί χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά και μηχανικά εργαλεία αυτόματης σχεδίασης για να εργάζονται αλληλεπιδρώντας με κατανομημένες ομάδες ανάπτυξης, διαμοιραζόμενοι αρχεία εκαντοντάδων gigabytes.
2. Πολλές εταιρείες υιοθετούν Internet τεχνολογίες για να κατασκευάζουν ιδιωτικά intranets, έτσι ώστε να παρέχουν στους χρήστες του οργανισμού δυνατότητες πέρα από το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τη νέα γενιά multimedia πελάτη/εξυπηρετητή εφαρμογών. Έτσι, οι internet και intranet εφαρμογές παράγουν μη προβλέψιμο φόρτο. Καθώς οι εξυπηρετητές είναι κατανομημένοι στο δίκτυο και οι πελάτες προσπελούν τα web sites εντός και

εκτός του εταιρικού δικτύου, δεν υπάρχει τρόπος να εντοπιστεί σε ποιο σημείο θα υπάρχει μεγαλύτερος φόρτος.

3. Η αποθήκευση δεδομένων και οι εφαρμογές backup αφορούν πολλά gigabytes ή terabytes δεδομένων, τα οποία κατανέμονται μεταξύ εκατοντάδων εξυπηρετητών και συστημάτων αποθήκευσης, που είναι προσπελάσιμα από χιλιάδες χρήστες και τα οποία πρέπει να ενημερώνονται τακτικά ώστε να παρέχουν δεδομένα πραγματικού χρόνου για σημαντικές επιχειρηματικές αναφορές και αναλύσεις. Τα δικτυακά backups γίνονται συνήθως σε ώρες εκτός ωραρίου εργασίας και απαιτούν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (4 έως 8 ωρών).
4. Οι απαιτητικές σε εύρος ζώνης groupware εφαρμογές, όπως video conference, interactive whiteboarding και video πραγματικού χρόνου, που υποστηρίζουν μεγάλες επιχειρηματικές εφαρμογές, απαιτούν όχι μόνο "άφθονο" εύρος ζώνης, αλλά και τη μικρότερη καθυστέρηση, ώστε να είναι αποδοτικές.

Στον πίνακα 8.1 φαίνονται οι διάφορες εφαρμογές και η επίδρασή τους στο δίκτυο. Οι εφαρμογές αυτές κατευθύνουν την ανάγκη για αυξανόμενο εύρος ζώνης, πιέζοντας το desktop, τον server και το hub και δημιουργώντας μεγαλύτερες ανάγκες χωρητικότητας στον πυρήνα του δικτύου.

Εφαρμογή	Τύποι δεδομένων/ Μέγεθος δεδομένων	Αποτέλεσμα σε δικτυακό φόρτο	Απαιτήσεις από το δίκτυο
<b>Επιστημονικά μοντέλα, εκδόσεις, και ιατρικές εφαρμογές</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Αρχεία δεδομένων</li> <li>▪ Εκατοντάδες MB-GB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για μεγαλύτερα αρχεία</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για desktops, εξυπηρετητές, backbone</li> </ul>
<b>Internet και intranet εφαρμογές</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Άμεσα αρχεία δεδομένων,</li> <li>▪ Άμεσα αρχεία ήχου</li> <li>▪ Video στο μέλλον</li> <li>▪ Υψηλός ρυθμός μεταφοράς</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για μεγαλύτερα αρχεία</li> <li>▪ Μικρή καθυστέρηση</li> <li>▪ Cos/Qos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για desktops, εξυπηρετητές, backbone</li> <li>▪ Μικρότερη καθυστέρηση</li> </ul>
<b>Αποθήκευση δεδομένων- Δικτυακό backup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Μεγάλα αρχεία</li> <li>▪ Αρχεία δεδομένων GB ως TB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Μεγάλος όγκος από data streams</li> <li>▪ Ανάγκη για αυξανόμενο εύρος ζώνης για μεγαλύτερα αρχεία</li> <li>▪ Αναζήτηση και ανάκτηση απαιτούν την ελάχιστη καθυστέρηση</li> <li>▪ Το backup να γίνεται σε συγκεκριμένο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για εξυπηρετητές, backbone</li> <li>▪ Μικρότερη καθυστέρηση</li> </ul>

