



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου

**Σχολή Διοίκησης Οικονομίας
Τμήμα Τηλεπληροφορικής & Διοίκησης**

Ειδικές περιπτώσεις τοπικών δικτύων Ethernet

**Επιβλέπων καθηγητής :
Στεργίου Ελευθέριος**

Άρτα 2003

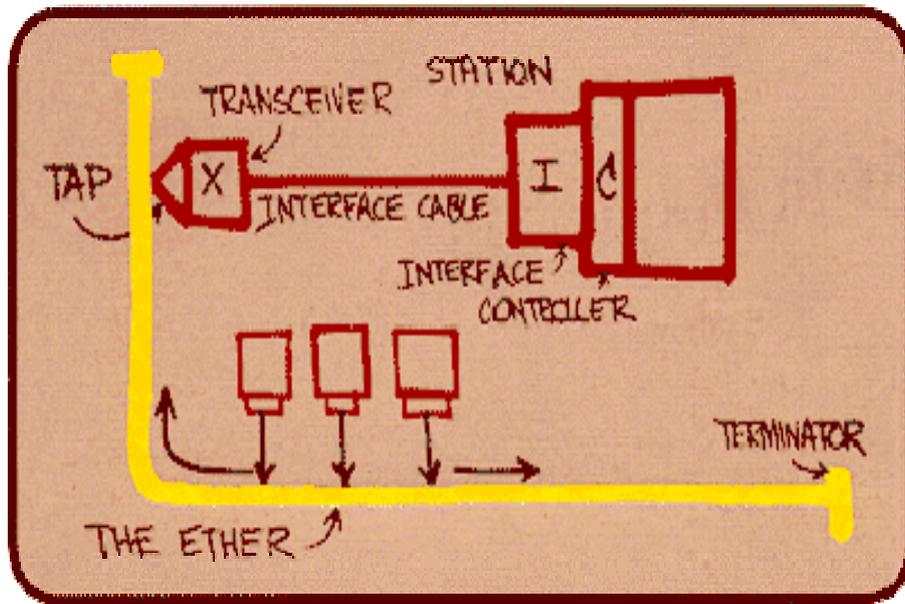
Ειδικές περιπτώσεις τοπικών δικτύων Ethernet

Γκουτζιαμάνης Αντώνιος

Καραβασίλης Σταύρος

Φεβρουάριος 2003

**Πτυχιακή Εργασία μέρος των απαιτήσεων
Του τμήματος Τηλεπληροφορικής & Διοίκησης.**



Το πρώτο σχέδιο Ethernet από τον Robert M.Metcalf

Εισαγωγή

Ethernet είναι μια από τις ώριμες και συνηθισμένες αρχιτεκτονικές δικτύου. Σύμφωνα με τις αναλυτικές τεχνολογίες IDC(International Data Corporation),το Ethernet χρησιμοποιείται σχεδόν στο 80% όλων των εγκαταστάσεων δικτύων.

Με κάποια μορφή του, το Ethernet υπάρχει πάνω από 30 χρόνια. Ένας πρόγονος του Ethernet αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο της Χαβάης (που ονομαζόταν, Alohanet) για να συνδέσει γεωγραφικά κατακεκομμένους υπολογιστές. Αυτό το δίκτυο που βασιζόταν σε ραδιοεπικοινωνία λειτουργούσε στα 960Kbps και χρησιμοποιούσε μια μέθοδο με όνομα CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection), σύμφωνα με την οποία οι υπολογιστές έκαναν ακρόαση στο καλώδιο και μεταδίδουν δεδομένα, αν δεν υπήρχε κίνηση.

Στις αρχές της δεκαετίας του 70,οι Robert Metcalfe και David Boggs,επιστήμονες στο Xerox Palo Alto Research Center (PARC),ανέπτυξε ένα σχήμα καλωδίωσης και σηματοδότησης ,που χρησιμοποιούσε το CSMA/CD και βασιζόταν κάπως στο

Alohanet. Αυτή η αρχική έκδοση του Ethernet χρησιμοποιούσε ομοαμαξονικό καλώδιο και λειτουργούσε στα 2.94 Mbps. Ακόμη και τότε, το Ethernet ήταν τόσο επιτυχημένο, που η Xerox¹ (μαζί με την Digital¹ Equipment Corporation και η Intel¹) αποφάσισαν να το ενημερώσουν, ώστε να υποστηρίζει 10 Mbps. Το Ethernet ήταν η βάση για το πρότυπο IEEE 802.3 για τα δίκτυα CSMA/CD.

Τα τελευταία 25 χρόνια, παρά τον δυνατό ανταγωνισμό από τις περισσότερες μοντέρνες αρχιτεκτονικές δικτύου, το Ethernet έχει επιζήσει και έχει επικρατήσει στο δικτυακό περιβάλλον. Τα τελευταία 10 χρόνια μόνο, το Ethernet έχει εξελιχθεί ώστε να υποστηρίζει ταχύτητες 100Mbps και 1000Mbps. Σήμερα οι ερευνητές σχεδιάζουν το 10Gbps Ethernet.

¹ Ο όρος DIX ή σύνδεσμος DIX είναι η συντομογραφία των όρων Digital, Intel και Xerox. Ο σύνδεσμος DIX είναι επίσης γνωστός σαν AUI (θύρα διεπαφής μονάδας προσάρτησης), που είναι ένας σύνδεσμος 15 ακίδων, που βλέπετε σε παλιότερες κάρτες Ethernet και σε πομποδέκτες.

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|--|----|
| 1.0 Switching fast Ethernet..... | 1 |
| 1.1.Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.2 Μεταγωγή Υψηλής Ταχύτητας-100Mbps Ethernet Δίκτυο..... | 2 |
| 1.2.1 Παρουσίαση του 100BaseT Δικτύου..... | 3 |
| 1.2.2 Υλικό του 100BaseT Δικτύου | 3 |
| 1.2.3 Κατηγορίες Μέσου του 100BaseT Δικτύου..... | 5 |
| 1.2.3.1 100 BaseX Δικτύου..... | 5 |
| 1.2.3.2 100 BaseT4 Δικτύου..... | 6 |
| 1.2.4 Το πρωτόκολλο CSMA/CD..... | 7 |
| 1.2.5 Το πλαίσιο υποεπιπέδου Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC)..... | 10 |
| 1.2.6 Παρουσίαση του 100VG-AnyLAN Δικτύου | 13 |
| 1.2.7 Το πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP)..... | 14 |
| 1.3 Γέφυρες και Διακόπτες στο Ethernet | 16 |
| 1.3.1 Επαναλήπτες (Repeaters)..... | 17 |
| 1.3.2 Γέφυρες (Bridges) | 18 |
| 1.3.3 Ο Αλγόριθμος Γεννητικού Δένδρου (STA-802.1D)..... | 20 |
| 1.3.4 Διαφορές μεταξύ Γεφυρών και Διακοπών | 21 |
| 1.4 Full-Duplex Ethernet | 23 |
| 1.4.1 Έλεγχος Ροής..... | 24 |
| 1.4.2 Έλεγχος Ροής Half-duplex..... | 25 |
| 1.4.3 Έλεγχος Ροής full-duplex..... | 27 |
| 1.5 Αρχιτεκτονικές Μεταγωγές και Απόδοση | 30 |
| 1.5.1 RISCs και ASICs..... | 30 |
| 1.5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη απόδοση των διακοπών | 31 |
| 1.5.2.1 Ταχύτητα θύρας | 31 |
| 1.5.2.2 Backplane χωρητικότητα | 31 |
| 1.5.2.3 Μηχανισμοί Προώθησης των Διακοπών | 32 |
| 1.5.2.4 Μέγεθος Μνήμης | 34 |
| 1.5.2.5 Σύνολο Σύνδεσης | 35 |
| 1.6 Switched Fast Ethernet και άλλες Τεχνολογίες Δικτύων..... | 36 |
| 1.6.1 Η Μετάβαση προς το Gigabit Ethernet | 36 |
| 1.6.2 Switched Fast Ethernet και ATM..... | 37 |

| | |
|--|----|
| 1.6.3 Virtual LANs..... | 38 |
| 1.7 Ζητήματα Υλοποίησης Switched Fast Ethernet | 41 |
| 1.7.1 Αναποτελεσματική Υλοποίησης Διακοπών | 41 |
| 1.7.2 Αναποτελεσματική Αρχιτεκτονική | 42 |
| 1.8 Συμπεράσματα | 43 |
| 2.0 Fiber Optic Media System (10BASE-F)..... | 46 |
| 2.1 Παλιά και καινούρια τμήματα οπτικής σύνδεσης..... | 47 |
| 2.2 Εξαρτήματα σηματοδότησης του 10BASE-FL δικτύου | 49 |
| 2.2.1 Διασυνδέσεις του 10BASE-FL δικτύου..... | 49 |
| 2.2.2 Καλώδιο για Πομποδέκτες (Transceiver)..... | 49 |
| 2.2.3 10BASE-FL Πομποδέκτες (Transceiver)..... | 50 |
| 2.2.4 Κωδικοποίηση σήματος του 10BASE-FL δικτύου..... | 50 |
| 2.3 Εξαρτήματα του 10BASE-FL δικτύου..... | 51 |
| 2.3.1 Καλώδιο οπτικής σύνδεσης | 51 |
| 2.3.2 Συνδετήρας οπτικής ίνας..... | 52 |
| 2.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 10BASE-FL δικτύου..... | 54 |
| 2.5 Οδηγίες διαμόρφωσης του 10BASE-FL δικτύου..... | 55 |
| 2.6 Τμήματα οπτικής σύνδεσης μεγαλύτερα από 10Mbps..... | 56 |
| 3.0 Fast Ethernet Twisted-Pair Media System 100BASE-TX..... | 58 |
| 3.1 Εξαρτήματα του 100BASE-TX δικτύου..... | 58 |
| 3.2 Διασυνδέσεις του 100BASE-TX δικτύου | 59 |
| 3.2.1 Διασύνδεση εξαρτώμενη από το μέσο (MII)..... | 60 |
| 3.2.2 Εξωτερικός 100BASE-TX πομποδέκτης..... | 60 |
| 3.3 Κωδικοποίηση σήματος του 100BASE-TX δικτύου..... | 61 |
| 3.3.1 Εξαρτήματα του 100BASE-TX δικτύου..... | 62 |
| 3.3.2 Αθωράκιστο twisted-pair καλώδιο..... | 62 |
| 3.3.3 Θωρακισμένο twisted-pair καλώδιο..... | 62 |
| 3.3.4 Αρσενικός τηλεφωνικός συνδετήρας (RJ-45)..... | 63 |
| 3.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 100BASE-TX δίκτυο..... | 64 |
| 3.5 Έλεγχος ακεραιότητας σε μια 100BASE-TX σύνδεση..... | 65 |
| 3.6 Μεγαλύτερα τμήματα οπτικής σύνδεσης..... | 65 |
| 3.7 Συμπεράσματα..... | 65 |
| 4.0 Fast Ethernet Media System 100BASE-T4..... | 67 |
| 4.1 Εισαγωγή..... | 67 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Διαμόρφωση και λειτουργία..... | 70 |
| 4.3 Full-Duplex Operation - Πλήρως αμφίδρομη λειτουργία..... | 71 |
| 4.4 Auto-Negotiation – Αυτό-διαπραγμάτευση..... | 73 |
| 5.0 Fast Ethernet Fiber Optic Media System (100BASE-FX)..... | 74 |
| 5.1 Παρουσίαση του 100BASE-FX Fast Ethernet δικτύου | 74 |
| 5.2 Εξαρτήματα σηματοδότησης του 100BASE-FX δικτύου..... | 74 |
| 5.2.1 Διασυνδέσεις του 10BASE-FX δικτύου..... | 75 |
| 5.2.2 Διασύνδεση εξαρτώμενη από το μέσο (MII)..... | 76 |
| 5.2.3 100BASE-FX Transceiver..... | 76 |
| 5.2.4 Κωδικοποίηση σήματος του 100BASE-FX δικτύου | 77 |
| 5.3 Εξαρτήματα του 100BASE-FX δικτύου..... | 77 |
| 5.3.1 Καλώδιο οπτικής σύνδεσης | 78 |
| 5.3.2 Συνδετήρας οπτικής ίνας..... | 78 |
| 5.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 100BASE-TX δίκτυο | 78 |
| 5.5 Έλεγχος Ακεραιότητας σε μια 100BASE-FX Σύνδεση..... | 79 |
| 5.6 Οδηγίες Διαμόρφωσης του 100BASE-FX δικτύου | 80 |
| 5.7 Μεγαλύτερα Τμήματα Οπτικής Σύνδεσης | 81 |
| 5.8 Συμπεράσματα..... | 81 |
| 6.0 Gigabit Ethernet Twisted-Pair Media System 1000BASE-T..... | 83 |
| 6.1 1000BASE-T Στοιχεία Σηματοδότησης..... | 84 |
| 6.2 Κωδικοποίηση σήματος..... | 85 |
| 6.2.1 Σηματοδότηση και ρυθμός δεδομένων στο 1000BASE-T..... | 86 |
| 6.2.2 Χρονισμός σήματος..... | 87 |
| 6.2.3 Απαιτήσεις καλωδίωσης του 1000BASE-T | 88 |
| 6.3 Στοιχεία καλωδίων του 1000BASE-T..... | 89 |
| 6.3.1 UTP Καλώδιο..... | 89 |
| 6.3.2 Σύνδεση 8-θέσεων τύπου RJ-45 (jack connector)..... | 89 |
| 6.4 Σύνδεση σταθμού με το σύστημα 1000BASE-T..... | 91 |
| 6.5 Οδηγίες διαμόρφωσης..... | 92 |
| 7.0 Gigabit Ethernet Fiber Optic Media System 1000BASE-X..... | 93 |
| 7.1 1000BASE-X Σηματοδότηση..... | 94 |
| 7.1.1 Test Ακεραιότητας Σύνδεσης..... | 95 |
| 7.2 Κωδικοποίηση Σήματος..... | 96 |
| 7.3 Φυσική Σηματοδότηση..... | 97 |

| | |
|--|-----|
| 7.4 Εξαρτήματα δικτύου..... | 97 |
| 7.5 1000BASE-SX & 1000BASE-LX Εξαρτήματα δικτύου..... | 98 |
| 7.5.1 Καλώδιο οπτικής ίνας..... | 98 |
| 7.5.2 Σύνδεση οπτικών ινών..... | 99 |
| 7.5.3 Μετατροπέας προσαρμογής Gigabit..... | 99 |
| 7.6 1000BASE-CX Εξαρτήματα στοιχείων μέσων..... | 100 |
| 7.6.1 1000BASE-CX Συνδετήρας (connector)..... | 101 |
| 7.6.2 Οδηγίες διαμόρφωσης 1000BASE-SX & 1000BASE-LX..... | 102 |
| 8.0 Οδηγίες διαμόρφωσης πολλαπλών τμημάτων..... | 103 |
| 8.1 Το εύρος των οδηγιών διαμόρφωσης | 104 |
| 8.2 Τεκμηρίωση δικτύου..... | 104 |
| 8.3 Περιοχή σύγκρουσης – Collision Domain..... | 105 |
| 8.4 Model 1: Οδηγίες διαμόρφωσης για δίκτυο 10Mbps..... | 107 |
| 8.5 Model 2: Οδηγίες διαμόρφωσης για δίκτυο 10Mbps..... | 109 |
| 8.5.1 Δικτυακά Μοντέλα και Τιμές Καθυστέρησης..... | 110 |
| 8.5.2 Ο κανόνας “5-4-3”..... | 111 |
| 8.5.3 Η ανεύρεση της χειρότερης διαδρομής..... | 112 |
| 8.5.4 Υπολογισμός μετ’ επιστροφής χρονικής καθυστέρησης..... | 114 |
| 8.5.5 Υπολογίζοντας την Ενδοπλαισιακή Συρρίκνωση κενού..... | 115 |
| 8.6 Model 1: Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Fast Ethernet..... | 117 |
| 8.6.1 Μεγαλύτερες συνδέσεις μέσω εσωτερικού επαναλήπτη..... | 119 |
| 8.7 Model 2: Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Fast Ethernet..... | 117 |
| 8.7.1 Υπολογισμός μετ’ επιστροφής χρονικού σήματος..... | 121 |
| 8.7.2 Υπολογισμός της καθυστέρησης χρονικού σήματος ενός τμήματος..... | 122 |
| 8.7.3 Χρονική διάδοση του καλωδίου..... | 124 |
| 8.8 Model 1: Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Gigabit Ethernet..... | 124 |
| 8.9 Model 2: Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Gigabit Ethernet..... | 125 |
| 8.9.1 Υπολογισμός της χειρότερης διαδρομής (Path Delay Value)..... | 126 |
| 8.9.2 Τιμή καθυστέρησης του τομέα (Segment Delay Value)..... | 126 |
| 8.10 Παραδείγματα διαμόρφωσης δικτύου..... | 127 |
| 8.10.1 Απλό 10Mbps δίκτυο διαμόρφωσης Model 2..... | 127 |
| 8.10.1.1 Round-trip delay..... | 128 |
| 8.10.1.2 Ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού..... | 129 |
| 8.10.2 Σύνθετο 10Mbps δίκτυο διαμόρφωσης Model 2..... | 129 |

| | |
|---|-----|
| 8.10.2.1 Υπολογισμός ξεχωριστών τιμών αριστερού άκρου..... | 130 |
| 8.10.2.2 Τιμή καθυστέρησης AUI..... | 131 |
| 8.10.2.3 Υπολογισμός των τιμών ενδιάμεσων τομέων..... | 131 |
| 8.10.2.4 Ολοκλήρωση του υπολογισμού χρονισμού της συνολικής διαδρομής.. | 132 |
| 8.10.2.5 Interframe gap shrinkage..... | 133 |
| 8.10.3 Σύνθετο 100Mbps δίκτυο Model 2..... | 134 |
| 8.10.3.1 Μονοπάτι χειρότερης διαδρομής..... | 135 |
| 8.10.3.2 Εξετάζοντας τιμές χρόνων ψηφίου..... | 137 |
| 8.11 Συμπεράσματα..... | 138 |
| Βιβλιογραφία..... | 139 |

AKPΩNYMIA

ASIC = Application Specific Integrated Circuit

AUI = Attachment Unit Interface

BPDUs = Bridge Protocol Data Units

CRC = Cyclic Redundancy Check

CSMA / CD = Carrier Sense Multiple Access with Collision detection

DIX = Digital Intel Xerox

DPP = Demand Priority Protocol

DTE = Data Terminal Equipment

FCS = Frame Check Sequence

FDDI = Fiber Distributed Data Interface

FOIRL = Fiber Optic Inter-Repeater Link)

LAN = Local Area Networks

MAN = Metropolitan Area Networks

MAUs = Medium Attachment Units

MDI = Medium Dependent Interface

MII = Medium Independent Interface

NIC = Network Interface Card

NVP = Nominal Velocity Propagation

PDV = Path Delay Value

RR = Round Robin

SFD = Start Frame Delimiter

UTP – STP = Unshielded ή shielded twisted-pair

VG = Voice Grade

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σ' αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλους αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα. Τα υπόλοιπα γραφόμενα είναι επινόηση του γράφοντος ο οποίος φέρει και την καθολική ευθύνη γι' αυτό το κείμενο και δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν υπάρχει λογοκλοπή γι' αυτό το κείμενο.

Όνοματεπώνυμο.....

Υπογραφή.....

Ημερομηνία:.....

1⁰

Switching fast Ethernet

1.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία μεταγωγής αυξάνει την αποτελεσματικότητα και την ταχύτητα των δικτύων. Επίσης κάνει τα ήδη υπάρχοντα συστήματα πιο ισχυρά, ενώ παράλληλα διευκολύνει τη μετάβαση σε ταχύτερα δίκτυα. Για τη σχεδίαση αξιόπιστων δικτύων μεταγωγής απαιτείται η κατανόηση αυτής της τεχνολογίας.

Πολλά δίκτυα υποφέρουν από έλλειψη εύρους ζώνης. Αυτό οφείλεται σε πολλούς λόγους όπως στην αύξηση της ποσότητας δεδομένων που διακινούνται στο δίκτυο μεταξύ των εξυπηρετών-εξυπηρετούμενων (server-client), στον διαρκώς αυξανόμενο ρυθμό χρηστών που χρησιμοποιούν τα δίκτυα καθώς και στην κακή ορισμένες φορές τοπολογία των δικτύων.

Η μεταγωγή διαχειρίζεται την κυκλοφορία του δικτύου με έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο- στέλνει την πληροφορία κατευθείαν από το σημείο προέλευσης στο σημείο προορισμού. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η απόδοση του δικτύου, βελτιώνεται η προσαρμοστικότητα του και διευκολύνεται η κίνηση των δεδομένων σε αυτό, ενώ η αναβάθμιση του αποτελεί μία σχετικά εύκολη υπόθεση. Η μεταγωγή εγκαθιστά μια άμεσα γραμμή επικοινωνίας μεταξύ δύο σημείων(ports) και διατηρεί πολλαπλές ταυτόχρονες συνδέσεις μεταξύ διαφόρων σημείων. Επίσης χειρίζεται την κυκλοφορία του δικτύου μειώνοντας το διαμοιρασμό του μέσου- η κυκλοφορία συγκρατείται μόνο στο τμήμα προορισμού της είτε αυτό είναι ένας εξυπηρετητής (server) είτε μια ομάδα εργασίας (group stations).

Η τεχνολογία αυτή παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα στα παραδοσιακά δίκτυα Ethernet που χρησιμοποιούν γέφυρες (bridges) και δρομολογητές (routers). Αρχικά, ένα

διαμοιραζόμενο μέσο των 10Mbps ή των 100Mbps μπορεί να μετατραπεί σε ένα αφιερωμένο(dedicated) εύρος ζώνης των 10Mbps ή 100Mbps αντίστοιχα. Οι γέφυρες και οι δρομολογητές συνήθως διαθέτουν πολλές συσκευές οι οποίες είναι προσαρτημένες στις θύρες τους και διαμοιράζονται με αυτόν τον τρόπο το εύρος ζώνης. Οι διακόπτες (switches) επιτρέπουν τη διασύνδεση σε κάθε θύρα ενός διαμοιραζόμενου τμήματος (shared segment) ή απλώς ενός χρήστη (user) ή εξυπηρετητή (server). Η διασύνδεση αυτή πραγματοποιείται χωρίς την τροποποίηση του λογισμικού ή του υλικού που είναι ήδη εγκατεστημένο στους σταθμούς εργασίας (stations).

Επίσης, η εγκατάσταση ενός διακόπτη είναι λιγότερο πολύπλοκη σε σχέση με την εγκατάσταση μίας γέφυρας ή ενός δρομολογητή κάνοντάς τον έτσι μια πολύ ελκυστική λύση στο χώρο των δικτύων.

1.2 Μεταγωγή Υψηλής Ταχύτητας-100Mbps Ethernet.

Το 100-Mbps Ethernet αποτελεί ένα υψηλής-ταχύτητας δίκτυο LAN το οποίο προσφέρει αυξημένη εύρος ζώνης τόσο στους χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών ενός δικτύου όσο και στους εξυπηρετητές(servers) και στις συστοιχίες εξυπηρετητών (server clusters) στα κέντρα πληροφορικής.

Τον Ιούλιο του 1994 η υποεπιτροπή IEEE 802.3u έκανε αποδεκτά τα πρώτα πρότυπα του Fast Ethernet που αποτελούν τη φυσική εξέλιξη των προτύπων IEEE 802.3. Στο εσωτερικό της υποεπιτροπής υπήρχαν έντονες διαφωνίες σχετικά με το εάν η νέα έκδοση του Ethernet θα υιοθετούσε την CSMA/CD μέθοδο πρόσβασης στο μέσο ή κάποια άλλη τεχνική.

Η υποεπιτροπή έτσι διαιρέθηκε σε δύο στρατόπεδα με διαφορετικές αντιλήψεις όσον αφορά το συγκεκριμένο ζήτημα. Οπότε έχουμε τη συμμαχία του Fast Ethernet και το Forum για το 100VG-AnyLAN. Κάθε ομάδα ανέπτυξε τις κατάλληλες προδιαγραφές που θα επέτρεπαν στο Ethernet να λειτουργεί σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Τα πρότυπα που δημιουργήθηκαν ήταν τα 100BaseT και 100VG-AnyLAN αντίστοιχα.

Το 100BaseT είναι το πρότυπο της IEEE για την υλοποίηση του 100-Mbps Ethernet με χρήση αθωράκιστου ή θωρακισμένου συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων (UTP/

STP). Το υποεπίπεδο προσπέλασης μέσου (MAC) είναι συμβατό με το υποεπίπεδο του IEEE 802.3 MAC. Η Grand Junction, η οποία αποτελεί τώρα ένα τμήμα της Cisco Workgroup Business Unit (WBU), ανέπτυξε το Fast Ethernet το οποίο προτυποποιήθηκε από το IEEE με το πρότυπο 802.3u.

Το 100VG-AnyLAN αποτελεί ένα πρότυπο για την υλοποίηση των 100-Mbps Token Ring και Ethernet με χρήση καλωδίου 4 ζευγών -UTP. Το υποεπίπεδο MAC δεν είναι συμβατό με το IEEE 802.3 MAC. Το 100VG-AnyLAN αναπτύχθηκε από την Hewlett-Packard(HP) για την υποστήριξη νέων τεχνολογιών όπως τα πολυμέσα. Μία έκδοση της υλοποίησης της HP έχει προτυποποιηθεί από το πρότυπο 802.12 της IEEE.

1.2.1 Παρουσίαση του 100BaseT Δικτύου

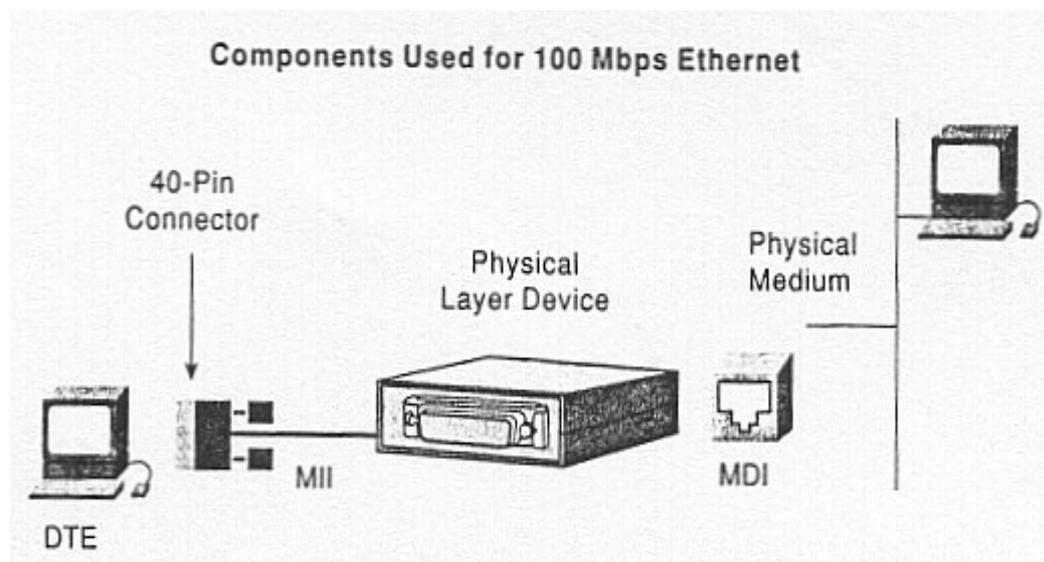
Το 100BaseT χρησιμοποιεί το υπάρχον πρότυπο 802.3 CSMA/CD της IEEE το οποίο θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το 100BaseT να διατηρεί την ίδια μορφή πλαισίου, το ίδιο μέγεθος και τον ίδιο μηχανισμό ανίχνευσης λαθών με το 802.3. Έτσι το δίκτυο 100BaseT έχει τους ίδιους περιορισμούς σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά καθυστέρησης πρόσβασης, για παράδειγμα δεν μπορεί να «εγγυηθεί» συγκεκριμένες τιμές καθυστέρησης. Επίσης, όπως και στο κλασικό Ethernet, η χρήση δεν υπερβαίνει συνήθως το 50% του μέγιστου εύρους ζώνης που στην προκειμένη περίπτωση είναι 100Mbps. Επιπλέον υποστηρίζει όλες τις εφαρμογές καθώς και το λογισμικό δικτύου που είναι εγκατεστημένα στα δίκτυα 802.3. Το 100BaseT υποστηρίζει δύο ταχύτητες, μία των 10 και μία των 100 Mbps με τη χρήση 100BaseT παλμών ταχύτατης σύνδεσης (FLPs). Τα 100BaseT hubs πρέπει να ανιχνεύουν την ύπαρξη δύο ταχυτήτων όπως τα 4/16 Token Ring hubs, αλλά οι κάρτες προσαρμογής στο δίκτυο μπορούν να υποστηρίζουν 10 Mbps, 100 Mbps ή και τις δύο ταχύτητες. Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο τόσο το υποεπίπεδο 802.3 MAC όσο και τα ανώτερα επίπεδα λειτουργούν χωρίς καμία αλλαγή στο 100BaseT.

1.2.2 Υλικό του 100BaseT Δικτύου

Τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για την φυσική σύνδεση στο 100BaseT περιέχουν:

- 1 **Φυσικό Μέσο** - Η συσκευή αυτή μεταφέρει τα σήματα μεταξύ των υπολογιστών και μπορεί να είναι κάποια από τους ακόλουθους 100BaseT τύπους μέσου:
 - 100 BaseTX
 - 100BaseFX
 - 100BaseT4
- 2 **Διασύνδεση Εξαρτώμενη από το Μέσο (MDI)** - Το MDI αποτελεί τη μηχανική και ηλεκτρική διασύνδεση μεταξύ του μέσου μεταφοράς και της συσκευής φυσικού επιπέδου (PHY)
- 3 **Συσκευή Φυσικού-Επιπέδου (PHY)**- Το PHY παρέχει είτε 10 ή 100Mbps ταχύτητα λειτουργίας και μπορεί να είναι ένα σύνολο από ολοκληρωμένα κυκλώματα σε μία θύρα(port) Ethernet ή μία εξωτερική συσκευή εφοδιασμένη με ένα MII (Medium Independent Interface) καλώδιο το οποίο συνδέεται σε μία θύρα MII μίας συσκευής 100BaseT.
- 4 **Διασύνδεση Ανεξάρτητη από το Μέσο (MII)** - Το MII χρησιμοποιείται μαζί με έναν εξωτερικό πομποδέκτη των 100-Mbps για τη διασύνδεση μίας συσκευής Ethernet των 100-Mbps σε οποιονδήποτε από τους τρεις τύπους μέσου. Το MII έχει έναν προσαρμοστή των 40 pins (40 pins connector) και καλώδιο μήκους έως 0.5 μέτρα.

Στο σχήμα 1-1 απεικονίζεται ο εξοπλισμός που απαιτείται για το 100BaseT:



1.2.3 Κατηγορίες Μέσου του 100BaseT Δικτύου

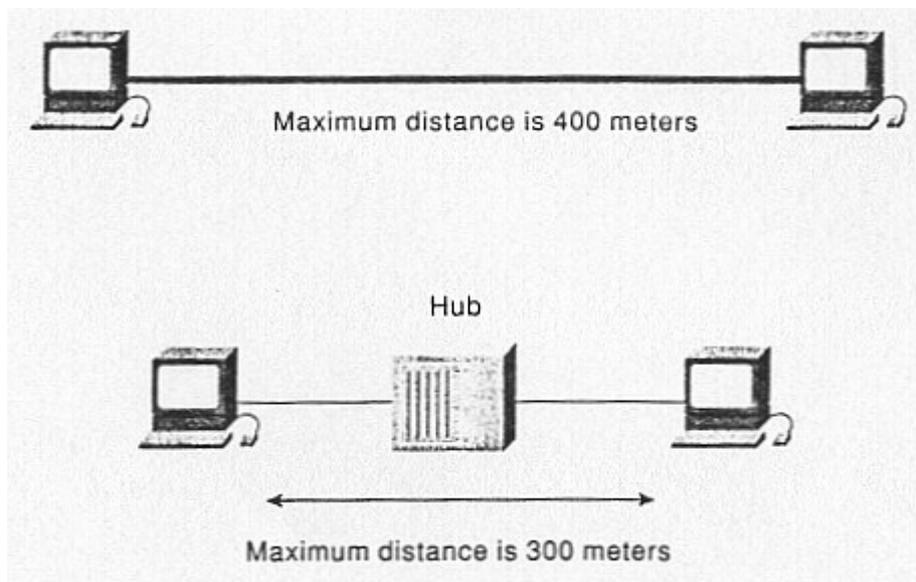
Το 100BaseT υποστηρίζει τρεις τύπους μέσου στο φυσικό επίπεδο όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και οι οποίοι είναι: 100BaseTX, 100BaseFX και 100BaseT4. Τα πρότυπα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια :

1.2.3.1 100BaseX

Η βασική προσέγγιση στην υλοποίηση της οικογένειας δικτύων 100BaseX, συνίσταται στην υιοθέτηση των προτύπων φυσικού επιπέδου που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα FDDI και στην προσαρμογή τους έτσι ώστε να υποστηρίζουν δίκτυα της φιλοσοφίας Ethernet. Έτσι χρησιμοποιείται το σχήμα κωδικοποίησης 4B/5B και πλήρως αμφίδρομη σηματοδότηση. Η ομπρέλα 100BaseX περιλαμβάνει τα δίκτυα :

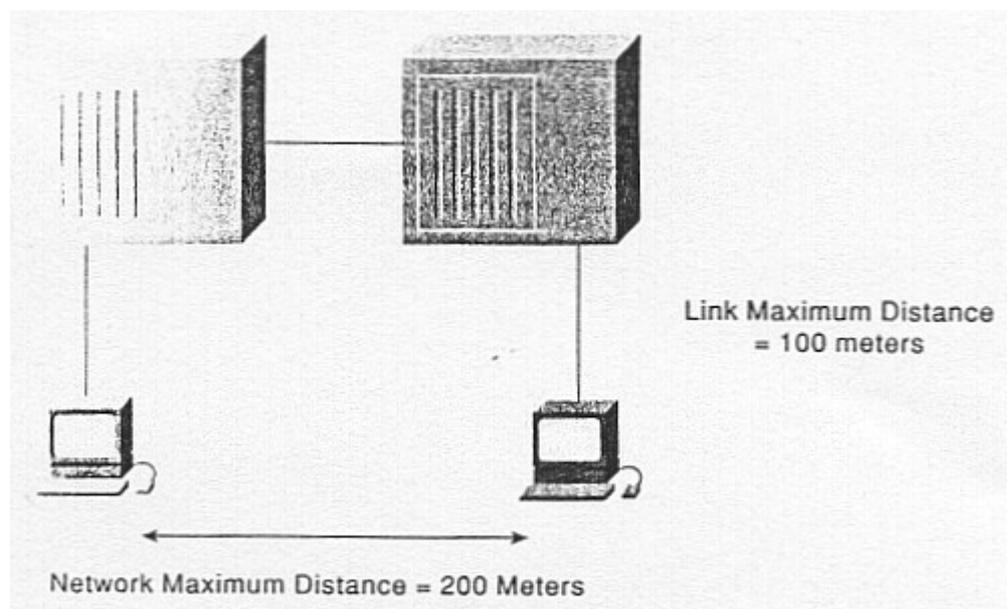
(α) 100BaseFX με μέσο μετάδοσης διπλή πολύτροπη οπτική ίνα 62.5/125 και μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο τερματικών σημείων 400 μέτρα που φαίνεται στο σχήμα 1-2.

Σχήμα 1-2.



(β) 100BaseTX με μέσο μετάδοσης UTP κατηγορίας 5 και STP κατηγορίας 1, μέχρι 100 μέτρα το οποίο απεικονίζεται στο σχήμα 1-3.

Σχήμα 1-3.



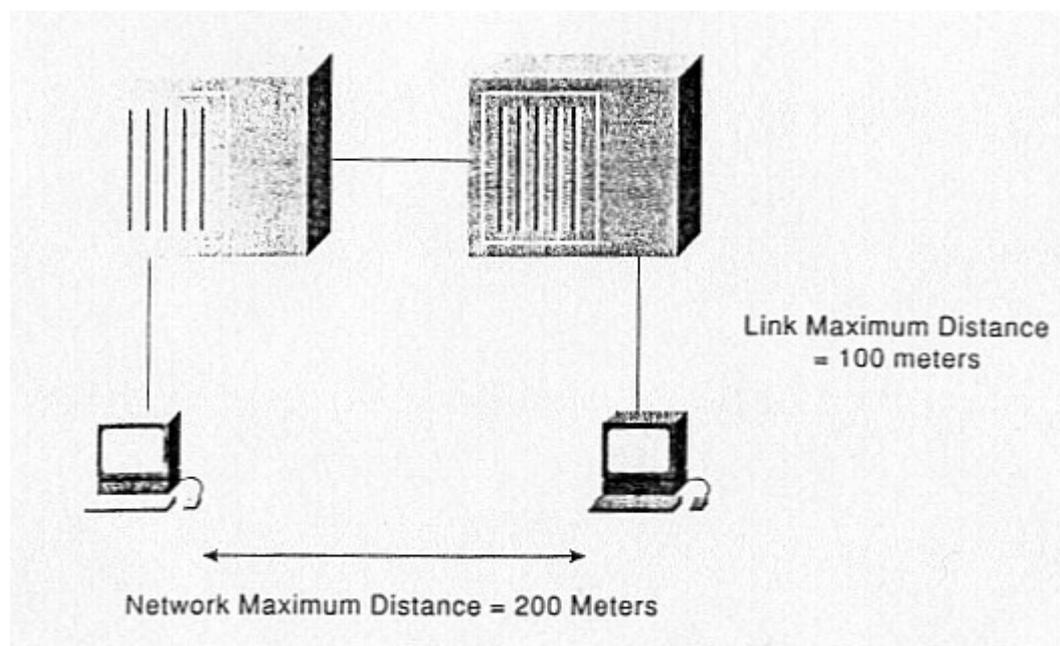
Στην περίπτωση χρήσης UTP καλωδίων, χρησιμοποιούνται τα δύο από τα τέσσερα ζεύγη, που συνήθως υπάρχουν, με κατάλληλο τερματισμό των δύο ζευγών που δεν χρησιμοποιούνται. Για τη μετάδοση των δεδομένων με ρυθμό 100Mbps, χρησιμοποιείται μία γραμμή για κάθε κατεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία του δικτύου ενώ απλοποιείται η διαδικασία ανίχνευσης συγκρούσεων. Τέλος, και με σκοπό τη μείωση της πολυπλοκότητας του υλικού και την εύκολη υποστήριξη των απαιτήσεων χρονισμού, έχει γίνει η επιλογή να υπάρχουν στις δύο γραμμές μεταφοράς, συνεχώς σύμβολα δεδομένων που είναι είτε σύμβολα πραγματικών δεδομένων είτε ειδικά σύμβολα, για τις περιπτώσεις που δεν υπάρχει δραστηριότητα στο δίκτυο.

1.2.3.2. 100BaseT4

Για τα δίκτυα 100BaseT4, η σχεδιαστική προσέγγιση ήταν η ανάπτυξη ενός νέου προτύπου για το φυσικό επίπεδο, με στόχο την υποστήριξη πλαισίων 802.3 πάνω από καλώδια UTP. Οι προδιαγραφές απαιτούν καλώδιο κατηγορίας 3 (το χαρακτηριστικό ως voice grade), ενώ φυσικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και καλώδια ανωτέρων κατηγοριών (4 και 5). Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται η χρήση και των τεσσάρων ζευγών, γεγονός που αποτελεί ένα εν δυνάμει μειονέκτημα όταν ήδη υπάρχουν εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μόνον δύο. Σε αντίθεση με τα δίκτυα 100BaseX, στο μέσο μεταφοράς υπάρχει σήμα μόνον όταν υπάρχει δραστηριότητα στο δίκτυο. Η χρήση τεσσάρων ζευγών, σε συνδυασμό με το χρησιμοποιούμενο σχήμα μετάδοσης

(κώδικας 8B/6τα), διευκολύνει την αναγνώριση συγκρούσεων αλλά απαγορεύει την πλήρως αμφίδρομη λειτουργία, γεγονός που επίσης αποτελεί μειονέκτημα των δικτύων 100BaseT4. Επίσης, το 100BaseT4 υποστηρίζει μέγιστη απόσταση σύνδεσης τα 100 μέτρα όπως φαίνεται στο σχήμα 1-4.

Σχήμα 1-4.



1.2.4. Το πρωτόκολλο CSMA / CD

Η μέθοδος Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (CSMA/CD), είναι η συνήθης μέθοδος ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, των τοπικών δικτύων τοπολογίας αρτηρίας/ δένδρου. Η αρχική έκδοση της μεθόδου, για εκπομπή βασικής ζώνης, αναπτύχθηκε από τη Xerox ως τμήμα του τοπικού δικτύου Ethernet. Η έκδοση για εκπομπή ευρείας ζώνης αναπτύχθηκε από την εταιρεία MITRE, ως τμήμα του τοπικού της δικτύου MITREnet.

Η μέθοδος Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων, ανήκει στην κατηγορία των λεγόμενων τεχνικών (ή πρωτοκόλλων) τυχαίας πρόσβασης (random access) ή συναγωνισμού (contention). Οι τεχνικές αυτές είναι τυχαίας προσπέλασης, με την έννοια ότι δεν υπάρχει ένας προγνώσιμος ή καθορισμένος χρόνος, μέσα στον οποίο ένας σταθμός θα εκπέμψει. Αντίθετα οι εκπομπές των σταθμών γίνονται τυχαία. Η μέθοδος CSMA/CD αποτελεί προϊόν

διαδοχικών βελτιώσεων της μεθόδου pure ALOHA , slotted ALOHA και «Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος» (CSMA).

Με τη μέθοδο «Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων» (CSMA/CD), απαιτείται ένας αλγόριθμος που να καθορίζει τις ενέργειες του σταθμού, όταν αυτός βρίσκει το μέσο μετάδοσης απασχολημένο ή όταν δύο ή περισσότεροι σταθμοί επιθυμούν να μεταδώσουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να συμβαίνει σύγκρουση. Έτσι θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω κανόνες:

Βήμα 1: Είναι το μέσο ελεύθερο; Εάν ναι προχώρα σε μετάδοση, εάν όχι πήγαινε στο βήμα 2.

Βήμα 2: Είναι το μέσο απασχολημένο; συνέχισε την ακρόαση μέχρι το μέσο να «ακουσθεί» ελεύθερο και τότε μετάδωσε αμέσως.

Βήμα 3: Εάν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης ανιχνευθεί μία σύγκρουση ,μετέδωσε ένα σύντομο σήμα, ώστε όλοι οι σταθμοί να αναγνωρίσουν ότι έλαβε χώρα μια σύγκρουση και μετά σταμάτα την μετάδοση.

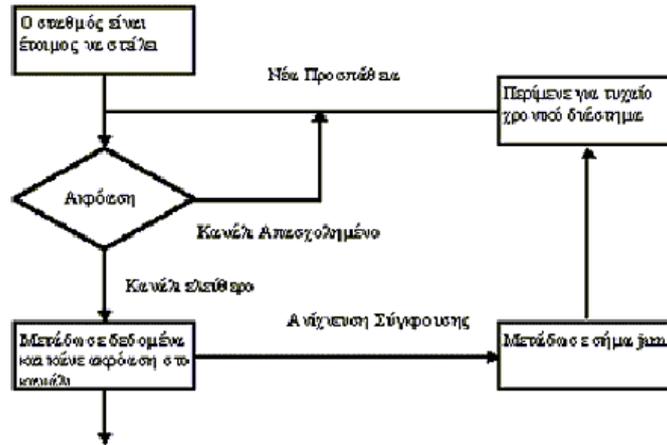
(Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «επιβολή συμφωνίας σύγκρουσης». Το σήμα που γνωστοποιεί το γεγονός ότι έλαβε χώρα σύγκρουση, ονομάζεται jam).

Βήμα 4: Μετά τη μετάδοση του σήματος γνωστοποίησης σύγκρουσης, περίμενε για κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα και μετά προσπάθησε να μεταδώσεις πάλι (πήγαινε στο βήμα 1).

Στη συνέχεια ακολουθεί ένα διάγραμμα ροής που απεικονίζει τον τρόπο λειτουργίας του πρωτοκόλλου CSMA/CD. Μία κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει την απόδοση της μεθόδου είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ανίχνευση της σύγκρουσης. Γενικά, σε ένα δίκτυο εκπομπής βασικής ζώνης, ο χρόνος αυτός είναι διπλάσιος της καθυστέρησης μετάδοσης, όπου η καθυστέρηση μετάδοσης, ισούται με το χρόνο που χρειάζεται το σήμα να μεταδοθεί από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο. Στην περίπτωση ευρυζωνικών δικτύων, ο αντίστοιχος χρόνος ισούται με το τετραπλάσιο της καθυστέρησης μετάδοσης, διότι για δύο σταθμούς που βρίσκονται κοντά το σήμα θα πρέπει να μεταδοθεί από τον ένα σταθμό μέχρι το άκρο (headend) του καλωδίου και μετά να επιστρέψει διανύοντας ίση απόσταση.

Κατά συνέπεια το μήκος των πλαισίων θα πρέπει να είναι τέτοιο, που να επιτρέπει την ανίχνευση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης. Συγκεκριμένα, η διάρκεια μετάδοσης ενός πλαισίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον η διπλάσια της καθυστέρησης μετάδοσης για δίκτυα βασικής ζώνης και τουλάχιστον τετραπλάσια για δίκτυα εκπομπής ευρείας ζώνης. Σε αντίθετη περίπτωση οι συγκρούσεις δεν ανιχνεύονται έγκαιρα και η απόδοση του δικτύου με τη μέθοδο CSMA/CD είναι ίδια με αυτή που θα είχε αν χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο CSMA. Ένα συναφές συμπέρασμα που επίσης προκύπτει, είναι ότι η μέθοδος CSMA/CD, επιβάλλει περιορισμούς στο μέγιστο μήκος καλωδίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Εάν το μήκος του καλωδίου είναι πολύ μεγάλο, οι συγκρούσεις ποτέ δεν ανιχνεύονται έγκαιρα.

Τέλος ένα θέμα το οποίο πρέπει να συζητηθεί είναι για το πόσο χρόνο ένας σταθμός, αφού ανιχνεύσει μια σύγκρουση θα απέχει (backoff) από τη μετάδοση. Ο χρόνος αυτός δεν θα πρέπει να είναι σταθερός και ίδιος για όλους τους σταθμούς, για να μην υπάρχουν συνεχείς διαδοχικές συγκρούσεις. Για να μην οδηγηθεί το δίκτυο σε αστάθεια, είναι λογικό σταθμοί που παρουσιάζουν επανειλημμένες συγκρούσεις να απέχουν για περισσότερο χρόνο από μετάδοση. Έτσι ο χρόνος της αποχής από μετάδοση (ή καθυστέρηση επαναμετάδοσης όπως είναι αλλιώς γνωστός), υπολογίζεται σε κάθε σταθμό ξεχωριστά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος που είναι γνωστός σαν truncated binary exponential backoff. Σύμφωνα με αυτόν, ο χρόνος αποχής αποτελείται από έναν ακέραιο αριθμό χρονοθυρίδων. Ο αριθμός των χρονοθυρίδων, που εκφράζουν την καθυστέρηση πριν από τη νιοστή προσπάθεια επαναμετάδοσης, επιλέγεται ως ένας τυχαίος ακέραιος (r) με ομοιόμορφη κατανομή στην περιοχή από μηδέν έως $\exp(2,k)$, όπου $k = \min(n, 10)$. Υπάρχει ένας αριθμός προσπαθειών επαναμετάδοσης, πέραν του οποίου η οντότητα του υποεπίπεδου Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο, σταματάει τις προσπάθειες και αναφέρει κατάσταση σφάλματος στο υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Γραμμής.

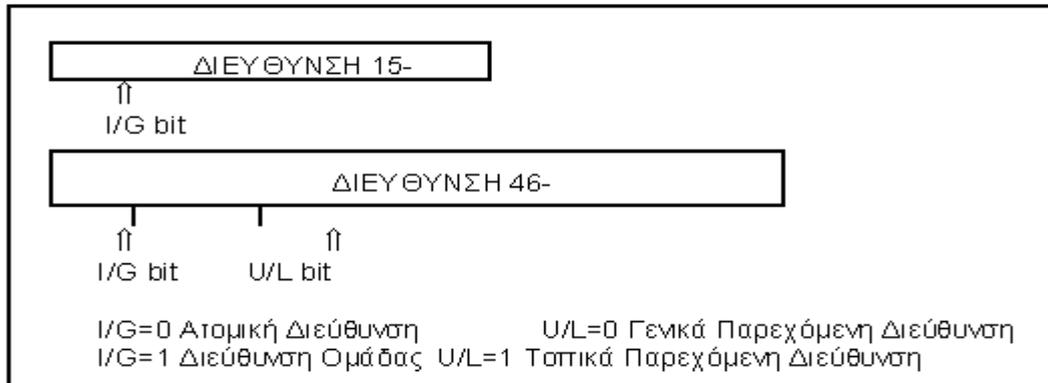


Διάγραμμα Ροής της λειτουργίας του πρωτοκόλλου CSMA/CD.

Σχήμα 1-5.

1.2.5 Το πλαίσιο υποεπιπέδου Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC).

Σχήμα 1-6.



Οι δύο δυνατές μορφές του πεδίου διευθύνσεων σύμφωνα με το IEEE 802.3

Στο σχήμα 1-6 που φαίνεται δίνεται η δομή του πλαισίου του MAC, σύμφωνα με το πρωτόκολλο IEEE 802.3. Από τα οκτώ πεδία που ορίζονται, τα έξη είναι καθορισμένου μήκους. Σύμφωνα με τη δομή που παρουσιάζεται στο σχήμα οι οκτάδες του πλαισίου μεταδίδονται από πάνω προς τα κάτω. Η υλοποίηση του μηχανισμού CSMA/CD, καθορίζει τον αριθμό των οκτάδων που περιλαμβάνονται σε ένα πλαίσιο. Το μέγιστο μήκος πλαισίου είναι 1518 οκτάδες και το ελάχιστο 64 οκτάδες. Τα διάφορα πεδία της δομής ενός πλαισίου ορίζονται ως εξής:

| |
|--------------------------------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ |
| ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΑΡΧΗΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ(SFD) |
| ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ |
| ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ |
| ΜΗΚΟΣ |
| ΔΕΔΟΜΕΝΑ LLC |
| PAD |
| ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ |

Εισαγωγή (Preamble). Το πεδίο αυτό αποτελείται από 7 bytes και χρησιμοποιείται από το δέκτη για συγχρονισμό. Δημιουργείται από μια ακολουθία εναλλασσόμενων 0 και 1, με τελευταίο δυαδικό ψηφίο 0. Η μορφή του πεδίου είναι τέτοια, που για κωδικοποίηση Manchester, παρουσιάζεται στο μέσο ως περιοδική τετραγωνική κυματομορφή.

Οριοθέτηση Αρχής Πλαισίου (SFD- Start Frame Delimiter). Είναι 1 byte συγκεκριμένης μορφής: 10101011. Δηλώνει την πραγματική αρχή του πλαισίου και επιτρέπει στον δέκτη να προσδιορίσει το πρώτο δυαδικό ψηφίο του πλαισίου.

Πεδία Διευθύνσεων. Κάθε πλαίσιο του υποεπιπέδου Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο, πρέπει να περιέχει δύο διευθύνσεις. Τη διεύθυνση προορισμού (DA) και τη διεύθυνση αποστολής (SA) με την σειρά που αναφέρονται.

Η διεύθυνση προορισμού (DA), καθορίζει τον σταθμό (ή τους σταθμούς) για τον οποίο (ή τους οποίους) προορίζεται το πλαίσιο. Η διεύθυνση μπορεί να καλύπτει επικοινωνία ενός σταθμού με έναν άλλο ή με μια ομάδα σταθμών ή με όλους τους σταθμούς του δικτύου. Το μήκος του πεδίου διεύθυνσης μπορεί να είναι 16 ή 48 bits και πρέπει να είναι το ίδιο για όλους τους σταθμούς του δικτύου.

Η διεύθυνση αποστολής (SA), δηλώνει τον σταθμό που είναι ο αποστολέας του πλαισίου. Οι δύο διευθύνσεις, προορισμού και αποστολής πρέπει να έχουν το ίδιο μήκος πεδίου.

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται οι δύο δυνατές μορφές του πεδίου διευθύνσεων. Στην περίπτωση της διεύθυνσης αποστολής, το πρώτο δυαδικό ψηφίο (I/G), είναι πάντα μηδέν. Στη διεύθυνση προορισμού, το πρώτο δυαδικό ψηφίο μπορεί να είναι ένα ή μηδέν για να δηλώνει ατομική διεύθυνση ή διεύθυνση ομάδας αντίστοιχα.

Σε πεδία των 48 δυαδικών ψηφίων, το δεύτερο δυαδικό ψηφίο (U/L), δηλώνει ή τοπικά παρεχόμενη διεύθυνση. Η φύση των διευθύνσεων αυτών είναι έξω από το αντικείμενο των προτύπων IEEE. Η τοπικά παρεχόμενη διεύθυνση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό μιας μοναδικής διεύθυνσης ενός σταθμού σε ένα σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων.

Μήκος. Το πεδίο αποτελείται από δύο οκτάδες και καθορίζει τον αριθμό των οκτάδων του υποεπιπέδου Ελέγχου Λογικής Γραμμής (LLC), που ακολουθούν.

Δεδομένα LLC. Το πεδίο αυτό περιέχει τη μονάδα δεδομένων που παρέχεται από το LLC.

Πεδίο συμπλήρωσης (PAD). Το πεδίο αυτό περιέχει bytes που ενδεχομένα προστίθενται στα δεδομένα, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί ότι το μήκος του πλαισίου θα είναι κατάλληλο για να λειτουργήσει ο μηχανισμός ανίχνευσης συγκρούσεων. Στη διαδικασία αυτή του «γεμίσματος» (pad), οφείλει και το όνομά του.

Ακολουθία ελέγχου πλαισίου (FCS- Frame Check Sequence). Το πεδίο αυτό αποτελείται από τέσσερα bytes οι οποίες χρησιμοποιούνται από τον κώδικα ελέγχου λάθους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται κυκλικός κώδικας πλεονασμού (CRC- Cyclic Redundancy Check).

1.2.6 Παρουσίαση του 100VG-AnyLAN Δικτύου

Το 100VG¹-AnyLAN, που αρχικά αναπτύχθηκε από την Hewlett Packard, την AT&T και την IBM, σαν μια εναλλακτική λύση αντί των άλλων τεχνολογιών 100BaseX (100 Base-TX, 100 Base-T4, 100VG-AnyLAN), βελτιώθηκε και επικυρώθηκε από το IEEE σαν πρότυπο IEEE 802.12. Συνδυάζει τα καλύτερα στοιχεία από τις τεχνολογίες Ethernet και Token Ring και περιλαμβάνει τα παρακάτω, σαν στόχους σχεδίασης :

- Επιτρέπει την χρήση υπάρχουσας καλωδίωσης Κατηγορίας 3, 4 ή 5
- Παρέχει μια ομαλή μετάβαση από τα LAN Ethernet και Token Ring και από τις μορφές πλαισίων.
- Εξαλείφει τις << συγκρούσεις >> που σχετίζονται με το Ethernet.
- Υποστηρίζει μια επάλληλη τοπολογία αστέρα 2.5(Km) και περισσότερα από τρία επίπεδα επαλληλίας.
- Αποστάσεις καλωδίων 200 μέτρα για UTP και 2000 μέτρα για οπτική ίνα.
- Παρέχει καλή πρόσβαση και περιορισμένη περίοδο λανθάνουσας λειτουργίας.
- Παρέχει δύο επίπεδα προτεραιότητας για πλαίσια: κανονική και υψηλή.
- Παρέχει υπηρεσία χαμηλής λανθάνουσας λειτουργίας μέσω υψηλής προτεραιότητας για υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων

Σε αντίθεση με τις προδιαγραφές του 100BaseT, οι προδιαγραφές των δικτύων 100VG-AnyLAN βασίζονται σε μία νέα μέθοδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο. Το νέο πρωτόκολλο ονομάζεται Πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP- Demand Priority Protocol) και μοιάζει πολύ με τον έλεγχο πρόσβασης που στηρίζεται στα κουπόνια (tokens). Συγκεκριμένα, ένας σταθμός που θέλει να μεταδώσει, ζητάει πρώτα το δικαίωμα πρόσβασης στο μέσο και στη συνέχεια περιμένει τη σειρά του να μεταδώσει. Η επιλογή του ποιος σταθμός μεταδίδει, γίνεται στο κομβικό σημείο (hub) και βασίζεται στη διαδικασία διαιτησίας που είναι γνωστή σαν «εξυπηρέτηση εκ περιτροπής» (RR-Round Robin). Το Πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP) περιγράφεται από το πρότυπο IEEE 802.12 και θα αναλυθεί στην επόμενη

¹ Το VG σημαίνει Voice Grade (ποιότητα φωνής). Το 100VG-AnyLAN σχεδιάστηκε να λειτουργεί κατά ελάχιστο σε καλώδιο Κατηγορίας 3.

παράγραφο με περισσότερες λεπτομέρειες. Στο χώρο των δικτύων υψηλών ταχυτήτων, το πρότυπο IEEE 802.12 αποτελεί την εναλλακτική λύση σε σχέση με το πρότυπο CSMA/CD και σχεδιάστηκε να αντιμετωπίσει δύο βασικά προβλήματα: (α) τους περιορισμούς στις αποστάσεις και στο μέγιστο αριθμό επαναληπτών που εισάγει η μέθοδος CSMA/CD και (β) τους περιορισμούς που επιβάλλει στην υποστήριξη χρονικά κρίσιμων εφαρμογών, η στοχαστική φύση του πρωτοκόλλου CSMA/CD.

Το δίκτυο 100VG-AnyLAN προσφέρει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με το 100BaseT. Έτσι υποστηρίζει τόσο δίκτυα Ethernet όσο και Token Ring (όχι όμως στο ίδιο δίκτυο). Η μετάβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο απαιτεί τη χρήση δρομολογητή. Προσφέρει μεγαλύτερες αποδόσεις δικτύου, λόγω του πρωτοκόλλου DPP. Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος ελέγχου πρόσβασης στο μέσο, δεν επιτρέπει συγκρούσεις πακέτων, παρέχει μηχανισμούς προτεραιότητας και επιτρέπει την παροχή της απαιτούμενης «εγγύησης» καθυστέρησης πρόσβασης, αρκεί ένας διαχειριστής εύρους ζώνης να περιορίζει τον αριθμό των πολυμεσικών ρευμάτων που χρησιμοποιούν πρόσβαση υψηλής προτεραιότητας. Το δίκτυο υποστηρίζει πολλαπλή εκπομπή.

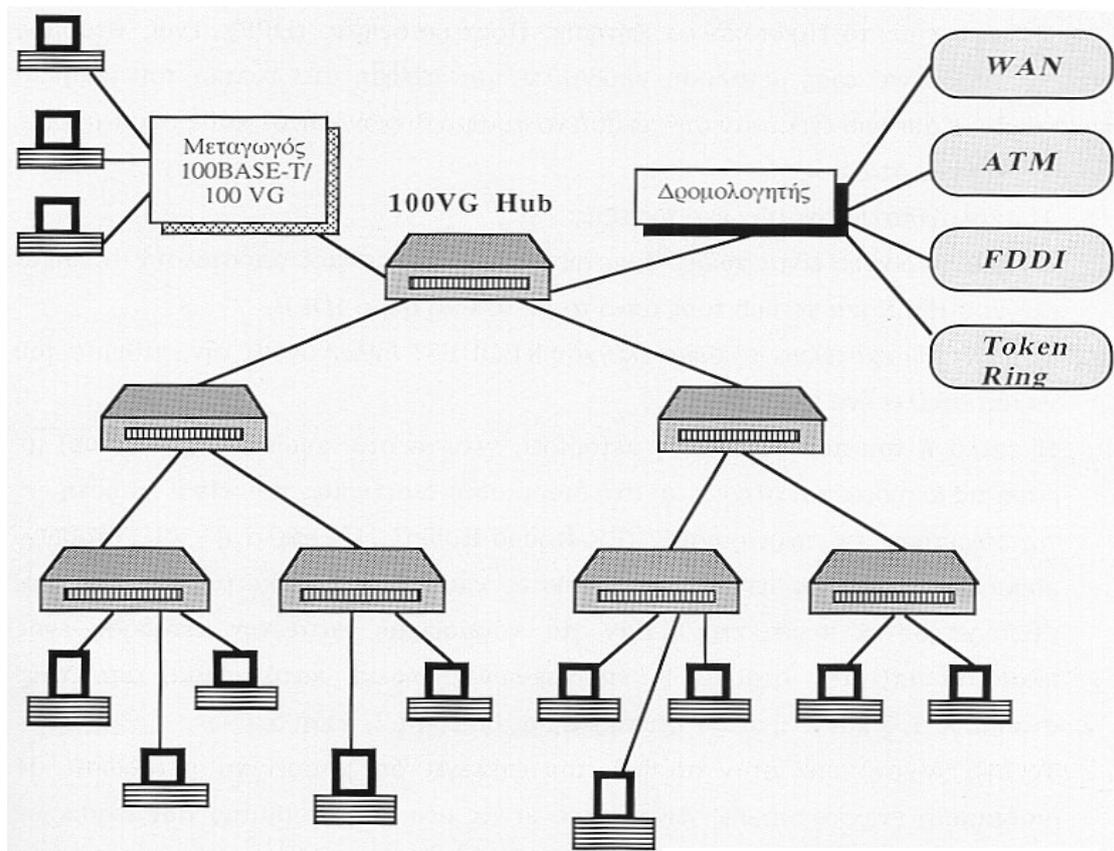
Ως μειονεκτήματα του πρωτοκόλλου μπορούν να θεωρηθούν: (α) η τυχόν ανάγκη για επιπλέον καλωδιακή υποδομή διότι το κάθε hub συνδέεται με κάθε σταθμό με τέσσερα ζεύγη UTP και (β) η ανάγκη για καινούρια στοιχεία μεταγωγής (hubs και switches) και κάρτες προσαρμογής (αν και πολλοί κατασκευαστές άρχισαν να προσφέρουν κάρτες στις οποίες συνυπάρχουν οι υλοποιήσεις των 10 και 100 Mbps και απαιτείται μόνον μια απλή μεταγωγή).

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μία ιεραρχική σύνδεση hubs με σκοπό τη δημιουργία τοπικού δικτύου 100VG.

1.2.7 Το πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP).

Το πρωτόκολλο Ζήτησης Προτεραιότητας (DPP- Demand Priority Protocol) περιγράφεται από το πρότυπο IEEE 802.12. Σύμφωνα με το DPP, ένας σταθμός όταν έχει δεδομένα προς μετάδοση υποβάλλει μια αίτηση στο τοπικό του κομβικό σημείο (hub). Κάθε hub έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό θυρών και σε κάθε θύρα μπορεί να συνδεθεί ένας σταθμός.

Η ακολουθία γεγονότων φαίνεται στο σχήμα 1-7 το οποίο είναι το ακόλουθο:



Ιεραρχική σύνδεση hub με σκοπό τη δημιουργία τοπικού δικτύου 100VG.

Αρχικά το δίκτυο είναι χωρίς δραστηριότητα. Οι σταθμοί αποστέλλουν το σήμα ελέγχου IDLE και το hub τους απαντά με το ίδιο σήμα IDLE. Ένας σταθμός στέλνει το σήμα ελέγχου REQUEST δηλώνοντας την επιθυμία του να αποστείλει ένα πλαίσιο. Η επιλογή του ποιος σταθμός μεταδίδει, γίνεται στο κομβικό σημείο (hub) με βάση τις αιτήσεις και στηρίζεται στη διαδικασία διαιτησίας που είναι γνωστή ως «εξυπηρέτηση εκ περιτροπής» (RR- Round Robin). Η επιλογή του σταθμού καθορίζεται από τις υπάρχουσες αιτήσεις και την τρέχουσα τιμή του «δείκτη εξυπηρέτηση εκ περιτροπής». Εάν για παράδειγμα κατά τη μετάδοση ενός πλαισίου από το σταθμό 1, υποβληθούν αιτήσεις, κατά τη σειρά, από τους σταθμούς 5, 3 και 2, η σειρά εξυπηρέτησης θα είναι 2, 3 και 5.

Ο σταθμός αποστολής μεταδίδει το πλαίσιο στο hub. Το hub γνωστοποιεί στο σταθμό που επιλέγει ότι μπορεί να μεταδώσει. Η διαδικασία γνωστοποίησης γίνεται προφανώς μέσω της γραμμής των τεσσάρων UTP. Το hub «κλείνει» τους πομπούς στις δύο γραμμές UTP που χρησιμοποιήθηκαν για την αποστολή του σήματος IDLE.

Ο σταθμός αναγνωρίζει την απουσία σήματος (silence) στα δύο αυτά ζεύγη και έτσι μπορεί να τα χρησιμοποιήσει μη ανταγωνιστικά ως προς το hub. Ταυτόχρονα με την επιλογή του σταθμού αποστολής, το hub στέλνει στους υπόλοιπους σταθμούς το σήμα ελέγχου INCOMING προειδοποιώντας τους ότι ενδέχεται να λάβουν ένα πλαίσιο. Με τη λήψη του σήματος INCOMING, οι σταθμοί «κλείνουν» τους πομπούς τους, γεγονός που επιτρέπει στο hub να τους διαβιβάσει το πλαίσιο χρησιμοποιώντας και τα τέσσερα ζεύγη UTP.

Το hub λαμβάνοντας το απαραίτητο τμήμα του πλαισίου, αναγνωρίζει τον σταθμό προορισμού. Έχοντας αναγνωρίσει το σταθμό προορισμού, μεταφέρει το πλαίσιο στον προορισμό του και σε όλους τους άλλους σταθμούς το σήμα ελέγχου IDLE. Ο σταθμός αποστολής, ολοκληρώνοντας τη μετάδοσή του μπορεί να στείλει σήμα ελέγχου IDLE ή REQUEST στην περίπτωση που έχει και άλλο πλαίσιο προς αποστολή. Το hub με την ολοκλήρωση της μετάδοσης επιλέγει τον επόμενο σταθμό.

1.3 Γέφυρες (Bridges) και Διακόπτες (Switches) στο Ethernet

Ένα νέο πρόσωπο έχει δοθεί στο Ethernet πρόσφατα – δύο πρόσωπα για την ακρίβεια. Τόσο το Fast όσο και το Gigabit Ethernet έχουν ζωή λιγότερη από πέντε χρόνια, η οποία είναι αρκετά «νέα» σε σύγκριση με την 25χρονη ιστορία του Ethernet. Αυτές οι δύο νέες τεχνολογίες έχουν αυξήσει την ταχύτητα μετάδοσης μέσα από τα καλώδια του Ethernet δραματικά σε μεγάλο βαθμό αλλά η μεταγωγή (switching) ήταν ένα ακόμη μεγαλύτερο επίτευγμα από ότι η μεγαλύτερη καλωδιακή ταχύτητα. Χωρίς διακόπτες, το Fast Ethernet θα ήταν περιορισμένο σε μια δικτυακή διάμετρο 200 μέτρων, η οποία είναι βασικά άχρηστη, με εξαίρεση τις πολύ μικρές εγκαταστάσεις. Σε μερικές περιοχές, η μεταγωγή παρέχει μια υψηλότερης ποιότητας σύνδεση συγκριτικά με τη σύνδεση μέσω Fast Ethernet. Εχθρός του Ethernet είναι το ATM δίκτυο το οποίο είναι συνώνυμο με τη μεταγωγή. Το Ethernet με μεταγωγή αποτελεί το καλύτερο των δύο κόσμων: η προς τα πίσω συμβατότητα μαζί με τα υπάρχοντα Ethernet πλαίσια και η σύγχρονη τεχνολογία διασύνδεσης με χρήση μεταγωγής.

Οι μεταγωγοί του Ethernet εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1991 όταν η Kalpana ξεκίνησε το πρωτότυπο EtherSwitch. (η Kalpana αποκτήθηκε από τη Cisco το 1994.) Από την πλευρά του Ethernet, παρά ταύτα, οι μεταγωγοί είναι στην πραγματικότητα απλές πολλαπλών θυρών γέφυρες οι οποίες υπάρχουν στο χώρο για πολλά χρόνια.

Από τεχνικής απόψεως το γεφύρωμα (bridging) είναι μια OSI Layer 2 λειτουργία και όλα τα σημερινά κοινά δικτυακά πρότυπα – όπως τα 3 διαφορετικά Ethernet πρότυπα, Token Ring, FDDI κτλ – μπορούν όλα να γεφυρωθούν. Αυτό που διαφοροποιεί τους σημερινούς μεταγωγούς από τις γέφυρες του παρελθόντος είναι τα χαρακτηριστικά και οι χρήσεις αυτών των μοντέρνων πολλαπλών θυρών γεφυρών.

Πριν μερικά χρόνια, Ethernet γέφυρες δύο θυρών (two-port) χρησιμοποιούνταν για να συνδέσουν δύο διαφορετικά LANs. Τότε οι πωλητές άρχισαν να κατασκευάζουν «έξυπνες» πολλαπλών θυρών γέφυρες, οι οποίες είναι στην ουσία ένα πλήθος από γέφυρες δύο θυρών συνδεδεμένες μαζί. Σήμερα, αυτές οι πολλαπλών θυρών γέφυρες έχουν βελτιωθεί και καλούνται μεταγωγοί. Αυτοί οι μεταγωγοί χρησιμοποιούνται σήμερα σε ένα υπάρχον δίκτυο για να αποσυνδέσουν ή να τεμαχίσουν ένα μεγάλο LAN σε πολλά μικρότερα.

Επειδή η γεφύρωση ή η μεταγωγή είναι μια OSI Layer 2 λειτουργία, η σημερινή Ethernet μεταγωγή δεν αποτελεί ένα νέο IEEE πρότυπο σε καμία περίπτωση; είναι απλώς μια εφαρμογή ήδη υπάρχοντων προτύπων. Πρώτα ας ρίξουμε μια ματιά στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι γέφυρες. Μετά θα συζητήσουμε το IEEE 802.1D πρωτόκολλο γεννητικού δένδρου, το οποίο είναι η μόνη IEEE προδιαγραφή σχετικά με γέφυρες και μεταγωγούς.

1.3.1 Επαναλήπτες (Repeaters)

Ένας αναμεταδότης-επαναλήπτης (Repeater) είναι μια δικτυακή συσκευή, η οποία χωρίς διακρίσεις ξανά παράγει και προωθεί ένα λαμβανόμενο Ethernet πλαίσιο, είτε αυτό είναι καλό είτε όχι. Οι επαναλήπτες είναι γνωστοί ως παθητικά ή διαμοιραζόμενα συστατικά του δικτύου διότι δεν ενεργούν «λογικά» πάνω στα εισερχόμενα πλαίσια. Οι αναμεταδότες απλώς αναπαράγουν τα εισερχόμενα σήματα, εκτείνοντας έτσι την διάμετρο του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο οι αναμεταδότες είναι αόρατοι σε δικτυακά συμβάντα όπως συγκρούσεις ή λάθη, τα οποία ελάχιστα διαδίδονται μέσα στο δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο οι αναμεταδότες δεν μπορούν να εκτείνουν το πεδίο συγκρούσεων ενός δικτύου. Οι επαναλήπτες μεγεθύνουν ένα υπάρχον δίκτυο.

1.3.2 Γέφυρες (Bridges)

Οι γέφυρες και οι δρομολογητές, από την άλλη πλευρά, συνδέουν διαφορετικά Ethernet LANs (Local Area Networks). Οι γέφυρες εκτελούν βασικές λειτουργίες φιλτραρίσματος πλαισίων (frame filtering) πριν αναμεταδώσουν το εισερχόμενο πλαίσιο. Ενώ οι επαναλήπτες προωθούν όλα τα πλαίσια, μια γέφυρα προωθεί μόνο εκείνα τα πλαίσια που είναι αναγκαία.

Για τη σύνδεση ενός Ethernet LAN στη ραχοκοκαλιά (backbone) ενός FDDI, για παράδειγμα, θα απαιτείτο είτε μια γέφυρα είτε ένας δρομολογητής. Επειδή το Ethernet και τα FDDI χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους πλαισίου, μια γέφυρα «μεταφραστής» θα ήταν αναγκαία.

Οι γέφυρες επίσης επιταχύνουν το ταίριασμα : το συνηθισμένο 10Mbps Ethernet και το 100Mbps Fast Ethernet μπορούν να συνδεθούν μόνο μέσω μιας γέφυρας.

Κάθε Ethernet πλαίσιο έχει δύο πεδία ορισμένα ως διεύθυνση προορισμού και διεύθυνση προελεύσεως. Αυτά λένε σε μια γέφυρα από που ξεκίνησε ένα πλαίσιο και που τελικά κατευθύνεται. Το παρακάτω σχήμα 1-8 δείχνει την δομή ενός Ethernet πλαισίου και τη θέση των διευθύνσεων προέλευσης και προορισμού.

Σχήμα 1-8.

| Preamble SFD | Destination Address | Source Address | Type/Length Field | Data and Pad | Frame Check |
|-----------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|----------------|
| 8 Bytes | 6 Bytes | 6 Bytes | 2 Bytes | 0-1500 Bytes | 4 Bytes |

Οι γέφυρες εξετάζουν τόσο την διεύθυνση προορισμού όσο και τη διεύθυνση προελεύσεως ενός πλαισίου. Η γέφυρα προωθεί ένα πλαίσιο στη διεύθυνση προορισμού.

Οι γέφυρες κοιτάζουν ένα εισερχόμενο Ethernet πλαίσιο και αναλύουν την διεύθυνση προορισμού, η οποία είναι συμπυκνωμένη στην επικεφαλίδα του πλαισίου. Από την πληροφορία αυτή η γέφυρα μπορεί να ελέγξει την εσωτερική της μνήμη, από προηγούμενα πλαίσια, και να καθορίσει κατά πόσο το πλαίσιο πρέπει να προωθηθεί σε μια άλλη θύρα ή πρέπει να το φιλτράρει εκτός – αυτό σημαίνει ότι δεν κάνει τίποτα και απορρίπτει το πλαίσιο. Με αυτό τον τρόπο, οι γέφυρες μπορούν να απομονώσουν την δικτυακή κίνηση ανάμεσα σε τμήματα του δικτύου. Οι γέφυρες μπορούν επίσης να ελέγξουν για λάθη και να μην προωθήσουν κατεστραμμένα ή ελλιπή πλαίσια.

Μια γέφυρα δουλεύει σαν ένα καλό ταχυδρομικό σύστημα διανομής αλληλογραφίας και γνωρίζει ακριβώς που ο κάθε ένας κατοικεί. Διανέμει λοιπόν ένα κομμάτι αλληλογραφίας μόνο στον προοριζόμενο παραλήπτη, κοιτάζοντας στη διεύθυνση πάνω σε κάθε φάκελο και διανέμοντας το φάκελο σε αυτή τη συγκεκριμένη διεύθυνση. Εάν ένας φάκελος ή πλαίσιο είναι κατεστραμμένα ή περιέχουν λάθη, ένα σύστημα αλληλογραφίας τύπου γέφυρας επιστρέφει την κατεστραμμένη αλληλογραφία στον αποστολέα, με ένα σημείωμα το οποίο λέει «κατεστραμμένο.»

Ο αναμεταδότης δουλεύει πολύ διαφορετικά. Ένα σύστημα αλληλογραφίας με αναμεταδότη χρησιμοποιεί την προσέγγιση της κτηνώδους-δύναμη (brute-force) για τη διανομή της αλληλογραφίας-ταχυδρομείου. Ο επαναλήπτης δημιουργεί ένα αντίγραφο από κάθε κομμάτι αλληλογραφίας-ταχυδρομείου που λαμβάνει και μετά παραδίδει ένα αντίγραφο στον χρήστη και σε κάθε ένα στην γειτονιά του. Δεν λαμβάνεις μόνο το δικό του ταχυδρομείο του χρήστη αλλά επίσης αντίγραφα του ταχυδρομείου κάθε άλλου. Ο χρήστης πρέπει να αποφασίσει πια αλληλογραφία-ταχυδρομείο στην πραγματικότητα προορίζεται για αυτόν. Το κατεστραμμένο ταχυδρομείο αντιγράφεται και διανέμεται όπως και το κανονικό ταχυδρομείο. Οι αναμεταδότες τυπικά είναι φθηνότεροι στην αγορά από ότι οι γέφυρες διότι δεν χρειάζεται να έχουν την ικανότητα να διαβάζουν, να ταξινομούν ή να επιστρέφουν το κατεστραμμένο ταχυδρομείο.

Ο πίνακας 1-1 κάνει μια σύγκριση των Ethernet επαναληπτών και γεφυρών.

| Συγκρίνοντας Ethernet γέφυρες και αναμεταδότες. | | |
|---|-----------------------------------|---|
| Device Parameter | Repeater | Bridge |
| OSI layer | Layer 1/PHY | Layer 2/MAC |
| Number of hops | Five | Unlimited |
| Looks at frames? | No, only regenerates entire frame | Yes, looks at individual address of every frames |
| Device Parameter | Repeater | Bridge |
| Invisible device? | Yes | No |
| Port-port latency | <1μs | 50-1500 bit times |
| Propagates errors? | Yes | No |
| Network design implications? | Extends collision domain | Extends broadcast domain and divides collision domain |
| Principle use | Enlarges an existing network | Connects different networks |

1.3.3 Ο Αλγόριθμος Γεννητικού Δένδρου (STA-802.1D)

Οι γέφυρες σχεδιάστηκαν αρχικά για να συνδέσουν διαφορετικά LAN μαζί. Οι γέφυρες δεν επιτρέπουν την ύπαρξη πολλαπλών ενεργών παράλληλων μονοπατιών ανάμεσα σε διαφορετικά LAN τμήματα. Τα παράλληλα μονοπάτια δημιουργούν βρόχους, τους οποίους οι γέφυρες δεν μπορούν να χειριστούν. Εάν υπήρχαν πολλαπλά μονοπάτια, αυτό θα σήμαινε διπλότυπες εισαγωγές σε διαφορετικές γέφυρες, πράγμα το οποίο θα προκαλούσε υπερβολική κυκλοφορία και λανθασμένες εισόδους. Ακόμη χειρότερα, εάν μια ευρεία γνωστοποίηση ή ένα «πλημμυρισμένο» πλαίσιο εισέλθει σε ένα δίκτυο με παράλληλες γέφυρες, οι εκπομπές αρχίζουν να περιστρέφονται και θα αυξηθούν από μόνες τους. Τελικά, η μοναδική μετάδοση

μπορεί να μετατραπεί σε μια μετάδοση- καταγιίδα, η οποία κυριολεκτικά θα υπερφορτώσει το δίκτυο και θα «καταρρεύσει.» Ο αλγόριθμος spanning-tree εφευρέθηκε πολλά χρόνια πριν από τη Nadia Perlman του Digital Equipment Corporation για να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα. Τα ακόλουθα είναι μερικά σημαντικά σημεία σχετικά με τον αλγόριθμο spanning-tree (STA):

Οι γέφυρες χτίζουν μια τύπου-δένδρου λογική δομή ανταλλάσσοντας πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία του συνολικού δικτύου. Όλες οι γέφυρες εκπέμπουν συγκεκριμένα πλαίσια, τα οποία καλούνται BPDUs (Bridge Protocol Data Units), προκειμένου να κατασκευάσουν το δένδρο.

Ο STA είναι πάντα ενεργός. Κατά τη διάρκεια της power-up ώρας, οι ξεχωριστές γέφυρες επικοινωνούν μέσω BPDUs προκειμένου να χτίσουν το αρχικό δένδρο, το οποίο χρειάζεται από 15 έως 50 δευτερόλεπτα. Η βάση του δένδρου, η ρίζα, καθορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει μόνο ένα δυνατό μονοπάτι δεδομένων ανάμεσα σε οποιεσδήποτε δύο διαφορετικές γέφυρες μέσα στην «γεφυρώδη» κατασκευή. Αυτή τη στιγμή, ο STA επίσης εξαλείφει το κυκλικά μονοπάτια με την προσωρινή αποσύνδεση όλων των παράλληλων διασυνδέσεων. Αυτές οι παράλληλες διασυνδέσεις είναι στην ουσία σε κατάσταση «ύπνωσης», για να επανα-ενεργοποιηθούν αργότερα εάν χρειαστεί. Με την εξάλειψη των παράλληλων διασυνδέσεων, ο STA έχει, στην ουσία, χτίσει μια δομή η οποία ομοιάζει με δένδρο, με τη ρίζα ή την κύρια γέφυρα να είναι τοποθετημένη στη βάση.

Ο STA επιτρέπει πλεονάζουσες ή παράλληλες εφεδρικές διασυνδέσεις. Η δυναμική φύση του STA σημαίνει ότι εάν μια υπάρχουσα διασύνδεση (κλαδί) ανάμεσα σε δύο γέφυρες σπάσει, ο STA θα επανα-ενεργοποιήσει μια «κοιμώμενη» διασύνδεση σε λιγότερο από ένα λεπτό. Αυτό παρέχει γεφυρωμένα δίκτυα με ένα στοιχείο ανθεκτικότητας-προσαρμοστικότητας.

1.3.4 Διαφορές μεταξύ Γεφυρών και Διακοπών

Ένας διακόπτης συνδέει έναν αποστολέα και ένα δέκτη σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας. Ένας τηλεφωνικός διακόπτης είναι το καλύτερο παράδειγμα ακόμα και όταν οι παλιές χειροκίνητες διακοπές ήταν πραγματικοί διακόπτες. Το μόνο πράγμα που έχει αλλάξει σήμερα είναι ότι η διεύθυνση προορισμού μπορεί να κληθεί

αυτόματα. Μια γέφυρα από την άλλη αποθηκεύει τα δεδομένα για ένα περιορισμένο διάστημα χρόνου προτού τα διοχετεύσει προς στον προορισμό.

Εξ ορισμού ένας διακόπτης βασίζεται σε μερική ταξινόμηση μόνιμης ή προσωρινής ηλεκτρικής σύνδεσης που υπάρχει μεταξύ αποστολέα και δέκτη. Αν τα δεδομένα είναι προσωρινά αποθηκευμένα, όπως σε μια γέφυρα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τεχνικά η συσκευή δεν είναι πλέον διακόπτης. Γιατί τα δεδομένα συχνά αποθηκεύονται μόνο για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου ή κλάσματα ενός frame, ωστόσο δεν θα συζητήσουμε σ' αυτό το σημείο για τις μικρές διαφορές στο από τι αποτελείται ένας διακόπτης και τι όχι. Επομένως από την πλευρά των Ethernet οι διακόπτες είναι πολύθυρες γέφυρες.

Μερικές ακόμα διαφορές μεταξύ γεφυρών και διακοπών όσο αφορά την αρχιτεκτονική είναι οι εξής:

Το κέντρο μιας γέφυρας (ή ενός δρομολογητή στην συγκεκριμένη περίπτωση) είναι ένας μικροεπεξεργαστής και το σχετικό πρόγραμμα μνήμης για να τρέξει το λογικό πρόγραμμα γεφύρωσης. Οι διακόπτες από την άλλη δεν έχουν επαναπρογραμματιζόμενη λογική για να γεφυρώσουν τα δεδομένα (για παράδειγμα κεντρική μονάδα επεξεργασίας, σχετικό πρόγραμμα μνήμης και software). Η λειτουργία αλλαγής θέσης πραγματοποιείται με το υλικό. Σε αυτή την περίπτωση το υλικό έχει αρκετή νοημοσύνη ώστε να εξετάσει κάθε frame και να αποφασίσει σε ποια θύρα να το στείλει. Αυτά τα ολοκληρωμένα κυκλώματα δεν είναι προγραμματιζόμενα, ωστόσο αυτό που μπορεί να γίνει είναι να αναλυθούν τα προωθημένα Ethernet frames. Σήμερα οι διακόπτες συχνά περιέχουν μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας για διαχείριση του δικτύου, διαμόρφωση, STA κ.α. Το κλειδί είναι το ότι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας δεν λαμβάνει μέρος στην προώθηση κάθε μονού frame.

Οι διακόπτες είναι πολύ φθηνότεροι από τις γέφυρες, διότι το αρχικό τους κόστος είναι μικρότερο και έχει επιτευχθεί μεγαλύτερη παραγωγή κατά την πάροδο του χρόνου.

Οι γέφυρες μπορούν να αναλύσουν και να προωθήσουν μόνο ένα frame την κάθε χρονική στιγμή. Οι διακόπτες από την άλλη έχουν πολλαπλά παράλληλα μονοπάτια δεδομένων. Οι διακόπτες χρησιμοποιούν προσωρινές ή εικονικές συνδέσεις για να

συνδέσουν τις θύρες πηγής με τις θύρες προορισμού για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να προωθήσουν ένα frame. Αφού το frame σταλεί από την πηγή στον προορισμό η εικονική σύνδεση τερματίζεται. Για να διευκολύνουμε αυτά τα πολλαπλά μονοπάτια δεδομένων, ένα διακόπτης πρέπει να έχει ένα πλάνο επιστροφής το οποίο να έχει αρκετή χωρητικότητα για να μεταφέρει όλα τα δεδομένα από το τις πολλαπλές θύρες ταυτόχρονα. Οι γέφυρες είναι συνήθως περιορισμένου εύρους ζώνης το οποίο καθορίζεται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας και από τις I/O δυνατότητές της. Η ρυθμιζόμενη παράλληλη προσέγγιση σημαίνει ότι οι διακόπτες είναι κατά πολύ ταχύτεροι από τις συμβατικές γέφυρες.

Οι διακόπτες έχουν διάφορα χαρακτηριστικά όσο αφορά τους μηχανισμούς προώθησης, όπως cut-through ή αποθήκευση - προώθηση, ενώ αντίθετα οι γέφυρες χρησιμοποιούν μόνο την αποθήκευση - προώθηση μέθοδο.

Οι μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ διακοπών και γεφυρών είναι ο εντοπισμός της θέσης. Οι παλιότερες γέφυρες ήταν σχετικά αργές και ακριβές συσκευές οι οποίες πουλιόνταν για να ενώσουν διαφορετικά LAN δίκτυα μαζί. Οι σημερινοί διακόπτες είναι φθηνοί και γρήγοροι και συνήθως χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την ταχύτητα ενός υπάρχοντος δικτύου.

1.4. Full-Duplex Ethernet

Αρκετοί άνθρωποι πιστεύουν ότι switching και full-duplex είναι συνώνυμα, αλλά αυτό δεν είναι σωστό. Στην ουσία switching σημαίνει πολλαπλές ταυτόχρονες γεφυρωμένες μεταδόσεις. Full-duplex σημαίνει ταυτόχρονη μετάδοση και παραλαβή σε διαφορετικά ζευγάρια καλωδίου ή οπτικής ίνας. Στην περίπτωση του switching, ξεχωριστές μεταδόσεις μπορούν να είναι είτε half ή full-duplex.

Μία full-duplex μετάδοση απαιτεί μία σύνδεση «από σημείο σε σημείο»(point-to-point) με μόνο δύο σταθμούς να υπάρχουν στο τμήμα. Ένας πομπός του σταθμού είναι συνδεδεμένος στην άλλη πλευρά του δέκτη και ανάποδα. Αυτό δεν θα ήταν δυνατόν αν δεν υπήρχαν περισσότεροι από δύο κόμβοι. Γι' αυτό το λόγο τα switched Ethernet είναι αναγκαία προϋπόθεση σ' ένα full-duplex, αλλά δεν συνεπάγεται ότι είναι full-duplex. Το full-duplex Ethernet δεν είναι μέλος κανενός Ethernet PHY ή MAC. Σε αντίθεση με το ξεχωριστό 802.3x που ελέγχει full-duplex συσκευές με έλεγχο ροής δεδομένων.

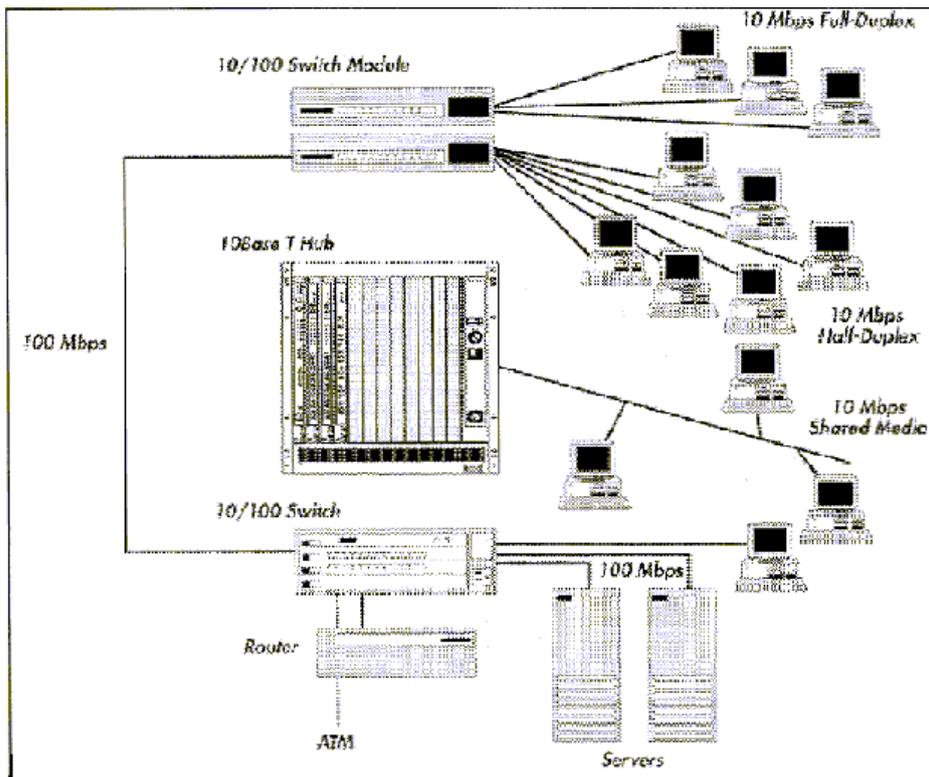
1.4.1 Έλεγχος Ροής

Ο έλεγχος της ροής των δεδομένων αποτελεί ένα σοβαρό θέμα συζήτησης για όλες τις τεχνολογίες επικοινωνίας, όπου διάφοροι κόμβοι με ποικίλες ταχύτητες επικοινωνούν μεταξύ τους. Φανταστείτε τι θα συνέβαινε εάν ένας 100Mbps server ήθελε να στείλει δεδομένα σ' ένα αργότερο 10Mbps client. Τα κλασσικά διαμοιραζόμενα Ethernet έχουν αρκετά μέσα για ασφάλιση τα οποία ο client μπορεί να ανακτήσει μαζί με τη ροή των δεδομένων τα οποία έρχονται σ' αυτόν από τον server. Πρώτα επειδή ο εξυπηρετούμενος είναι συνήθως ικανός να λαμβάνει 10Mbps δεδομένων το διαμοιραζόμενο κανάλι είναι συνήθως ο λαιμός του μπουκαλιού. Δεύτερον, αν ο client έχει περισσότερα δεδομένα απ' ότι μπορεί να χειριστεί και θέλει να σταματήσει τον server από την αποστολή περισσότερων δεδομένων, τότε ο client μπορεί να σταματήσει την υπερφόρτωση που δημιουργείται προσπελάζοντας το κανάλι μόνος του. Ο client μπορεί να το κάνει αυτό είτε δημιουργώντας μία σύγκρουση, είτε προσποιούμενος ότι πρόκειται να στείλει δεδομένα, τα οποία αυτόματα εμποδίζουν τον server από το να εκπέμψει περισσότερο. Κατά αυτό τον τρόπο, τα διαμοιραζόμενα Ethernet έχουν μια ενσωματωμένη μέθοδο ελέγχου της ροής των δεδομένων.