		χρονικό διάστημα	
<b>Desktop Video Conferencing Interactive Whiteboard</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Σταθερό data stream</li> <li>▪ Μέχρι 3+ Mbps στο desktop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cos/ Qos</li> <li>▪ Μεγάλος όγκος από data streams</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περισσότερο εύρος ζώνης για εξυπηρετητές, backbone</li> <li>▪ Μικρότερη και προβλέψιμη καθυστέρηση</li> </ul>

**Πίνακας 8.1:** Απαιτήσεις για περισσότερο εύρος ζώνης \*Cos: Class of Service

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που αυξάνει την ανάγκη για εύρος ζώνης στο backbone δίκτυο, είναι ο λόγος κόστους προς απόδοση (cost effectiveness) του edge και workgroup switching. Το switching έχει γίνει ο κύριος τρόπος Ethernet διασύνδεσης. Μέχρι το 2008 τα switch Ethernet αναμένεται να είναι πολύ περισσότερα από τα shared Ethernet shipments. Το switching στο άκρο του δικτύου παραγει ένα μεγάλο φόρτο στο backbone του δικτύου, όπου υπάρχει αυξανόμενη κίνηση.

## **8.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ GIGABIT ETHERNET**

Η εξέλιξη του Gigabit Ethernet πρέπει να ακολουθήσει ανάλογα στάδια εξέλιξης, όπως και το Ethernet των 100Mbps. Τα αρχικά προϊόντα του Ethernet των 100Mbps ήταν συνδέσεις που αφορούσαν switches και routers των 100Mbps. Επιπλέον, προσφέρθηκαν προσαρμογείς δικτύου των 100Mbps για server υψηλής απόδοσης. Η χρήση του Gigabit Ethernet θα ακολουθήσει την ίδια εξελικτική πορεία. Τα αρχικά δίκτυα Gigabit Ethernet θα προσκολληθούν στα υπάρχοντα δίκτυα των 100Mbps ως συνδέσεις από switch σε server ή από switch σε switch ή από switch σε router. Πέρα από αυτές τις αρχικές εφαρμογές, η βιομηχανία πρέπει να επιλύσει διάφορα θέματα ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιήσει τις πλήρεις δυνατότητες του Gigabit Ethernet σε αυτές τις ταχύτητες. Αυτά, είναι τα ακόλουθα [1] :

- Διαχείριση δικτύου και παρακολούθηση των συστημάτων του Gigabit Ethernet. Η διαχείριση της τρομακτικής ροής πληροφοριών απαιτεί νέα προσέγγιση για την συλλογή και παρουσίαση των δεδομένων. Τεχνικές απλού λογισμικού για να καταλογοποιηθούν και να ταξινομηθούν τα δεδομένα που φτάνουν με ρυθμούς Gbps σαν εκείνες που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση που βασίζεται σε RMON, αλλά δεν θα δουλέψουν. Θα απαιτηθεί η καταλογοποίηση και η ταξινόμηση η οποία βασίζεται στις ροές και σε άλλες καινοτόμες τεχνικές.

- Υπηρεσίες δικτύου σε ρυθμούς Gbps. Η χρήση υπηρεσιών δικτύου όπως είναι η Υπηρεσία Ποιότητας (QoS), η σχηματοποίηση της κίνησης, ο έλεγχος της πολιτικής και η μείωση θα απαιτηθούν για τη λειτουργία. Οι παροχείς του Gigabit Ethernet θα αναγκαστούν να υποστηρίξουν κάθε μια από αυτές τις υπηρεσίες έτσι

ώστε να εξασφαλιστεί ότι Gigabit Ethernet θα έχει επιτυχία ανάλογη με αυτή των προγενέστερων εκδόσεών του.