Επίσης θεωρούμε ένα διαμοιραζόμενο LAN με πολλούς χρήστες. Αν πάρα πολλοί σταθμοί προσπαθούν να στείλουν δεδομένα διαμέσου ενός απασχολημένου διαμοιραζόμενου LAN το δίκτυο θα γίνεται διαρκώς όλο και πιο απασχολημένο και θα αρχίσει να δείχνει όλο και περισσότερες συγκρούσεις που θα αποτρέψουν το δίκτυο από υπερφόρτωση. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται κορεσμός, με αυτόν τον τρόπο το δίκτυο Ethernet παρουσιάζει από μόνο του έλεγχο συμφόρησης των δεδομένων.

Στο σχήμα 1-9 φαίνεται μια κατατοπιστική εικόνα σχετικά με τη δομή ενός Switched Fast Ethernet δικτύου στο οποίο οι διαφορετικές ταχύτητες επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων του μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα όσον αφορά την κανονική ροή των δεδομένων.

Σχήμα 1-9.

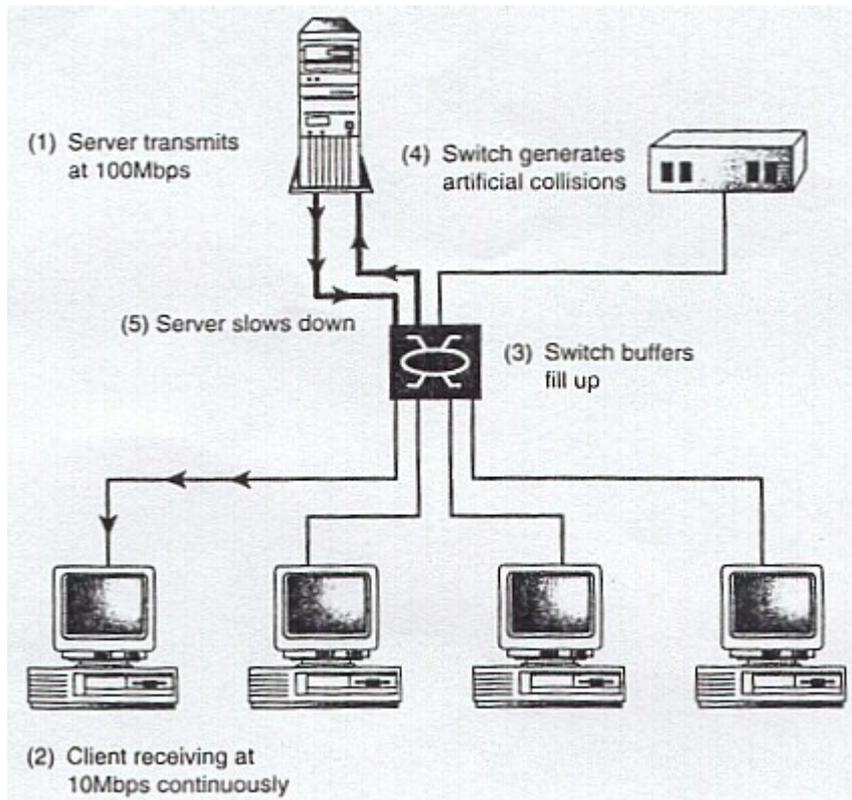


1.4.2 Έλεγχος Ροής Half-Duplex

Τα γεφυρωμένα ή switched Ethernet έχουν μια ενσωματωμένη μέθοδο για την αντιμετώπιση μεταδόσεων μεταξύ σταθμών που χρησιμοποιούν διαφορετικές ταχύτητες. Αφορά μία αρχή η οποία ονομάζεται backpressure. Θεωρήστε το παράδειγμα του γρήγορου server των 100Mbps ο οποίος στέλνει δεδομένα σ' ένα 10 Mbps client μέσω διακοπών. Το εσωτερικό πλαίσιο καταχωρητών του διακόπτη (frame) αποθηκεύει όσα περισσότερα πλαίσια είναι δυνατόν. Αφού οι buffers του διακόπτη γεμίσουν, ο διακόπτης πρέπει να στείλει σήμα στον server να σταματήσει την μετάδοση, αλλιώς οι καταχωρητές θα υπερφορτωθούν και δεδομένα θα χαθούν. Οι υψηλότερες ζώνες θα εξασφαλίσουν ώστε επαναμετάδοση να γίνει και τα δεδομένα τελικά θα φτάσουν.

Σ' ένα half-duplex σύστημα, ο διακόπτης μπορεί να φέρει συγκρούσεις με τον server (προκαλώντας τον server να κάνει πίσω) ή ο διακόπτης μπορεί να κρατήσει την θύρα απασχολημένη προσποιούμενος ότι μεταδίδει δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση ο server θα σταματήσει την μετάδοση για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, επιτρέποντας στον διακόπτη να επεξεργαστεί τα δεδομένα που συσσωρεύονται στους buffers του. Η λειτουργία αυτή απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα 1-10:

Σχήμα 1-10.



Σ' ένα full-duplex σύστημα η σύνδεση μεταξύ του server και του διακόπτη είναι ένα αφιερωμένο κανάλι αποστολής και παραλαβής με CSMA/CD κλεισμένο. Γι αυτό το λόγο ο διακόπτης δεν μπορεί να παράγει μία σύγκρουση ή να έχει πρόσβαση στο διαμοιραζόμενο κανάλι για να σταματήσει τον server να μεταδίδει δεδομένα. Ο server γι' αυτό τον λόγο συνεχίζει να μεταδίδει έως ότου οι buffers των διακοπών να πάθουν υπερχείλιση. Λόγω αυτού χρειαζόταν το IEEE για να αναπτυχθεί μια αποτελεσματική μέθοδος ελέγχου ροής η οποία να συνδυαστεί με το full-duplex πρότυπο.

Θα πρέπει να τονισθεί έλεγχος ροής δεν είναι καινούρια έννοια στην τεχνολογία επικοινωνιών. Θεωρούμε ότι έχουμε στη διάθεση μας μια απλή αναλογική σύνδεση Dial-up με modem. Ένα αναλογικό τηλέφωνο modem, το οποίο λειτουργεί ως ένα «σημείο προς σημείο» κανάλι χρησιμοποιεί τις XON και XOFF μεθόδους για τον έλεγχο της ροής. Αν τα δεδομένα από την άλλη πλευρά υπερφορτώνουν τον παραλήπτη στέλνεται μερικώς το XOFF σήμα το οποίο σταματά την μετάδοση. Το XON σημαίνει ότι ξαναρχίζει την μετάδοση από το σημείο που είχε διακοπή, πράγμα που βεβαιώνεται όταν ο παραλήπτης έχει χρόνο να επεξεργαστεί τα δεδομένα.

1.4.3 Έλεγχος Ροής Full-Duplex

Το IEEE 802.3x πρότυπο καθορίζει ένα καινούριο τρόπο επίτευξης ελέγχου ροής σε ένα full duplex σύστημα. Το σχήμα είναι χρησιμοποιεί τις αρχές ενός παγωμένου frame και ενός συνδεδεμένου παγωμένου χρόνου για να επιβραδύνει τον μεταδότη προσωρινά , λειτουργεί παρόμοια με το XOFF για τα αναλογικά modems. Αυτό το παγωμένο πλαίσιο χρησιμοποιεί μία πολύ γνωστή multicast διεύθυνση η οποία δεν είναι προωθημένη από γέφυρες και διακόπτες σύμφωνα με πρότυπα γεφυρώματος του IEEE. Αυτό σημαίνει ότι το paused frame δεν δημιουργεί επιπρόσθετη κίνηση και δεν αναμιγνύεται με έλεγχο ροής σε διαφορετικά τμήματα του δικτύου.

Εάν ο client των 10Mbps λαμβάνει πάρα πολλά δεδομένα από τον διακόπτη, για παράδειγμα , ο client μπορεί να στείλει ένα paused frame για να καθυστερήσει το διακόπτη. Ο διακόπτης απενεργοποιεί το παγωμένο πλαίσιο και τα δεδομένα δεν προωθούνται στον server. Υπάρχει μία πολύ κομψή και ισχυρή τεχνολογία η οποία έχει άλλα μελλοντικά πλεονεκτήματα. Η προτεραιότητα του πλαισίου μετάδοσης για παράδειγμα είναι δυνατόν ένα να επιτευχθεί με ένα MAC ελεγκτή ζώνης.

Το αυτοδιαπραγματευόμενο σχήμα το θα ενημερωθεί έτσι ώστε να συμπεριλάβει ένα bit το οποίο θα σηματοδοτεί ότι ο σταθμός είναι ικανός για έλεγχο ροής των δεδομένων.

Έστω τώρα ότι ο server υπερφορτώνει τον διακόπτη με πάρα πολλά δεδομένα τότε συμβαίνουν τα παρακάτω γεγονότα :

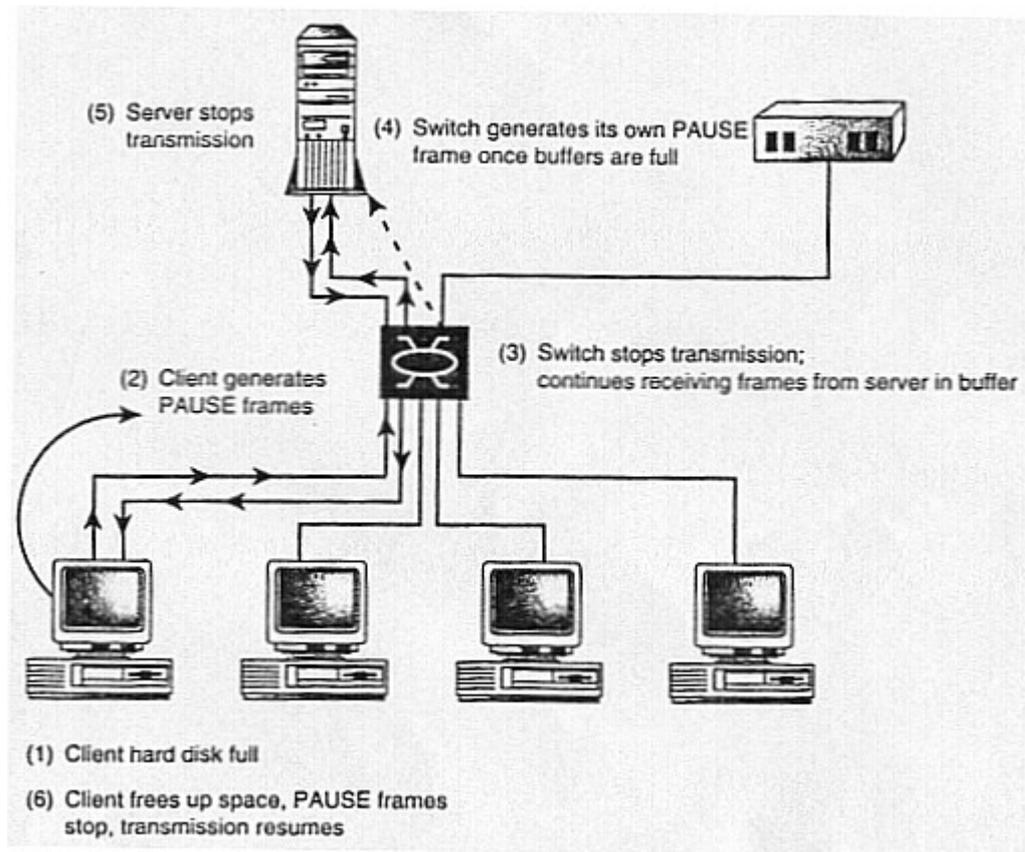
1. Κατά την διάρκεια της τροφοδότησης ο server NIC και ο ανταποκρινόμενος διακόπτης θα καταλάβουν ότι είναι ικανοί και οι δύο για 100 Mbps full-duplex επικοινωνία και θα διαμορφώσουν την μετάδοσή τους κατάλληλα.
 2. Ο client NIC είναι ικανός μόνο για 10Mbps full-duplex λειτουργία. Ο διακόπτης της θύρας επίσης θα τεθεί σε 10Mbps full-duplex λειτουργία. Να σημειωθεί ότι η full-duplex λειτουργία αυτομάτως υπονοεί τον έλεγχο της ροής δεδομένων.
 3. Ο server αρχίζει να μεταδίδει στο δικό του κανάλι μετάδοσης (το οποίο είναι το κανάλι παραλαβής του διακόπτη)
 4. Ο διακόπτης λαμβάνει frames και τα προωθεί στον 10Mbps client ,αλλά με πολύ μικρότερη ταχύτητα.
-

5. Όταν οι εσωτερικοί καταχωρητές του διακόπτη είναι σχεδόν έτοιμοι να γεμίσουν ο διακόπτης στέλνει ένα pause frame στον server NIC , διαμέσου του καναλιού μεταδόσεως (το οποίο είναι το κανάλι παραλαβής του server). Αυτό διακόπτει τη μετάδοση του server για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται απ' το pause time, το οποίο καθορίζεται στο pause frame. Όσο ο διακόπτης στέλνει επαναλαμβανόμενα pause frame ο server παύει να λειτουργεί ή διακόπτει τη δική του μετάδοση.
6. Ο διακόπτης μεταφέρει δεδομένα απ' τους δικούς του καταχωρητές στον client έως ότου οι εσωτερικοί του καταχωρητές είναι ικανοί να λαμβάνουν δεδομένα ξανά.
7. Όταν οι καταχωρητές είναι σχετικά άδειοι ο διακόπτης σταματά την αποστολή του pause σήματος στον server , οποίος τότε ξαναρχίζει την μετάδοση.

Ας δούμε το σενάριο στο οποίο ο διακόπτης υπερφορτώνει τον client. Κάτι τέτοιο φυσιολογικά δε θα συνέβαινε , διότι ο διάυλος μεταξύ διακόπτη και client είναι μόλις 10Mbps. Για τον λόγο αυτό , ας υποθέσουμε ότι ο client έχει προσωρινά σταματήσει να δέχεται δεδομένα γιατί ο σκληρός δίσκος είναι γεμάτος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση συμβαίνουν τα εξής:

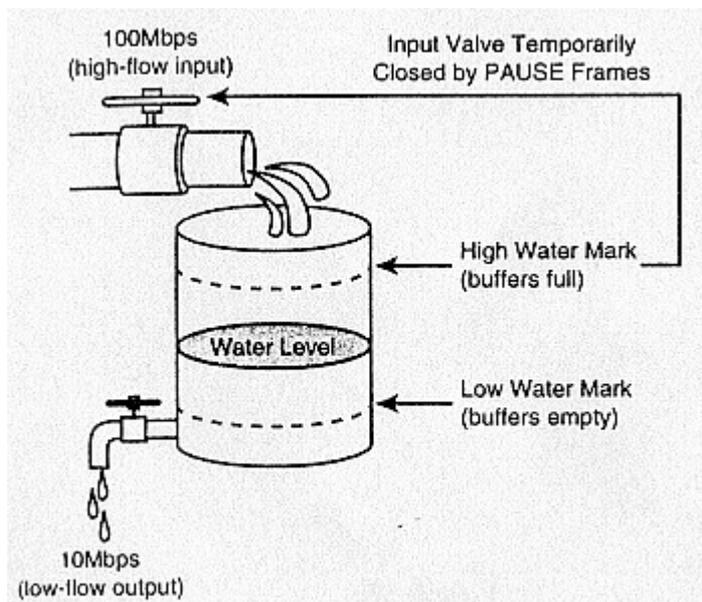
1. Ο client αρχίζει να στέλνει pause frames στον διακόπτη. Αυτά τα pause frames σταματάνε την μετάδοση από τον διακόπτη.
 2. Ο διακόπτης δεν προωθεί τα pause frame. Αντί αυτού αποβάλλει τα pause frames, επειδή ο τύπος του frame διαλέχτηκε να είναι ένας ειδικός multicast τύπος frame τον οποίον οι γέφυρες δεν προωθούν.
 3. Μόλις ο χρήστης έχει ελεύθερο χώρο στον σκληρό δίσκο, ο client σταματά την αποστολή pause frames και ξαναρχίζει την φόρτωση από το σημείο που είχε σταματήσει.
-

Το σχήμα 1-11 παρουσιάζει αυτή τη διαδικασία



Μερικές φορές οι καταχωρητές των frame και οι αντίστοιχοι γεμάτοι και άδειοι συγκρίνονται με μία δεξαμενή νερού. Όταν οι καταχωρητές είναι γεμάτοι αντιστοιχείται με το ψηλότερο σημείο στάθμης του νερού ενώ όταν είναι άδειοι με το χαμηλότερο σημείο στάθμης του νερού. Το σχήμα 1-12 που ακολουθεί δείχνει αυτή την αναλογία.

Σχήμα 1-12.



Ο Fast Ethernet εξοπλισμός καθώς και ο εξοπλισμός του Gigabit Ethernet ακολουθούν τις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου 802.3x. Ο καθιερωμένος εξοπλισμός λειτουργεί σε full-duplex τρόπο λειτουργίας με χειροκίνητη διαμόρφωση και συνήθως χρησιμοποιεί backpressure μεθόδους για να αποτρέψει τους εσωτερικούς καταχωρητές να υπερφορτωθούν.

1.5. Αρχιτεκτονικές Μεταγωγής και Απόδοση

1.5.1 RISCs και ASICs

RISC(Μειωμένου ρεπερτορίου εντολών υπολογιστής) Μερικοί πωλητές χρησιμοποιούν αυτό το είδος της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας για να επεξεργαστούν πακέτα μέσα στους διακόπτες (switches) τους. Συνήθως χρησιμοποιούνται για γενικού σκοπού εφαρμογές. Οι διακόπτες RISC δεν είναι αρκετά κατάλληλοι για να πραγματοποιούν ακριβείς λειτουργίες.

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου αρχιτεκτονικής σχεδίασης είναι ότι είναι σχετικά φθηνό συγκρινόμενο με το συνηθισμένο με σιλικόνη. Οι RISCs είναι ήδη σε μεγάλη κυκλοφορία στην αγορά και είναι γνωστοί με το όνομα «off-the-shelf» επεξεργαστές. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι αυτού του είδους οι διακόπτες βασιζόμενοι στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας μπορούν να προωθήσουν frames σύμφωνα με την συνδεδεμένη διεύθυνση της ζώνης δικτύου. Επίσης μπορούν να αποφασίσουν για προώθηση βασιζόμενη στην διεύθυνση της ζώνης δικτύου. Αυτός ο τύπος διακόπτη μπορεί να εκτελέσει λειτουργίες παρόμοιες μ' ένα δρομολογητή. Τελικά όταν υπάρχει η ανάγκη να αναβαθμίσουμε την λειτουργικότητα, μπορεί να επιτευχθεί με εύκολες φορτώσεις κατάλληλων προγραμμάτων. Η κάτω πλευρά αυτού του τύπου σχεδίασης διακοπών είναι ένα τυπικός αποθήκευσης και προώθησης επεξεργαστής ο οποίος δεν είναι τόσο γρήγορος όσο ένας ASIC σχεδιασμένος διακόπτης.

ASIC(Application Specific Integrated Circuit) – Αυτή είναι μια άλλη μέθοδος σχεδιασμού διακοπών η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε διακόπτες να επεξεργάζονται δεδομένα. Είναι συνήθως σχεδιασμένοι να χειρίζονται ειδικές λειτουργίες, όλη η λειτουργικότητά τους στηρίζεται στο hardware. Αυτό σημαίνει ότι αν αλλαγές χρειάζονται πρέπει να ξανακατασκευαστεί σε επίπεδο σιλικόνης, ενώ αναβαθμίσεις προγραμμάτων δεν είναι εύκολες να γίνουν.

Οι ASIC συνήθως πραγματοποιούν cut-through προώθηση των frames βασισμένη σε MAC διευθύνσεις προορισμού. Οι γέφυρες επίσης προωθούν πακέτα με MAC διευθύνσεις προορισμού αλλά λειτουργούν με τρόπο αποθήκευση και προώθηση. Η γέφυρα αντιλαμβάνεται ολόκληρο το πακέτο, κάνει ένα έλεγχο αθροίσματος για να επιβεβαιώσει την ακεραιότητα του frame και τότε προωθεί το frame στην θύρα προορισμού. Οι περισσότερες γέφυρες δεν είναι ικανές να πραγματοποιήσουν τη network layer address-based προωθώντας όπως κάνει ένας δρομολογητής.

Σε αντίθεση, ένας διασταυρούμενος πίνακας διακόπτη είναι ένας μονός ASIC ο οποίος δημιουργεί αφιερωμένα φυσικά μονοπάτια μεταξύ οποιασδήποτε θύρας εισόδου και της εξόδου θύρας προορισμού. Ζυγίζει σωστά και δεν απαιτεί την καταχώρηση του αποθήκευση και προώθηση.

1.5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των διακοπών.

1.5.2.1 Ταχύτητα Θύρας

Εσωτερικά, ένας διακόπτης περιέχει ένα MAC και ένα PHY σε κάθε θύρα. Αυτό σημαίνει σε κάθε θύρα του διακόπτη αντιστοιχεί μία διεύθυνση MAC. Επίσης, ένας διακόπτης περιέχει καταχωρητές πλαισίου (frame buffers). Η αρχιτεκτονική αυτή επιτρέπει σε κάθε θύρα του διακόπτη να έχει διαφορετική ταχύτητα λειτουργίας. Επιπλέον επιτρέπει στους διακόπτες να κατασκευάζονται σαν συσκευές διπλής ταχύτητας, όπου μία θύρα μπορεί να αλλάζει την ταχύτητά της από 10 σε 100 ή 1000Mbps. Μία ταχύτερη θύρα ενός διακόπτη καλείται θύρα σύνδεσης (uplink port) επειδή συνδέετε σε ένα γρηγορότερο κομμάτι του δικτύου.

1.5.2.2 Backplane Ικανότητα

Οι μεταγωγοί επιτρέπουν την ύπαρξη πολλαπλών ταυτόχρονων εκπομπών. Κάθε μονοπάτι εκπομπής αποτελείται από μια θύρα εισόδου και μια θύρα εξόδου και η εκπομπή λαμβάνει χώρα με την ταχύτητα μετάδοσης του καλωδίου (wire speed). Οι περισσότεροι μεταγωγοί έχουν πολλαπλές θύρες και εάν περισσότερα από ένα ζευγάρια θυρών μεταδίδουν δεδομένα, το throughput, η έξοδος, αυξάνεται ανάλογα. Το συνολικό εύρος ζώνης ενός μεταγωγού καθορίζεται με την πρόσθεση του εύρους ζώνης που είναι διαθέσιμο για κάθε σύνδεση. Το ολικό άθροισμα εύρους ζώνης ενός μεταγωγού ή μιας γέφυρας μπορεί να υπολογιστεί ως ακολούθως:

$$\frac{\text{Θεωρητικό ολικό άθροισμα βαθμού προώθησης}}{2} = \frac{[\text{Αριθμός_θυρών} \times \text{ταχύτητα_καλωδίου}]}{2}$$

$$\text{Theoretical aggregate forwarding rate} = \frac{\text{Number_of_ports} \times \text{Wire_speed}}{2}$$

Ο αριθμός 2 απαιτείται διότι μια half-duplex εκπομπή απαιτεί δύο θύρες. Ένας 16-θυρος 100BASE-T μεταγωγός έχει ένα ολικό άθροισμα εξόδου throughput της τάξης των 800Mbps για παράδειγμα. Από σύγκριση, ένας 16-θυρος 100BASE-T αναμεταδότης δίνει μόνο 100Mbps ολικής εξόδου. Εάν 16 κόμβοι προσπαθούν να διατηρήσουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης, το μέσο εύρος ζώνης για κάθε κόμβο γίνεται αρκετά μικρότερο. Μερικές φορές ο μέγιστος πραγματοποιήσιμος βαθμός προώθησης ενός μεταγωγού είναι μικρότερο από το θεωρητικό ολικό βαθμό προώθησης λόγω των εσωτερικών σχεδιαστικών περιορισμών. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει εσωτερικό μπλοκάρισμα.

Οι περισσότεροι μεταγωγοί χρησιμοποιούν ένα εσωτερικό πίσω πλάνο Backplane το οποίο αλληλοσυνδέει όλες τις θύρες μέσω της λογικής της μεταγωγής. Η ικανότητα πίσω πλάνου τελικά δεικνύει το συνολικό εύρος ζώνης του μεταγωγού και θα έπρεπε να ισότιμο ή πολύ κοντά στο συνολικό βαθμό προώθησης. Εάν η ικανότητα πίσω πλάνου είναι μικρότερη από το συνολικό βαθμό προώθησης, εσωτερικό μπλοκάρισμα θα μπορούσε να προκύψει, ίσως με τη μορφή μιας εσωτερικής υπερφόρτωσης. Όλοι οι 10Mbps και οι περισσότεροι από τους 100Mbps μεταγωγούς είναι χωρίς μπλοκάρισμα σήμερα, αλλά όλοι οι Gigabit μεταγωγοί δεν έχουν την ικανότητα πίσω πλάνου ακόμη. Ως εκ τούτου, απαιτείται αρκετά καλός έλεγχος σχετικά με την κατανόηση της συγκεκριμένης ικανότητας πριν από την αγορά ενός νέου Gigabit μεταγωγού.

1.5.2.3 Μηχανισμοί Προώθησης Διακοπών

Οι μεταγωγοί χρησιμοποιούν τριών ειδών τεχνικές για προώθηση πλαισίων. Η προώθηση πλαισίου μπορεί να είναι αποθήκευση και προώθηση (*store-and-forward*), *cut-through*, ή *modified cut-through*. Κάθε μια έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στη συνέχεια παρατίθεται μια σύντομη περίληψη :

Store-and-forward – Όλες οι συμβατικές γέφυρες χρησιμοποιούν τη μέθοδο *αποθήκευσε και προώθησε* για την προώθηση των πλαισίων. Οι γέφυρες και οι μεταγωγοί για *αποθήκευση και προώθηση* αποθηκεύουν ολοκληρωτικά το εισερχόμενο πλαίσιο σε εσωτερικές μονάδες προσωρινής αποθήκευσης (buffers) πριν το στείλουν έξω από μια άλλη θύρα. Με αυτή τη μέθοδο, η καθυστέρηση της μεταγωγής ισούται με ένα ολόκληρο πλαίσιο. Η μέθοδος *αποθήκευσε και προώθησε* είναι επίσης γνωστή σαν ελεύθερη σφαλμάτων διότι ο μεταγωγός θα λάβει ολόκληρο το πλαίσιο, συμπεριλαμβανομένων των FCS bits στο τέλος προκειμένου να κάνει τον CRC έλεγχο. Ο μεταγωγός απορρίπτει τα πλαίσια που έχουν λάθη.

Cut-through – Οι *cut-through* μεταγωγοί εξετάζουν ένα πλαίσιο μόνο μέχρι τη διεύθυνση προορισμού. Αυτό επιτρέπει στο πλαίσιο να προωθηθεί σχεδόν αμέσως, καταλήγοντας σε πολύ μικρές καθυστερήσεις μεταγωγής. Οποιοδήποτε εισερχόμενο πλαίσιο με έγκυρη διεύθυνση προορισμού θα προωθηθεί. Το μειονέκτημα στην *cut-through* μεταγωγή είναι ότι τα λανθασμένα-κακά πλαίσια θα προωθηθούν επίσης διότι τα CRC bits λαμβάνονται ακριβώς στο τέλος.

Modified cut-through .Οι *Τροποποιημένοι cut-through* μεταγωγοί επιχειρούν να προσφέρουν τα καλύτερα των δύο κόσμων με το να κρατούν ένα εισερχόμενο Ethernet πλαίσιο μέχρι να ληφθούν τα πρώτα 64 bytes. Εάν το πλαίσιο είναι λανθασμένο, μπορεί σχεδόν πάντα να ανιχνευθεί μέσα από τα πρώτα 64 bytes ενός πλαισίου, έτσι μια εξισορρόπηση ανάμεσα στην καθυστέρηση μεταγωγής και τον έλεγχο λαθών επιτυγχάνεται. Στην ουσία οι *Modified cut-through* μεταγωγοί λειτουργούν σαν *αποθήκευσε και προώθησε* μεταγωγοί για τα μικρά πλαίσια, τα οποία είναι συνήθως αναγνωριστικά πλαίσια και είναι πολύ κρίσιμα από πλευράς καθυστέρησης. Για τα μεγάλα πλαίσια οι *Modified cut-through* μεταγωγοί λειτουργούν σαν *cut-through* μεταγωγοί. Η μέθοδος *Modified cut-through* είναι επίσης γνωστή σαν «μικροσκοπικά ελεύθερη» (runt-free) διότι απορρίπτει τα μικροσκοπικά πλαίσια. (Τα μικροσκοπικά πλαίσια είναι τμήματα πλαισίων τα οποία έχουν καταστραφεί από μια σύγκρουση και είναι τυπικά μικρότερα από 64 bytes.)

Μια δημόσια διαμάχη-συζήτηση μαίνεται σχετικά με το ποιος τύπος μεταγωγής ήταν καλύτερος. Η προφανής εξισορρόπηση συνήθιζε να είναι ανάμεσα στην καθυστέρηση έναντι της ελεύθερης σφαλμάτων μεταγωγής. Με ένα 10Mbps Ethernet το θέμα της καθυστέρησης ήταν ακόμη άξιο συζήτησης, διότι η καθυστέρηση για ένα 1500-byte πλαίσιο μπορούσε να είναι 1.2 milliseconds. Η σειριακή σύνδεση πολλών μεταγωγών

μπορούσε να κάνει αυτή την καθυστέρηση ακόμη μεγαλύτερη. Καθώς η ταχύτητα μετάδοσης των καλωδίων έχει αυξηθεί με ένα παράγοντα της τάξης του 10 για το Fast Gigabit Ethernet και της τάξης του 100 για το Gigabit Ethernet, η καθυστέρηση έχει μειωθεί κατά το ίδιο μέγεθος. Το γεγονός αυτό κάνει τη δημόσια συζήτηση-διαμάχη ένα αμφισβητήσιμο σημείο: Η καθυστέρηση αποθήκευσης και προώθησης του Fast Ethernet είναι 120μς και οι καθυστερήσεις του Gigabit Ethernet είναι 12μς!

Επίσης, τα κινούμενα πλαίσια από μια θύρα που λαμβάνει πιο αργά (π.χ. 10Mbps) σε μια θύρα που αποστέλλει πιο γρήγορα (π.χ. 100Mbps) θα απαιτούν την μέθοδο αποθήκευσης και προώθησης. Η θύρα μετάδοσης θα έμενε χωρίς bit προς αποστολή καθώς ο ρυθμός λήψης δεδομένων είναι κατά μια τάξη μεγέθους μικρότερος. Ως εκ τούτου, ένα ολόκληρο πλαίσιο χρειάζεται να ληφθεί πριν να αρχίσει η μετάδοση. Επειδή οι περισσότεροι μεταγωγοί σήμερα διαθέτουν είτε διπλής ταχύτητας 10/100 θύρες ή 100 ή 1000Mbps διασυνδέσεις, η μέθοδος αποθήκευσης και προώθησης έχει καταστεί το *de facto* πρότυπο.

1.5.2.4 Μέγεθος Μνήμης

Οι μεταγωγοί περιέχουν δύο ειδών μνήμες: τη source address table (πίνακας πηγαίων διευθύνσεων) και τη frame buffer memory (μνήμη προσωρινής αποθήκευσης πλαισίου). Και οι δύο είναι σημαντικές για την απόδοση. Εάν η SAT μνήμη είναι πολύ μικρή και υπερχειλίζει σε κάποια στιγμή, η προηγούμενα γνωστή διεύθυνση προορισμού ενός πλαισίου μπορεί να έχει εξαφανιστεί. Αυτό θα κάνει το μεταγωγό να προωθήσει το πλαίσιο σε όλες τις θύρες, πράγμα το οποίο γεννά υπερβολική κυκλοφορία.

Η προσωρινή αποθήκευση πλαισίου είναι περισσότερο σημαντική διότι ειδικοί-συγκεκριμένοι διπλής ταχύτητας μεταγωγοί χρειάζονται άφθονη μνήμη. Αυτό συμβαίνει διότι μια θύρα εισόδου μπορεί να λαμβάνει με μια ορισμένη ταχύτητα και μια θύρα εξόδου μπορεί ενδεχομένως να εκπέμπει μόνο με το ένα δέκατο της παραπάνω ταχύτητας. Αυτό θα απαιτεί την ύπαρξη σημαντικής προσωρινής ενδιάμεσης αποθήκευσης. Φυσικά ο έλεγχος ροής θα αναλάβει να τακτοποιήσει τα πράγματα, αλλά οι μικροί ενδιάμεσοι buffers το μόνο που κάνουν είναι να ολισθαίνουν το πρόβλημα της μνήμης σε ένα άλλο συστατικό-μέρος του δικτύου.

5.2.5. Σύνολο Σύνδεσης

Ο 802.1D spanning-tree αλγόριθμος (STA) επιτρέπει την ύπαρξη παράλληλων εφεδρικών συνδέσεων, οι οποίες διασυνδέουν δύο μεταγωγούς. Ο STA αλγόριθμός θα απενεργοποιήσει οποιοσδήποτε παράλληλες συνδέσεις, επαν-ενεργοποιώντας αυτές μόνο σε περιπτώσεις ανάγκης. Εάν η ενεργή σύνδεση «πέσει», ο STA θα ενεργοποιήσει μια εφεδρική σύνδεση μετά από μερικά δευτερόλεπτα. Μερικές φορές θα θελήσετε να συνδέσετε διαφορετικές θύρες Ethernet μεταγωγών παράλληλα προκειμένου να αυξήσετε το εύρος ζώνης. Ας θεωρήσουμε ένα παράδειγμα στο οποίο θέλουμε να κτίσουμε μια συστοιχία εξυπηρετητών χρησιμοποιώντας ένα Fast Ethernet μεταγωγό όπως επίσης και ένα workgroup

μεταγωγό. Οι μεταγωγοί είναι συνδεδεμένοι μέσω της 100Mbps θύρας σύνδεσης τους. Επιπρόσθετα, κάθε μεταγωγός έχει 16 10Mbps θύρες, κάθε μια ικανή να παράγει 20Mbps full-duplex κυκλοφορία. Εάν προσθέσουμε τις απαιτήσεις εύρους

| | | | | | |
|---|------------------------|-------------------|----------------------|--|--|
| 8 Bytes | 6 Bytes | 6 Bytes | 2 Bytes | 0-1500 Bytes | 4 Bytes |
| Preamble SFD | Destination Address | Source Address | Type/Length Field | Data and Pad | Frame Check Sequence |
| Cut-through forwards after destination address | | | | Modified cut- through forwards after 64 bytes of data | Store-and- forward forwards after FCS |

ζώνης για κάθε μεταγωγό, θα δούμε ότι κάθε μεταγωγός μπορεί να παράγει 320Mbps από full-duplex δεδομένα. Εάν όλα τα δεδομένα χρειάζεται να ταξιδέψουν δια μέσου της ραχοκοκαλιάς (backbone), μια 200Mbps FDX διασύνδεση δεν είναι αρκετή. Αυτή η σύνδεση είναι αυτό που αποκαλούμε **υπερκαλυμμένη**. Αυτό το σενάριο υποθέτει

ότι όλη η κυκλοφορία χρειάζεται να διασχίσει τη σύνδεση και ότι κανένα κομμάτι της κυκλοφορίας δεν είναι τοπικό σε ένα μεταγωγό. Αυτή μπορεί να είναι η αιτία για το γεγονός ότι όλες οι 16 συνδέσεις στο κάτω μέρος της εικόνας είναι clients οι οποίοι προσπαθούν να προσπελάσουν τρεις διαφορετικούς server οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στον πάνω μεταγωγό. Η προφανής απάντηση θα ήταν να αθροίσουμε δύο 200Mbps συνδέσεις, αλλά αυτό δεν είναι δυνατό λόγω του STA.

Ας γυρίσουμε όμως πίσω στο παράδειγμα μας. Θα συνδέαμε τους δύο μεταγωγούς με τρεις Fast EtherChannel συνδέσεις, παρέχοντας 600Mbps από full-duplex bandwidth. Μπορεί να χρειαστείτε μόνο 320Mbps χωρητικότητα η οποία ισοδυναμεί με δύο συνδέσεις. Η τρίτη σύνδεση θα παρέχει μερική εφεδρεία και δυνατότητα για μελλοντική επέκταση.

Η 802.3ad συνάθροιση συνδέσεων (802.3ad Link Aggregation)

Ο 802.1D spanning-tree αλγόριθμος δεν επιτρέπει δυστυχώς συνάθροιση συνδέσεων διότι είχε σχεδιαστεί για γέφυρες μονής θύρας περισσότερο από μια δεκαετία πριν. Παρά τα μεγάλα πλεονεκτήματα του το EtherChannel παραμένει μια τεχνολογία η οποία ανήκει στη Cisco. Άλλοι πωλητές έχουν τα δικά τους παρόμοια σχέδια, αλλά το πρόβλημα είναι ότι μεταγωγοί διαφορετικών πωλητών δεν μπορούν να συναθροιστούν. Η IEEE 802.3ad ομάδα εργασίας δουλεύει για ένα επίσημο πρότυπο για συνάθροιση συνδέσεων, το οποίο θα βασίζεται στην EtherChannel τεχνολογία. Η συνάθροιση συνδέσεων μεταξύ switch-to-switch, switch-to-server, switch-to-client and switch-to-router θα είναι δυνατή. Η σύνδεση θα λάβει χώρα στο Layer 2.

1.6 Switched Fast Ethernet και άλλες τεχνολογίες δικτύων

1.6.1 Η πορεία προς το Gigabit Ethernet

Είναι κοινά αποδεκτό ότι η μετάβαση προς το Gigabit Ethernet θα συμβεί βαθμιαία με αποτέλεσμα η αρχική υλοποίηση να βρίσκεται στη ραχοκοκκαλιά των υπαρχόντων Ethernet LANs. Στη συνέχεια, οι συνδέσεις μεταξύ των εξυπηρετητών θα αναβαθμιστούν και τελικά οι αναβαθμίσεις θα φθάσουν και στους υπολογιστές των χρηστών. Μερικές από τις πιθανές ενέργειες για την υλοποίηση αυτού του σχεδίου είναι οι εξής:

Αναβάθμιση των συνδέσεων μεταξύ των διακοπών (switch-to-switch links)- Οι συνδέσεις των 100 Mbps μεταξύ των διακοπών ή των επαναληπτών του Fast Ethernet μπορούν να αντικατασταθούν από συνδέσεις των 1000 Mbps, αυξάνοντας την ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ των backbone switches (διακοπών ραχοκοκαλιάς) και επιτρέποντας στους διακόπτες να υποστηρίζουν μεγαλύτερους αριθμούς switched ή shared Fast Ethernet τμημάτων.

Αναβάθμιση των συνδέσεων μεταξύ διακοπών- εξυπηρετών. Είναι δυνατόν να υλοποιηθούν συνδέσεις των 1000 Mbps μεταξύ των διακοπών και των υψηλής απόδοσης εξυπηρετητών. Η αναβάθμιση αυτή για να υλοποιηθεί θα πρέπει οι εξυπηρετητές να εφοδιαστούν με Gigabit Ethernet NICs.

Αναβάθμιση της ραχοκοκαλιάς του Fast Ethernet- Ένας διακόπτης της ραχοκοκαλιάς του Fast Ethernet όπου έχουν προσαρτηθεί 10/100 διακόπτες μπορεί να αναβαθμιστεί σε ένα διακόπτη Gigabit Ethernet υποστηρίζοντας 100/1000 πολλαπλούς διακόπτες όπως επίσης και δρομολογητές και hubs με Gigabit Ethernet διασυνδέσεις και Gigabit επαναλήπτες.

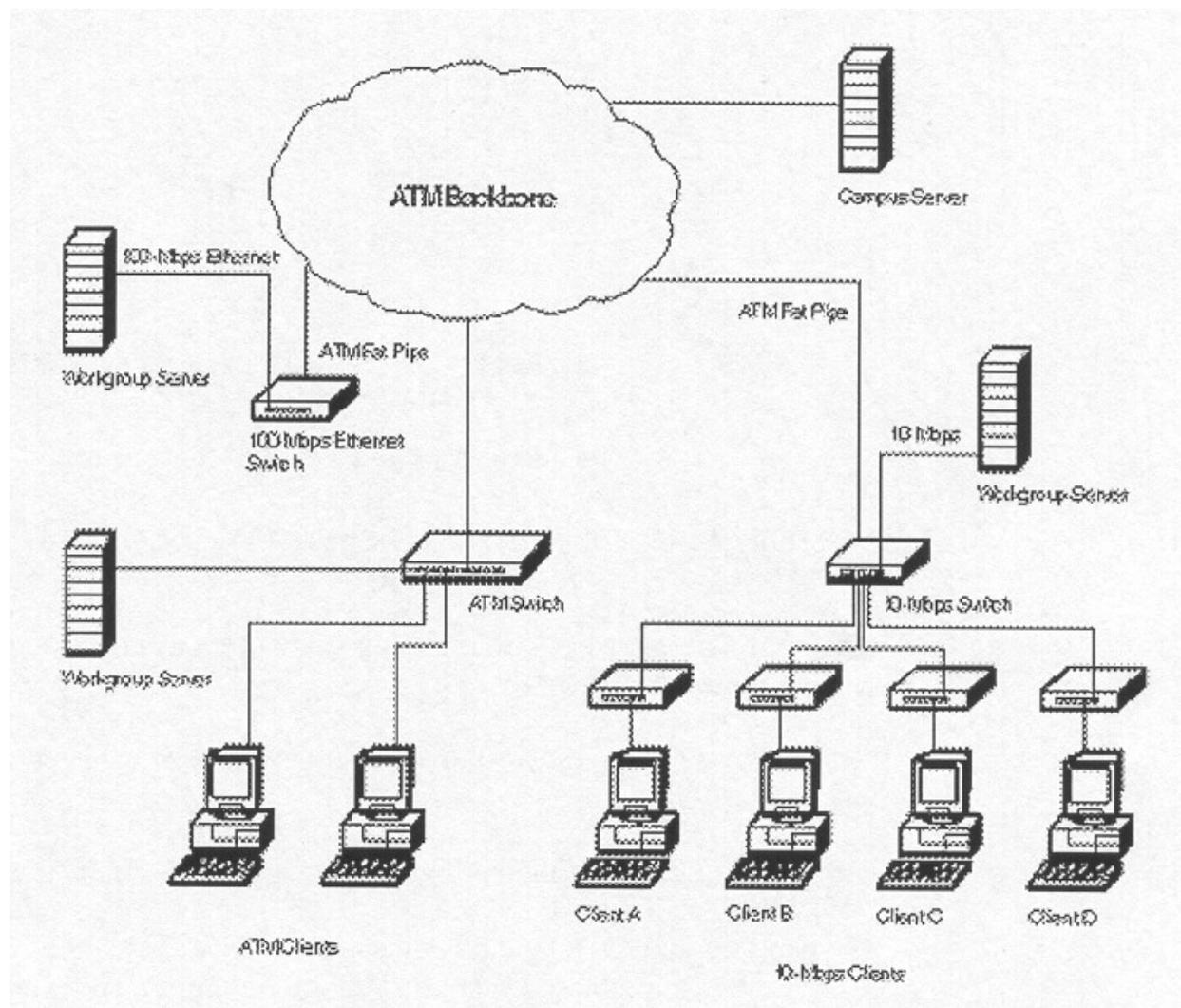
Η ενέργεια αυτή θα επιτρέψει στους εξυπηρετές (servers) να συνδεθούν άμεσα στη ραχοκοκαλιά χρησιμοποιώντας Gigabit Ethernet NICs, αυξάνοντας έτσι το ρυθμό απόδοσης των εξυπηρετητών(clients)σε περιπτώσεις εφαρμογών που απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης για να εκτελεσθούν. Ένα Gigabit Ethernet δίκτυο θα μπορούσε να υποστηρίξει ένα μεγαλύτερο αριθμό τμημάτων(segments), μεγαλύτερο εύρος ζώνης ανά τμήμα και επομένως ένα μεγαλύτερο αριθμό κόμβων ανά τμήμα.

1.6.2 Switched Fast Ethernet και ATM

Σαν ένα τελικό στάδιο κατά τη δημιουργία ενός δικτύου, οι χρήστες επιθυμούν να επικοινωνούν με διάφορα sites. Κάθε site θα μπορούσε να περιέχει switched LANs τα οποία είναι διασκορπισμένα σε διάφορα σημεία της πανεπιστημιούπολης ή ακόμα και ATM LANs. Ένα υψηλής-ταχύτητας ευρείας περιοχής δίκτυο (WAN)μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διασύνδεση των διαφόρων διακοπών. Η τεχνολογία ATM είναι ίσως η καταλληλότερη στη συγκεκριμένη περίπτωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελεί μία κλιμακωτή τεχνολογία η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες για μεταφορά δεδομένων με υψηλούς ρυθμούς. Τόσο το FDX Ethernet όσο και το Fast Ethernet μπορούν να συνυπάρχουν με ATM LANs και να προσαρτώνται σε μία

ραχοκοκαλιά ATM, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Για την προσάρτηση ενός switched Ethernet LAN σε ένα ATM δίκτυο θα απαιτηθούν ένας διακόπτης Ethernet καθώς και ένα ATM fat pipe όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1-13.

Σχήμα 1-13.



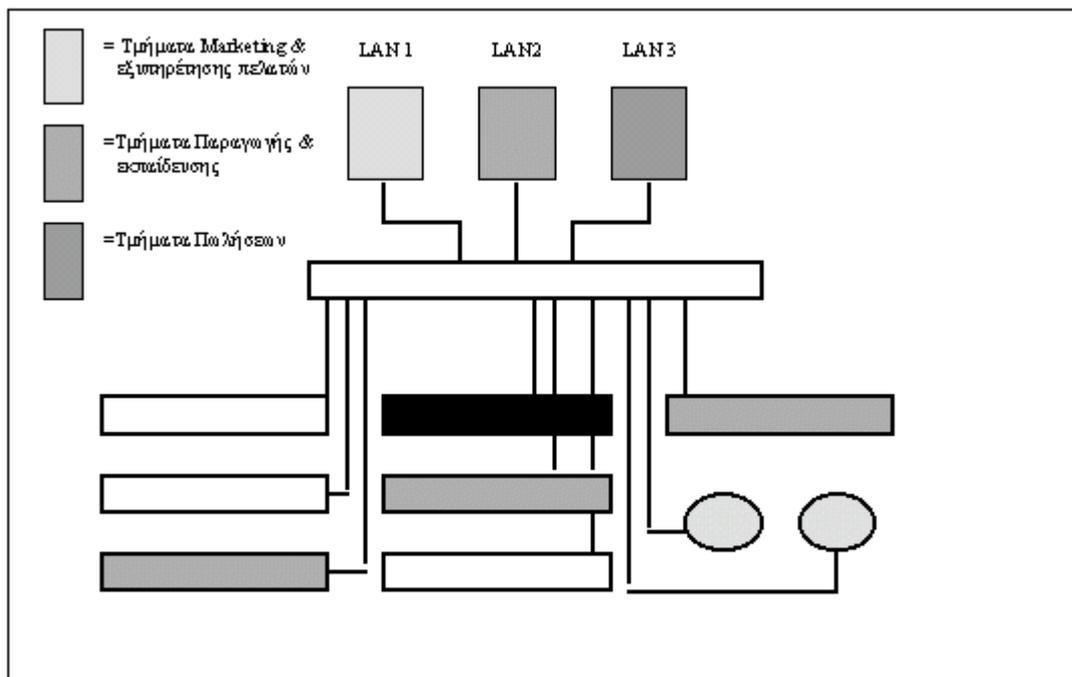
1.6.3 Virtual LANs

Ένα Virtual LAN (εικονικό LAN) ή VLAN εμφανίζεται σαν ένα μεγάλο δίκτυο ενώ στην πραγματικότητα αποτελεί μία συλλογή από πολλαπλά δίκτυα. Αν και τα δίκτυα αυτά είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους από φυσική άποψη ωστόσο λογικά αποτελούν ξεχωριστές οντότητες. Επίσης το κάθε δίκτυο μπορεί να έχει διαφορετικό πρωτόκολλο. Ένας διακόπτης (switch) μπορεί να ελέγχει και να ρυθμίζει την κυκλοφορία ενός αριθμού δικτύων (τα οποία σχηματίζουν ένα VLAN), αλλά δεν μπορεί να συνδέσει χρήστες μεταξύ των δικτύων αυτών. Εάν επιθυμούμε σύνδεση

μεταξύ χρηστών χρησιμοποιούμε δρομολογητές , διότι οι δρομολογητές συνδέουν διάφορα δίκτυα.

Ένα switched VLAN είναι ένας χώρος εκπομπής στον οποίο διασυνδέονται διάφορα δίκτυα LAN με χρήση καλωδίων. Οι διακόπτες Ethernet έχουν προέλθει από την δημιουργία VLANs τα οποία στηρίζονται στην εκχώρηση θύρας (port assignment). Οι διακόπτες αυτοί είναι πλέον σε θέση να δημιουργήσουν VLANs τα οποία στηρίζονται στη διευθυνσιοδότηση MAC ή δικτύου. Αυτό επιτρέπει στα VLANs να διαιρούνται σε μικρά υποδίκτυα τα οποία καθορίζονται από διάφορα διαχειριστικά εργαλεία.

Σχήμα 1-14.



Σχεδιασμός VLAN

Θεωρείστε την περίπτωση κατά την οποία ένας διακόπτης διακινεί πληροφορίες από τα τμήματα πωλήσεων και εξυπηρέτησης πελατών στον ίδιο εξυπηρετητή (LAN 1), από τα τμήματα εκπαίδευσης και καλλιτεχνικής παραγωγής σε έναν άλλο εξυπηρετητή (LAN 2) και από τους τρεις ορόφους πωλήσεων σε ένα τρίτο εξυπηρετητή (LAN 3). Αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο το οποίο εργάζεται σε έναν

σταθμό δίπλα σας μπορεί να μην είναι σε θέση να σας διαβιβάσει πληροφορίες αν και οι πληροφορίες αυτές διέρχονται μέσα από τον ίδιο διακόπτη. Αυτά μπορούν να γίνουν περισσότερο κατανοητά βλέποντας το σχήμα 1-14.

Εάν τα παραπάνω υποδίκτυα έχουν το ίδιο πρωτόκολλο, το LAN θα μπορούσε να παραμείνει εικονικό ανάλογα με τη διαμόρφωση του διακόπτη. Επιπλέον, εάν υπάρχει μόνο ένα απλό πρωτόκολλο, ο διακόπτης θα μπορούσε να διαμορφωθεί ώστε το LAN να λειτουργεί σαν ένα μεγάλο δίκτυο γνωστό και ως «flatnet». Εάν συνέβαινε κάτι τέτοιο κάθε χρήστης θα μπορούσε να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε άλλο χρήστη εντός του δικτύου καθώς και να ανταλλάξει δεδομένα με οποιονδήποτε εξυπηρετητή. Τα VLANs χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν την πρόσβαση στις πληροφορίες και όπως φάνηκε στο παραπάνω παράδειγμα τα υποδίκτυα είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Αν και είναι συνδεδεμένα ωστόσο δεν είναι σε θέση να ανταλλάξουν πληροφορίες χωρίς τη χρήση δρομολογητή. Ένας διακόπτης διακινεί τις πληροφορίες για τρία LAN και κανένα από αυτά δεν μπορεί να προσπελάσει πληροφορίες των υπολοίπων υποδικτύων.

Ένα Ethernet VLAN μπορεί να εγκατασταθεί με χρήση λογισμικού, επιτρέποντας σε έναν διαχειριστή δικτύου να ομαδοποιήσει ένα πλήθος από θύρες σημείων μεταγωγής σε ένα υψηλού εύρους ζώνης και χαμηλής καθυστέρησης διακοπτικό workgroup. Για λόγους αναγνώρισης όσον αφορά τη διαχείριση δικτύου, κάθε εικονικό LAN αποκτά ένα μοναδικό αριθμό. Τα VLANs λειτουργούν σε αρχιτεκτονική γέφυρας, διακλαδίζοντας και εκπέμποντας δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούν διευθύνσεις MAC τόσο για τον προσδιορισμό του αποστολέα όσο και του παραλήπτη. Η κυκλοφορία μεταξύ των LANs φιλτράρεται, ασφαλίζεται και διαχειρίζεται από έναν δρομολογητή στο επίπεδο δικτύου. Η δρομολόγηση πραγματοποιείται με χρήση λογισμικού ανεξάρτητο από τη λογική μεταγωγής του εικονικού LAN.

Η κίνηση μεταξύ των υποδικτύων (π.χ., μεταξύ διαφορετικών LANs) επηρεάζεται από την σημαντική καθυστέρηση που οφείλεται στο χρόνο επεξεργασίας που απαιτείται από τους δρομολογητές. Τα VLANs ελαχιστοποιούν τις καθυστερήσεις διότι κυρίως μεταφέρουν και δεν δρομολογούν τα δεδομένα στα διαφορετικά τμήματα (segments) του VLAN. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το πρότυπο IEEE 802.1 καθορίζει τις προδιαγραφές για τα VLANs.

1.7 Ζητήματα Υλοποίησης Switched Fast Ethernet.

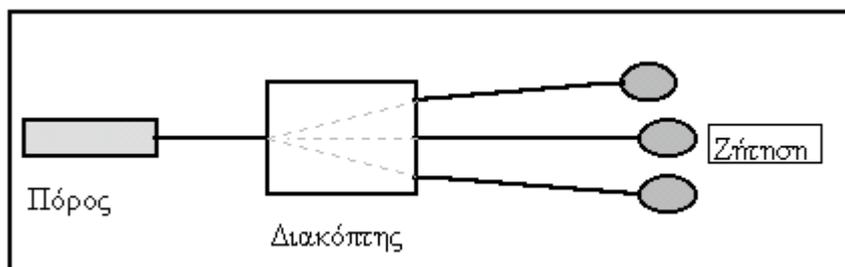
Ο καθορισμός για το εάν και που χρειάζεται ένας διακόπτης είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματική χρήση του δικτύου. Ερωτήματα του τύπου «Ποιοι χρήστες και που απαιτούν πληροφορίες;» ή «Που έχουν τοποθετηθεί οι πληροφορίες που απαιτούνται από τους χρήστες;» πρέπει να απαντηθούν με μεγάλη προσοχή. Η ζήτηση και οι πόροι καθορίζουν την αρχιτεκτονική του δικτύου όπου οι διακόπτες μπορούν να διαδραματίσουν έναν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία του συστήματος το οποίο μπορεί να παρουσιάζει βέλτιστη απόδοση.

Μία περίπτωση όπου η ζήτηση και οι πόροι βρίσκονται τοποθετημένοι στην ίδια τοποθεσία είναι ένα τμήμα λογιστηρίου όπου ένας εξυπηρετητής διατηρεί πληροφορίες σχετιζόμενες με το συγκεκριμένο τμήμα. Ένας διακόπτης μεταξύ των χρηστών και του εξυπηρετητή δεν θα αυξήσει απαραίτητα την ταχύτητα του δικτύου όπως θα φανεί στη συνέχεια.

1.7.1 Αναποτελεσματική Χρήση Διακοπών.

Εάν κάθε χρήστης του προαναφερθέντος συστήματος προσπελάσει τον εξυπηρετητή (server) και ο εξυπηρετητής είναι συνδεδεμένος στο διακόπτη μέσω μίας μόνο θύρας, τότε πάλι οι χρήστες θα πρέπει να περιμένουν. Ο διακόπτης είναι αναποτελεσματικός επειδή κάθε φορά μόνο μία αίτηση εξυπηρέτησης ικανοποιείται. Εάν όμως ο διακόπτης έχει τρεις θύρες που συνδέονται με τον εξυπηρετητή, τότε αυτός μπορεί να εξυπηρετήσει τρεις λογιστές ταυτόχρονα όπως φαίνεται στο σχήμα 1-15 που ακολουθεί.

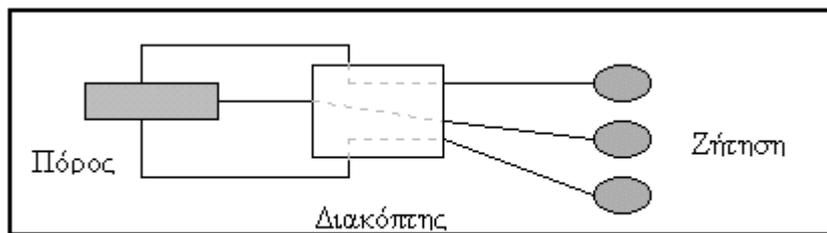
Σχήμα 1-15.



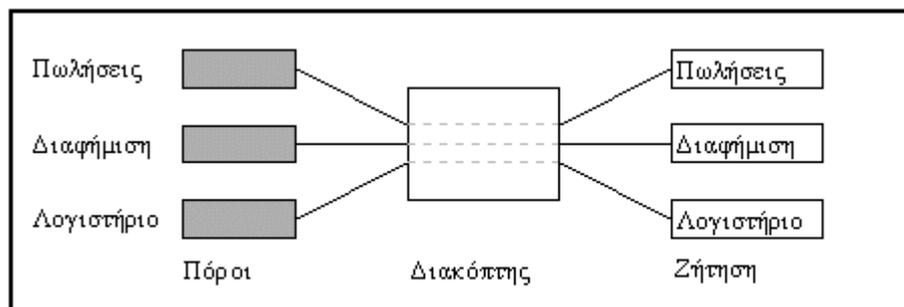
Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι το να συνδέουμε απλώς οτιδήποτε σε ένα διακόπτη ίσως να μην είναι ο ποιος αποτελεσματικός τρόπος για να σχεδιάσουμε ένα

δίκτυο. Οι πόροι που σχετίζονται με ένα τμήμα θα πρέπει να παραμένουν στο τμήμα (segment) του τμήματος. Δεν έχει κανένα νόημα να προσθέτουμε την κυκλοφορία δεδομένων που δημιουργείται από τους συγκεκριμένους πόρους σε όλο το δίκτυο- για παράδειγμα, σε ένα απλό περιβάλλον LAN ένας διακόπτης που διακινεί δεδομένα για τρεις ομάδες εργασίας σε τρεις διαφορετικούς εξυπηρετητές είναι κάτι το αναποτελεσματικό όπως φαίνεται στο σχήμα 1-16.

Σχήμα 1-16.



1.7.2 Αποτελεσματική Αρχιτεκτονική

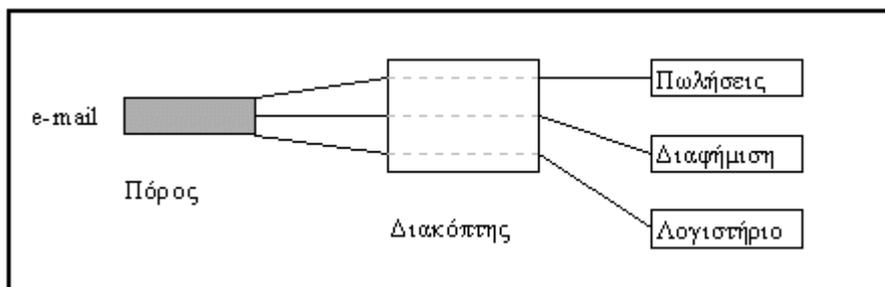


Σχήμα 1-17.

Εάν οι πόροι διατηρούνταν στα συγκεκριμένα τμήματα, ο διακόπτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με πιο αποτελεσματικό τρόπο όπως φαίνεται στο σχήμα 1-17 το οποίο απεικονίζει ένα δίκτυο που οι εξυπηρετές διατηρούν τις πληροφορίες και τις εφαρμογές για διάφορα τμήματα. Η κατανομή των εφαρμογών σε διάφορους εξυπηρετητές, έχει σαν αποτέλεσμα ένας διακόπτης να μπορεί να διαχειρίζεται την κυκλοφορία πληροφοριών που αντιστοιχεί σε ένα ευρύτερο πεδίο ζήτησης (demand). Οι αρχιτεκτονικές μεταγωγής θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε η τοπική κυκλοφορία από και προς τους πόρους ενός τμήματος (segment) να παραμένει τοπική και οι μεγάλης έκτασης πόροι της επιχείρησης να είναι προσπελάσιμοι από πολλαπλά τμήματα του δικτύου.

Έστω ότι τρεις διαφορετικές ομάδες εργασίας (διαφορετικά τμήματα του LAN) απαιτούν πρόσβαση σε έναν εξυπηρετητή(ο οποίος περιέχει την βάση δεδομένων για τα e-mail τους (δείτε το σχήμα 1-18). Σε αυτή την περίπτωση, ένας διακόπτης είναι σε θέση να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση συνδέοντας πολλαπλά τμήματα στους πόρους τους οποίους χρειάζεται κάθε χρήστης. Οι ομάδες εργασίας έχουν άμεσης πρόσβασης συνδέσεις στις πληροφορίες. Οπότε το φαινόμενο της συμφόρησης αποφεύγεται διότι ένας διακόπτης συντονίζει την κυκλοφορία διεξάγοντας ταυτόχρονους διαλόγους: μεταξύ λογιστηρίου- εξυπηρετητή, μεταξύ τμήματος διαφημίσεων- εξυπηρετητή και μεταξύ τμήματος πωλήσεων -εξυπηρετητή.

Σχήμα 1-18.



Επιπλέον, οι σύνδεσμοι που εγκαθιστά ο διακόπτης εναλλάσσονται μεταξύ τους. Η αποκλειστική σύνδεση ενός χρήστη στο λογιστήριο με έναν εξυπηρετητή παραχωρεί τη θέση της σε μία σύνδεση μεταξύ ενός εξυπηρετητή και ενός διευθυντή που ζητά και αυτός πληροφορίες. Αυτή είναι εξάλλου και η ομορφιά της μεταγωγής. Υποστηρίζοντας παράλληλες συνδέσεις έχοντας την ικανότητα να τις αλλάζουν ακαριαία, οι διακόπτες παρέχουν ασύγκριτη ταχύτητα και προσαρμοστικότητα.

1.8 Συμπεράσματα

Οι μεταγωγοί είναι απίστευτα χρήσιμες συσκευές για τη δημιουργία γρήγορων, οικονομικά ανεκτών Ethernet όλων των μεγεθών. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των μεταγωγών είναι τα εξής:

- Οι μεταγωγοί, οι επαναστατικοί διάδοχοι των γεφυρών, μας επιτρέπουν να ενώσουμε διαφορετικά μεμονωμένα δίκτυα.
- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους μεταγωγούς για να τμηματοποιήσουμε μεγαλύτερα δια-μοιραζόμενα LANs με υπερβολικά μεγάλα επίπεδα κυκλοφορίας σε μικρότερα LANs, μειώνοντας ως εκ τούτου το επίπεδο της

κυκλοφορίας. Αυτή η διαδικασία καλείται *τμηματοποίηση ενός LAN* και είναι μια από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για την βελτίωση του εύρους ζώνης του δικτύου μας.

- Οι μεταγωγοί είναι κρίσιμοι για τη σύνδεση Ethernet LAN διαφορετικών ταχυτήτων. Η ικανότητα εσωτερικής προσωρινής αποθήκευσης (internal buffering) καθιστά δυνατή την παραπάνω σύνδεση. Χωρίς μεταγωγούς, η «μετανάστευση» από 10Mbps Ethernet σε 100 ή 1000Mbps εκδόσεις θα ήταν πολύ δύσκολη και θα ενέπλεκε την περιβόητη «forklift upgrade» (πράγμα το οποίο σημαίνει την αντικατάσταση όλου του υπάρχοντος εξοπλισμού.) Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι μεταγωγοί προσφέρουν θύρες διαφορετικών ταχυτήτων.
- Πολλοί μεταγωγοί προσφέρουν 10/100 ταχύτητα στην ίδια θύρα των περισσότερων Fast Ethernet NICs. Αυτό το χαρακτηριστικό τους κάνει ιδανικές plug-and-play συσκευές για εύκολη αναβάθμιση και προστασία της επένδυσης
- Το συνηθισμένο δια-μοιραζόμενο Ethernet έχει διάμετρο δικτύου 2500 μέτρων, ενώ τα Fast και Gigabit Ethernet είναι περιορισμένα στο ένα δέκατο αυτής, πράγμα το οποίο κάνει τα μεγάλα δια-μοιραζόμενα Fast και Gigabit Ethernet LANs μη ρεαλιστικά. Με τη χρήση των μεταγωγών, ένα Fast ή Gigabit Ethernet δίκτυο την μπορούν να φτάσει οποιαδήποτε μεγέθους δικτυακή διάμετρο.
- Όπως οι πομποδέκτες (transceivers) έτσι και οι μεταγωγοί απαιτούν μηδενική ή ελάχιστη διαμόρφωση, διότι είναι αυτό-διδασκτές (self-learning) συσκευές. Το παραπάνω χαρακτηριστικό κάνει την εγκατάσταση και τη χρήση των μεταγωγών πολύ εύκολη. Σήμερα οι μεταγωγοί δεν έχουν πολλά χαρακτηριστικά που να απαιτούν κάποια διαμόρφωση – για παράδειγμα στον STA η συνάθροιση συνδέσεων, η κατάσταση προώθησης, full-duplex κτλ. Όμως, αυτές οι επιλογές διαμόρφωσης είναι σχετικά άμεσες και πολλοί μεταγωγοί θα συνεχίσουν να λειτουργούν χωρίς κανενός είδους διαμόρφωση σαν περιστασιακοί αντικαταστάτες κάποιων αναμεταδοτών.

Η αναβάθμιση από πομποδέκτες σε μεταγωγούς είναι μια περιστασιακή αντικατάσταση. Πρώτον, απαιτείται αποσύνδεση απο τον παλιό δια-μοιραζόμενου μέσου πομποδέκτη και δεύτερον η εγκατάσταση ενός μεταγωγό στη θέση του.

Συνεπώς, έχει γίνει αναβάθμιση του εύρους ζώνης ενός δικτύου κατά μια τάξη μεγέθους.

Σήμερα οι μεταγωγοί προσφέρουν εντυπωσιακή τιμή και απόδοση. Μερικά χρόνια πριν, μόνο πολύ λίγοι πωλητές διέθεταν Ethernet μεταγωγούς, πράγμα το οποίο σήμαινε υψηλές τιμές. Σήμερα, κάθε ένας δικτυακός πωλητής διαθέτει κάποιου είδους Ethernet μεταγωγό. Όσον αφορά την τιμή και την απόδοση είναι ακαταμάχητοι.

Οι μεταγωγοί έχουν φοβερά μεγάλη ανοχή σε σφάλματα. Μέσω του spanning-tree αλγόριθμου, οι μεταγωγοί περικλείουν ένα στοιχείο ανοχής σε σφάλματα για πολλαπλές εφεδρικές συνδέσεις. Η συνάθροιση συνδέσεων προνοεί για βαθμωτό εύρος ζώνης. Το εύρος ζώνης σύνδεσης ανάμεσα σε μεταγωγούς ή servers μπορεί να αυξηθεί βήμα-βήμα, κάνοντας τη σύνδεση με μεταγωγούς βαθμωτή κατά απαίτηση. Εάν ο server σας «τρέχει» με 100Mbps, για παράδειγμα, αλλά δεν είστε ακόμη έτοιμοι για να αγοράσετε ένα Gigabit μεταγωγό και NIC, η συνάθροιση συνδέσεων σας επιτρέπει να αυξήσετε την απόδοση σας σε 200Mbps σχετικά εύκολα. Η συνάθροιση συνδέσεων επίσης περικλείει το επίπεδο της ανοχής σφάλματος σε ένα δίκτυο με μεταγωγή.

Το full-duplex Ethernet είναι ένα από τα Ethernet επιτεύγματα τα οποία έχουν περάσει σχετικά απαρατήρητα. Το φανερό πλεονέκτημα του full-duplex Ethernet είναι ότι επιτρέπει ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη, διπλασιάζοντας πραγματικά το θεωρητικό throughput του Ethernet με αποτέλεσμα το full-duplex Ethernet μεταβάλλει σημαντικά το μέλλον του Ethernet. Επίσης, το full-duplex Ethernet διατηρεί την προς τα πίσω συμβατότητα του αξιοποιώντας την υπάρχουσα Ethernet διαμόρφωση πλαισίου

Όμως, οι μεταγωγοί, εκτός από το πλήθος των πλεονεκτημάτων που έχουν, παρουσιάζουν ένα βασικό μειονέκτημα. Οι κλασσικοί Ethernet πομποδέκτες (transceiver) είναι πολύ εύκολοι στη διαχείριση και την αντιμετώπιση βλαβών, ενώ οι μεταγωγοί δεν είναι. Γι' αυτό το λόγο ένας πομποδέκτης μοιράζεται το εύρος ζώνης κατά μήκος όλων των θυρών, επιτρέποντας τη σύνδεση σε μια θύρα ενώ οι μεταγωγοί διαιρούν το δίκτυο σε πολλά διαφορετικά τμήματα, πράγμα το οποίο απαιτεί εξεζητημένη διαχείριση και εργασία επίλυσης προβλημάτων.

2⁰

Fiber Optic Media System

10BASE-F

Δίκτυο 10BASE-F με χρήση οπτικής ίνας

Το δίκτυο 10Base-F με χρήση οπτική ίνας χρησιμοποιεί παλμούς φωτός για να στείλει Ethernet σήματα. Αυτή η μέθοδος έχει αρκετά πλεονεκτήματα .Το κυριότερο από αυτά είναι ότι ένα τμήμα οπτικής σύνδεσης μπορεί να μεταφέρει σήματα σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι τα καλωδιακά δίκτυα (εκτός των οπτικών ινών).Για παράδειγμα, με ένα 10Base-F τμήμα οπτικής ίνας μπορεί να συνδεθεί ένα Ethernet hub σε αποστάσεις ως και δυο χιλιόμετρα. Ενώ τμήματα της οπτικής ίνας με half-duplex επικοινωνία μπορούν να συνδεθούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις με την μονότροπη (single-mode fiber) οπτική ίνα .

Η οπτική ίνα χρησιμοποιείται ως καλωδίωση ραχοκοκαλιά (backbone) σε ένα δομημένο σύστημα καλωδίωσης. Επιτρέπει να συνδέσει Ethernet hubs τοποθετημένα σε κάθε όροφο ενός κτιρίου μέσω του δικτύου αυτού .Επίσης χρησιμοποιείται για συνδέσεις σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι τα τμήματα με συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων (twisted-pair). Σε γενικές γραμμές, τα δίκτυα με οπτική ίνα υποστηρίζουν υψηλότερες ταχύτητες σε τοπικά δίκτυα Ethernet. Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο 10Base-F με χρήση οπτική ίνας που υποστηρίζει ταχύτητες 10 Mbps σε Ethernet διαύλους, στο μέλλον, θα μπορεί να χρησιμοποιείται και σαν κανάλι επικοινωνίας σε Fast ή Gigabit δίκτυα.

2.1 Παλιά και καινούρια τμήματα οπτικής σύνδεσης

Υπάρχουν δυο είδη 10Mbps τμήματα οπτικής σύνδεσης που βρίσκονται σε χρήση ,το παλιό κομμάτι οπτικής σύνδεσης μέσω εσωτερικού επαναλήπτη (repeater) (FOIRL)και το νέο 10Base-FL τμήμα. Η οπτική ίνα περιγράφει ένα τμήμα σύνδεσης που είναι μεγαλύτερο από 1000 μέτρα και χρησιμοποιείται μεταξύ επαναληπτών. Στις μέρες μας , η σύνδεση ενός hub με λειτουργίες επαναλήπτη μέσω της οπτικής ίνας FOIRL είναι εφικτή γιατί το κόστος των επαναληπτών συνεχώς πέφτει με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται αρκετά hubs με λειτουργίες επαναλήπτη στην κατασκευή Ethernet δικτύων. Έτσι, πωλήτριες εταιρείες δημιούργησαν εξωτερικούς πομποδέκτες (transceivers) οπτικής ίνας FOIRL για να συνδέουν hubs με λειτουργίες επαναλήπτη παρ'όλο που συνδέσεις με οπτική ίνα μεταξύ επαναληπτών και σταθμών εργασίας σε ένα δίκτυο Ethernet δεν ήταν μέσα στα πρότυπα (standards) της οπτικής ίνας FOIRL.Όσον αφορά το θέμα με τις προδιαγραφές, νέα πρότυπα του δικτύου αυτού έχουν βελτιωθεί και αναπτυχθεί. Σύμφωνα με αυτά τα πρότυπα, ένα τμήμα οπτικής ίνας επιτρέπει άμεσες συνδέσεις μεταξύ επαναληπτών και σταθμών εργασίας .

Τα πρότυπα που αναφέρονται στο 10base-F δίκτυο υποστηρίζουν τρεις περιπτώσεις αρχιτεκτονικής οπτικής ίνας .

10BASE-FL

- Σύμφωνα με τα πρότυπα, ένα FOIRL (Fiber Opric Inter-Repeater Link) τμήμασύνδεσης έχει αντικατασταθεί από FL(Fiber Link) τμήμα. Η σηματοδοσία της 10BASE-FL οπτικής ίνας έχει άμεση σχέση με την FOIRL. Το μέγιστο επιτρεπτό τμήμα που παρέχει το 10BASE-FL δίκτυο μπορεί να είναι ως και 2000 μέτρα απόστασης εφόσον αυτό το τμήμα χρησιμοποιεί μόνο 10BASE-FL συσκευές.Αν τα εξαρτήματα της παλιάς οπτικής ίνας FOIRL συνδυαστούν με τα εξαρτήματα της 10BASE-FL τότε το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος μπορεί να φτάσει μέχρι και 1000 μέτρα. Έτσι, ένα τέτοιο τμήμα όπως έχει η 10BASE-FL μπορεί να συνδέσει δύο υπολογιστές ή δύο επαναλήπτες ή και ένα υπολογιστή με έναν επαναληπτή. Οι προδιαγραφές της 10BASE-FL οπτικής ίνας είναι εκείνο το κομμάτι από όλες τις προδιαγραφές του 10BASE-F δικτύου που χρησιμοποιείται περισσότερο και τα εξαρτήματα της παρέχονται από ένα τεράστιο σύνολο εταιρειών που ασχολούνται με τα δίκτυα.

10BASE-FB

- Οι προδιαγραφές της 10Base-FB περιγράφουν ένα (Fiber Backbone) τμήμα με

σύγχρονη σηματοδοσία. Αυτό το δίκτυο επιτρέπει πολλούς επαναλήπτες μαζί να συνδεθούν, ξεπερνώντας το συνηθισμένο αριθμό επαναλήπτων που χρησιμοποιούνται σε 10Mbps Ethernet δίκτυα. Η 10BASE-FB οπτική ίνα χρησιμοποιείται για να συνδέσει μαζί hubs με λειτουργίες επαναλήπτη που δεν υποστηρίζουν σύγχρονη σηματοδοσία σε ένα επαναλαμβανόμενο backbone δίκτυο το οποίο μπορεί να εκπέμπει δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις. Το backbone δίκτυο είναι αυτό το δίκτυο που χρησιμοποιείται σαν κύρια διαδρομή της κυκλοφορίας δεδομένων μεταξύ των δικτυακών τμημάτων. Το backbone δίκτυο βασίζεται σε υψηλή τεχνολογία η οποία παρέχει εύρος ζώνης στα δικτυακά τμήματα έτσι ώστε η κίνηση δεδομένων από αυτά τα τμήματα να ταιριάζει με την κίνηση δεδομένων του backbone δικτύου. Κάθε 10BASE-FB οπτική σύνδεση μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 2000 μέτρα σε μήκος. Βασικά, το 10BASE-FB δίκτυο δεν είναι και τόσο διαδεδομένο και αυτό γιατί μόνο πολύ λίγες πωλήτριες επιχειρήσεις παρέχουν υλικά για την κατασκευή ενός τέτοιου δικτύου.

10Base-FP

- Τα πρότυπα της παθητικής οπτικής ίνας (Fiber passive) παρέχουν διάφορες προδιαγραφές για ένα mixing τμήμα παθητικής οπτικής σύνδεσης. Αυτό επιτυγχάνεται με μια συσκευή που δεν χρησιμοποιεί ρεύμα και λειτουργεί ως συζευκτής οπτικού σήματος. Η συσκευή αυτή συνδέει υπολογιστές σε ένα δίκτυο βασισμένο σε οπτική ίνα. Σύμφωνα με τα πρότυπα ,το μέγιστο επιτρεπτό 10BASE-FP τμήμα μπορεί να φτάσει ως και 500 μέτρα ενώ ένας συζευκτής 10BASE-FP παθητικής οπτικής ίνας μπορεί να συνδέσει μέχρι και 33 υπολογιστές. Όμως, το δίκτυο αυτό δεν υποστηρίζεται από τις πωλήτριες εταιρείες διότι δεν υπάρχει εξοπλισμός που να βασίζεται στα πρότυπα της παθητικής οπτικής ίνας

2.2 Εξαρτήματα σηματοδοσίας του 10BASE-FL δικτύου

Για να στείλουμε και να λάβουμε δεδομένα μέσα σε ένα 10BASE-FL δίκτυο χρειαζόμαστε τα εξής :

- Ethernet διασύνδεση που είναι ενσωματωμένη με 10BASE-FL πομποδέκτης (transceiver).Κάθε σύνδεση που προορίζεται για αυτό το δίκτυο συνήθως παρέχεται με εξωτερικό transceiver που είναι προσκολλημένος σε ένα 15-pin AUI συνδετήρα πάνω στην διασύνδεση.
- Καλώδιο για transceiver το οποίο ονομάζεται Attachment Unit Interface (AUI)καλώδιο.
- Εξωτερικό 10BASE-FL transceiver που ονομάζεται Medium Attachment Unit (MAU) οπτικής ίνας .

2.2.1 Διασυνδέσεις του 10BASE-FL δικτύου

Στις μέρες μας ,οι περισσότερες Ethernet συνδέσεις σε υπολογιστές δημιουργούνται από δίκτυα χρησιμοποιώντας ως μέσο (twisted-pair) καλώδιο. Συνεπώς, δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση για Ethernet διασυνδέσεις εξοπλισμένες με πομποδέκτες (transceiver) οπτικής ίνας που επιτρέπουν οπτικές συνδέσεις ταχύτητας 10Mbps άρα δεν υπάρχει και προσφορά από τις περισσότερες πωλήτριες εταιρείες .Έτσι, τα τμήματα οπτικής ίνας συνδέονται με έναν εξωτερικό transceiver που είναι συνδεδεμένος με μια 15-pin AUI θύρα πάνω σε μια Ethernet διασύνδεση .

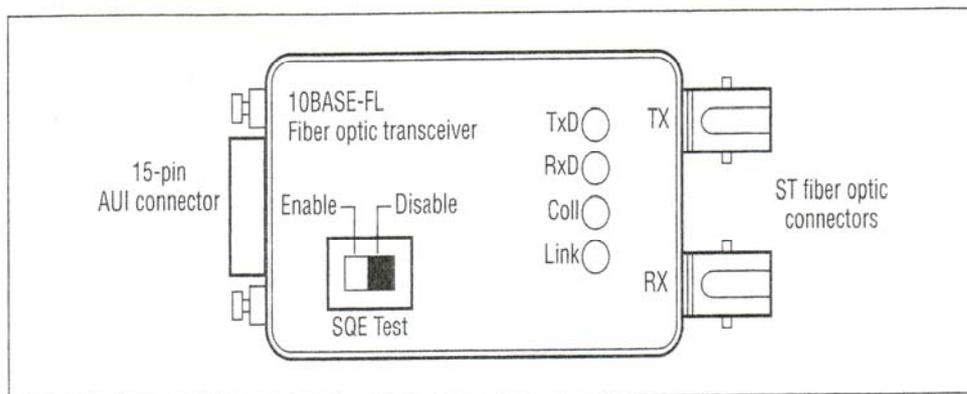
2.2.2 Καλώδιο για Πομποδέκτης (Transceiver)

Σε ένα δίκτυο 10BASE-F,το καλώδιο του πομποδέκτη (transceiver) χρησιμοποιείται για να συνδέει μια Ethernet διασύνδεση με έναν εξωτερικό transceiver ο οποίος προορίζεται για 10BASE-F δίκτυα. Φυσικά, αν ο transceiver είναι μικρός και χωράει σε έναν 15-pin AUI συνδετήρα που βρίσκεται πάνω στην Ethernet διασύνδεση, το καλώδιο του transceiver δεν χρειάζεται.

2.2.3 10BASE-FL Πομποδέκτης (transceiver)

Για να συνδέσουμε ένα τμήμα οπτικής ίνας χρειαζόμαστε μια Ethernet διασύνδεση η οποία συνδέεται με έναν εξωτερικό transceiver μέσω ενός 15-pin AUI συνδετήρα. Το σχήμα 2-1 δείχνει ένα εξωτερικό transceiver ο οποίος αποτελείται από ST συνδετήρες οπτικής ίνας. Όσον αφορά για τον αριθμό των εξωτερικών transceiver, δεν επαρκεί για να χωρέσει σε έναν 15-pin AUI συνδετήρα που βρίσκεται πάνω στην Ethernet διασύνδεση.

Σχήμα 2-1. 10BASE-FL transceiver



όπου, ST fiber connectors είναι ο ST συνδετήρας οπτικής ίνας.

10BASE-FL fiber optic transceiver είναι ο 10BASE-FL transceiver οπτικής ίνας.

15-pin AUI connector είναι 15-pin AUI συνδετήρας.

2.2.4 Κωδικοποίηση σήματος του 10BASE-FL δικτύου

Τα σήματα που στέλνονται στο δίκτυο αυτό κρυπτογραφούνται μέσω του συστήματος κρυπτογράφησης Manchester.

Φυσική Γραμμή σηματοδοσίας

Ένας 10BASE-FL transceiver χρησιμοποιεί παλμούς φωτός για την εκπομπή και λήψη σημάτων σε ένα τμήμα οπτικής ίνας. Ο 10BASE-FL transceiver αποτελείται από δυο καλώδια οπτικής ίνας: ένα καλώδιο χρησιμοποιείται για να μεταδίδει τα δεδομένα και ένα άλλο για λαμβάνει τα δεδομένα. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός πολύ απλού σχήματος που αναφέρεται στην φυσική γραμμή σηματοδοσίας. Το σχήμα αυτό ονομάζεται Non-to-Return-Zero (NRZ) και παριστάνει τα σήματα ως δυαδικά ψηφία (1) και (0). Το NRZ καταλήγει στην μεταφορά παλμών φωτός με τη δυαδικό ψηφίο (1) ενώ με το ψηφίο (0) δεν αποστέλλεται κανένας παλμός.

Σύμφωνα με το σύστημα κωδικοποίησης Manchester, ένα 10BASE-FL τμήμα δέχεται φωτεινά κύματα μόνο το δυαδικό ψηφίο (1). Η κωδικοποίηση Manchester εξασφαλίζει ότι μέσα στο σύστημα υπάρχει τεράστια δυνατότητα λογικής μετάβασης σε φωτεινά κύματα και παρέχει αρκετές πληροφορίες χρονισμού (ρολόι) για τα κυκλώματα αποκωδικοποίησης σήματος.

2.3 Εξαρτήματα του 10BASE-FL δικτύου

Τα παρακάτω εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ένα τμήμα οπτικής σύνδεσης :

- Καλώδιο οπτικής ίνας
- Συνδετήρες οπτικής ίνας

2.3.1 Καλώδιο Οπτικής Ίνας

Σύμφωνα με τα IEEE πρότυπα ,το καλώδιο ενός τμήματος οπτικής σύνδεσης είναι ένα καλώδιο multimode οπτικής ίνας διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης του οποίου ο πυρήνας είναι 62.5 μικρόμετρα (μm) και το εξωτερικό περίβλημα 125 μικρόμετρα (μm).Η πιο σύντομος χαρακτηρισμός για αυτό το είδος οπτικής ίνας είναι ο χαρακτηρισμός 62.5/125.

Τα μεγαλύτερο πλεονέκτημα του καλωδίου της οπτικής ίνας είναι ότι τα φωτεινά κύματα παρέχουν ακέραιη ηλεκτρική μόνωση στον εξοπλισμό που βρίσκεται στο τέλος κάθε οπτικής σύνδεσης. Αυτή η ηλεκτρική μόνωση προσφέρει ασφάλεια από διάφορους κινδύνους όπως από διακοπές ρεύματος και ασφάλεια από τα

αποτελέσματα που μπορεί προκαλέσει η συνύπαρξη διαφορετικών ειδών ρευμάτων σε ξεχωριστά κτίρια.

Για ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου Ethernet, η ηλεκτρική μόνωση που παρέχεται από τα τμήματα οπτικής σύνδεσης θεωρείται αναγκαία όταν διάφορα Ethernet τμήματα εγκαθίστανται μεταξύ κτιρίων. Τα δίκτυα οπτικής ίνας είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε βιομηχανικούς χώρους γιατί η οπτική ίνα είναι αρκετά ανθεκτική στην ηχορύπανση που δημιουργείται μέσα σε αυτούς τους χώρους. Η βιομηχανική ηχορύπανση συνήθως προέρχεται από την χρήση διαφόρων βιομηχανικών εργαλείων όπως κομπρεσέρ, συγκολλητών και πολλών άλλων.

2.3.2 Συνδετήρας οπτικής ίνας

Τόσο οι τύποι συνδετήρων οπτικής ίνας ποικίλουν όσο και οι εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται. Διαφορετικοί τύποι συνδετήρων έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και παραμέτρους επίδοσης. Όμως, όλοι οι τύποι συνδετήρων έχουν τέσσερα ίδια βασικά χαρακτηριστικά : **τον συνδετικό κρίκο, το κυρίως σώμα του συνδετήρα, το καλώδιο και την συσκευή σύζευξης.**

Συνδετικός κρίκος : Η οπτική ίνα είναι τοποθετημένη σε ένα μακρύ, λεπτό κυλινδρικό κρίκο, που λειτουργεί σαν μηχανισμό ευθυγράμμισης της ίνας. Ο συνδετικός κρίκος έχει ένα άνοιγμα στο κέντρο που η διάμετρος του είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τη διάμετρο του περιβλήματος της ίνας. Το τέλος της οπτικής ίνας εντοπίζεται στο τέλος του συνδετικού κρίκου. Οι συνδετικοί κρίκοι είναι συνήθως κατασκευασμένοι από μέταλλο ή κεραμικό, αλλά μπορεί να είναι φτιαγμένοι από πλαστικό.

Κυρίως σώμα του συνδετήρα : Αποκαλείται και περίβλημα του συνδετήρα και η βασική λειτουργία του είναι να συγκρατεί το συνδετικό κρίκο. Είναι συνήθως φτιαγμένο από μέταλλο ή πλαστικό και περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα συναρμολογούμενα κομμάτια που συγκρατούν την ίνα στη θέση της. Οι λεπτομέρειες σχετικά με τη συναρμολόγηση του κυρίως σώματος ποικίλουν ως προς τους συνδετήρες. Η σύνδεση χρησιμοποιείται για την προσάρτηση των δυνατών μελών και

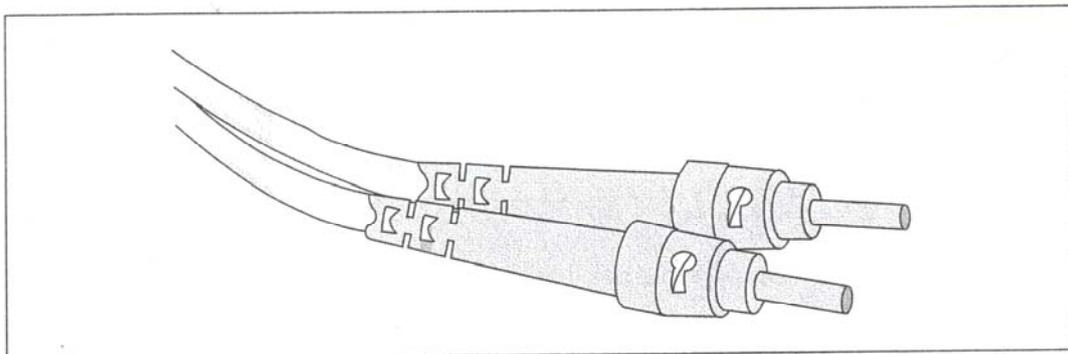
των περιβλημάτων των καλωδίων στο κυρίως σώμα. Ο συνδετικός κρίκος επεκτείνεται πέρα από το κυρίως σώμα για να εισχωρήσει στη συσκευή σύζευξης.

Το καλώδιο: Το καλώδιο των οπτικών συνδετήρων είναι συνήθως συνδεδεμένο στο κυρίως σώμα και παίζει το ρόλο του σημείου εισδοχής της ίνας. Τυπικά μια αποσυμφορητική σύνδεση προστίθεται πάνω από την σύνδεση μεταξύ του καλωδίου και του κυρίως σώματος του συνδετήρα εφοδιάζοντας την σύνδεση με επιπλέον δύναμη.

Συσκευή σύζευξης: Οι περισσότεροι συνδετήρες οπτικών ινών δεν χρησιμοποιούνται την αρσενική-θηλυκή διάταξη που συνηθίζεται στους ηλεκτρονικούς συνδετήρες. Αντίθετα μια συσκευή σύζευξης όπως ένας συνδετικός κρίκος ευθυγράμμισης χρησιμοποιείται για να ταιριάζει τους συνδετήρες. Παρόμοιες συσκευές είναι δυνατόν να εγκαθίστανται σε ένα πομπό και σε ένα δέκτη οπτικών ινών για να επιτρέψει τη σύζευξη αυτών μέσω ενός συνδετήρα. Αυτές οι συσκευές είναι, επίσης, γνωστές και σαν προσαρμοστές διαχωριστικής τροποποίησης.