- Προώθηση δεδομένων στο επίπεδο δικτύου. Η προώθηση του φυσικού στρώματος και του στρώματος σύνδεσης δεδομένων (MAC) σε ρυθμούς Gbps είναι δυνατή. Η ικανότητα να κρατούνται ρυθμοί προώθησης Gbps μέσα στα στρώματα του δικτύου όπως είναι το IP και το IPX θα απαιτηθεί εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης δεδομένων στον πυρήνα των βασικών δικτύων.

- Ήπια, κλιμακωτή μετάβαση και συνύπαρξη με το ATM και άλλα υπάρχοντα δίκτυα. Η μετάβαση σε ένα δίκτυο διαφοροποιημένης αρχιτεκτονικής δεν είναι ποτέ μια απότομη και ξαφνική αλλαγή. Τα δίκτυα αναβαθμίζονται κομμάτι – κομμάτι, συνεχώς. Το Gigabit Ethernet πρέπει να υποστηρίζει μια ήπια μετάβαση από τα υπάρχοντα FDDI, και τα δίκτυα των 100Mbps καθώς επίσης και να λειτουργεί σε ένα ετερογενές περιβάλλον με δίκτυα ATM. Η συνύπαρξη με τα LAN και WAN δίκτυα που χρησιμοποιούν τεχνολογία ATM θα απαιτηθεί. Επιπλέον, ενώ οι βασικές ιδέες της αρχιτεκτονικής του TCP/IP έχουν εφαρμογή σε μεγάλα δίκτυα με ταχύτητες της τάξης των Gbps, η τεχνολογία του διαδικτύου θα πρέπει να εξελιχθεί ανάλογα για να ωφεληθεί από τις νέες δυνατότητες των γρηγορότερων δικτύων.

- Σύνδεση υπολογιστών με δίκτυα που προσφέρουν ταχύτητες της τάξης Gbps. Οι προσωπικοί υπολογιστές σύντομα θα χρειαστούν δυνατότητες Gbps ώστε να μεταφέρουν εφαρμογές πολυμέσων και εικονικής πραγματικότητας. Παρόλο που είναι εφικτό να διανεμηθούν δεδομένα σε ρυθμούς Gbps με έναν προσαρμογέα δικτύου, υπάρχει τεράστια δυσκολία να μετακινηθούν τα δεδομένα των Gbps μέσω του προσαρμογέα δικτύου στο λειτουργικό σύστημα ενός υπολογιστή και στην τελική εφαρμογή του χρήστη. Αναβαθμίσεις στην διαχείριση μνήμης και στις στοίβες δικτύου κάθε προσωπικού υπολογιστή θα απαιτηθούν ώστε να υποστηριχθεί το Gigabit Ethernet.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] ***Gigabit Ethernet***, Jayant Kadambi - Ian Crayford - Mohan Kalkunte, Prentice Hall, 1998
- [2] ***Gigabit Ethernet Networking***, David Cunningham - William Lane, McMillan Technology Series, 1999
- [3] ***Gigabit Ethernet for Metro Area Networks***, Paul Bedell, McGraw-Hill Education, 2002
- [4] ***Gigabit Ethernet***, Rich Seifert, Pearson Professional Education, 2001
- [5] ***Ethernet: The definitive guide***, Charles Spurgeon, O' Reilly, 2000
- [6] ***[http://en.wikipedia.org/wiki/10\\_Gigabit\\_Ethernet](http://en.wikipedia.org/wiki/10_Gigabit_Ethernet)***
- [7] ***Gigabit Ethernet Technology and Applications***, Mark Norris, Artech House, 2003
- [8] ***<http://www.iol.unh.edu/consortiums/10gec/>***
- [9] ***<http://www.iol.unh.edu/training/ge/>***
- [10] ***LAN Wiring***, James Truelove, McGraw-Hill Education, 2002
- [11] ***Δίκτυα Υπολογιστών***, Tanenbaum A.S., Κλειδάριθμος, 2003
- [12] ***Computer***, Steven Vaughan-Nichols, Lee Garber, 2002
- [13] ***Gigabit Ethernet***, Μπούρας Χρήστος, Π.Π., 2005