Οι οπτικοί συνδετήρες που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο 10BASE-FL είναι γνωστοί ως ST συνδετήρες ενώ το επίσημο όνομα των συνδετήρων στα διεθνή πρότυπα είναι BFOC/2.5. Το σχήμα 2-2 απεικονίζει ένα ζεύγος καλωδίων οπτικής ίνας που περιέχει ST συνδετήρες. Ο ST είναι συνδετήρας τύπου bayonet του οποίου ο συνδετικός κρίκος δημιουργεί την σύνδεση.

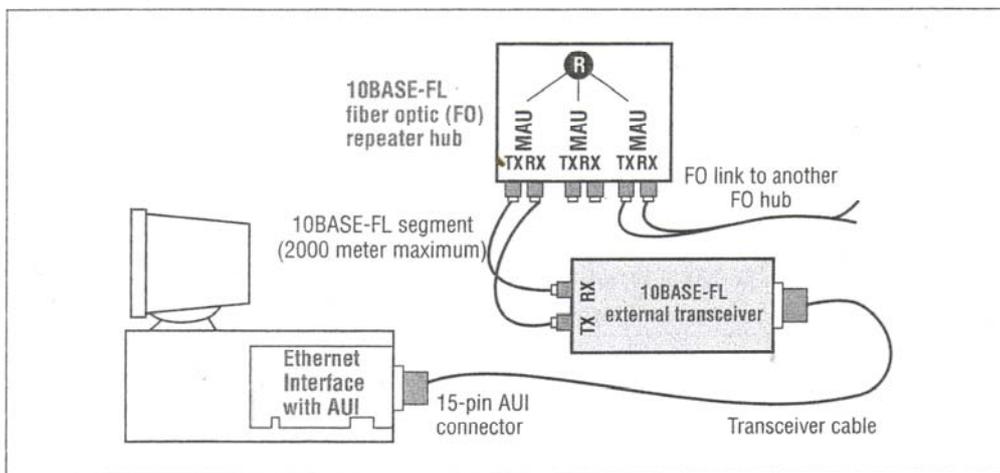
Σχήμα 2-2. ST συνδετήρες



2.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 10BASE-FL δικτύου

Το σχήμα 2-3 δείχνει έναν υπολογιστή ο οποίος είναι εξοπλισμένος με μια Ethernet κάρτα δικτύου (Network Interface Card) (NIC). Αυτή η κάρτα περιέχει έναν 15-pin AUI συνδετήρα που συνδέεται με έναν εξωτερικό 10BASE-FL transceiver. Στην συνέχεια, μέσω του καλώδιου του τμήματος οπτικής σύνδεσης, ο εξωτερικός transceiver συνδέεται με ένα repeater hub που έχει ένα εσωτερικό transceiver. Ο repeater hub είναι εκείνη η hub συσκευή που εκτελεί λειτουργίες επαναλήπτη.

Σχήμα 2-3 Συνδέοντας έναν σταθμό εργασίας σε ένα 10BASE-FL Ethernet δίκτυο.



όπου, *10BASE-FL segment* είναι το *10BASE-FL* τμήμα.

(*FO*) είναι ο *10BASE-FL* οπτικός *repeater hub*.

10BASE-FL external transceiver είναι ο *10BASE-FL* εξωτερικός *transceiver*.

transceiver cable είναι το καλώδιο για τον *transceiver*.

Για να συνδεθεί ο 10BASE-FL transceiver του σταθμού εργασίας με το 10BASE-FL transceiver του repeater hub απαιτείται η χρήση ενός κόμβου σήματος (signal crossover¹)

¹ Σε ένα twisted-pair ή οπτικό τμήμα σύνδεσης, τα εκπεμπόμενα σήματα που βρίσκονται στο ένα άκρο του τμήματος θα πρέπει να συνδεθούν με τα λαμβανόμενα σήματα από το άλλο άκρο του τμήματος και αντίστροφα.

Έλεγχος Ακεραιότητας σε μια 10BASE-FL σύνδεση

Ο έλεγχος ακεραιότητας σε μια 10BASE-FL σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω του 10BASE-FL πομποδέκτη transceiver και του παλιού 10BASE-FL transceiver που εξετάζουν το επίπεδο φωτεινότητας σε ένα τμήμα οπτικής σύνδεσης. Έτσι, οι πωλήτριες εταιρείες προαιρετικά μπορούν να ελέγχουν την σύνδεση που βασίζεται σε οπτική ίνα και να εξετάζουν την ακεραιότητα της με την χρήση των 10BASE-FL transceivers. Αν εκπέμπονται φωτεινά κύματα από την χρήση των transceivers τόσο του repeater hub όσο του σταθμού εργασίας τότε οι πωλήτριες εταιρείες θα γνωρίζουν ότι και οι δύο transceivers δουλεύουν σωστά. Επίσης, με αυτόν τον έλεγχο της οπτικής ίνας μπορούμε να καταλάβουμε αν το τμήμα της οπτικής σύνδεσης δουλεύει σωστά και αν οι οπτικές απώλειες (εξασθένιση σήματος) βρίσκονται σε φυσιολογικά όρια. Λέγοντας οπτική απώλεια εννοούμε την μειωμένη ενέργεια του διαβιβαζόμενου σήματος προς το καλώδιο η οποία εκφράζεται σε (db). Όσο πιο μεγάλο είναι το καλώδιο τόσο πιο μεγάλη είναι και η εξασθένιση σήματος.

Η συνεχόμενη ανίχνευση της σύνδεσης επιτυγχάνεται με την αποστολή ενός μη ενεργού IDLE σήματος συχνότητας 1 MHz από τους transceivers την χρονική περίοδο που δεν αποστέλλονται σήματα. Αν το επίπεδο φωτεινότητας της σύνδεσης πέσει κάτω από τα απαιτούμενα επίπεδα για σωστή και αξιόπιστη λήψη δεδομένων τότε οι transceivers θα ανιχνεύσουν την σύνδεση και θα απαγορεύσουν την αποστολή ή λήψη δεδομένων σε αυτήν την σύνδεση. Όμως, η μετάδοση του idle σήματος δεν διακοπεί γιατί βοηθάει στον έλεγχο φωτεινότητας της οπτικής σύνδεσης ο οποίος διαρκεί έως ότου η σύνδεση φτάσει σε κάποιο αποδεκτό επίπεδο φωτεινότητας.

2.5 Οδηγίες διαμόρφωσης του 10BASE-FL δικτύου

Τα πρότυπα του Ethernet δικτύου συμπεριλαμβάνουν οδηγίες τόσο για ένα απλό 10BASE-FL τμήμα οπτικής σύνδεσης όσο και για πολλαπλά τμήματα σύνδεσης μέσα σε μεγαλύτερα δίκτυα που υποστηρίζουν half-duplex επικοινωνία. Ο πίνακας 2-1 δείχνει διάφορες για ένα μόνο τμήμα οπτικής σύνδεσης.

Πίνακας 2-1

| Είδος Δικτύου | Μέγιστο Μήκος Τμήματος | Μέγιστος Αριθμός Transceivers ανά (τμήμα) |
|---------------|---|---|
| 10BASE-FL | 2000 μέτρα (6,561 πόδια) ^{a,b} | 2 |
| FOIRL | 1000 μέτρα (3,280 πόδια) ^b | 2 |

- a. Αν στο τέλος κάθε τμήματος χρησιμοποιούνται 10BASE-FL transceivers, τότε το μέγιστο μήκος τμήματος είναι 2000 μέτρα. Αν, όμως, στο τέλος του τμήματος χρησιμοποιούνται FOIRL transceiver, τότε το μεγαλύτερο μήκος που μπορεί να έχει το τμήμα είναι 1000 μέτρα.
- b. Δεν υπάρχουν προδιαγραφές ελάχιστου μήκους τμήματος. Όμως, κάποιες εταιρείες προσφέρουν εξοπλισμό “επιπρόσθετου μήκους ” για τα τμήματα οπτικής σύνδεσης.

2.6 Τμήματα οπτικής σύνδεσης μεγαλύτερα από 10Mbps

Για να υπάρξουν τμήματα οπτικής σύνδεσης μεγαλύτερα από 10Mbps, η σύνδεση θα πρέπει να υποστηρίζει half-duplex επικοινωνία. Λέγοντας half-duplex επικοινωνία σε ένα τμήμα οπτικής σύνδεσης εννοούμε ότι το μήκος τμήματος δεν περιορίζεται από τον μετ’επιστροφής ισοχρονισμό ενός διαμοιραζομένου κανάλι επικοινωνίας αλλά εξαρτάται άμεσα από τις οπτικές απώλειες σήματος καθώς και από την μετάδοση σήματος πάνω στο καλώδιο της οπτικής ίνας. Οι συνηθισμένοι transceivers οπτικής ίνας μπορούν να συνδέσουν full-duplex τμήματα απόστασης μεταξύ τους μέχρι και 5 χιλιομέτρων χρησιμοποιώντας καλώδιο multi-mode (πολύτροπης) οπτικής ίνας.

Το καλώδιο single-mode οπτικής ίνας που χρησιμοποιείται στους transceivers είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στις half-duplex συνδέσεις με ρυθμό δεδομένων 10 Mbps και απόσταση ως 40 χιλιομέτρων. Όμως, η single-mode οπτικής ίνα παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Πρώτον, η χρήση ενός δικτύου που βασίζεται σε single-mode οπτικής ίνα είναι πολύ πιο δύσκολη από ότι ένα δίκτυο με multi-mode οπτική ίνα

τόσο σε θέμα εφαρμογής όσο και σε θέμα κόστους. Δεύτερον, συγκριτικά με τον πυρήνα του καλωδίου της multi-mode οπτική ίνας που είναι 62.5 (μm), ο πυρήνας της single-mode οπτικής ίνας είναι πολύ πιο μικρός αφού είναι 8 ή 9 (μm). Τρίτον, η σύζευξη φωτεινού κύματος μέσα στον πυρήνα της single-mode οπτική ίνας μοιάζει να είναι αρκετά δύσκολη και δαπανηρή. Δύσκολη ως προς την ακρίβεια και την καταλληλότητα των συνδετήρων και δαπανηρή ως προς την πηγή φωτός. Αυτή η σύζευξη απαιτεί laser πηγή φωτός.

Τέλος, χρειάζεται να τονισθεί ότι όσο πιο μεγάλα full-duplex τμήματα οπτικής σύνδεσης εμφανίζονται τόσο πιο πολύ χρειάζεται να ενημερώνεται κανείς για να ασχοληθεί με πολύπλοκα θέματα που έχουν να κάνουν με τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση δικτύων με χρήση οπτικής ίνας.

1.8 Συμπεράσματα

Το νέο δίκτυο των 10Mbps που ονομάζεται δίκτυο 10Base-FL με χρήση οπτική ίνας έχει αντικατασταθεί από το παλιό 10Mbps δίκτυο γνωστό ως (FOIRL) το οποίο χρησιμοποιεί εσωτερικό επαναλήπτη(repeater). Το δίκτυο 10Base-FL υποστηρίζει αποστάσεις ως 2000 μέτρα ενώ το (FOIRL).

Χρειάζεται να τονισθεί ότι δίκτυο 10Base-FL χρησιμοποιεί multimode οπτική ίνα και υποστηρίζει full-duplex επικοινωνία ενώ με τη χρήση της single mode οπτικής ίνας και την υποστήριξη half-duplex επικοινωνίας το συγκεκριμένο δίκτυο θα μπορούσε να επιτρέψει μεγαλύτερες συνδέσεις σε απόσταση ως και 40 χιλιομέτρων.

3^ο

Fast Ethernet

Twisted-Pair

Media System

100BASE-TX

Το 100BASE-TX δίκτυο βασίζεται σε STP ή UTP κοινό τηλεφωνικό καλώδιο και αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά υπάρχον Fast Ethernet δίκτυα. Τα πρότυπα αυτού του δικτύου απορρέουν από τις προδιαγραφές των συνεστραμμένων καλωδίων οι οποίες αναπτύχθηκαν πρώτη φορά για τα FDDI TP-PMD (Twisted-Pair Physical Medium dependent) πρότυπα. Το 100BASE-TX χρησιμοποιεί δυο ζεύγη twisted-pair καλωδίου : ένα ζεύγος για να λαμβάνει τα δεδομένα και ένα άλλο για να τα μεταδίδει.

3.1 Εξαρτήματα σηματοδοσίας του 100BASE-TX δικτύου

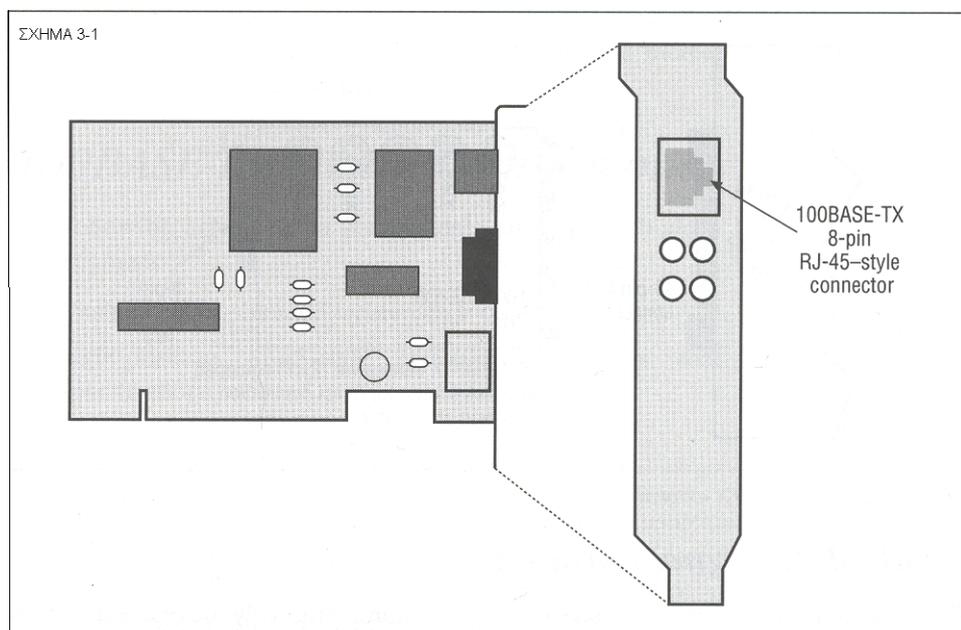
Τα παρακάτω ακόλουθα εξαρτήματα σηματοδοσίας χρησιμοποιούνται στο 100BASE-TX για την αποστολή και την λήψη των σημάτων.

- Ethernet διασυνδέσεις οι οποίες περιέχουν ενσωματωμένους 100BASE-TX πομποδέκτες (transceivers).
 - Διασυνδέσεις εξαρτώμενες από το μέσο (Medium Independent interfaces)(MII)
 - Εξωτερικούς 100BASE-TX transceivers οι οποίοι καλούνται επίσης και ως (Physical Layer Device).
-

3.2 Διασυνδέσεις του 100BASE-TX δικτύου

Οι διασυνδέσεις του 100BASE-TX δικτύου με 100BASE-TX πομποδέκτες (transceivers) συνήθως χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν twisted-pair τμήματα. Οι εξωτερικοί transceivers χρησιμοποιούνται μόνο όταν η διασύνδεση έχει 40-pin AUI συνδετήρα. Το σχήμα 3-1 δείχνει μια κάρτα δικτύου (NIC) η οποία προορίζεται να εγκατασταθεί σε έναν υπολογιστή. Αυτή η κάρτα είναι εφοδιασμένη με αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα ονομαζόμενο RJ-45-style-jack με τον οποίο συνδέεται άμεσα το twisted-pair καλώδιο. Όμως, πολλές κάρτες δικτύου που έχουν να κάνουν με twisted-pair καλώδια συνήθως περιέχουν μόνο έναν αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα και όχι δυο. Επίσης, οι κάρτες δικτύου NICs χρησιμοποιούν εσωτερικούς transceivers για να υποστηρίξουν λειτουργίες υψηλών ταχυτήτων μέσα στο δίκτυο. Φυσικά, σε συνδέσεις με υψηλές ταχύτητες οι λειτουργίες καθορίζονται αυτόματα σύμφωνα με τα πρότυπα που αντιπροσωπεύουν τέτοιες συνδέσεις.

Σχήμα 3-1. 100BASE-TX Ethernet διασύνδεση



3.2.1 Διασύνδεση εξαρτώμενη από το μέσο (MII)

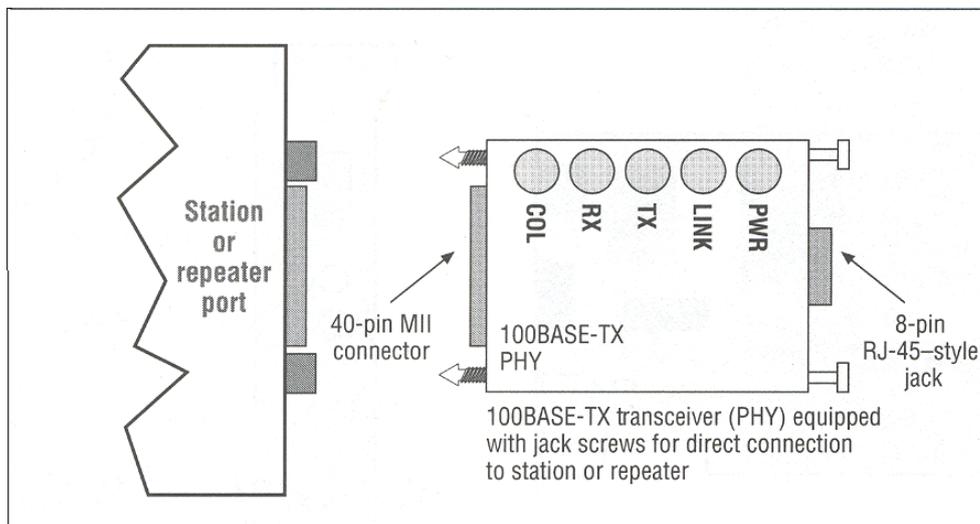
Οι διασυνδέσεις εξαρτώμενες από το μέσο δεν είναι τίποτα άλλο παρά μόνο ένας 40-pin συνδετήρας ο οποίος επιτρέπει έναν εξωτερικό 100BASE-TX transceiver να συνδεθεί με μια Ethernet διασύνδεση. Με άλλα λόγια, αυτό που γίνεται σε αυτήν την διασύνδεση είναι ότι ο εξωτερικός transceiver συνδέεται κατ'ευθείαν με τον (MII) συνδετήρα.

3.2.2 Εξωτερικός 100BASE-TX Πομποδέκτης(Transceiver)

Οι 100BASE-TX διασυνδέσεις με εσωτερικούς transceiver μπορούν να συνδέσουν άμεσα Ethernet τμήματα twisted-pair σύνδεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι διασυνδέσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν ήδη εσωτερικό transceiver και δεν απαιτείται η ανάγκη για αγορά εξωτερικού transceiver. Για να συνδεθεί μια Ethernet συσκευή η οποία είναι εξοπλισμένη με έναν 40-pin (MII) συνδετήρα με ένα Ethernet τμήμα twisted-pair σύνδεσης απαιτείται η χρήση ενός εξωτερικού transceiver που ενδείκνυται για 100BASE-TX Ethernet δίκτυα.

Το σχήμα 3-2 δείχνει έναν εξωτερικό 100BASE-TX transceiver που είναι εξοπλισμένος με έναν 8-pin-RJ-45-style jack αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα ο οποίος επιτρέπει twisted-pair συνδέσεις.

Σχήμα 3-2. 100BASE-TX εξωτερικός transceiver.



όπου 100BASE-TX transceiver (PHY) equipped with jack screws for direct connection to station or repeater είναι ο 100BASE-TX transceiver (PHY) ο οποίος είναι εξοπλισμένος με 8-pin RJ-45 αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα για την σύνδεση με τον σταθμό εργασίας ή του επαναλήπτη .

3.3 Κωδικοποίηση σήματος του 100BASE-TX δικτύου

Η σηματοδοσία του 100BASE-TX δικτύου βασίζεται στα ANSI X3T9.5 FDDI πρότυπα τα οποία αναφέρονται και για τα δίκτυα με χρήση οπτικής ίνας αλλά και για δίκτυα με απλό τηλεφωνικό καλώδιο. Επίσης, η κωδικοποίηση σήματος στο FDDI και στο 100BASE-TX δίκτυο εξαρτάται από τον κώδικα 4B/5B. Ο κώδικας 4B/5B είναι ένα σχήμα κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται για την αποστολή Fast Ethernet δεδομένων. Σε αυτό το σχήμα κρυπτογράφησης σήματος, 4 bit δεδομένων μετατρέπονται σε 5-bit χαρακτήρων του κώδικα για την μετάδοση τους στο μέσο.

Φυσική Γραμμή Σηματοδοσίας

Η κωδικοποίηση των 5-bits χαρακτήρων και η μεταφορά τους σε twisted-pair καλώδιο επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος που ονομάζεται έμμεσο κατώφλι, threshold-3 (MLT-3). Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε μετάβαση (ρολογιού), το σήμα μπορεί να καταλαμβάνει ένα από τα τρία επίπεδα. Όταν το φωτεινό κύμα βρίσκεται πάνω από το επίπεδο σήματος, τότε το κύμα αναπαρίσταται ως με το δυαδικό ψηφίο (1) ενώ, αν βρίσκεται κάτω από αυτό το επίπεδο το φωτεινό κύμα αναπαρίσταται ως με το δυαδικό ψηφίο (0).

Για να μεταδοθεί η ηλεκτρομαγνητική εκπομπή στα δεδομένα, το 4B/5¹ κωδικοποιημένο block χαρακτήρων θα πρέπει είναι προεπιλεγμένο. Έπειτα, το block χαρακτήρων μεταφέρεται στο καλώδιο σαν διαφορά δυναμικού (τάση) με ποσότητα σηματοδοσίας των 125 Mbaud. Η διαφορά δυναμικού κυμαίνεται από 0 ως και +1 volts για positive twisted-pair καλώδιο ενώ από 0 ως -1 είναι για negative καλώδια. Αυτή διαδικασία της ηλεκτρομαγνητική εκπομπής λαμβάνει χώρα στον 100BASE-TX transceiver.

¹ Ο 4B/5B κωδικός είναι ένα σχήμα που χρησιμοποιείται για την αποστολή δεδομένων σε Fast Ethernet δίκτυα. Σε αυτό το σχήμα κρυπτογράφησης σήματος, 4 bits δεδομένων μετατρέπονται σε 5 bits συμβόλων κώδικα για την μεταβίβαση τους στο μέσο.

Ακόμη και αν το MLT-3 σύστημα σηματοδοσίας μειώνει το ποσοστό σηματοδότησης κατά πολύ, το δίκτυο 100BASE-TX έχει την ικανότητα να στέλνει σήματα στο καλώδιο σε υψηλή συχνότητα. Συνεπώς, θεωρείται μεγίστης σημασίας όλα τα twisted-pair καλώδια συμπεριλαμβανομένου τα patch καλώδια και όλα τα άλλα εξαρτήματα να πληρούν τις προδιαγραφές σηματοδοσίας της category 5 οι οποίες έχουν να κάνουν με τον χειρισμό των σημάτων. Τα καλώδια κατηγορίας 5 συνήθως χρησιμοποιούνται στην δομημένη καλωδίωση για twisted pair Ethernet δίκτυα. Αν χρησιμοποιούνται χαμηλής ποιότητας καλώδια και εξαρτήματα σε ένα δίκτυο, το ποσοστό σφαλμάτων πάνω στα σήματα θα αυξηθεί προκαλώντας μείωση των πακέτων δεδομένων καθώς και δυσκολία στην κυκλοφορία των δεδομένων πάνω στο δίκτυο.

3.3.1 Εξαρτήματα του 100BASE-TX δικτύου

Τα παρακάτω εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ένα 100BASE-TX τμήμα twisted-pair σύνδεσης :

- Κοινό τηλεφωνικό καλώδιο, UTP ή STP (Unshield ή shielded twisted-pair)
- 8 θέσεων RJ-45 αρθρωτός συνδετήρας ο οποίος πληρεί τις προδιαγραφές της κατηγορίας 5.

3.3.2 Αθωράκιστο twisted pair καλώδιο

Το 100BASE-TX δίκτυο χρησιμοποιεί δυο ζεύγη UTP καλωδίου, ένα για την αποστολή σημάτων και ένα άλλο για την λήψη αυτών. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της TIA/EIA category 5, το UTP καλώδιο πληρεί ή ξεπερνά τις προδιαγραφές αυτές γιατί το μέγιστο μήκος τμήματος των twisted-pair συνδέσεων είναι 100 μέτρα και η σύνθετη αντίσταση του UTP καλωδίου είναι 100Ω.

3.3.3 Θωρακισμένο twisted pair καλώδιο

Τα TP-PMD πρότυπα υποστηρίζουν την λειτουργία της μετάδοσης σημάτων σε STP καλώδια. Χάρη αυτής της λειτουργίας, τα 100BASE-TX τμήματα που βασίζονται στα TP-PMD πρότυπα είναι εξοπλισμένα με καλωδίωση των 100Ω αντίσταση. Αυτό το είδος καλωδίωσης εμφανίζεται σε λίγα δίκτυα και ειδικότερα στα παλαιότερα

802.5 Token Ring δίκτυα. Το μέγιστο μήκος τμήματος για τα STP τμήματα είναι 100 μέτρα.

Η μεγάλη πλειονότητα των 100BASE-TX διασυνδέσεων βασίζονται στους RJ-45 συνδετήρες. Όμως, αν μια επιχείρηση θέλει να συμπεριλάβει 150-ohm σύνδεση μέσου είτε σε έναν 100BASE-TX προσαρμογέα (adapter board) είτε σε έναν 100BASE-TX πομποδέκτη (transceiver) τότε η διασύνδεση εξαρτώμενη από το μέσο (MII) που χρησιμοποιείται για την σύνδεση των shield twisted-pair τμημάτων χρειάζεται να έχει έναν 9-pin “D-type” συνδετήρα. Σύμφωνα με τις ANSI TP-PMD προδιαγραφές, οι τύποι των 9-pin συνδετήρα είναι οι εξής : Pin 1: λαμβάνει θετικά (+) σήματα, Pin 5: εκπέμπει θετικά (+) σήματα, Pin 6: λαμβάνει αρνητικά (-) σήματα, Pin 9: εκπέμπει αρνητικά (-) σήματα.

3.3.4 Αρσενικός τηλεφωνικός συνδετήρας (RJ-45 jack)

Το 100BASE-TX δίκτυο που βασίζεται σε UTP καλώδιο είναι πιο γνωστό δίκτυο. Σε αυτό το δίκτυο, τα δύο ζεύγη καλωδίων (οι τέσσερις ακροδέκτες του συνδετήρα) χρησιμοποιούνται σε έναν οκταθέσιο αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα. Τα 100BASE-TX σήματα που χρησιμοποιούνται στον 8-pin συνδετήρα είναι ίδια με τα σήματα του 10BASE-T δικτύου.

Με σκοπό να βελτιωθεί η υπάρχων καλωδίωση στα 100BASE-TX πρότυπα τμήματα, ο αριθμός των ακροδεκτών που χρησιμοποιείται σε έναν 8-pin συνδετήρα για 100BASE-TX δίκτυο έχει αλλάξει από τα ANSI-PMD πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά χρησιμοποιούν συνδετήρες pin 7 και 8 για την αποστολή δεδομένων. Όμως, το 100BASE-TX δίκτυο κάνει χρήση συνδετήρων με pin 3 και με pin 6 για την αποστολή δεδομένων όπως και το 10BASE-T δίκτυο. Συνεπώς, χωρίς να αλλαχθούν τα καλώδια και το είδος τους ένας 10BASE-T Ethernet προσαρμογέα (adapter) που βρίσκεται σε έναν σταθμό εργασίας μπορεί να αντικατασταθεί πολύ εύκολα από τον 10BASE-T adapter .

Σύμφωνα με τα πρότυπα καλωδίωσης, ένα συνηθισμένο κατηγορίας 5 τμήμα 100BASE-TX σύνδεσης έχει 8 ζεύγη συρμάτων τα οποία συνδέονται σε έναν RJ-45 συνδετήρα παρ'όλο που έναν 100BASE-TX δίκτυο χρησιμοποιεί μόνο τα 4 ζεύγη συρμάτων. Τα υπόλοιπα ζεύγη δεν θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται στην υποστήριξη

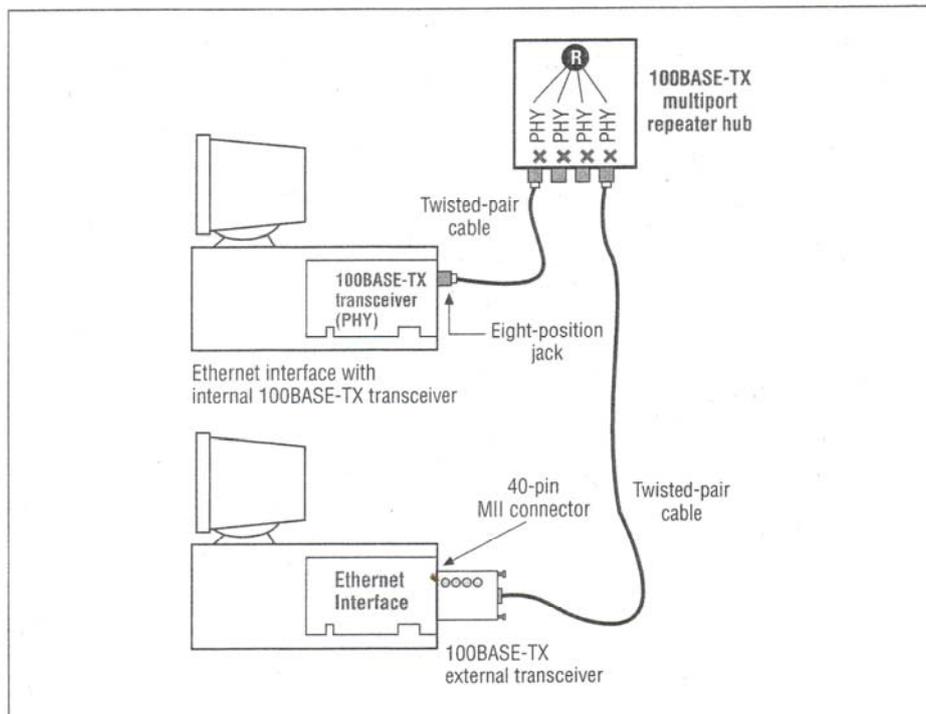
άλλων συσκευών αφού το 100BASE-TX δίκτυο δεν είναι σχεδιασμένο να αντέχει πολύ μεγάλα crosstalk σήματα δηλαδή, σήματα τα οποία προέρχονται από κάποιο γειτονικό κύκλωμα ή διάυλο όταν τα ζεύγη συρμάτων μοιράζονται το ίδιο καλώδιο.

3.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 100BASE-TX δίκτυο

Το σχήμα 2-3 δείχνει δυο υπολογιστές οι οποίοι συνδέονται με έναν 100BASE-TX τμήμα twisted-pair σύνδεσης. Ο πρώτος υπολογιστής είναι εξοπλισμένος με μια Ethernet (NIC) κάρτα δικτύου και με έναν 100BASE-TX transceiver. Η κάρτα αποτελείται από έναν RJ-45 αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα twisted-pair καλώδιο. Ο δεύτερος υπολογιστής συνδέεται με έναν εξωτερικό transceiver, ο οποίος χρησιμοποιεί μια 40-pin MII διασύνδεση μέσω της Ethernet κάρτας δικτύου.

Σε κάθε twisted-pair σύνδεση, ένας κόμβος σημάτων απαιτείται για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των σημάτων. Ο repeater hub του σχήματος 3-3 περιέχει τέσσερις 100BASE-TX συνδετήρες οι οποίοι συνδέονται με transceivers. Η crossover επικοινωνία υλοποιείται στην συσκευή hub στο σημείο “X” της θύρας του hub.

Σχήμα 3-3 Συνδέοντας έναν σταθμό εργασίας σε ένα 100BASE-TX Ethernet δίκτυο.



Όπου, *twisted-pair cable* είναι το *twisted pair* καλώδιο.

100BASE-TX multiport repeater hub είναι η *100BASE-TX repeater hub* συσκευή που έχει πολλές θύρες.

100BASE-TX external transceiver είναι ο *100BASE-TX εξωτερικός transceiver*.

Ethernet Interface with internal 100BASE-TX transceiver είναι η *Ethernet* διασύνδεση με εσωτερικό *100BASE-TX transceiver*.

40-pin MII connector είναι ο *40-pin MII συνδετήρας*.

Eight-position jack είναι η θέση για τον *8-pin RJ-45 αρσενικό τηλεφωνικό Συνδετήρα*.

3.5 Έλεγχος Ακεραιότητας σε μια 100BASE-TX Σύνδεση

Σκοπός των 100BASE-TX transceiver κυκλωμάτων είναι να εξετάζουν όλη την διαδρομή δεδομένων κατά την αποστολή τους και να ελέγχουν αν η σύνδεση δουλεύει σωστά ή όχι. Μέσω αυτών των κυκλωμάτων, κρυπτογραφημένα σήματα πληροφοριών στέλνονται συνεχώς σε ένα 100BASE-TX τμήμα, ακόμη και σε idle χρονικές περιόδους. Επομένως, η εξέταση της διαδρομής των δεδομένων κατά την αποστολή τους είναι πολύ σημαντική διότι μας εξασφαλίζει τον συνεχόμενο έλεγχο ακεραιότητας σε μια 100BASE-TX σύνδεση.

3.6 Μεγαλύτερα τμήματα 100BASE-TX σύνδεσης

Τα Ethernet πρότυπα περιεχούν οδηγίες όχι μόνο για απλά 100BASE-TX τμήματα *twisted-pair* σύνδεσης αλλά και για πολλαπλά τμήματα μεγαλύτερων δικτύων. Ο πίνακας 2-1 μας δίνει πληροφορίες για ένα μόνο 100BASE-TX τμήμα *twisted pair* σύνδεσης. Για να επιτευχθεί σύνδεση μεταξύ πολλαπλών 100 Mbps τμημάτων απαιτείται η χρήση ενός επαναλήπτη κλάσης I (class I) ή κλάσης II (class II) και η υποστήριξη *half-duplex* επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων.

| Πίνακας 3-1 Είδος μέσου | Μέγιστο Μήκος Τμήματος | Μέγιστος αριθμός των Transceivers ανά (τμήμα) |
|----------------------------|------------------------------------|---|
| Twisted-pair 100Base-TX | 100 μέτρα (328 πόδια) ^a | 2 |

- a. Δεν υπάρχουν προδιαγραφές ελάχιστου μήκους τμήματος για 100Base-TX δίκτυα. Στην πράξη, η εγκατάσταση ενός 100Base-TX δικτύου μπορεί, επίσης, να επιτυγχάνεται με μικρά patch καλώδια μεγέθους (1 feet).

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του 100Base-TX δικτύου, το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος μπορεί να φτάσει ως και 100 μέτρα. Όμως, τα τμήματα 100Base-TX σύνδεσης δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 100 μέτρα εξαιτίας των περιορισμών του χρονισμού σήματος μέσα στο δίκτυο. Η ύπαρξη των περιορισμών οφείλεται στο γεγονός ότι η αποστολή των σημάτων στο 100Base-TX δίκτυο γίνεται 10 φορές πιο γρήγορα από ότι γίνεται στο 10Base-T δίκτυο.

1.8 Συμπεράσματα

Το 100BASE-TX δίκτυο βασίζεται σε STP ή UTP κοινό τηλεφωνικό καλώδιο και χρησιμοποιεί δυο ζεύγη twisted-pair καλωδίου : ένα ζεύγος για να λαμβάνει τα δεδομένα και ένα άλλο για να τα μεταδίδει. Το καλώδιο συνήθως είναι Κατηγορίας 5 ή καλύτερο UTP.

Σε θεωρητικό επίπεδο, το 100BASE-TX δίκτυο επιτρέπει συνδέσεις ως και 100 μέτρα ενώ στην πραγματικότητα το συγκεκριμένο δίκτυο δεν επιτρέπει παραπάνω από 100 μέτρα σύνδεσης.

4⁰

Fast Ethernet Twisted-Pair Media System 100BASE-T4

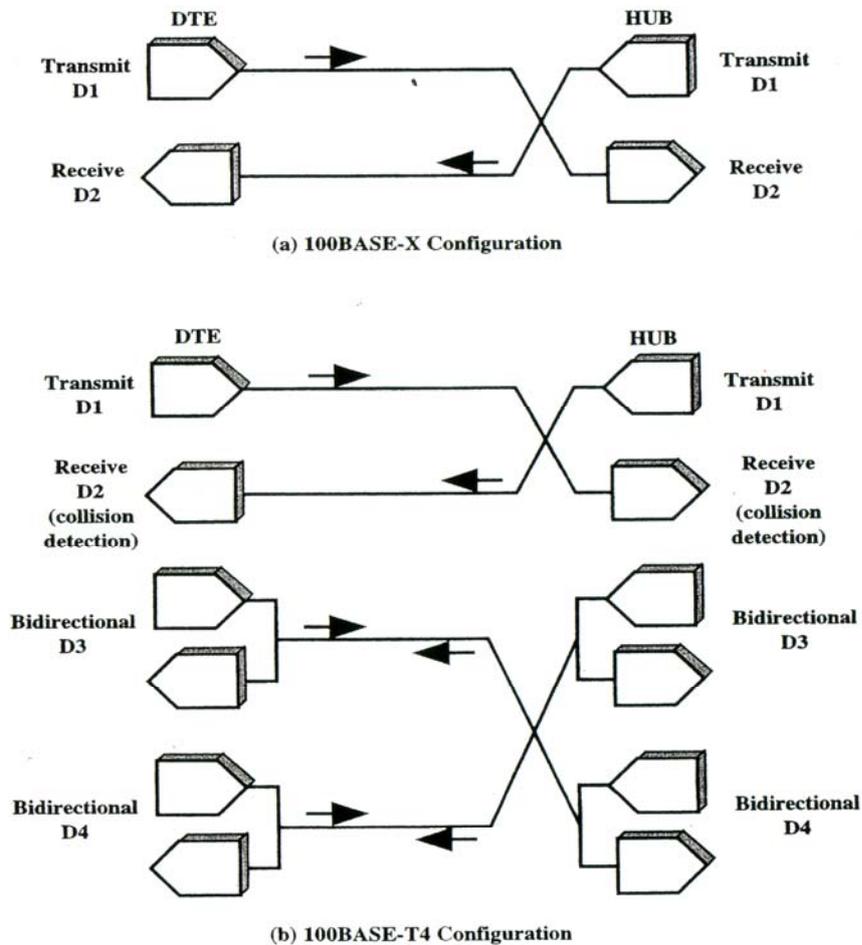
4.1 Εισαγωγή

Το 100BASE-T4 είναι σχεδιασμένο να παράγει 100Mbps ρυθμό δεδομένων (data rate) με καλώδιο (over lower-quality) κατηγορίας 3, έτσι πλεονεκτεί για μεγάλες εγκατεστημένες βάσεις, που χρησιμοποιούν καλώδιο κατηγορίας 3 σε ,μεγάλα κτίρια με γραφεία. Η προδιαγραφή ενδεικνύει, ότι η χρήση καλωδίου κατηγορίας 5 είναι προαιρετική. Το δίκτυο 100BASE-T4 δεν μεταδίδει συνεχόμενα σήματα μεταξύ πακέτων, το οποίο το κάνει χρήσιμο για εφαρμογές με χρησιμοποίηση μπαταρίας (battery-powered).

Για το 100BASE-T4 που χρησιμοποιεί καλώδιο διαβάθμισης φωνής (voice-grade) κατηγορίας 3, δεν είναι λογικό να περιμένεις να επιτύχει ταχύτητα 100 Mbps με ένα απλό συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων. Σε αντίθεση, το 100BASE-T4, καθορίζει ότι τα δεδομένα που είναι για να μεταφερθούν να χωρίζονται σε τρία ξεχωριστά πακέτα, το καθένα απ'αυτά έχει αποτελεσματικότητα ρυθμού μετάδοσης $33\frac{1}{3}$ Mbps. Το σχήμα 4-1 μας δείχνει το τρόπο που τα τέσσερα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων που χρησιμοποιούνται και την αντίθεση που έχει με το δίκτυο 100BASE-X. Για το 100BASE-T4, ο ρυθμός δεδομένων που μεταδίδονται χρησιμοποιούν συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων που ονομάζονται D1, D3 και D4. Τα δεδομένα λαμβάνονται από τα

ζευγάρια D2, D3 και D4. Επιπλέον τα ζευγάρια D3 και D4 πρέπει να διαμορφωθούν για διπλής κατεύθυνσης μετάδοσης. Το ζεύγος D2 το οποίο χρησιμοποιείται για λήψη, χρησιμοποιείται επίσης για αναζήτηση σύγκρουσης δεδομένων.

Σχήμα 4-1. Χρήση καλωδίωσης του 100BASE-T



Αν και το 100BASE-X, με ένα απλό NRZ σχέδιο κωδικοποίησης δεν χρησιμοποιείται για το 100BASE-T4. Αυτό χρειάζεται να απαιτεί ένα ρυθμό μετάδοσης 33 Mbps για κάθε συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων και δεν παρέχει συγχρονισμό. Σε αντίθεση, ένα τριαδικό σχέδιο μετάδοσης (ternary signaling scheme) χρησιμοποιείται. Με την τριαδική μετάδοση, κάθε στοιχείο σήματος μπορεί να πάρει από μια έως τρεις τιμές. (θετική, αρνητική, μηδενική). Ένας καθαρός τριαδικός κώδικας είναι αυτός που έχει πλήρη χωρητικότητα δεδομένων όταν εκμεταλλεύεται το τριαδικό σήμα (ternary signal).

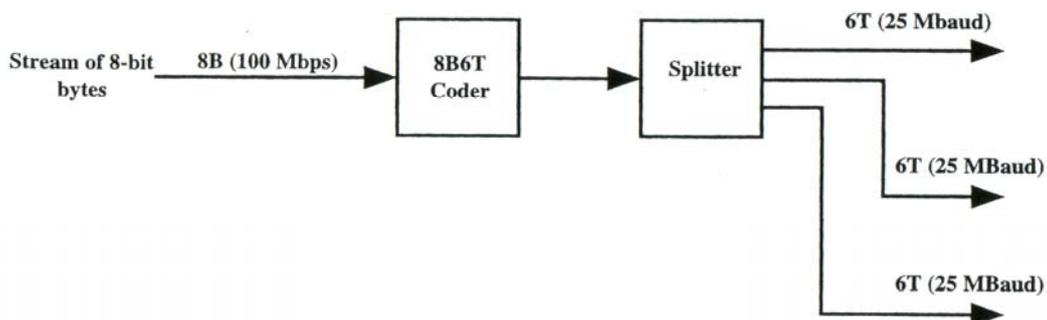
Ωστόσο, το pure ternary δεν είναι ελκυστικό για τους ίδιους λόγους που ένας καθαρός δυαδικός κώδικας (NRZ) απορρίπτεται : η έλλειψη συγχρονισμού. Παρόλα αυτά, είναι μερικά σχέδια που αναφέρονται ως block-coding methods τα οποία πλησιάζουν την αποτελεσματικότητα του τριαδικού και ξεπερνούν τα μειονεκτήματά του. Ένα νέο σχέδιο block κώδικα γνωστό σαν 8B6T χρησιμοποιείται για το 100BASE-T4.

Με το 8B6T τα δεδομένα που μεταδίδονται χωρίζονται σε 8-bit blocks. Το κάθε μπλοκ των 8-bits είναι καταγεγραμμένο σε μια ομάδα κώδικα των έξι τριαδικών συμβόλων (six ternary symbol). Η συνεχής ροή από ομάδες κώδικα που μεταδίδονται σε round-robin fashion ακολουθώντας τα τρία κανάλια εξόδου (σχήμα 4-2) Επιπλέον η τριαδική ακτίνα μετάδοσης σε κάθε κανάλι εξόδου είναι:

$$6/8 * 33 \frac{1}{3} = 25 \text{ Mbaud}$$

Ο πίνακας 4-1 δείχνει ένα τμήμα από το κώδικα του 8B6T. Ο ολοκληρωμένος πίνακας των πιθανών 8-bits τύπων, περικλείεται σε μια μοναδική ομάδα κώδικα των έξι τριαδικών συμβόλων (six ternary symbol). Ο σχεδιασμός επιλέγει με βάση δύο απαιτήσεις: συγχρονισμός και ισορροπία DC. Για το συγχρονισμό, οι κώδικες που επιλέχτηκαν για να μεγιστοποιήσουν το μέσο όρο αριθμών μετάδοσης για κάθε ομάδα κώδικα (code group). Η δεύτερη απαίτηση είναι να διατηρεί την dc ισορροπία, για να είναι η διαφορά δυναμικού (voltage) μηδέν.

Σχήμα 4-2. 8B6T Transmission Scheme



Γι' αυτό το σκοπό όλες οι ομάδες κωδικών που επιλέχτηκαν έχουν ένα ίσο αριθμό αρνητικών και θετικών συμβόλων ή μια υπερβολή ενός θετικού συμβόλου. Για να διατηρήσει την ισορροπία, ένας ισορροπημένος dc αλγόριθμος χρησιμοποιείται. Πρακτικώς αυτός ο αλγόριθμος συσσωρεύει όλο το βάρος από τις ομάδες κώδικα που μεταδίδονται σ' ένα συγκεκριμένο ζεύγος. Κάθε ομάδα κώδικα έχει ένα βάρος που 0

έως 1. Για να διατηρήσει την ισορροπία, ο αλγόριθμος μπορεί να ακυρώσει μια μεταδιδόμενη ομάδα κώδικα (αλλάζει όλα + σύμβολα σε – σύμβολα και όλα τα – σύμβολα σε + σύμβολα), έτσι το συσσωρευμένο βάρος στο τέλος της κάθε ομάδας κώδικα είναι πάντα 0 ή 1.

Πίνακας 4-1. Portion of 8B6T Code Table

| Data Octet | 6T Code Group |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| 00 | +–00+– | 10 | +0+––0 | 20 | 00–++– | 30 | +–00–+ |
| 01 | 0+–+–0 | 11 | ++0–0– | 21 | ––+00+ | 31 | 0+––+0 |
| 02 | +–0+–0 | 12 | +0+–0– | 22 | ++–0+– | 32 | +–0–+0 |
| 03 | –0++–0 | 13 | 0++–0– | 23 | ++–0–+ | 33 | –0++–0 |
| 04 | –0+0+– | 14 | 0++––0 | 24 | 00+0–+ | 34 | –0+0–+ |
| 05 | 0+––0+ | 15 | ++00–– | 25 | 00+0+– | 35 | 0+–+0– |
| 06 | +–0–0+ | 16 | +0+0–– | 26 | 00–00+ | 36 | +–0+0– |
| 07 | –0+–0+ | 17 | 0++0–– | 27 | ––+++– | 37 | –0++0– |
| 08 | –+00+– | 18 | 0+–0+– | 28 | –0–++0 | 38 | –+00–+ |
| 09 | 0–++–0 | 19 | 0+–0–+ | 29 | ––0+0+ | 39 | 0–++–0 |
| 0A | –+0+–0 | 1A | 0+–+++ | 2A | –0–+0+ | 3A | –+0–+0 |
| 0B | +0–+–0 | 1B | 0+–00+ | 2B | 0––+0+ | 3B | +0––+0 |
| 0C | +0–0+– | 1C | 0–+00+ | 2C | 0––++0 | 3C | +0–0–+ |
| 0D | 0–+–0+ | 1D | 0–++++ | 2D | ––00++ | 3D | 0–++0– |
| 0E | –+0–0+ | 1E | 0–+0–+ | 2E | –0–0++ | 3E | –+0+0– |
| 0F | +0––0+ | 1F | 0–+0+– | 2F | 0––0++ | 3F | +0–+0– |

4.2 Διαμόρφωση και λειτουργία

Στην απλή του μορφή, ένα 100BASE-T4 δίκτυο είναι διαμορφωμένα σε μια star-wire (αστέρα) τοπολογία, με όλους τους σταθμούς του συνδεδεμένους στο κεντρικό σταθμό που αναφέρεται σαν πολυπολικός επαναλήπτης (multiport repeater). Στην διαμόρφωση, ο επαναλήπτης έχει την ευθύνη για να ανιχνεύει συγκρούσεις, αντιθέτως από τους συνδεδεμένους σταθμούς. Οι λειτουργίες του επαναλήπτη είναι οι παρακάτω:

- Ένα σήμα (valid signal) εμφανίζεται σε κάθε είσοδο που είναι ο επαναλήπτης σε όλες τις συνδέσεις εξόδου.
- Εάν δύο εισοδοί βρίσκονται στον ίδιο χρόνο, ένα σήμα εμπλοκής μεταδίδεται σε όλες τις συνδέσεις.

Επιπλέον, οι λειτουργίες της τοπολογίας αστέρα είναι ίδιες με την bus τοπολογία δικτύου CSMA/CD : Η μετάδοση από οποιοδήποτε σταθμό μπορεί να ληφθεί από όλους τους σταθμούς. Εάν οι μεταδόσεις δύο σταθμών επικαλυφθούν, συμβαίνει σύγκρουση, την οποία ανιχνεύεται απ' όλους τους σταθμούς.

Ο όρος collision domain (πεδίο σύγκρουσης) χρησιμοποιείται για να καθορίσει ένα μοναδικό CSMA/CD δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι εάν δύο σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα, μια σύγκρουση θα συμβεί. Σταθμοί που χωρίζονται από ένα πολυπολικό επαναλήπτη είναι στο ίδιο πεδίο σύγκρουσης, εάν οι σταθμοί χωρίζονται από μια γέφυρα τότε είναι σε διαφορετικά πεδία σύγκρουσης. Το σχέδιο 4-3 δείχνει την διαφορά. Η γέφυρα λειτουργεί σε store-and-forward fashion και επομένως συμμετέχει σε δύο αλγόριθμους CSMA/CD, ένα για κάθε από τα δυο πεδία σύγκρουσης.

Το πρότυπο 100BASE-T καθορίζει δύο τύπους από επαναλήπτες. Έναν CLASS I επαναλήπτη ο οποίος μπορεί να υποστηρίζει ανόμοια τμήματα φυσικών μέσων, όπως είναι το 100BASE-T4 και το 100BASE-TX. Σ' αυτή τη περίπτωση είναι πιθανό να αυξηθεί η εσωτερική καθυστέρηση του επαναλήπτη για να χειριστεί την μετατροπή από ένα σήμα στο άλλο. Επομένως, μόνο ένας απλός CLASS I χρησιμοποιείται στο πεδίο σύγκρουσης. Ένας CLASS I επαναλήπτης είναι περιορισμένος σε ένα μόνο φυσικό μέσο, και δύο CLASS II επαναλήπτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' ένα πεδίο σύγκρουσης (σχήμα 4-4).

Το σχήμα 4-4 δείχνει ότι η σύνδεση μεταξύ δύο CLASS II επαναλήπτες εμφανίζεται όπως η συνηθισμένη σύνδεση σταθμού με το κάθε επαναλήπτη. Παρομοίως, το σχήμα 4-3 ενδεικνύει ότι η γέφυρα μεταχειρίζεται σαν όλους τους άλλους σταθμούς από τον επαναλήπτη. Ο πίνακας 4-2 δείχνει τις επιτρεπτές αποστάσεις για πεδία συγκρούσεων.

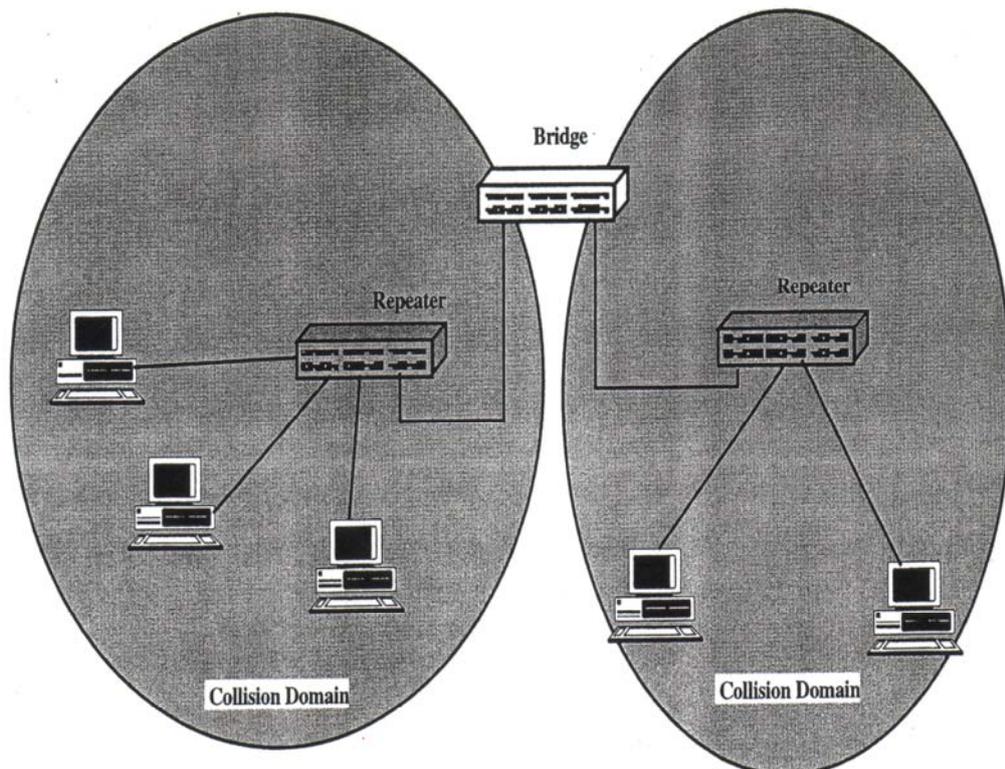
4.3 Full-Duplex Operation - Πλήρως αμφίδρομη λειτουργία

Ένα παραδοσιακό δίκτυο Ethernet έχει ημί-αμφίδρομη μετάδοση: ένας σταθμός μπορεί είτε να λαμβάνει είτε να μεταδίδει ένα frame, αλλά δεν μπορεί να το κάνει

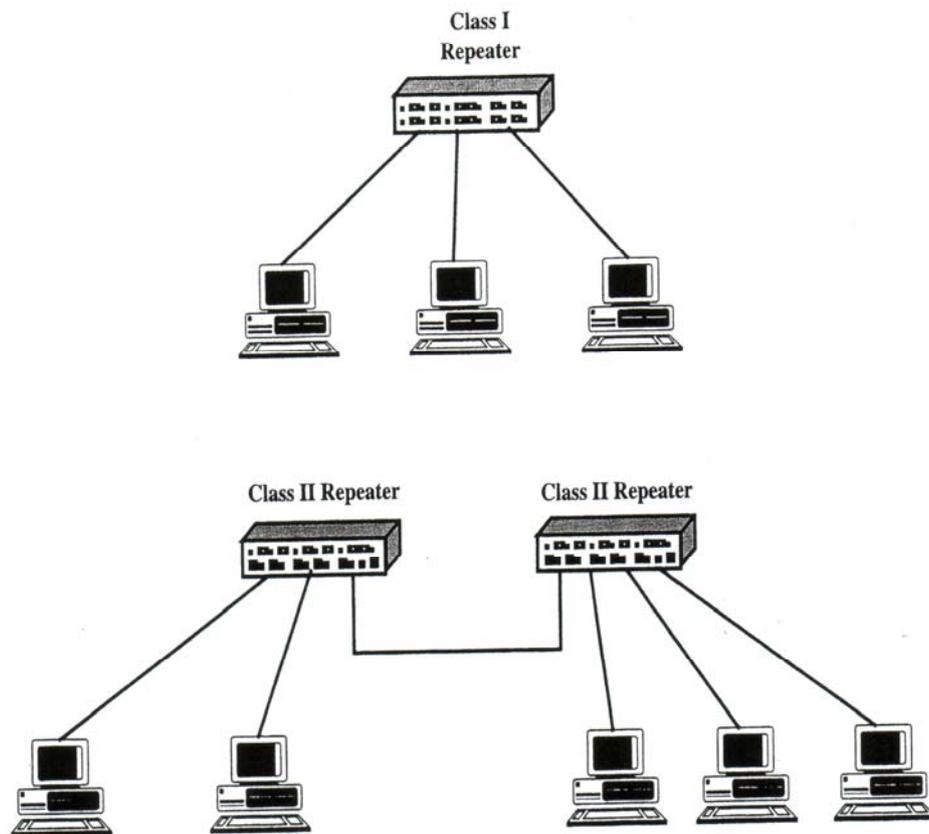
ταυτόχρονα. Εάν είναι 100Mbps Ethernet δίκτυο λειτουργεί σε κατάσταση πλήρως αμφίδρομης λειτουργίας και θεωρητικά η ταχύτητα μεταφοράς θα γίνει 200Mbps.

Διάφορες αλλαγές χρειάζονται για να λειτουργήσει σε πλήρης αμφίδρομη λειτουργία. Οι προσαρτημένοι σταθμοί πρέπει να έχουν full-duplex κάρτες αντί για half-duplex κάρτες δικτύου. Το κεντρικό σημείο σε ένα δίκτυο τοπολογίας αστέρα μπορεί να είναι ένας πολυπολικός επαναλήπτης αλλά πρέπει να είναι αρκετά κοντά στο switched hub, όπως είναι η γέφυρα. Σ' αυτή τη περίπτωση κάθε σταθμός απαρτίζει ένα ξεχωριστό πεδίο σύγκρουσης. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν συγκρούσεις και ο αλγόριθμος CSMA/DC δεν είναι πλέον απαραίτητος. Η full-duplex λειτουργία δεν είναι μέρος του προτύπου του 100BASE-T αλλά είναι υπό θεώρηση. Ωστόσο, ένας αριθμός από κατασκευαστές προσφέρουν ένα full-duplex Ethernet δίκτυο.

Σχήμα 4-3. Collision Domains – Πεδία σύγκρουσης



Σχήμα 4-4. Τύποι επαναληπτών



4.4 Auto-Negotiation – Αυτό-διαπραγμάτευση

Αυτό-διαπραγμάτευση είναι μια επιλεκτική δυνατότητα του δικτύου 100BASE-T, που παρέχει δύο συσκευές συνδεδεμένες στην ίδια σύνδεση που ανταλλάσσουν πληροφορίες για τις δυνατότητες τους. Στη μικρότερη λειτουργία περιέχει μια συσκευή που δείχνει πότε λειτουργεί στα 100 ή στα 10 Mbps. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την τοποθέτηση ενός hub, το οποίο υποστηρίζει μια ομάδα συσκευών που διαμορφώνουν τις διαφορετικές 100BASE-T και 10BASE-T μεσαίες επιλογές.

Πινάκας 4-2 Maximum Collision Domain (meters)

| Repeater Type | Copper | Copper and Fiber ^a | Fiber |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|-------|
| DTE-DTE | 100 | NA | 400 |
| One Class I repeater | 200 | 230 | 240 |
| One Class II repeater | 200 | 285 | 318 |
| Two Class II repeaters | 205 (200 category 3) | 212 | 226 |

^aMixed copper and fiber assumes a 100-meter copper link.

5⁰

Fast Ethernet Fiber Optic Media System 100BASE-FX

5.1 Παρουσίαση του 100BASE-FX Fast Ethernet δικτύου με χρήση οπτικής ίνας

Το 100Base-FX δίκτυο οπτικής ίνας είναι σχεδόν ίδιο με το 10Base-FL τμήμα οπτικής σύνδεσης μόνο που το 10Base-FL τμήμα υστερεί στην ταχύτητα. Το 100Base-FX δίκτυο στέλνει τα δεδομένα 10 φορές πιο γρήγορα από ότι το 10Base-FL τμήμα οπτικής σύνδεσης. Όταν τα 100Base-FX τμήματα υποστηρίζουν half-duplex επικοινωνία μεταξύ τους τότε μπορούν να αγγίζουν αποστάσεις των 21 χιλιομέτρων (6561.6 feet) με καλώδιο multimode οπτικής ίνας. Πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις μπορούν να επιτευχθούν από τα τμήματα single-mode οπτικής σύνδεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα backbone Ethernet δίκτυα να υποστηρίζουν άμεσα στο 100 BASE-FX δίκτυο.

5.2 Εξαρτήματα σηματοδοσίας του 100BASE-FX δικτύου.

Τα παρακάτω ακόλουθα εξαρτήματα σηματοδοσίας χρησιμοποιούνται τόσο στο 100BASE-TX όσο και στο 10BASE-FX δίκτυο για την αποστολή και την λήψη των σημάτων.

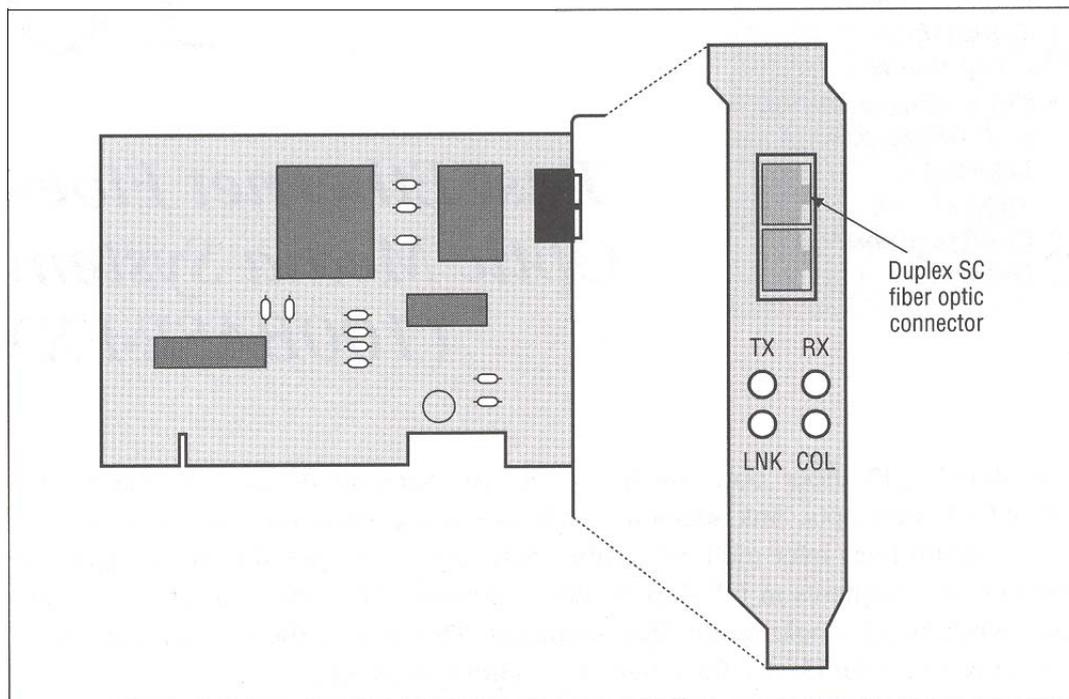
- Ethernet διασυνδέσεις οι οποίες περιέχουν ενσωματωμένους 100BASE-TX transceivers.

- Διασυνδέσεις εξαρτώμενες από το μέσο (Medium Independent interfaces)(MII).
- Εξωτερικούς 100BASE-TX transceivers οι οποίοι καλούνται επίσης και ως (Physical Layer Device).

5.2.1 Ethernet Διασυνδέσεις του 100BASE-FX δικτύου

Οι διασυνδέσεις του 100BASE-FX δικτύου με 100BASE-TX transceivers συνήθως χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν twisted-pair τμήματα. Οι εξωτερικοί transceivers χρησιμοποιούνται μόνο όταν η διασύνδεση έχει 40-pin MII συνδετήρα. Το σχήμα 5-1 δείχνει μια κάρτα δικτύου (NIC) η οποία προορίζεται να εγκατασταθεί σε έναν υπολογιστή. Αυτή η κάρτα περιέχει έναν duplex SC συνδετήρα οπτικής ίνας με τον οποίο συνδέεται το 100BASE-FX τμήμα οπτικής σύνδεσης.

Σχήμα 5-1. 100BASE-FX Ethernet διασύνδεση



5.2.2 Διασύνδεση εξαρτώμενη από το μέσο (MII)

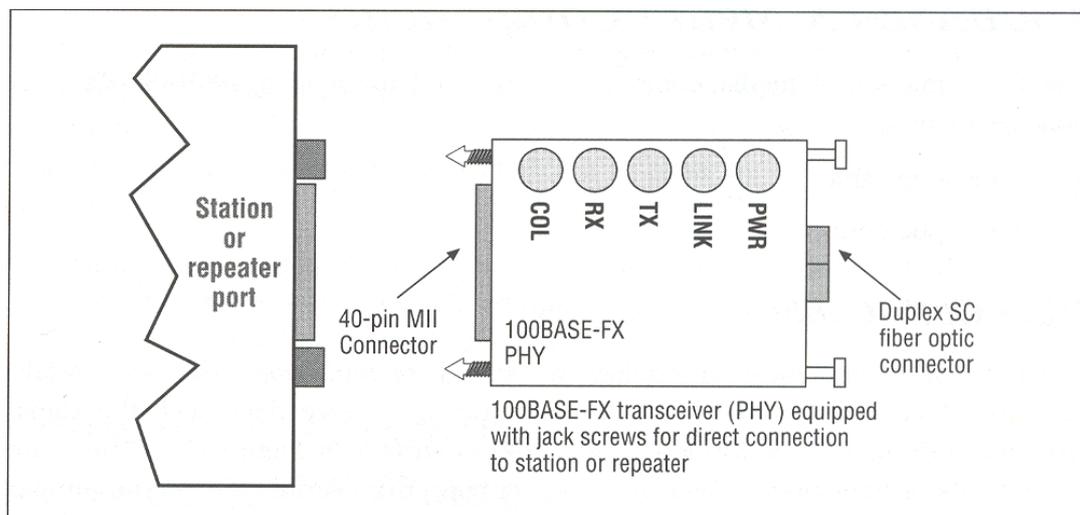
Οι διασυνδέσεις εξαρτώμενες από το μέσο δεν είναι τίποτα άλλο παρά μόνο ένας 40-pin συνδετήρας ο οποίος επιτρέπει έναν εξωτερικό 100BASE-FX transceiver να συνδεθεί με μια Ethernet διασύνδεση. Συνεπώς, αυτό που γίνεται σε αυτήν την διασύνδεση είναι ότι ο εξωτερικός transceiver συνδέεται κατ'ευθείαν με τον (MII) συνδετήρα.

5.2.3 Ethernet 100BASE-FX Πομποδέκτης (Transceiver)

Οι 100BASE-FX διασυνδέσεις που έχουν εσωτερικούς πομποδέκτης (transceiver) μπορούν με πολύ εύκολο τρόπο να συνδέσουν ένα Ethernet τμήματα twisted-pair σύνδεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι διασυνδέσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν ήδη εσωτερικό transceiver και δεν απαιτείται η ανάγκη για αγορά εξωτερικού transceiver. Για να συνδεθεί μια Ethernet συσκευή που είναι εξοπλισμένη με έναν 40-pin (MII) συνδετήρα με ένα Ethernet τμήμα twisted-pair σύνδεσης απαιτείται η χρήση ενός εξωτερικού transceiver που ενδείκνυται για 100BASE-FX Ethernet δίκτυα.

Το σχήμα 5-2 απεικονίζει έναν εξωτερικό 100BASE-FX transceiver ο οποίος είναι εξοπλισμένος με έναν duplex SC συνδετήρα.

όπου 100BASE-TX transceiver (PHY) equipped with jack screws for direct connection to station or repeater είναι ο 100BASE-FX transceiver (PHY) ο οποίος είναι εξοπλισμένος με 8-pin RJ-45 αρσενικό τηλεφωνικό συνδετήρα για την σύνδεση με τον σταθμό εργασίας ή του επαναλήπτη .



5.2.4 Κωδικοποίηση σήματος του 100BASE-FX δικτύου.

Η σηματοδότηση του 100BASE-FX δικτύου βασίζεται και σε αυτό το δίκτυο στα ANSI X3T9.5 FDDI πρότυπα τα οποία αναφέρονται τόσο για δίκτυα με χρήση οπτικής ίνας όσο και για δίκτυα με απλό τηλεφωνικό καλώδιο. Επιπλέον, η κωδικοποίηση σήματος στο 100BASE-FX δίκτυο εξαρτάται και πάλι από τον κώδικα 4B/5B.

Φυσική Γραμμή Σηματοδότησης

Η κωδικοποίηση και η αποστολή σημάτων σε ένα 100BASE-FX δίκτυο γίνεται μέσω παλμών φωτός που στέλνονται σε καλώδια οπτικής ίνας. Το 100BASE-FX δίκτυο χρησιμοποιεί ένα μεταβλητό σχήμα το οποίο ονομάζεται Non-Return-To-Zero (NRZ) σχήμα. Η κατάσταση του σχήματος δεν αλλάζει με τον δυαδικό αριθμό (0) ενώ το σήμα υφίσταται αλλαγή με τον δυαδικό αριθμό (1) που καταλήγει στην μεταφορά του παλμού του φωτός. Ο σκοπός αυτού του συστήματος είναι να εξασφαλίσει όσο γίνεται το δυνατόν, λιγότερες αλλαγές του σήματος και να παρέχει σχετικές πληροφορίες σε κυκλώματα που έχουν να κάνουν με την κωδικοποίηση του σήματος. Ένας 100BASE-FX transceiver μπορεί να παράγει φωτεινά κύματα των 200 ως και 400(μW). Δεδομένο ότι στέλνεται ο ίδιος αριθμός δυαδικών αριθμών (1) και (0), μια οπτική σύνδεση μπορεί να δεχθεί παλμούς φωτός από 100 ως και 200 (μW). Θα πρέπει να τονισθεί ότι η οπτική σύνδεση δεν υποστηρίζει ηλεκτρομαγνητική εκπομπή και συνεπώς τα δεδομένα δεν χρειάζονται να χωρισθούν όπως συμβαίνει στο 100BASE-TX δίκτυο. Στο twisted-pair δίκτυο, τα δεδομένα πρέπει να χωρισθούν για να μειωθεί το επίπεδο ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής.

5.3 Εξαρτήματα του 100BASE-FX δικτύου

Τα παρακάτω εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ένα 100BASE-TX τμήμα οπτικής σύνδεσης :

- Καλώδιο οπτικής ίνας
- Συνδετήρας οπτικής ίνας

5.3.1 Καλώδιο οπτικής σύνδεσης

Οι προδιαγραφές για το 100BASE-FX δίκτυο απαιτούν δυο είδη καλωδίου multimode οπτικής ίνας ανά σύνδεση, ένα καλώδιο για την μεταφορά δεδομένων και ένα άλλο για την λήψη αυτών. Κάθε TX υποδοχή του σταθμού εργασίας στην οποία μπαίνει το καλώδιο της multimode οπτικής ίνας αντιστοιχεί σε μια RX υποδοχή του 100BASE-FX repeater hub, όπως φαίνεται σχήμα 5-3. Υπάρχουν πολλά είδη καλωδίων οπτικής ίνας, ξεκινώντας από μικρά απλά διακλαδωτήρων (jumper) καλώδια με περίβλημα PVC εξωτερικό υλικό έως και μεγάλα εσωτερικά καλώδια κτιρίου που μεταφέρουν πολλές οπτικές ίνες σε μια δεσμίδα.

Τα συνηθισμένα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε 100BASE-FX τμήματα οπτικής σύνδεσης αποτελούνται από (MMF) καλώδια οπτικής ίνας διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης. Το μήκος κύματος της φωτεινότητας αυτών των καλωδίων είναι 1350 (nm). Έτσι, όταν στέλνονται από αυτό το μήκος κύματος και όταν η σύνδεση υποστηρίζει full-duplex επικοινωνία τότε το μήκος των τμημάτων (MMF) οπτικής σύνδεσης μπορεί να φτάσει ως και τα 2000 μέτρα.

5.3.2 Συνδετήρας οπτικής ίνας

Ένα από τα τρία είδη συνδετήρων για 100BASE-FX συνδέσεις είναι οι medium-dependent interfaces (MDI). Το δεύτερο και πιο γνωστό είδος συνδετήρων που χρησιμοποιούνται ευρέως από τις πωλήτριες εταιρείες είναι ο SC συνδετήρας ο οποίος φαίνεται στο σχήμα 5-3 και συνήθως συστήνεται εναλλακτικά αντί των άλλων. Ο SC συνδετήρας είναι εύκολος στην χρήση. Το τρίτος είδος συνδετήρων είναι ο ST συνδετήρας τύπου bayonet και χρησιμοποιείται στις 10BASE-FL συνδέσεις.

Συμφώνα με τα IEEE πρότυπα, Ο FDDI media interface connector (MIC) συνδετήρας οπτικής ίνας μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί ως και 100BASE-FX εξάρτημα. Όμως κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει αποδεκτό από τις πωλήτριες εταιρείες.

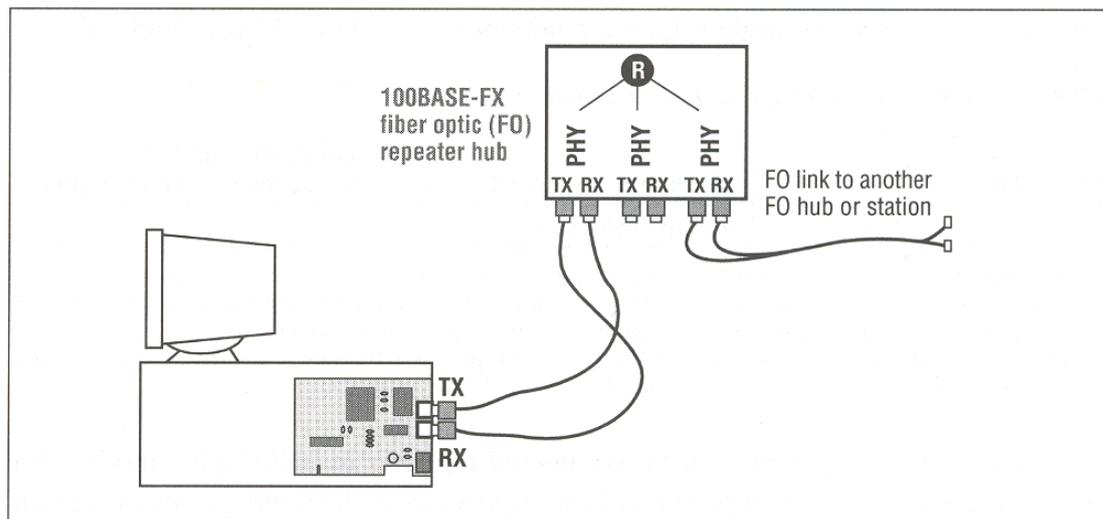
5.4 Συνδέοντας ένα σταθμό εργασίας σε 100BASE-FX δίκτυο

Το σχήμα 5-4 δείχνει ένα υπολογιστή ο οποίος είναι εξοπλισμένος με έναν 100BASE-FX Ethernet adapter. Σε αυτό το παράδειγμα, η adapter κάρτα αποτελείται

από έναν SC duplex συνδετήρα με τον οποίο συνδέεται το καλώδιο της οπτικής ίνας με τον repeater hub. Ο repeater hub στο σχήμα αποτελείται από τρία ζεύγη 100BASE-FX SC συνδετήρων και από transceivers. Για να συνδεθεί ο 100BASE-FX transceiver του σταθμού εργασίας με τον 100BASE-FX transceiver του repeater hub απαιτείται ένας κόμβος σημάτων.

Σχήμα 5-4 Συνδέοντας έναν σταθμό εργασίας σε ένα 100BASE-FX Ethernet δίκτυο.

(FO) είναι ο 100BASE-FX οπτικός repeater hub.



5.5 Έλεγχος Ακεραιότητας σε μια 100BASE-FX Σύνδεση

Όπως στις 100BASE-TX συνδέσεις έτσι και στις 100BASE-FX, η δουλειά των 100BASE-FX transceiver κυκλωμάτων είναι να εξετάζουν όλη την διαδρομή δεδομένων κατά την αποστολή τους και να ελέγχουν αν η σύνδεση δουλεύει σωστά ή όχι. Μέσω αυτών των κυκλωμάτων, κρυπτογραφημένα σήματα πληροφοριών στέλνονται συνεχώς σε ένα 100BASE-FX τμήμα, ακόμη και σε idle χρονικές περιόδους. Επομένως, η εξέταση της διαδρομής των δεδομένων κατά την αποστολή τους είναι πολύ σημαντική διότι μας εξασφαλίζει τον συνεχόμενο έλεγχο ακεραιότητας σε μια 100BASE-FX σύνδεση. Η κωδικοποίηση των πληροφοριών βασίζεται στο σύστημα σηματοδότησης των ANSI FDDI προτύπων.

Υπάρχει ένας εναλλακτικός έλεγχος ακεραιότητας που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα 100BASE-FX τμήμα και ονομάζεται μακρινή λειτουργία βλαβών (Far Fault Function).

Η Far Fault Function είναι ιδιαίτερα σημαντική σε οπτικές συνδέσεις οι οποίες είναι αρκετά μεγάλες. Ανιχνεύει αν η σύνδεση ανταποκρίνεται προς μια κατεύθυνση και όχι προς άλλες καθώς και βοηθάει στην εξοικονόμηση αρκετού χρόνου σε περιπτώσεις συνδέσεων που αντιμετωπίζουν βλάβες. Συνεπώς, οι εταιρείες δικτύων μπορούν να προσθέσουν στα hubs μακρινές λειτουργίες βλαβών οι οποίες επιτρέπουν την αυτόματη αντικατάσταση των συνδέσεων με βλάβες με τις backup συνδέσεις.

5.6 Οδηγίες Διαμόρφωσης του 100BASE-FX δικτύου

Τα Ethernet πρότυπα περιέχουν οδηγίες όχι μόνο για απλά 100BASE-FX τμήματα twisted-pair σύνδεσης αλλά και για πολλαπλά τμήματα μεγαλύτερων δικτύων. Όπως και στο 100BASE-TX δίκτυο έτσι και σε αυτό το δίκτυο, η σύνδεση μεταξύ πολλαπλών 100 Mbps τμημάτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήση ενός επαναλήπτη class I ή class II και την υποστήριξη half-duplex επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων. Επίσης, το μήκος καλωδίου μεταξύ των σταθμών εργασίας σε ένα half-duplex δίκτυο που χρησιμοποιούν repeaters μπορεί να φτάσει ως και 200 μέτρα. ο πίνακας 5-1 μας δίνει πληροφορίες για ένα μόνο 100BASE-FX τμήμα.

Πίνακας 5-1

| Είδος μέσου | Μέγιστο Μήκος Τμήματος | Μέγιστος αριθμός των Transceivers ανά (τμήμα) |
|-------------------------|------------------------------------|---|
| Twisted-pair 100Base-TX | 100 μέτρα (328 πόδια) ^a | 2 |

- Το μέγιστο μήκος τμήματος για 100BASE-FX σύνδεση αναφέρεται για half-duplex τμήματα που συνδέονται μεταξύ δύο σταθμών εργασίας. Αν, χρησιμοποιείται repeater για να συνδέσει δυο τμήματα οπτικής ίνας τότε το μέγιστο επιτρεπτό μήκος θα είναι μικρότερο από 412 μέτρα.
- Δεν υπάρχουν προδιαγραφές ελάχιστου μήκους τμήματος για 100Base-TX δίκτυα. Δύο σταθμοί εργασίας μπορούν να συνδεθούν με patch καλώδιο. Το Patch καλώδιο είναι ένα επιπρόσθετο twisted-pair ή ένα καλώδιο οπτικής ίνας που συνδέει ένα σταθμό ή ένα hub με τα τμήματα του μέσου ή συνδέει τους σταθμούς με τα hub

5.7 Μεγαλύτερα Τμήματα Οπτικής Σύνδεσης

Μεγαλύτερα τμήματα οπτικής ίνας είναι εφικτά όταν η σύνδεση γίνεται με full-duplex επικοινωνία. Full-duplex επικοινωνία σε ένα τμήμα οπτικής ίνας σημαίνει ότι το μήκος του τμήματος αυτό δεν περιορίζεται από τα όρια μετ'επιστροφής χρονισμού ενός διαμοιραζόμενου κανάλι επικοινωνίας αλλά εξαρτάται από την εξασθένιση του σήματος και από την μετάδοση του σήματος στο καλώδιο της οπτικής ίνας. Οι συνηθισμένοι οπτικοί transceivers μπορούν να συνδέσουν 100Base-FX τμήματα απόστασης μεταξύ τους μέχρι και 2 χιλιομέτρων χρησιμοποιώντας καλώδιο multi-mode οπτικής ίνας. Μεγαλύτερες συνδέσεις μπορούν να επιτευχθούν όταν χρησιμοποιείται single-mode οπτική ίνα σε full-duplex τμήματα.

Όμως, η single-mode οπτική ίνα εμφανίζει κάποια μειονεκτήματα. Μολονότι που οι single-mode οπτικές ίνες μπορούν να συνδέσουν τμήματα 20 χιλιομέτρων απόσταση, παρουσιάζουν περισσότερη δυσκολία στην εφαρμογή και είναι πολύ πιο δαπανηρές σε σχέση με τις multi-mode. Ο πυρήνας αυτού του τύπου οπτικής ίνας είναι συνήθως 62.5 μm ενώ ο πυρήνας της single-mode είναι 82.5 μm. Επίσης, σε multi-mode οπτικές ίνες δεν επιτυγχάνεται εύκολα η σύζευξη του φωτός στον πυρήνα του καλωδίου διότι απαιτούνται ειδικοί συνδετήρες καθώς και πιο ακριβές πηγές ακτινοβολίας τύπου laser.

Γενικά, η εύρεση 100Base-FX transceiver με single-mode οπτική ίνα είναι εφικτή και εύκολη. Όμως, αν κάποιος δεν επιθυμεί την αγορά του 100Base-FX transceiver και να θέλει να έχει τις ίδιες λειτουργίες με αυτές που έχει ο transceiver, μπορεί πολύ εύκολα να συνδέσει έναν 100Base-FX transceiver με μια εξωτερική συσκευή μετατροπής σήματος. Η δουλειά αυτής της συσκευής είναι να μετατρέπει τα multi-mode σήματα σε single-mode σήματα για συνδέσεις από 20 ως και 40 χιλιομέτρων απόστασης οι οποίες υποστηρίζονται από full-duplex τμήματα.

5.8 Συμπεράσματα

Το 100Base-FX δίκτυο υποστηρίζει full-duplex επικοινωνία επιτρέπει συνδέσεις απόστασης ως και τα 400 μέτρα με καλώδιο multimode οπτικής ίνας. Τα συνηθισμένα καλώδια που χρησιμοποιούνται σε 100BASE-FX τμήματα οπτικής

σύνδεσης αποτελούνται από (MMF) καλώδια οπτικής ίνας διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης.

Πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις μπορούν να επιτευχθούν από τα τμήματα single-mode οπτικής σύνδεσης που υποστηρίζουν full-duplex επικοινωνία. Όταν τα 100Base-FX τμήματα υποστηρίζουν half-duplex επικοινωνία μεταξύ τους τότε μπορούν να αγγίζουν αποστάσεις των 21 χιλιομέτρων (6561.6 feet).

6⁰

Gigabit Ethernet

Twisted-Pair

Media System

1000BASE-T

Οι προδιαγραφές του δικτύου 1000BASE-T αναπτύχθηκαν στο συμπληρωματικό πακέτο 802.3ab με το πρότυπο (standard) της IEEE, το οποίο ουσιαστικά και επίσημα υιοθετήθηκε τον Ιούλιο του 1999. Υποστηρίζοντας 1δισεκατομύριο bits ανά δευτερόλεπτο μέσω συνεστραμμένων ζεύγων καλωδίων, αποτελεί αξιοθαύμαστο επίτευγμα. Για να αποτελεί αυτό πραγματικότητα το σύστημα 1000BASE-T χρησιμοποιεί ένα κράμα από σήματα (signaling) και τεχνικές κωδικοποίησης οι οποίες δημιουργήθηκαν και εξελίχθηκαν αρχικά για τα πρότυπα (standard) των συστημάτων 100BASE-TX, 100BASE-T2 και 100BASE-T4. Ενώ τα συστήματα 100BASE-T2 και 100BASE-T4 δεν είχαν υιοθετηθεί ευρέως στην αγορά, η τεχνολογία τους χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του συστήματος 1000BASE-T.

Τα πρότυπα standards του συστήματος 100BASE-T2 Fast Ethernet βασίζεται σε ένα περίπλοκο σύστημα κωδικοποίησης, το οποίο χρησιμοποιείται για να στείλει 100 Mbps signals μέσα από 2 ζευγάρια καλωδίων κατηγορίας 3. Αυτές οι τεχνικές υιοθετήθηκαν και προεκτάθηκαν μέσω των δεδομένων του 1000BASE-T για χρήση 4 ζευγαριών καλωδίων κατηγορίας 5. Από το σύστημα 100BASE-T4, τα πρότυπα (standards) του 1000BASE-T υιοθετήθηκαν και εφάρμοσαν την τεχνική της ταυτόχρονης αποστολής και παραλαβής στοιχείων (signals) μέσα από τα ίδια

ζευγάρια καλωδίων. Το σύστημα 1000BASE-T υιοθέτησε επίσης τη γραμμή σηματοδότησης του πιο δημοφιλούς συστήματος 100BASE-TX Fast Ethernet. Διατηρώντας την ίδια γραμμή σηματοδότησης γίνεται εφικτό για το σύστημα 1000BASE-T να δουλεύει μέσω των ίδιων ευρέως γνωστών καλωδίων κατηγορίας 5, που υποστηρίζουν τη σύνδεση 100BASE-TX.

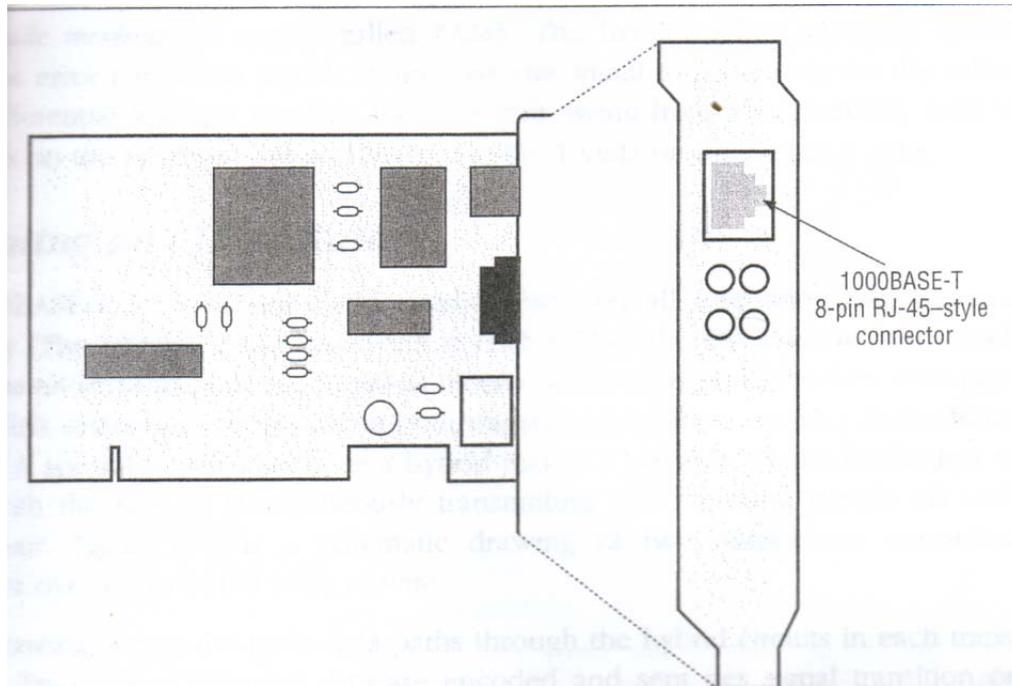
Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τη σηματοδότηση και τα εξαρτήματα, που χρησιμοποιούνται στο σύστημα 1000BASE-T. Επίσης δείχνουμε πως ένας σταθμός συνδέεται με ένα τμήμα 1000BASE-T και επιπρόσθετα παρουσιάζουμε τις βασικές γραμμές (οδηγίες) περιγραφής για ένα, οποιοδήποτε, τμήμα 1000BASE-T.

6.1 1000BASE-T Στοιχεία Σηματοδότησης

Σε αντίθεση με άλλα συστήματα Ethernet που διαθέτουν εκτεθειμένο AUI ή MII σύνδεσμο (connector) ο οποίος υποστηρίζει έναν εξωτερικό πομποδέκτη και το καλώδιο του πομποδέκτη, το 1000BASE-T Gigabit Ethernet απαιτεί ένα Ethernet προσαρμοστικό με εσωτερικό Gigabit Ethernet πομποδέκτη. Δεν υπάρχει καμία εκτεθειμένη σύνδεση πομποδέκτη στο σύστημα Gigabit Ethernet και επομένως καμία υποστήριξη εξωτερικού πομποδέκτη.

Η 1000BASE-T διασύνδεση (interface) συνδέεται με εσωτερικό πομποδέκτη που χρησιμοποιείται για να κάνει μια απευθείας σύνδεση με το τμήμα συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων. Το ηλεκτρονικό σύστημα της διασύνδεσης μπορεί είτε να ενσωματωθεί στον υπολογιστή από την αρχή της κατασκευής του στο εργοστάσιο ή να εγκαθίσταται στο σύστημα με τη μορφή κάρτας σε μια από τις θύρες υποδοχής του υπολογιστή. Μια διασύνδεση Ethernet εντοπίζεται επίσης σε κάθε θύρα υποδοχής ενός switching hub port. Το σχήμα 6-1 δείχνει μια κάρτα δικτύου που είναι σχεδιασμένη για να εγκατασταθεί σε έναν υπολογιστή.

Σχήμα 6-1. 1000BASE-T Ethernet Interface



Αυτή η συγκεκριμένη κάρτα συνοδεύεται από ένα RJ-45 τύπου jack που επιτυγχάνει απευθείας σύνδεση με το τμήμα συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων. Πολλές κάρτες δικτύου (NICs) συνεστραμμένων ζευγών συνήθως έχουν μόνο μια σύνδεση τύπου RJ-45 πάνω τους. Αυτές οι κάρτες δικτύου (NICs) μπορούν να κάνουν χρήση ενός συνδυασμού εσωτερικών GMII και MII πομποδεκτών για την υποστήριξη λειτουργιών διαφόρων ταχυτήτων. Σε μια τέτοια διασύνδεση (interface) πολλαπλών ταχυτήτων, το πρότυπο Αυτο-Διαπραγματεύσεως χρησιμοποιείται για να συνθέσει αυτόματα την ταχύτητα λειτουργίας.

6.2 1000BASE-T Κωδικοποίηση σήματος

(Signal Encoding)

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι τεχνικές σηματοδότησης (εκπομπής σήματος) που αναπτύχθηκαν αρχικά για τα πρότυπα των 100BASE-T2, -T4, και -TX. Έχουν υιοθετηθεί και επεκταθεί για το σύστημα Ethernet Gigabit. Σ' αυτές τις προϋπάρχουσες τεχνολογίες, το σύστημα 1000BASE-T προσθέτει τη δική του σειρά από τεχνικές επεξεργασίας ψηφιακής σηματοδότησης.

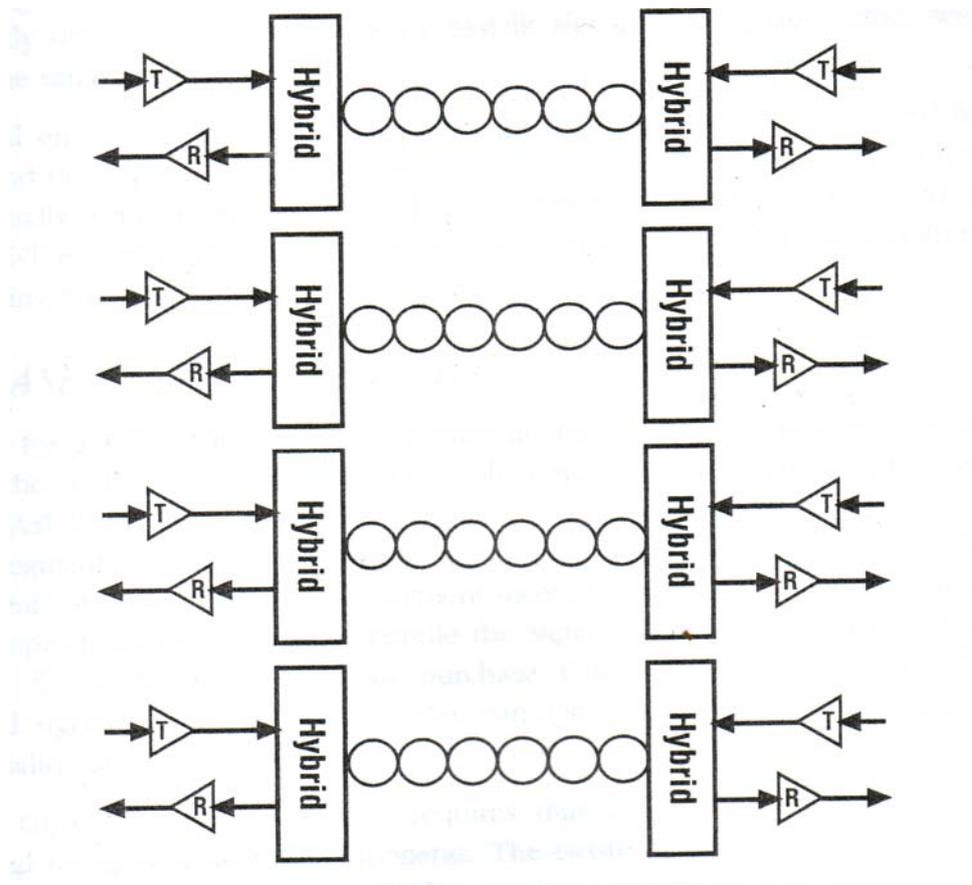
Η κωδικοποίηση σήματος σε σύνδεση 1000BASE-T βασίζεται σε ένα σχέδιο κωδικοποίησης που ονομάζεται 4D-PAM5. Τα κωδικοποιημένα σήματα μεταδίδονται με τη χρήση ενός συμβόλου 5 επιπέδων το οποίο μεταφέρει δύο ψηφία πληροφοριών σε κάθε ένα (σύμβολο). Τέσσερα τέτοια κωδικοποιημένα σύμβολα αντιπροσωπεύουν μια 8-ψηφία ψηφιολέξη. Το σχέδιο κωδικοποίησης και το ολοκληρωμένο group των κωδικοποιημένων συμβόλων που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά περίπλοκα και προκαλούν ενδιαφέρον μόνο στους σχεδιαστές των πομποδεκτών chips.

Τα κωδικοποιημένα σύμβολα μεταδίδονται μέσω των ζευγαριών καλωδίων χρησιμοποιώντας ένα 5-επιπέδων σύστημα παλμοδιαμόρφωσης πλάτους, που ονομάζεται PAMS. Το σύστημα σηματοδότησης των 5 επιπέδων συμπεριλαμβάνει και σήματα (signals) διόρθωσης λαθών για τη βελτίωση του λόγου σήματος προς το θόρυβο. Η διαφορά τάσης που εφαρμόζεται στο ζεύγος καλωδίων κυμαίνεται από 0 μέχρι +1 volts στο θετικό καλώδιο και από 0 μέχρι -1 volts στο αρνητικό καλώδιο.

6.2.1 Σηματοδότηση και ρυθμός δεδομένων στο 1000BASE-T

Μία σύνδεση 1000BASE-T μεταδίδει και λαμβάνει πληροφορίες σε όλα τα ζευγάρια καλωδίων (4) συγχρόνως. Οι πομποδέκτες 1000BASE-T σε κάθε άκρο της σύνδεσης περιέχουν 4 πανομοιότυπα τμήματα μετάδοσης και 4 πανομοιότυπα τμήματα λήψης. Κάθε ένα από τα τέσσερα ζευγάρια καλωδίων στο τμήμα σύνδεσης, συνδέεται και με το κύκλωμα μετάδοσης (πομπός) και με το κύκλωμα λήψης (δέκτης). Ένα ιδιαίτερο κύκλωμα, γνωστό ως «υβριδικό», δίνει τη δυνατότητα στον πομποδέκτη να «αντιμετωπίζει» συγχρόνως και την αποστολή της μετάδοσης και της λήψης σημάτων σε κάθε ζεύγος καλωδίων. Το σχήμα 6-2 είναι μια σχηματική περιγραφή δύο πομποδεκτών, που συνδέονται μεταξύ τους, μέσω 4 ζευγαριών καλωδίων.

Σχήμα 6-2. 1000BASE-T signal transmission



Η συνεχής σηματοδότηση και προς τις 2 κατευθύνσεις και στα 4 ζεύγη καλωδίων παράγει ηχώ σήματος και γειτονική παρεμβολή, που το σύστημα 1000BASE-T πρέπει να ελέγξει και να αντιμετωπίσει. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, το σύστημα 1000BASE-T χρησιμοποιεί τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP). Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν ακύρωση ήχου, ακύρωση κοντινής και μακρινής παρεμβολής (NEXT και FEXT αντίστοιχα). Άλλη μια τεχνική DSP είναι η διαστρέβλωση ή παραποίησης σήματος. Ο πομποδέκτης 1000BASE-T επίσης περιπλέκει το σήμα για να μπορέσει να βοηθήσει στην αποφυγή εκροής-εκπομπής σημάτων από το καλώδιο.

6.2.2 Χρονισμός Σήματος – Signal Clocking

Η υποστήριξη της αυτο-διαπραγμάτευσης είναι υποχρεωτική στο επίπεδο του συστήματος 1000BASE-T και είναι ενσωματωμένη στον πομποδέκτη (PHY). Για τη

βελτίωση της επεξεργασίας του σήματος, το 1000BASE-T περιλαμβάνει ένα σύστημα master-slave συγχρονισμένης σηματοδότησης ή «συγχρόνου» χρονικού σήματος για κάθε ζεύγος καλωδίων. Ο μηχανισμός της αυτόματης διαπραγμάτευσης χρησιμοποιείται για να καθορίσει ποιος πομποδέκτης γίνεται ο κύριος (master) και ποιος γίνεται υποτελής (slave). Οι άκρες master-slave ενός δεδομένου ζεύγους καλωδίων συγχρονίζουν τη σηματοδότηση τους χρησιμοποιώντας τον χρονισμό σήματος που προσφέρεται από τον master. Αυτό επιτρέπει στα κυκλώματα του πομποδέκτη, που συνδέονται με κάθε ζεύγος καλωδίων, να κάνουν διαφοροποίηση μεταξύ των σημάτων που στέλνουν αυτά και των ξένων σημάτων που αποστέλλονται μέσω άλλων ζευγών καλωδίων.

Το σχέδιο κωδικοποίησης σημάτων παρέχει και σύμβολα πληροφοριών και σύμβολα που χρησιμοποιούνται για έλεγχο και άλλες σκοπιμότητες. Αυτά τα άλλα σύμβολα συμπεριλαμβάνουν το IDLE το οποίο αποστέλλεται συνεχώς όταν δεν υπάρχουν στο προσκήνιο άλλες πληροφορίες. Το σύστημα σηματοδότησης στο 1000BASE-T είναι διαρκώς ενεργό και αποστέλλει IDLE (σύμβολα) στα 125 Mbaud, εάν δεν προκύπτει κάτι άλλο.

6.2.3 Απαιτήσεις – Καλωδίωση του 1000BASE-T

Η σηματοδότηση για ένα σύστημα 1000BASE-T λειτουργεί με τον ίδιο ρυθμό μέσα στο καλώδιο, όπως και στο σύστημα 100BASE-TX. Ωστόσο, οι περίπλοκες τεχνικές σηματοδότησης που εφαρμόζονται στο 1000BASE-T είναι πιο ευαίσθητες σε ορισμένους τομείς στη διαδικασία-εκτέλεση της σηματοδότησης. Επομένως, είναι σημαντικό όλα τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων και άλλα συνθετικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε έναν τομέα του 1000BASE-T να εκπληρώνουν τους όρους για διαδικασία σηματοδότησης κατηγορίας 5, έτσι ώστε να γίνεται η απαιτούμενη αντιμετώπιση-χειρισμός των σημάτων. Αν επιθυμεί κανείς να υπερβεί τις προδιαγραφές της κατηγορίας 5, μπορεί να προμηθευτεί καλώδιο κατηγορίας 5e, το οποίο έχει βελτιώσει τις ικανότητες μεταφοράς σημάτων. Μπορεί κανείς, επίσης να βρει καλώδιο με ακόμη υψηλότερους βαθμούς ποιότητας, σε ειδικά καταστήματα καλωδίων.

Αξιόπιστη λειτουργία του Ethernet Gigabit απαιτεί όλα τα “patch cords”, να είναι ορθά συναρμολογημένα. Τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων πρέπει να παραμείνουν

όσο το δυνατόν πιο κοντά στα συνδετικά σημεία (connectors) RJ-45 και η σύνδεση πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας για πιο ποιοτικό αποτέλεσμα στη μεταφορά δεδομένων. Στην ουσία είναι πολύ δύσκολο να κατασκευάσει κανείς patch cord που να εκπληρώνει αυτούς τους όρους ή τις απαιτήσεις. Ερασιτεχνικά καλώδια που δεν εκπληρώνουν τις προϋποθέσεις της κατηγορίας 5 μπορεί να προξενήσουν προβλήματα σε έναν τομέα 1000BASE-T. Για τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα, θα πρέπει να προτιμάτε patch cord υψηλής ποιότητας που έχουν κατασκευαστεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες και έχουν δοκιμαστεί ώστε να πληρούν τις προδιαγραφές της κατηγορίας 5.

6.3 Στοιχεία καλωδίων του 1000BASE-T

Τα ακόλουθα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και το στήσιμο ενός τμήματος συνεστραμμένου ζεύγους 1000BASE-T :

- Κατηγορίας 5 καλώδιο UTP.
- Αρθρωτός σύνδεσμος (connectors) τύπου RJ-45 που πληρούν τις προδιαγραφές της κατηγορίας 5.

6.3.1 UTP Καλώδιο

Το σύστημα 1000BASE-T λειτουργεί με βάση 4 ζεύγη καλωδίων κατηγορίας 5 UTP. Το μέγιστο μήκος καλωδίου είναι 100 μέτρα, με αντίσταση 100 ohm και με τα συγκεκριμένα αυτά UTP στοιχεία πληρούνται οι προϋποθέσεις και οι προδιαγραφές της TIA/EIA κατηγορίας 5.

6.3.2 Σύνδεση 8-θέσεων τύπου RJ-45 Jack Connector

Το σύστημα 1000BASE-T χρησιμοποιεί 4 ζεύγη καλωδίων που καταλήγουν σε μια σύνδεση 8 θέσεων (eight position) τύπου RJ-45 Jack. Εφόσον το σύστημα 1000BASE-T χρησιμοποιεί 4 ζεύγη καλωδίων και τα 8 pin της σύνδεσης επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν. Ο πίνακας 6-1 παρατάσσει τα σήματα 1000BASE-T που εφαρμόζεται στη σύνδεση των 8 pin.

Πίνακας 6-1. 1000BASE-T RJ-45 Signals

| Pin number | Signal |
|------------|--------|
| 1 | BI_DA+ |
| 2 | BI_DA- |
| 3 | BI_DB+ |
| 4 | BI_DC+ |
| 5 | BI_DC- |
| 6 | BI_DB- |
| 7 | BI_DD+ |
| 8 | BI_DD- |

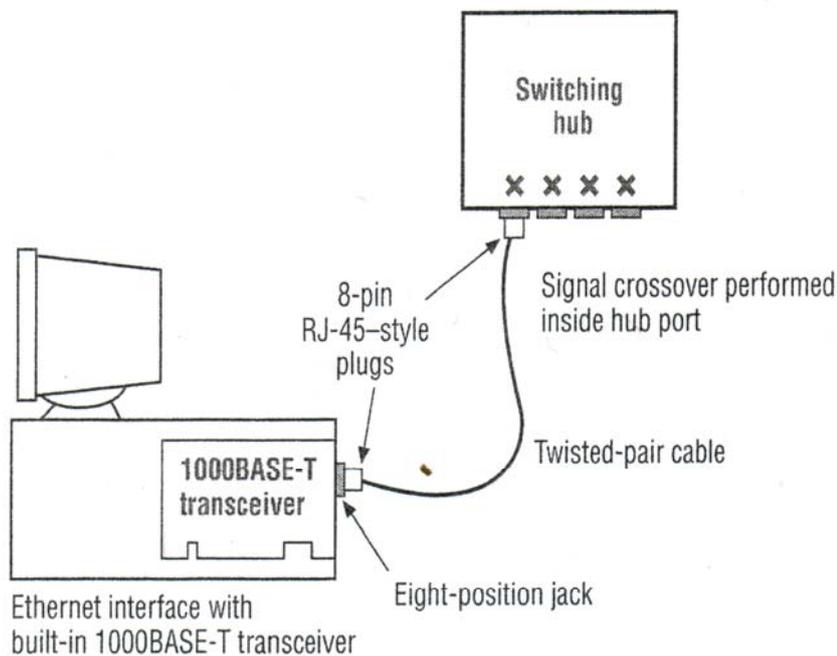
Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (6-1), τα 4 ζεύγη καλωδίων χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν 4 αμφίδρομα (bi-directional) σήματα δεδομένων (BI_D). Τα σήματα αυτά ονομάζονται BI_DA, BI_DB, BI_DC, BI_DD. Τα σήματα δεδομένων σε κάθε ζεύγος ενός τομέα συνεστραμμένου ζεύγους 1000BASE-T υφίστανται πόλωση, κατά την οποία ένα καλώδιο από κάθε ζεύγος μεταφέρει το θετικό (+) σήμα και το άλλο μεταφέρει το αρνητικό (-) σήμα. Τα σήματα συνδέονται έτσι ώστε και τα δύο καλώδια που σχετίζονται με ένα σήμα να είναι μέλη ενός και μονό ζεύγους καλωδίων.

Οι πομποδέκτες (transceivers) του συστήματος 1000BASE-T συνήθως περιλαμβάνουν κυκλώματα που μπορούν και ανιχνεύουν εσφαλμένη πόλωση σήματος σε ένα ζεύγος καλωδίων. Αυτά τα κυκλώματα μπορούν να επανορθώσουν αυτή την πόλωση μετακινώντας αυτόματα τα συγκεκριμένα σήματα προς τα σωστά κυκλώματα, μέσα στον πομποδέκτη. Ωστόσο, δεν είναι όλες οι συσκευές Ethernet ικανές να επανορθώσουν τη λανθασμένη πόλωση και δεν είναι ενδεδειγμένο να βασίζεται κανείς σ'αυτή την ικανότητα. Αντιθέτως, όλα τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να παρατηρείται και επιτυγχάνεται ορθή πόλωση σήματος.

6.4 Σύνδεση Σταθμού με το σύστημα Ethernet 1000BASE-T

Το σχήμα 6-3 απεικονίζει έναν υπολογιστή εξοπλισμένο με κάρτα δικτύου 1000BASE-T Ethernet. Η κάρτα διαθέτει σύνδεση RJ-45 style jack connector. Ένα καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους κατηγορίας 5 χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί σύνδεση με ένα switching hub.

Σχήμα 6-3. Connecting a station to a 1000BASE-T Ethernet system



Η υποδοχή αυτή εμφανίζεται με 4 connectors (τύπου 1000BASE-T) με εσωτερικούς πομποδέκτες (transceivers) και εσωτερικές διασυνδέσεις (interfaces). Η αναστροφή (crossover) σήματος απαιτείται μεταξύ των συσκευών που συνδέονται σ' ένα τομέα του 1000BASE-T. Η καλωδίωση του crossover έχει γίνει μέσα στο hub και ενδείκνυται στο σχήμα με το X.

Οι προδιαγραφές του συστήματος 1000BASE-T επιτάσσουν την ικανότητα αυτοδιαπραγματεύσης (Auto-Negotiation). Chips ελέγχου και πομποδεκτών πολλαπλών ταχυτήτων συστήματος Ethernet καθιστούν δυνατό για τις εταιρείες να κατασκευάζουν διασυνδέσεις (interfaces) Ethernet συνεστραμμένου ζεύγους, που

μπορούν αυτόματα να συντίθενται για λειτουργία και στις 3 ταχύτητες: 10-, 100- και 1000Mbps. Με την ικανότητα αυτή, οι κατασκευάστρες εταιρείες μπορούν να κατασκευάζουν διασυνδέσεις (interfaces) Ethernet που λειτουργούν αυτόματα σε υψηλές ταχύτητες, υποστηριζόμενες από τις συσκευές σε κάθε άκρο της σύνδεσης του συνεστραμμένου ζεύγους.

6.4.1 Test ακεραιότητας σύνδεσης του δικτύου 1000BASE-T

(Link Integrity Test)

Τα κυκλώματα πομποδέκτη Gigabit – Ethernet καταγράφουν συνεχώς το δρόμο λήψης δεδομένων ως μέσο παρακολούθησης και επιβεβαίωσης της ορθής λειτουργίας της σύνδεσης. Το σύστημα σηματοδότησης που χρησιμοποιείται για τους τομείς του 1000BASE-T, στέλνει συνεχώς σήματα, ακόμη και σε χρονικές περιόδους που δεν υπάρχει ιδιαίτερη κινητικότητα στο δίκτυο. Επομένως, η δραστηριότητα στο «δρόμο» λήψης δεδομένων επαρκεί για να γίνει έλεγχος της ακεραιότητας της σύνδεσης.

6.5 1000BASE-T Οδηγίες διαμόρφωσης

Οι προδιαγραφές του Ethernet περιλαμβάνουν κατευθυντήριες οδηγίες για την κατασκευή-στήσιμο ενός τομέα 1000BASE-T συνεστραμμένου ζεύγους, καθώς και οδηγίες για τη σύνδεση πολλαπλών τομέων σε ένα ευρύτερο σύστημα. Ο πίνακα 6-2 παραθέτει τις οδηγίες (guidelines) ενός τομέα για σχηματισμό τομέα του 1000BASE-T.

Πίνακας 6-2. 1000BASE-T Single Segment Guidelines

| Τύπος Μέσου | Μέγιστο Μήκος Τομέα | Μέγιστος αριθμός πομποδεκτών |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Συνεσταμμένο ζεύγος 1000BASE-T | 100 μ | 2 |

Πολλαπλοί τομείς 1000 Mbps μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους με αμφίδρομο – εναλλασσόμενο τρόπο λειτουργίας (mode) και με έναν επαναλήπτη Gigabit Ethernet, παρέχοντας ένα δίκτυο με μέγιστο συνολικό μήκος καλωδίων 200 m (μεταξύ σταθμών). Οι προδιαγραφές 1000BASE-T επιτρέπουν τη δημιουργία τομέα με μέγιστο μήκος 100 m. Σε αντίθεση με το σύστημα 10BASE-T, οι τομείς του 1000BASE-T δε μπορούν να είναι πιο μακριές από 100 m, εξαιτίας των ορίων μετάδοσης σήματος.

7⁰

Gigabit Ethernet

Fiber Optic

Media System

1000BASE-X

Οι προδιαγραφές για το σύστημα 1000BASE-X αναπτύχθηκαν από την επιτροπή IEEE 802.3. Το σύστημα 1000BASE-X είναι ένα συλλογικό αναγνωριστικό για 3 τομείς μέσω, 2 τομείς με χρήση οπτικής ίνας και ένας με χρήση μικρού διακλαδωτήρα (short copper jumper). Απ'αυτά τα 3 στοιχεία, οι τομείς της οπτικής ίνας χρησιμοποιούνται ευρέως, ενώ ο διακλαδωτήρας χαλκού (short copper jumper) δεν έχει υιοθετηθεί από την αγορά. Επομένως, θα περιγράψουμε τους δύο τομείς οπτικής ίνας, λεπτομερώς, με μια μικρή κάλυψη του θέματος του μικρού διακλαδωτήρα χαλκού (short copper jumper). Οι δύο τομείς της οπτικής ίνας αποτελούνται από ένα τομέα 1000BASE-SX και ένα τομέα 1000BASE-LX. Ο τρίτος τύπος τομέα ονομάζεται 1000BASE-CX μικρός διακλαδωτήρας από χαλκό.

Το σύστημα μέσω 1000BASE-X βασίζεται σε προδιαγραφές που εκδόθηκαν για πρώτη φορά στον τύπο (standard) ANSI X3T11 Fibre Channel. Το Fibre Channel είναι μια ταχύρυθμη τεχνολογία δικτύου που αναπτύχθηκε για να υποστηρίζει εφαρμογές και λειτουργίες του όγκου των δεδομένων. Το πρότυπο 1000BASE-X προσάρμοσε την κωδικοποίηση σήματος και τη σηματοδότηση φυσικών μέσω, από το πρότυπο Fibre Channel, με μόνη σημαντική αλλαγή μια αύξηση στο ρυθμό

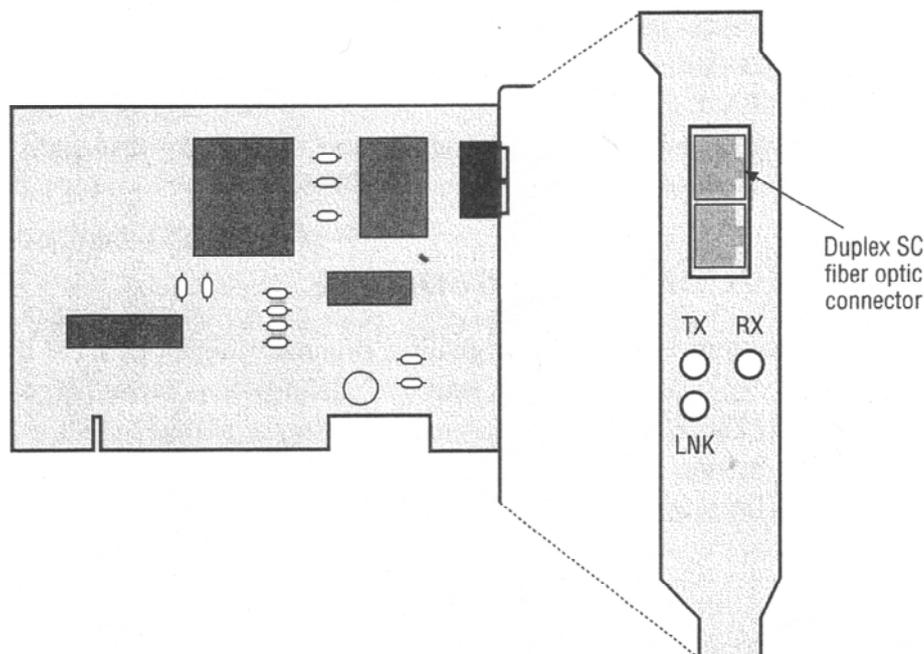
μετάδοσης δεδομένων από 800 Mbps σε 1000 Mbps. Το πρώτο μέρος του κεφαλαίου προσφέρει μια γρήγορη ματιά στα ουσιαστικά στοιχεία του 1000BASE-X και στη σηματοδότηση, που ακολουθείται από μια λεπτομερή αναφορά στους τρεις τομείς μέσω των 1000BASE-X με έμφαση στα ευρέως χρησιμοποιούμενα Fiber Optic segments (τομείς οπτικής ίνας)

7.1 Σηματοδότηση

Όπως το σύστημα 1000BASE-X, έτσι και το σύστημα 1000BASE-X Gigabit Ethernet system απαιτεί ένα προσαρμογέα Ethernet με ένα εσωτερικό πομποδέκτη (transceiver) Gigabit Ethernet. Ο προσαρμογέας 1000BASE-X είναι εξοπλισμένος μ'έναν εσωτερικό πομποδέκτη που χρησιμοποιείται για να κάνει άμεση σύνδεση μ'έναν από τους τομείς μέσω των 1000BASE-X.

Το σχήμα 7-1 δείχνει μία κάρτα δικτύου Gigabit Ethernet για εγκατάσταση σε server ή σε σταθμό εργασίας (workstation). Η κάρτα είναι εξοπλισμένη με εναλλασσόμενη SC σύνδεση οπτικής ίνας που επιτυγχάνει σύνδεση με τα καλώδια οπτικής ίνας του τομέα.

Σχήμα 7-1. 1000BASE-X Ethernet interface



Οι πιο ευρέως διαθέσιμες 1000BASE-X NICs (κάρτες δικτύου) είναι σχεδιασμένες για σύνδεση, για 1000BASE-SX και υποστηρίζουν μόνο full duplex τρόπος λειτουργίας. Το σύστημα 1000BASE-SX χρησιμοποιεί λιγότερο ακριβά, μικρής απόστασης laser, που είναι σχεδιασμένα για σύνδεση με σχετικά μικρά μήκη τομέων πολύτροπων οπτικών ινών. Επομένως, το σύστημα 1000BASE-SX συνήθως χρησιμοποιείται εκτός κτιρίων και για συνδέσεις με servers υψηλής απόδοσης και σταθμούς εργασίας (Workstation) υψηλής απόδοσης.

Μια διασύνδεση (interface) 1000BASE-X (port) ενός switching hub μπορεί να υποστηρίξει είτε ένα τομέα 1000BASE-SX ή έναν τομέα 1000BASE-LX, ανάλογα με τον ποιο τομέα της αγοράς η υποδοχή του switching hub είχε σχεδιαστεί. Οι υποδοχές switching hub υψηλής απόδοσης συνήθως υποστηρίζουν και τους δύο τύπους μέσω των (1000BASE-SX και 1000BASE-LX) καθώς αυτό συντελείται στην μεγάλη ευελιξία. Μικρότερες υποδοχές switching hub που προορίζονται για χρήση εντός ενός κτιρίου είναι, συνήθως, εξοπλισμένες με θύρες 1000BASE-X. Ο μικρός διακλαδωτήρας 1000BASE-CX συμπεριλήφθηκε στο πρότυπο αυτό για συνδέσεις όπως αυτές, εντός μιας μικρής αίθουσας. Ωστόσο δεν έχει υιοθετηθεί από την αγορά και έτσι ο εξοπλισμός 1000BASE-CX δεν παρουσιάζεται διαθέσιμος. Ένας αναστροφέας (crossover) σήματος απαιτείται για να επιτευχθεί σωστή ροή δεδομένων μεταξύ των δύο θυρών 1000BASE-SX ή ανάμεσα σε ένα υπολογιστή και ένα switching hub.

7.1.1 Test Ακεραιότητας Σύνδεσης

Link Integrity Test

Τα κυκλώματα πομποδέκτη (transceiver) Gigabit Ethernet καταγράφουν διαρκώς τη διαδρομή λήψης δεδομένων για να γίνεται επαλήθευση του αν η σύνδεση γίνεται ορθή ή όχι. Το σύστημα σηματοδότησης που χρησιμοποιείται για τους τομείς 1000BASE-X αποστέλλει σήματα διαρκώς, ακόμη και σε περιόδους μειωμένης ή παντελώς ανύπαρκτης κίνησης στο δίκτυο. Επομένως, η δραστηριότητα στο δρόμο λήψης δεδομένων επαρκεί για να γίνεται επαλήθευση ή έλεγχος της ακεραιότητας της σύνδεσης.

7.2 Κωδικοποίηση Σήματος

Το σύστημα 1000BASE-X βασίζεται στον τύπο σηματοδότησης που αρχικά αναπτύχθηκε για τις προδιαγραφές του Fibre Channel. Το πρότυπο του Fibre Channel διακρίνεται από 5 ζώνες λειτουργίας (από την FC0 έως την FC4). Οι ζώνες FC0 και FC1 είναι αυτές που προσαρμόστηκαν στη χρήση του Gigabit Ethernet. Η FC0 καθορίζει τη βασική σύνδεση, συμπεριλαμβανομένων και κάποιων προσαρμογών μέσω των οποίων λειτουργούν σε διάφορους ρυθμούς μετάδοσης ψηφίων (data bits). Η FC1 καθορίζει την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση του σήματος καθώς και την ανίχνευση σφαλμάτων.

Η κωδικοποίηση σήματος που χρησιμοποιείται στο Fibre Channel και στο σύστημα 1000BASE-X ονομάζεται 8B/10B. Σ' αυτό το σύστημα κωδικοποίησης 8 ψηφία δεδομένων μετατρέπονται σε 10ψήφια ομάδες κωδικών για μετάδοση στο σύστημα. Το δεκαψήφιο σχέδιο κωδικοποίησης επιτρέπει την μετάδοση 1024 10bit ομάδων. Υπάρχουν 256 κωδικό-ομάδες που μεταφέρουν 8-bit δεδομένα μέσω της σύνδεσης και άλλο ένα σύστημα κωδικό-ομάδων, που χρησιμοποιείται για χαρακτήρες ειδικού ελέγχου.

Το σύνολο των 1024 10bit κωδικό-ομάδων (code-groups) καθιστά δυνατή την επιλογή ενός συγκεκριμένου συνόλου 256 κωδικό-ομάδων δεδομένων που περιέχουν επαρκή μετάδοση σημάτων, για την εξασφάλιση επαρκούς επανόρθωσης χρονισμού στο άκρο λήψης της σύνδεσης. Οι κωδικό-ομάδες που χρησιμοποιούνται για να στείλουν δεδομένα (data) εξασφαλίζουν επίσης και την αντιστοιχία (ισότητα) στον αριθμό των 0 και 1. Αυτό βοηθάει στην αποτροπή συσσωρευτικής πόλωσης σημάτων, στα ηλεκτρονικά στοιχεία κατά μήκος της διαδρομής σηματοδότησης.

Ειδικές κωδικό-ομάδες χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση σήματος IDLE, το οποίο συνεχώς αποστέλλεται όταν δεν υπάρχουν άλλα δεδομένα, αλλά και όταν πρέπει να σταλούν ψηφία και σήματα επέκτασης μεταφορέα (carrier extension bits and signals), που καθορίζουν την αρχή και το τέλος του πλαισίου. Το συνολικό εύρος των κωδικό-ομάδων δεδομένων και των ειδικών κωδικό-ομάδων είναι περίπλοκο και κυρίως ενδιαφέρον, μόνο για τους σχεδιαστές transceiver chips (πομποδεκτών chips). Οποιοσδήποτε επιθυμεί να εξετάσει το σύνολο αυτό των κωδικό-ομάδων μπορεί να μελετήσει τη λίστα που υπάρχει στο clause 36 του προτύπου Gigabit Ethernet.

7.3 Φυσική σηματοδότηση

Η φυσική σηματοδότηση, που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των δέκα-ψηφίων κωδικό-ομάδων βασίζεται στον βασικό *non-return-to-zero* (NRZ) κώδικα γραμμής (line code). Αυτή είναι μία περίπτωση απλού κώδικα γραμμής σηματοδότησης, στον οποίο είναι ένα « λογικό ένα (1) » καταλήγει σε υψηλό επίπεδο ηλεκτρονικής δύναμης ή φωτός, ενώ σε ένα « λογικό μηδέν (0)» καταλήγει σε χαμηλό επίπεδο ηλεκτρονικής δύναμης ή φωτός. Η χρήση 10 bits για την κωδικοποίηση 8-ψήφιας ψηφιολέξης και η μετάδοση σημάτων με NRZ κάνει το ρυθμό 1000 Mbps Gigabit Ethernet – μετάδοση δεδομένων να γίνει ρυθμός μετάδοσης σήματος 1250 Mbaud, στο σύστημα μέσων. Ο ρυθμός μετάδοσης σήματος 1250 Mbaud σημαίνει πως το σύστημα 1000BASE-X επιτυγχάνει σηματοδότηση υψηλής συχνότητας στα καλώδια fiber optic (οπτικών ινών). Καθώς η μέγιστη συχνότητα με την οποία τα diodes εκπομπής φωτός (LEDs) μπορούν να λειτουργήσουν είναι περίπου 622 Mhz, οι πομποδέκτες οπτικών ινών του συστήματος 1000BASE-X πρέπει να χρησιμοποιούν Lasers για να μπορούν να αντεπεξέλθουν στα σήματα υψηλής συχνότητας.

7.4 Εξαρτήματα Δικτύου

Οι τομείς οπτικών ινών του Gigabit Ethernet χρησιμοποιούν παλμούς φωτός laser αντί για ηλεκτρικά ρεύματα, για την αποστολή σημάτων Ethernet. Αυτή η προσέγγιση εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα. Κατ' αρχάς, ένα τμήμα σύνδεσης οπτικών ινών μπορεί να μεταφέρει σήματα Ethernet σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις απ' ότι τα μέσα συνεστραμμένων ζευγών. Το πρότυπο αυτό καθορίζει ότι ένας πλήρης εναλλασσόμενος τομέας 1000BASE-LX μπορεί να φτάσει και τα 5000 m.

Ωστόσο πολλοί κατασκευαστές παρέχουν στην αγορά παραλαγή του εξοπλισμού 1000BASE-LX που είναι σχεδιασμένες για να φτάνουν και τα 10 km αλλά και τύπους προσαρμογών 1000BASE-LX που μπορούν να στέλνουν σήματα σε απόσταση 70-100 km ή και περισσότερο. Σε περιοχές (campuses) πολλών κτιρίων, οι αποστάσεις ινών μεγαλώνουν γρήγορα, καθώς τα καλώδια οπτικών ινών ίσως να μην μπορούν να «επιλέξουν» την πιο γρήγορη διαδρομή μεταξύ των κτιρίων στην περιοχή και την κεντρική μεταγωγική (switching) τοποθεσία.

Επομένως, αυτοί οι πομποδέκτες μπορεί να αποδειχθούν πολύ χρήσιμοι. Οι προσαρμογείς LX είναι απαραίτητοι σε συνδέσεις MAN (δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής), στα οποία το Gigabit Ethernet χρησιμοποιείται για να παράσχει υπηρεσίες δικτύου μεταξύ sites σε επίπεδο πολιτείας.

7.5 1000BASE-SX & 1000BASE-LX

Εξαρτήματα Δικτύου

Τα ακόλουθα στοιχεία χρησιμοποιούνται για το στήσιμο των τομέων οπτικών ινών και του συστήματος 1000BASE-SX και 1000BASE-LX :

- Πολύτροπο ή απλό καλώδιο οπτικής ίνας.
- Συνδέσεις οπτικής ίνας.

7.5.1 Καλώδιο Οπτικής Ίνας

Οι τομείς μέσων οπτικών ινών και του συστήματος 1000BASE-SX και του 1000BASE-LX, απαιτούν 2 καλώδια : ένα για τη μετάδοση και ανά για τη λήψη δεδομένων. Το απαιτούμενο crossover σήματος, στο οποίο το μεταδιδόμενο σήμα (T.X) στο ένα άκρο συνδέεται με το λαμβανόμενο σήμα (RX) στο άλλο άκρο, διενεργείται στον σύνδεσμο της οπτικής ίνας.

Τα μέγιστα μήκη τομέων για τα συστήματα 1000BASE-SX και 1000BASE-LX εξαρτώνται από το πλήθος των παραγόντων (factors). Εάν ένας τομέας (segment) Gigabit Ethernet λειτουργεί με ημί-εναλλασσόμενο τύπο (mode), τότε υπάρχουν κάποια όρια που επιβάλλονται από τον round-trip timing.

Τα όρια απόστασης ημί-εναλλασσόμενων καλωδίων, βασίζονται σε υπολογισμούς χρονισμού round-trip, που προϋποθέτουν ιδανική αναπαραγωγική συμπεριφορά στα καλώδια των μέσων. Ωστόσο, η αποστολή σημάτων μέσω καλωδίων οπτικών ινών στα 1.25 GH είναι μια δύσκολη δουλειά από μηχανική άποψη. Τα περίπλοκα θέματα της αναπαραγωγής (πολλαπλασιασμού) και ελάττωσης σημάτων, θέτουν όρια στο

μήκος κάποιων ειδών καλωδίων οπτικών ινών. Επομένως, τα μήκη τομέων οπτικών ινών στο σύστημα Gigabit Ethernet ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου και το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται.

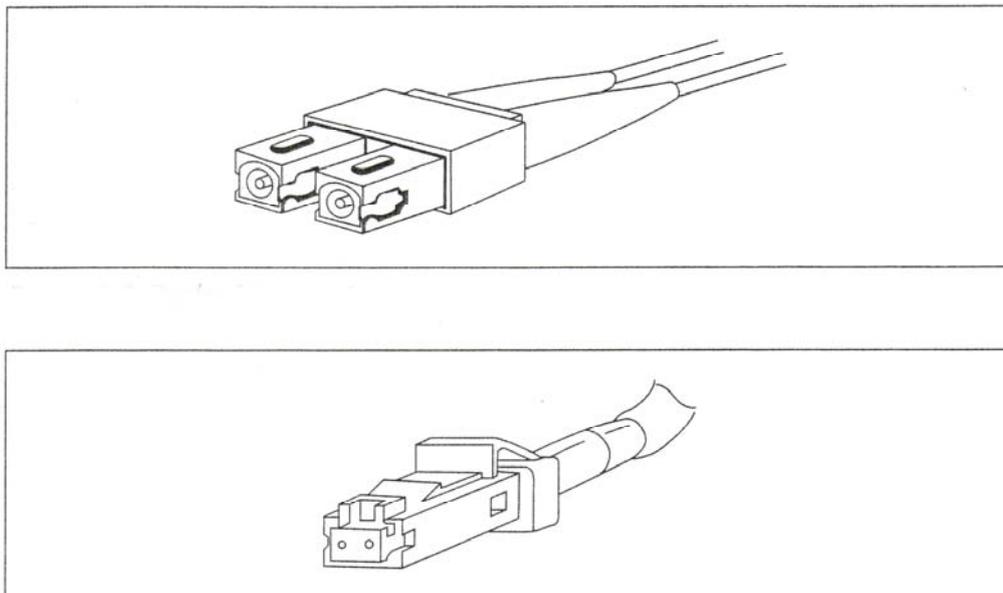
7.5.2 Σύνδεση Οπτικών Ινών

Το συγκεκριμένο πρότυπο συστήνει τη χρήση του Duplex SC οπτικό συνδετήρα (connector) για το σύστημα 1000BASE-SX και για το 1000BASE-LX, όπως φαίνεται στο σχήμα 7-2. Ωστόσο, τίποτε δεν εμποδίζει πωλητές από το να χρησιμοποιούν και άλλους connectors οπτικών ινών. Για παράδειγμα μπορεί κανείς να βρει πωλητές να χρησιμοποιούν την πιο συνεπτυγμένη (compact) MT-RJ connector σε υποδοχή (slot) του 1000BASE-SX. Ο connector MT-RJ εμφανίζεται στο σχήμα 7-3.

Ο connector (συνδετήρας) MT-RJ, προσφέρει σύνδεση σε χώρο μεγέθους ενός connector RJ-45. Καθώς η σύνδεση MT-RJ καταλαμβάνει το μισό περίπου χώρο που απαιτείται για τους SC connectors, αυτό επιτρέπει στους κατασκευαστές να παρέχουν περισσότερες θύρες (ports) σε ένα switching hub.

7.5.3 Μετατροπέας προσαρμογής Gigabit – Gigabit Interface Converter

Κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν τον συγκεκριμένο μετατροπέα (GBIC), ο οποίος επιτρέπει στον ενδιαφερόμενο πελάτη να υποστηρίξει τα μέσα είτε του συστήματος 1000BASE-SX είτε του 1000BASE-LX σε μια και μόνο θύρα. Το GBIC είναι στοιχείο, που παρέχει στο σύστημα στοιχεία σηματοδότησης για μια θύρα (port) Gigabit Ethernet.

Σχήμα 7-2. Duplex SC Connector*Σχήμα 7-3. MT-RJ Connector*

7.6 1000BASE-CX Εξαρτήματα στοιχείων μέσων

Ένας τομέας 1000BASE-CX αποτελείται από ένα κοντό καλώδιο που βασίζεται σε υψηλής ποιότητας καλώδιο συνετραμμένου ζεύγους. Το καλώδιο αυτό μπορεί να φτάνει και τα 25 μέτρα. Το short-haul jumper προορίζεται για εξοπλισμό ένωσης σε μικρές περιοχές, όπως μικρά closets switch και computers rooms. Αυτό το πρότυπο μέσων δεν έχει υιοθετηθεί από την ευρύτερη αγορά, πράγμα που σημαίνει ότι ο εξοπλισμός για το 1000BASE-CX δεν διατίθεται από κανέναν κατασκευαστή, σήμερα. Οι ακόλουθες πληροφορίες προσφέρονται για το σχηματισμό μιας γενικής εικόνας του συστήματος 1000BASE-CX.

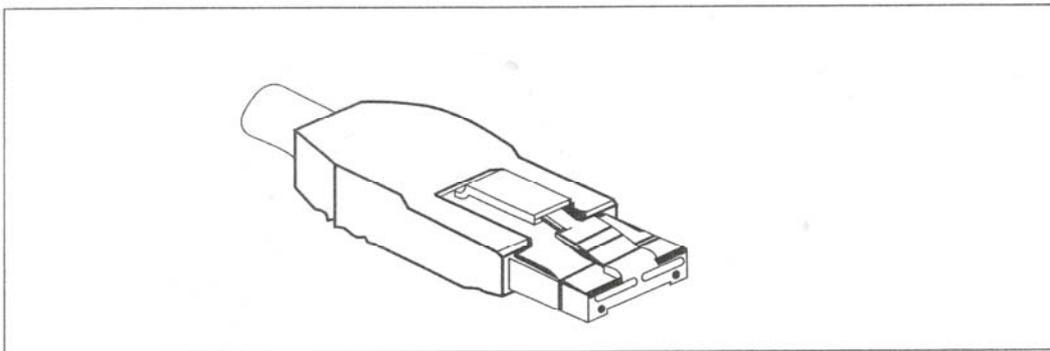
Ο τύπος τομέας του 1000BASE-CX στηρίζεται σε ένα καλώδιο που περιέχει ισορροπημένα ζεύγη καλωδίων με χαρακτηριστική αντίσταση (impedance) 150 ohm. Ένα καλώδιο CX με διακλαδωτήρα απαιτεί ένα «παθητικό» δίκτυο στοιχείων (πυκνωτές, αντιστάσεις, επαγωγείς) για τη βελτίωση της ικανότητας μεταφοράς σήματος του καλωδίου. Συνεπώς, τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται και πωλούνται ως “assemblies” συγκεκριμένου μήκους, με όλα τα εξαρτήματα και τον εξοπλισμό

παθητικού δικτύου εγκαταστημένα από το εργοστάσιο. Τέτοια καλώδια είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν σε συγκεκριμένο μήκος και δεν μπορούν να συνδέονται για να προεκτείνονται. Σε περίπτωση που συνδεθούν μεταξύ τους, τότε οδηγούμαστε σε αυξανόμενα λάθη και απώλεια πλαισίου (frame loss).

7.6.1 1000BASE-CX Connectors

Υπάρχουν δύο συνδέσεις (connectors) που ορίζονται και εντοπίζονται για χρήση στις άκρες ενός καλωδίου CX με διακλαδωτήρα. Η προτινόμενη σύνδεση είναι μια που ονομάζεται 8-pin High Speed Serial Data Connector (HSSDC ή Fibre Channel type 2), που εικονίζεται στο σχήμα 7-4. Παρέχει καλύτερα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και μικρότερο μέγεθος απ' ότι εναλλακτικές ενώσεις.

Σχήμα 7-4, Τύπος 2 HSSDC connector

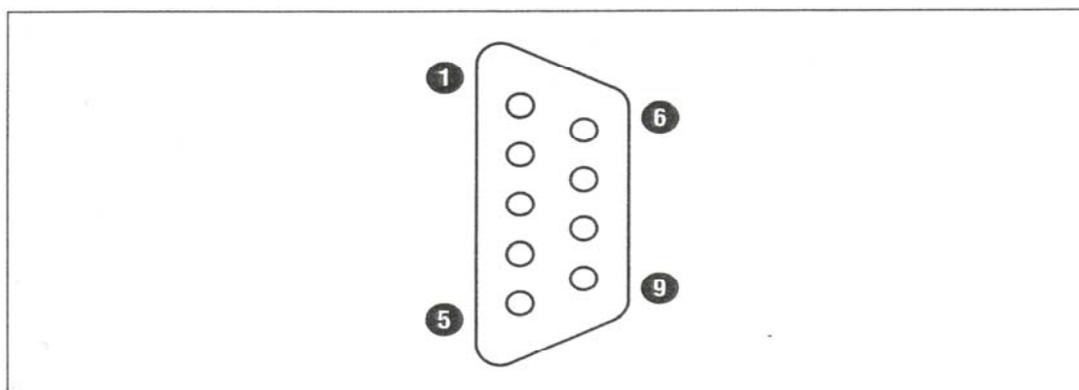


Τα σήματα 1000BASE-CX σε σύνδεση HSSDC τύπου 2, συνδέονται ακολούθως :

- Μετάδοση + σε pin 1
- Μετάδοση - σε pin 3
- Λήψη - σε pin 6
- Λήψη + σε pin 8

Η εναλλακτική σύνδεση είναι μια 9-pin shielded D-subminiature, που εμφανίζεται στο σχήμα 7-5.

Σχήμα 7-5, 9-pin D-subminiature connector



Τα σήματα 1000BASE-CX σε σύνδεση 9-pin, συνδέονται ως ακολούθως:

- Μετάδοση + σε pin 1
- Μετάδοση - σε pin 6
- Λήψη - σε pin 5
- Λήψη + σε pin 9

Πρέπει να γίνεται μία αναστροφή (crossover) σήματος στο τμήμα του καλωδίου. Το σήμα “μετάδοση +” στο ένα άκρο του καλωδίου πρέπει να συνδέεται με το “λήψη +” στο άλλο άκρο και αντίστροφα. Παρομοίως, το σήμα “μετάδοση -” με το “λήψη -” και αντίστροφα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι και τα δύο pin μετάδοσης σήματος στο άκρο του καλωδίου συνδέονται με τα pin λήψης σήματος στο άλλο άκρο του καλωδίου, ενώ διατηρείται η σωστή πόλωση σήματος (signal polarity).

7.7 Οδηγίες διαμόρφωσης 1000BASE-SX & 1000BASE-LX

Ο πίνακας 7-1 παραθέτει τις κατευθυντήριες οδηγίες ενός τομέα για το 1000BASE-SX και 1000BASE-LX. Πολλαπλοί τομείς 1000 Mbps μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους σε τύπο αμφίδρομο-εναλλασσόμενο με επαναλήπτη (repeater), παρέχοντας στο δίκτυο μια μέγιστη συνολική διάμετρο καλωδίου 800 μέτρων.

Πίνακας 7-1. 1000BASE-SX και 1000BASE-LX οδηγίες απλού τμήματος

| Τύπος μέσων | Ελάχιστο μήκος τομέα | Μέγιστο μήκος τομέα | Μέγιστος αριθμός πομποδεκτών |
|-------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| 1000BASE-SX | 2 m (6.5 feet) | 220 m (1,351 feet) | 2 |
| 1000BASE-LX | 2 m (6.5 feet) | 5000 m (16,404 feet) | 2 |

8^ο

Οδηγίες διαμόρφωσης πολλαπλών τμημάτων

Multi-Segment Configuration Guidelines

Μέχρι τώρα, έχει γίνει μια σύντομη αναφορά για τις οδηγίες διαμόρφωσης απλών τμημάτων δικτύου. Όταν, όμως, έχουμε να κάνουμε με πιο σύνθετα half-duplex Ethernet δίκτυα βασισμένα σε repeater hubs, θα πρέπει να ξέρουμε περισσότερες πληροφορίες για τις οδηγίες διαμόρφωσης πολλαπλών τμημάτων.

Οι επίσημες οδηγίες διαμόρφωσης παρέχουν δυο προσεγγίσεις για τον καθορισμό της διαμόρφωσης ενός half-duplex κανάλι επικοινωνίας Ethernet : μέσω του Συστήματος εκπομπής του πρώτου μοντέλου (model 1) και του δεύτερου μοντέλου (model 2). Το πρώτο μοντέλο παρέχει ένα σύνολο εγγεγραμμένων κανόνων διαμόρφωσης. Σύμφωνα με τις βασικές προδιαγραφές χρονισμού σήματος, αν ένα half-duplex δίκτυο πληρεί αυτούς τους κανονισμούς διαμόρφωσης , τότε θα λειτουργεί σωστά και δεν θα παρουσιάζει πολλά προβλήματα. Το δεύτερο μοντέλο παρέχει πληροφορίες υπολογισμού οι οποίες διευκολύνουν στην εκτίμηση πιο σύνθετων δικτυακών τοπολογιών που δεν καλύπτονται από τους κανόνες διαμόρφωσης του πρώτου μοντέλου.

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τους κανόνες πολλαπλών τμημάτων με repeater hub που συνδυάζονται όλοι μαζί για την δημιουργία σύνθετων half-duplex δικτύων ταχύτητας 10-, 100- και 1000-Mbps. Αρχικά, αναφέρεται το εύρος των οδηγιών διαμόρφωσης έπειτα, αναφέρεται η σύγκρουση μιας περιοχής έτσι ώστε να γίνει

κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας αυτών των οδηγιών πάνω σε ένα απλό Ethernet δίκτυο και τέλος περιγράφονται οι κανόνες του πρώτου και του δεύτερου μοντέλου.

8.1 Το εύρος των οδηγιών διαμόρφωσης

Οι οδηγίες διαμόρφωσης απευθύνονται σε Ethernet εξοπλισμό ο οποίος αναφέρεται μέσα στα IEEE 802.3 πρότυπα. Τα Ethernet τμήματα θα πρέπει να δημιουργούνται σύμφωνα με τα πρότυπα. Συνεπώς, αν ένα half-duplex δίκτυο περιέχει Ethernet εξοπλισμό ή τμήματα δικτύου που δεν πληρούν τα IEEE 802.3 πρότυπα τότε το δίκτυο αυτό δεν θα υποστηρίζεται από τις οδηγίες διαμόρφωσης.

Οι κανόνες διαμόρφωσης έχουν αναπτυχθεί από τους σχεδιαστές των IEEE προτύπων και βασίζονται στο χρονισμό του σήματος και στις προδιαγραφές απόδοσης του Ethernet εξοπλισμού. Οι σχεδιαστές προβλέπουν και βελτιώνουν τον τρόπο λειτουργίας αυτού του εξοπλισμού καθώς και την λειτουργία του χρονισμού σήματος πάνω στα πολλαπλά τμήματα.

Η εκτίμηση του χρονισμού σήματος ενός δικτύου έγκειται αδύνατη όταν χρησιμοποιείται μη συμβατό εξοπλισμό και μη συμβατά τμήματα δικτύου. Επίσης, η αξιολόγηση του χρονισμού σήματος καθίσταται αδύνατη όταν τμήματα του δικτύου συνδέονται μαζί με Ethernet εξαρτήματα που δεν συμπεριλαμβάνονται στα IEEE 802.3 πρότυπα. Σε αυτές τις δυο περιπτώσεις, οι σχεδιαστές αυτών των προτύπων δεν γνωρίζουν τον τρόπο λειτουργίας του παραπώ εξοπλισμού και τμημάτων. Όμως, αν συνέβαινε κάτι τέτοιο, θα δημιουργούνταν σύγχυση με τον έλεγχο των Ethernet δικτύων που πληρούν ή όχι τις αναφερόμενες προδιαγραφές του χρονισμό σήματος half-duplex επικοινωνίας.

8.2 Τεκμηρίωση δικτύου

Η τεκμηρίωση κάθε εμφανιζόμενης σύνδεσης έγκειται αναγκαία, όταν έχουμε να κάνουμε με διάφορες λειτουργίες ενός δικτύου όπως την εκτίμηση της διαμόρφωσης ενός δικτύου και την αντιμετώπιση βλαβών που παρουσιάζονται σε αυτό. Η τεκμηρίωση του δικτύου χρειάζεται να συμπεριλαμβάνει το μήκος καλωδίου το οποίο χρησιμοποιείται σε κάθε σύνδεση συμπεριλαμβανόμενου του patch καλωδίου

και του καλωδίου για transceivers. Επίσης, στην τεκμηρίωση αυτή θα πρέπει να περιέχονται το είδος καλωδίου που χρησιμοποιείται σε κάθε σύνδεση και διάφορες άλλες πληροφορίες που έχουν σχέση με την κατασκευάστρια εταιρεία του καλωδίου, τον αναγνωριστικό αριθμό (ID) του καλωδίου που τυπώνεται στο εξωτερικό περίβλημα του και τις χρονικές καθυστερήσεις οι οποίες αναπαριστούνται σε μορφή bits. Σε περιπτώσεις κατασκευής κάποιου δικτύου, τα IEEE πρότυπα συνιστούν τον πίνακα 8-1 για συλλογή πληροφοριών και δεδομένων σχετικά με την τεκμηρίωση αυτού του δικτύου.

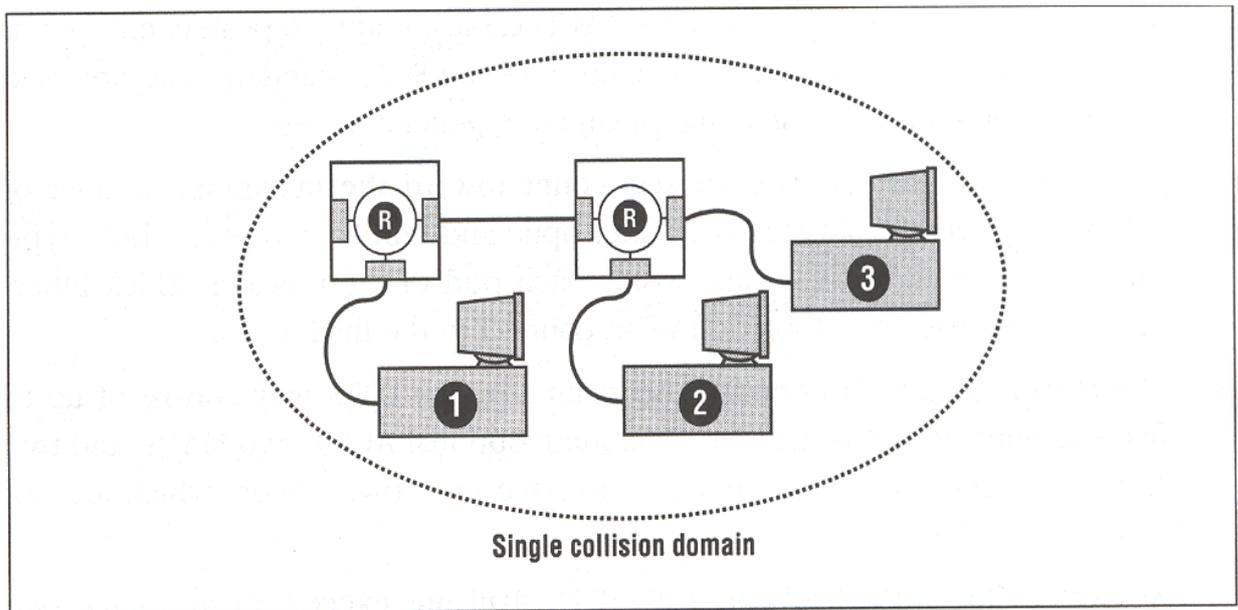
Πίνακας 8-1. Παράδειγμα πίνακα για συλλογή πληροφοριών καλωδίων

| | Horizontal Cabling | Transceiver Cables | Wiring Closet Patch Cord(s) | Station Patch Cords |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|
| Length | | | | |
| Type (e.g., Category 5) | | | | |
| Cable Manufacturer | | | | |
| Cable Code/ID | | | | |

8.3 Περιοχή σύγκρουσης – Collision Domain

Οι οδηγίες διαμόρφωσης πολλαπλών τμημάτων απευθύνονται σε half-duplex Ethernet περιοχές σύγκρουσης. Ως περιοχή σύγκρουσης ορίζεται η πολλαπλή προσπέλαση με ανίχνευση φέροντος και ανίχνευση συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision detection), (CSMA/CD) η οποία εμφανίζεται όταν δυο υπολογιστές συνδέονται ταυτόχρονα σε ένα δικτυακό σύστημα μετάδοσης. Ένα Ethernet δίκτυο που συγκροτείται από απλό ή πολλαπλό τμήμα σύνδεσης το οποίο συνδέεται με repeater hubs αποτελεί την περιοχή σύγκρουσης. Το σχήμα 8-1 δείχνει δύο repeater hubs που συνδέουν τρεις υπολογιστές. Τα τμήματα και οι υπολογιστές βρίσκονται στην ίδια περιοχή σύγκρουσης διότι μόνο repeater συνδέσεις χρησιμοποιούνται μεταξύ των τμημάτων σε αυτό το δίκτυο.

Σχήμα 8-1. Μια περιοχή σύγκρουσης που δημιουργεί ένας repeater hub



Ένα άλλο σημαντικό σημείο που χρειάζεται να τονισθεί είναι ότι όλα τα τμήματα δικτύου μέσα σε μια δεδομένη περιοχή σύγκρουσης πρέπει να λειτουργούν πάνω στην ίδια ταχύτητα γιατί οι repeater hubs υποστηρίζουν τμήματα που έχουν όμοια ταχύτητα και ίδιους μετ'επιστροφής χρονισμούς σήματος. Αυτά τα τμήματα συνδέονται στους repeater hubs για να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών. Επίσης, το γεγονός ότι τα τμήματα δικτύου λειτουργούν πάνω στην ίδια ταχύτητα προκύπτει από την ύπαρξη τριών συνόλων κανόνων που έχουν να κάνουν με τις οδηγίες διαμόρφωσης για Ethernet δίκτυα. Το πρώτο αναφέρεται για Ethernet δίκτυα 10 Mbps, το δεύτερο για 100Mbps και για 1000 Mbps ταχύτητας. Κάθε σύνολο κανόνων έχει τις δικές του οδηγίες διαμόρφωσης και τους δικούς του μετ'επιστροφής χρονισμούς σήματος.

Οι οδηγίες διαμόρφωσης δικτύων που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο λαμβάνονται άμεσα από τα 802.3 IEEE πρότυπα τα οποία αναφέρουν πρότυπα για τη περιοχή σύγκρουσης ενός half-duplex Ethernet τοπικού δικτύου και ισχύουν για μια απλή περιοχή σύγκρουσης και όχι για σύνθετες περιοχές σύγκρουσης. Για να ισχύουν και σε σύνθετες περιοχές απαιτείται η χρήση εναλλακτικών συσκευών μετάδοσης πακέτων πληροφοριών όπως των γεφυρών (switching hubs) και των δρομολογητών (routers). Η ύπαρξη των γεφυρών μέσα σε ένα δικτυακό σύστημα επιφέρει τη δημιουργία περιοχών συγκρούσεων σε κάθε θύρα, επιτρέποντας με αυτό

την σύνδεση πολλών δικτύων μαζί. Επίσης, τμήματα που λειτουργούν με διαφορετικές ταχύτητες μπορούν να συνδεθούν μέσω γεφυρών.

8.4 Model 1 : Οδηγίες διαμόρφωσης για δίκτυο 10Mbps

Το πρώτο μοντέλο που συμπεριλαμβάνονται στα 802.3 πρότυπα περιγράφει ένα σύνολο κανόνων για οδηγίες διαμόρφωσης πολλαπλών τμημάτων συνδυάζοντας διάφορα 10Mbps Ethernet τμήματα. Οι γραμμές που είναι μαυρισμένες προέρχονται από τα IEEE πρότυπα.

- Απαιτούνται ένα σύνολο από επαναλήπτες για κάθε σύνδεση τμημάτων. Ένα σύνολο από επαναλήπτες περιλαμβάνει έναν επαναλήπτη, τους σχετικούς transceivers (medium attachment units)(MAUs) και αν χρειαστεί το (attachment unit interface)(AUI) καλώδιο. Οι επαναλήπτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αναδιαμόρφωση και στον συγχρονισμό του σήματος.
- MAUs που αποτελεί μέρος της αρίθμησης του συνόλου των επαναληπτών προς το μέγιστο αριθμό MAUs σε ένα τμήμα. Τόσο οι twisted-pair repeater hubs όσο οι οπτικοί και χάλκινοι repeater hubs χρησιμοποιούν τις διασυνδέσεις αυτές οι οποίες τοποθετούνται σε κάθε θύρα του υπολογιστή.
- Δεδομένο ότι κάθε σύνολο επαναληπτών έχει τα δικά του MAUs, στη διαδρομή μετάδοσης των πακέτων πληροφοριών χρησιμοποιούνται πάνω από πέντε τμήματα σύνδεσης, τέσσερα σύνολα από επαναληπτών, δυο MAUs και δυο AUIs. Η διαδρομή μετάδοσης εφαρμόζεται μεταξύ των DTEs² συσκευών
- Τα AUIs καλώδια για 10Base-FP και 10Base-FL δίκτυα δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 25 μέτρα εξαιτίας του γεγονότος ότι το μήκος των AUI καλωδίου προκύπτει από το άθροισμα των MAUs ανά τμήμα. Για παράδειγμα, αν για μια σύνδεση απαιτούνται δυο MAUs ανά τμήμα που το μήκος καλωδίου κάθε MAUs είναι 25 μέτρα τότε θα προκύψει ένα AUI καλώδιο μήκους 50 μέτρων για κάθε τμήμα.

² Data terminal equipment (DTE) τερματική συσκευή δεδομένων. Η συσκευή από την οποία αρχίζει ή και στην οποία τελειώνει η μετάδοση των δεδομένων, δηλαδή η συσκευή της πηγής ή του προορισμού των δεδομένων.

- Όταν η διαδρομή μετάδοσης αποτελείται από τέσσερις επαναλήπτες και πέντε τμήματα τότε τα τρία τμήματα μπορούν να συνδυαστούν (mixing segment) και υπόλοιπα να παραμείνουν τμήματα σύνδεσης. Κάθε τμήμα οπτικής σύνδεσης (FOIRL, 10BASE-FB ή 10BASE-FL) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 500 μέτρα και κάθε 10BASE-FB τμήμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει 300 μέτρα. Τα τμήματα που μπορεί να συνδυαστεί μεταξύ άλλων (mixing segments) είναι εκείνα που έχουν περισσότερα από (MDIs) διασυνδέσεις επάνω τους ενώ ως τμήμα σύνδεσης μπορεί να καθορισθεί ένα point-to-point half-duplex μέσω το οποίο συνδέει δύο και μόνο δυο MAUs.
- Όταν μια διαδρομή μετάδοσης αποτελείται από τρία σύνολα επαναληπτών και τέσσερα τμήματα τότε ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί.
 1. Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος οπτικής σύνδεσης με χρήση εσωτερικού επαναλήπτη δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 1000 μέτρα για FOIR, 10BASE-FB και 10BASE-FL τμήματα και τα 700 μέτρα για 10BASE-FP τμήματα.
 2. Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος οπτικής σύνδεσης με χρήση επαναλήπτη και DTE δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 400 μέτρα για 10BASE-FL τμήματα, τα 300 μέτρα για 10BASE-FP τμήματα και τα 400 μέτρα για τμήματα τα οποία τερματίζονται σε ένα 10BASE-FL MAU.
 3. Δεν υπάρχουν όρια για τα mixing τμήματα. Με άλλα λόγια, αν χρησιμοποιούνται τρία σύνολα από επαναλήπτες και τέσσερα τμήματα τότε όλα τα τμήματα μπορούν να είναι mixing τμήματα.

Το σχήμα 8-2 δείχνει ένα παράδειγμα μέγιστης δυνατής διαμόρφωσης που μπορεί να υπάρξει σε ένα Ethernet δίκτυο πληρώντας τους εγγεγραμμένους κανόνες διαμόρφωσης. Η μεγαλύτερη διαδρομή μετάδοσης πακέτων πληροφοριών σε αυτό το δίκτυο είναι η διαδρομή μεταξύ του πρώτου σταθμού εργασίας και του δεύτερου. Αυτό οφείλεται στη χρήση τεσσάρων επαναληπτών και πέντε τμημάτων εκ των οποίων τρία είναι τμήματα σύνδεσης και τα άλλα δύο είναι mixing τμήματα.

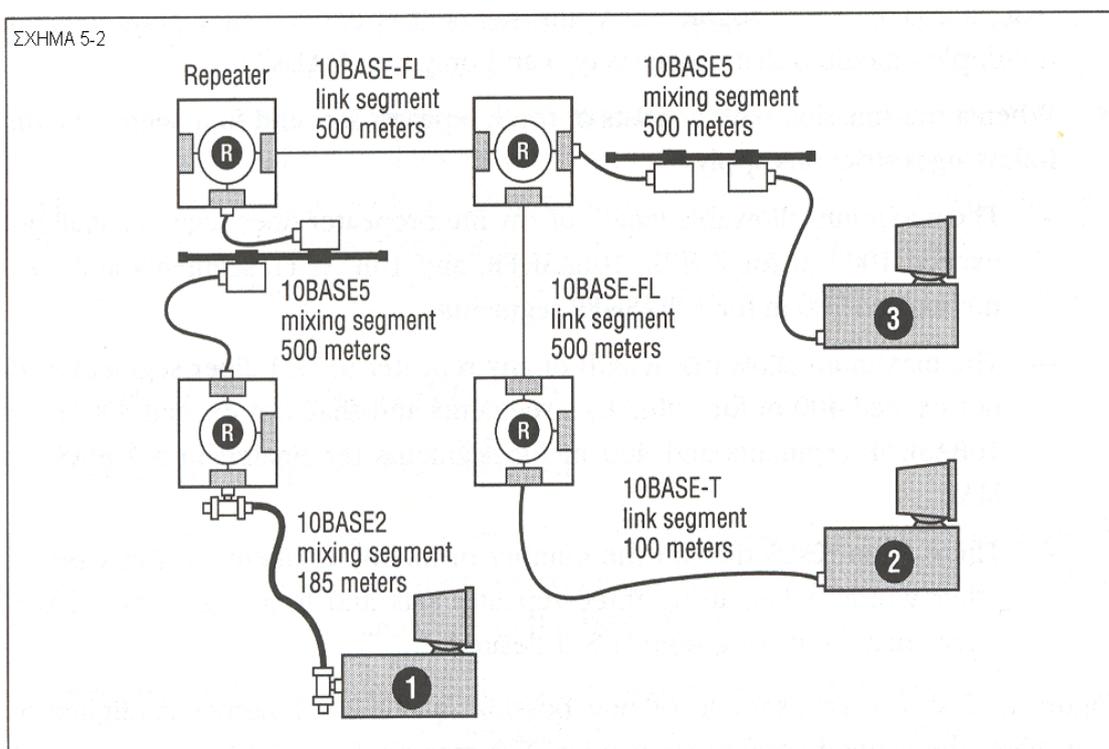
Σε καμιά περίπτωση δε θα πρέπει να γίνει παραβίαση των κανόνων διαμόρφωσης παρόλο το γεγονός ότι βασίζονται σε παλιά μέθοδο χρονικού υπολογισμού δικτύου. Δεδομένο ότι τα IEEE πρότυπα έχουν επιτρέψει μεγάλα

περιθώρια σε θέματα κατασκευής και εξοπλισμού ενός δικτύου δεν υπάρχουν τα αντίστοιχα περιθώρια στον τομέα της εφαρμοσμένης μηχανικής, που επιτρέπει τη δημιουργία τεράστιων Ethernet δικτύων. Επίσης, οι οδηγίες διαμόρφωσης δίνουν μεγάλη έμφαση στην μέγιστη απόδοση ενός δικτύου. Τα δίκτυα που ακολουθούν αυτές τις οδηγίες συμπεριλαμβανομένων και των Ethernet αποδίδουν αρκετά καλά ακόμα και όταν δεν δουλεύουν στο έπακρο.

8.5 Model 2 : Οδηγίες διαμόρφωσης για δίκτυο 10Mbps

Το δεύτερο μοντέλο που συμπεριλαμβάνεται στα IEEE πρότυπα παρέχει πληροφορίες υπολογισμού που βοηθούν κάποιον να ελέγξει την εγκυρότητα σύνθετων Ethernet δικτύων. Επίσης, σε αυτό το μοντέλο περιγράφονται οι χρονικές τιμές των δικτυακών τμημάτων που παρέχονται από τα πρότυπα.

Σχήμα 8-2. Παράδειγμα μέγιστης δυνατής διαμόρφωσης του πρώτου μοντέλου για 10 Mps δίκτυα



Η περιγραφή της μεθόδου υπολογισμού μπορεί να μοιάζει αρκετά σύνθετη αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί μια πολύ ξεκάθαρη μέθοδο που βασίζεται σε απλές αριθμητικές πράξεις, όπως τον πολλαπλασιασμό και την πρόσθεση. Παρόλο που με

την πρώτη ματιά τα δικτυακά μοντέλα και οι χρονικές καθυστερήσεις φαίνονται πολύπλοκα και συγκεχυμένα, γίνονται κατανοητά κατά την διάρκεια ανάλυσης αυτής της μεθόδου.

Υπάρχουν δύο σύνολα κανόνων που έχουν να κάνουν με μεθόδους υπολογισμού οι οποίοι εφαρμόζονται σε Ethernet δίκτυα και παρέχονται από τα IEEE πρότυπα. Το πρώτο σύνολο επαληθεύει τις χρονικές καθυστερήσεις σήματος, ενώ το δεύτερο σύνολο επιβεβαιώνει ότι το ποσό του κενού συρρίκνωσης ενός εσωτερικού πλαισίου βρίσκεται μέσα σε φυσιολογικά όρια. Όμως, και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στα δικτυακά μοντέλα με τα οποία γίνεται η εκτίμηση της χειρότερης περίπτωσης μονοπατιού μέσα σε ένα δίκτυο.

8.5.1 Δικτυακά Μοντέλα και Τιμές Καθυστερήσης

Τα δικτυακά μοντέλα και οι τιμές καθυστέρησης έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν τον υπολογισμό των χρονικών τιμών σε κάθε Ethernet δίκτυο απαλείφοντας κάθε περίπλοκη τεχνική υπολογισμού. Χρειάζεται να τονισθεί ότι κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιείται σε Ethernet δίκτυα συντελεί σε κάποιο βαθμό καθυστέρησης. Όλα αυτά τα εξαρτήματα βρίσκονται αναλυτικά σε πίνακες των IEEE προτύπων.

Ένα Ethernet σήμα αντιμετωπίζει καθυστερήσεις καθώς κινείται μέσα στο δίκτυο. Οι καθυστερήσεις αυτές ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο. Η χρήση μιας αριθμομηχανής και η άντληση πληροφοριών από 802.3 πρότυπα δεν μπορούν να επιφέρουν τον υπολογισμό του συνόλου από bit καθυστερήσεις αλλά ούτε και τον υπολογισμό των σύνθετων καθυστερήσεων χρονισμού που περιλαμβάνονται στην ανίχνευση και στην σηματοδότηση των συγκρούσεων. Αυτές οι σύνθετες καθυστερήσεις διαφέρουν ανάλογα με το είδος του δικτύου που υποστηρίζουν και τη κατεύθυνση στην οποία ένα Ethernet σήμα κινείται. Όμως, αυτή η επίμονη διαδικασία υπολογισμού καθυστερήσεων δεν υφίσταται πλέον τα IEEE πρότυπα έχουν ανακαλύψει καλύτερες τεχνικές υπολογισμού.

Το σχήμα 8-3 δείχνει ένα δικτυακό μοντέλο στο οποίο υπολογίζεται ο μετ'επιστροφής χρονισμός σήματος της χειρότερης περίπτωσης διαδρομής εκπομπής πακέτων πληροφοριών. Η χειρότερη περίπτωση διαδρομής είναι αυτή η διαδρομή στην οποία το πακέτο πληροφοριών περνάει από τα μεγαλύτερα σε μήκος τμήματα και από τους επαναλήπτες μεταξύ των σταθμών εργασίας. Το δικτυακό μοντέλο χρησιμοποιεί δυο ακριανά τμήματα σύνδεσης, ένα αριστερό και ένα δεξί, που συνδέουν τους δύο σταθμούς εργασίας ενώ χρησιμοποιεί μεσαία τμήματα όσα απαιτούνται κάθε φορά.

Σε ένα δίκτυο, ο έλεγχος του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος επιτυγχάνεται με τη σύγκριση ενός όμοιου μοντέλου χειρότερης διαδρομής που δημιουργείται μέσα στο ίδιο δίκτυο. Η χρήση του μοντέλου μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος φαίνεται καλύτερα προχωρώντας παρακάτω. Ειδικά, στην παράγραφο που αναφέρεται στον υπολογισμό της μείωσης του κενού ανάμεσα στα πλαίσια, το δικτυακό μοντέλο που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της μείωσης αυτού του κενού μοιάζει αρκετά με το μοντέλο του μετ'επιστροφής χρονισμού.

8.5.2 Ο κανόνας “5-4-3”

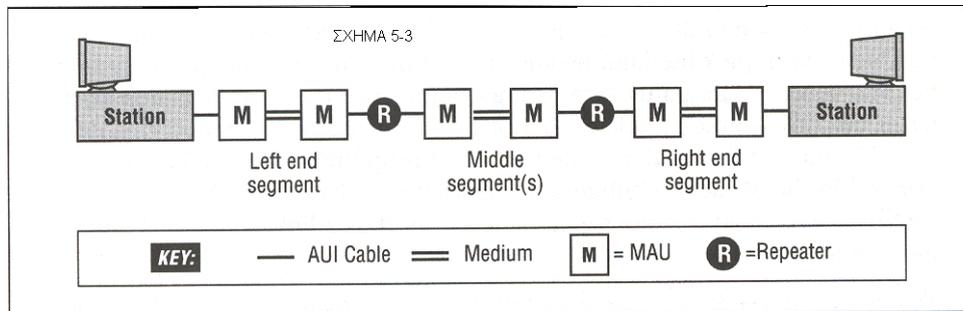
Εδώ και κάποια χρόνια έχει κυκλοφορήσει μια έκδοση κανόνων του πρώτου μοντέλου διαμόρφωσης για 10Mbps Ethernet δίκτυα η οποία είναι αρκετά απλή και αποκαλείται ως κανόνας διαμόρφωσης “5-4-3”. Διάφορα κομμάτια αυτού του κανόνα έχουν δημοσιευτεί και μάλιστα μερικά από αυτά έχουν παραπλανητικό περιεχόμενο, δηλαδή όρους που είναι ανακριβείς. Ο κανόνας “5-4-3” επιτρέπει ως και πέντε τμήματα να συνδεθούν σε σειρά μέσα σε ένα δίκτυο καθώς επίσης και να χρησιμοποιηθούν πάνω από τέσσερις επαναλήπτες και πάνω από τρία “populated” τμήματα. Ως “populated” τμήμα ορίζεται αυτό που συνδέεται κατευθείαν στον υπολογιστή.

Παρόλο που ο όρος “populated” τμήμα μοιάζει να είναι αρκετά παραπλανητικός, ο κανόνας “5-4-3” είναι ένας πολύ απλός και ευανάγνωστος κανονισμός από το ήδη υπάρχων σύνολο κανόνων διαμόρφωσης. Ο όρος παραπλανητικός σημαίνει ότι ένα τμήμα βασισμένο σε ομοαξονικό καλώδιο μπορεί να θεωρηθεί ως “unpopulated” τμήμα σε ένα δίκτυο όταν πληρεί δύο συνθήκες. Πρώτον, όταν το τμήμα δε

χρησιμοποιείται για την υποστήριξη υπολογιστών και δεύτερον όταν το τμήμα λειτουργεί ως σημείο τομής για να συνδεθεί ένας επαναλήπτης στο τέλος κάθε σύνδεσης.

Σύμφωνα με τα 802.3 IEEE πρότυπα, ως τμήμα σύνδεσης καθορίζεται αυτό που εξαρτάται σε point-to-point half-duplex δίκτυο και συνδέει δύο και δύο μόνο MAUs. Λέγοντας half-duplex δίκτυο εννοούμε εκείνο που παρέχει διαδρομές μετάδοσης και λήψης δεδομένων. Αυτή η λειτουργία είναι πολύ σημαντική σε ένα δίκτυο γιατί ο μηχανισμός ανίχνευσης συγκρούσεων δουλεύει πιο γρήγορα σε half-duplex δίκτυο σε σχέση με ένα τμήμα σύνδεσης βασισμένο σε ομοαξονικό καλώδιο. Η διάφορα αυτή συγχρονισμού εκτελείται σε ένα συνολικό σύστημα συγχρονισμού καθυστέρησης το οποίο ενσωματώνεται στο πρώτο μοντέλο οδηγιών διαμόρφωσης. Συνεπώς, εξαιτίας αυτής της διαφοράς τα “unpopulated” τμήματα σύνδεσης βασισμένα σε ομοαξονικό καλώδιο καταλήγουν να χαρακτηρίζονται ως παραπλανητικά και λανθασμένα.

Σχήμα 8-3. Δικτυακό μοντέλο του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος



Για να φέρουμε τον κανόνα “5-4-3” πιο κοντά στη πραγματικότητα, μπορούμε να τον αναπροσδιορίσουμε ως ένα κανόνα που έχει πάνω από πέντε τμήματα και πάνω από τέσσερις επαναλήπτες αλλά όχι παραπάνω από τρία mixing τμήματα. Σύμφωνα με τα IEEE πρότυπα, όταν τρία mixing τμήματα χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο τότε τα υπόλοιπα δύο θα είναι τμήματα σύνδεσης .

8.5.3 Η ανεύρεση της χειρότερης διαδρομής

Ο έλεγχος ενός Ethernet δικτύου ξεκινάει με την ανεύρεση της χειρότερης διαδρομής του δικτύου που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη καθυστέρηση. Αυτή είναι η διαδρομή

που έχει το μεγαλύτερο μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος και χρησιμοποιεί το μέγιστο αριθμό επαναληπτών μεταξύ δύο σταθμών εργασίας. Σε μερικές περιπτώσεις, υπάρχουν περισσότερες από μια χειρότερες διαδρομές σε ένα δίκτυο. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο τότε απαιτείται η εύρεση όλων εκείνων των διαδρομών με τη μεγαλύτερη καθυστέρηση και στη συνέχεια ο υπολογισμός αυτών που θα προκύψουν στο δικτυακό σύστημα. Αν η διαδρομή υπερβαίνει τους περιορισμούς που έχουν καθοριστεί από τα IEEE πρότυπα για τον μετ'επιστροφής χρονισμού και για μείωση του κενού ανάμεσα στα πλαίσια τότε το Ethernet δίκτυο απορρίπτεται.

Η εύρεση της χειρότερης διαδρομής ανάμεσα σε δύο σταθμούς υλοποιείται μέσω ενός ολοκληρωμένου και σύγχρονου χάρτη για Ethernet δίκτυα. Όμως, ο χάρτης παύει να ισχύει σε περιπτώσεις που το δίκτυο δεν ακολουθεί σωστή τεκμηρίωση και έγκειται αναγκαία η σχεδίαση ενός χάρτη δικτύου που περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες :

- Το είδος του καλωδίου (twisted-pair, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο) που χρησιμοποιείται σε ένα τμήμα.
- Το μήκος του τμήματος
- Τη θέση των επαναληπτών μέσα σε ένα δίκτυο
- Τον τρόπο με τον οποίο τα τμήματα και επαναλήπτες σχεδιάζονται.
- Τη μεγαλύτερη διαδρομή μεταξύ δύο επαναληπτών και το είδος των τμημάτων που χρησιμοποιούνται στη χειρότερη διαδρομή.

Εφόσον βρεθεί η χειρότερη διαδρομή απαιτείται, στη συνέχεια χρειάζεται η σχεδίαση ενός μοντέλου διαδρομής όπως το σχήμα 8-4. Η κατασκευή του μοντέλου ξεκινάει με το καθορισμό του μήκους και του είδους τμήματος και ακολουθεί η ανάθεση ενός ακριανού τμήματος μιας μεγάλης σε απόσταση διαδρομής ως αριστερό ακριανό τμήμα. Από αυτή την ανάθεση προκύπτουν ένα αριστερό ακριανό τμήμα και ένα ή περισσότερα μεσαία τμήματα από τα υπόλοιπα.

8.5.4 Υπολογισμός μετ'επιστροφής χρονικής καθυστέρησης – Calculating Round-Trip Delay

Ένας από τους στόχους των κανόνων διαμόρφωσης είναι η δίκαιη παροχή πρόσβασης σε ένα διαμοιραζόμενο Ethernet κανάλι επικοινωνίας όταν δύο σταθμοί εργασίας οι οποίοι βρίσκονται σε half-duplex Ethernet δίκτυο εκπέμπουν ταυτόχρονα σήματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα λαμβανόμενα σήματα λόγω συγκρούσεων λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό παράθυρο συγκρούσεων (collision timing window).

Η εξακρίβωση αν ένα Ethernet δίκτυο πληρή τους χρονικούς όρους ή όχι γίνεται μέσω του υπολογισμού της συνολικής καθυστέρησης ή της μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος καθυστέρησης που παρουσιάζει η χειρότερη διαδρομή του δικτύου. Σε αυτόν τον υπολογισμό, οι τιμές καθυστέρησης προέρχονται από τα διάφορα τμήματα που χρησιμοποιούνται μέσα σε αυτό το δικτυακό σύστημα και εκφράζονται ως bit τιμές. Ο χρόνος που απαιτείται για να σταλθεί ένα bit πακέτο δεδομένων καλείται bit τιμή και είναι 100 ns για ένα 10Mbps Ethernet δίκτυο. Ο πίνακας 8-2 δείχνει τις τιμές καθυστέρησης ανά τμήμα που παρέχονται από τα IEEE πρότυπα για τον υπολογισμό της συνολικής καθυστέρησης από τη χειρότερη διαδρομή.

Η συνολική μετ'επιστροφής καθυστέρηση είναι η πρόσθεση των τιμών καθυστέρησης που θα βρεθούν από την χειρότερη διαδρομή ενός δικτύου. Για να βρούμε τις τιμές καθυστέρησης από την μεγαλύτερη διαδρομή, πρώτα χρειάζεται να υπολογίσουμε τις τιμές καθυστέρησης από κάθε τμήμα που χρησιμοποιείται σε ένα LAN δίκτυο και έπειτα να προσθέσουμε τις τιμές καθυστέρησης που προέκυψαν από κάθε τμήμα. Τα πρότυπα επιτρέπουν τη πρόσθεση ενός περιθωρίου τιμών ως και 5 bits στη συνολική καθυστέρηση. Αν το αποτέλεσμα είναι λιγότερο ή ίσο με 575 bits τότε η διαδρομή είναι αποδεκτή. Η παραπάνω τιμή σημαίνει ότι ο σταθμός σταματάει την εκπομπή σημάτων στη τιμή των 575 bits όταν βρίσκεται στο τέλος της χειρότερης διαδρομής και δηλωθεί για μια σύγκρουση. Επίσης, αυτή η τιμή συμπεριλαμβάνει 511 bits από το πλαίσιο και άλλα 64 bits από το frame preamble και από το start frame delimiter (511+64=575). Συνεπώς, αν ο μετ'επιστροφής

χρονισμός σήματος της χειρότερης διαδρομής ενός δικτύου κυμαίνεται σε φυσιολογικές τιμές, οι υπόλοιπες διαδρομές είναι αποδεκτές.

Πίνακας 8-2. Μετ'επιστροφής χρονική καθυστέρηση εκφρασμένη σε bit time

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3

| Segment Type | Max Length (in meters) | Left End | | Middle Segment | | Right End | | RT Delay/ meter |
|--------------|------------------------|----------|--------|----------------|-------|-----------|--------|-----------------|
| | | Base | Max | Base | Max | Base | Max | |
| 10BASE5 | 500 | 11.75 | 55.05 | 46.5 | 89.8 | 169.5 | 212.8 | 0.0866 |
| 10BASE2 | 185 | 11.75 | 30.731 | 46.5 | 65.48 | 169.5 | 188.48 | 0.1026 |
| FOIRL | 1000 | 7.75 | 107.75 | 29 | 129 | 152 | 252 | 0.1 |
| 10BASE-T | 100 ^a | 15.25 | 26.55 | 42 | 53.3 | 165 | 176.3 | 0.113 |
| 10BASE-FL | 2000 | 12.25 | 212.25 | 33.5 | 233.5 | 156.5 | 356.5 | 0.1 |
| Excess AUI | 48 | 0 | 4.88 | 0 | 4.88 | 0 | 4.88 | 0.1026 |

^a Actual maximum segment length depends on cable characteristics.

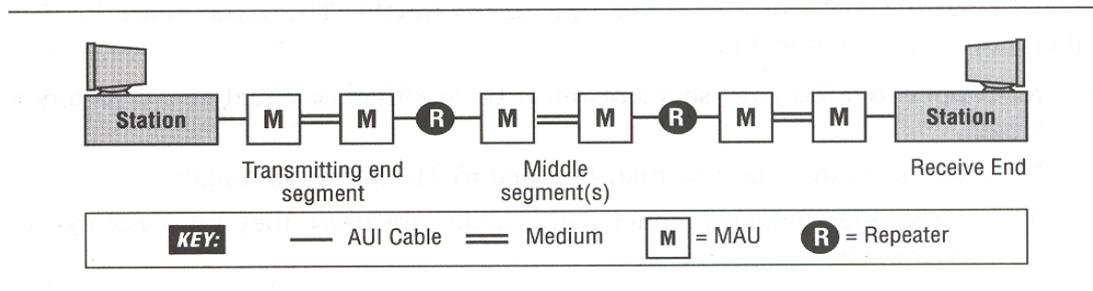
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη συνολική καθυστέρηση μιας διαδρομής παίζει σημαντικό ρόλο το είδος τμήματος από τα αριστερά και τα δεξιά ακριανά τμήματα. Στη περίπτωση που μια ελεγχόμενη διαδρομή υποστηρίζει διαφορετικό τύπο αριστερού και δεξιού ακριανού τμήματος, θεωρείται αναγκαίο για τη διαδρομή να ελεγχθεί δύο φορές. Στο πρώτο έλεγχο θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι τιμές καθυστέρησης από το αριστερό μέρος της διαδρομής ενός τύπου τμήματος και στο δεύτερο έλεγχο χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν οι ίδιες τιμές αλλά από άλλο τύπο τμήματος. Η συνολική καθυστέρηση της διαδρομής δε θα πρέπει να υπερβαίνει τους υπολογισμούς καθυστέρησης ανεξάρτητα από τις τιμές καθυστέρησης που χρησιμοποιούνται για μια διαδρομή.

8.5.5 Υπολογίζοντας την Ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού – Calculating the Interframe Gap Shrinkage

Το κενό ανάμεσα στα πλαίσια είναι μια χρονική καθυστέρηση των 96 bits και σκοπός του κενού είναι να παρέχει στις διασυνδέσεις και στα άλλα εξαρτήματα κάποιο χρόνο ανάκτησης ανάμεσα στα πλαίσια. Οι μεταβλητές καθυστέρησης χρονισμού σήματος παρουσιάζόμενες στα εξαρτήματα του δικτύου μπορούν να οδηγήσουν σε μια προφανή μείωση του κενού ανάμεσα στα πλαίσια όταν τα πακέτα ταξιδεύουν προς ένα προορισμό ενός Ethernet δικτύου. Επιπλέον, αυτές οι μεταβλητές καθυστέρησης συνδυάζονται με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από τα κυκλώματα σήματος συσχετιζόμενα με την αναδημιουργία σήματος στους

επαναλήπτες. Πολύ μικρά κενά μεταξύ των πλαισίων μπορούν να υπερβούν την ικανότητα λήψης πλαισίων δικτυακών διασυνδέσεων που οδηγεί στην απώλεια πλαισίων. Συνεπώς, σε όλους τους δέκτες (σταθμούς εργασίας) έγκειται αναγκαία η διατήρηση ενός ελάχιστου κενού ανάμεσα στα πλαίσια.

Σχήμα 8-4. Υπολογισμός της μείωσης του κενού ανάμεσα στα πλαίσια



ΣΧΗΜΑ 5-5

Στο σχήμα 8-5 φαίνεται ξεκάθαρα το δικτυακό μοντέλο για τον έλεγχο του κενού ανάμεσα στα πλαίσια καθώς και το μοντέλο της διαδρομής με μετ'επιστροφής καθυστέρηση. Επίσης, το σχήμα αυτό περιλαμβάνει και ένα διαβιβαζόμενο ακριανό τμήμα. Τα διαβιβαζόμενα ακριανά τμήματα και τα μεσαία τμήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό της μείωσης του κενού ανάμεσα στα πλαίσια γιατί τα σήματα πρέπει να περάσουν από αυτά τα τμήματα για να φτάσουν στους επαναλήπτες και στη συνέχεια στο τελικό σταθμό. Το τελευταίο τμήμα που συνδέεται με το τελικό σταθμό δε συμβάλει στη μείωση του κενού και επομένως δε συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς.

Ο πίνακας 8-3. Υπολογισμός της μείωσης του κενού μεταξύ των πλαισίων εκφρασμένη σε bit time

| Segment Type | Transmitting | Mid-Segment |
|--------------|--------------|-------------|
| Coax | 16 | 11 |
| Link Segment | 10.5 | 8 |

Ο πίνακας 8-3 παρέχει τιμές που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της μείωσης του κενού μεταξύ των πλαισίων. Όταν τα λαμβανόμενα και εκπεμπόμενα ακριανά τμήματα δε υποστηρίζουν ίδιου τύπου μέσο, τα πρότυπα προτείνουν τη χρήση του ακριανού τμήματος που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση του κενού ως εκπεμπόμενο τμήμα. Με αυτή την αντικατάσταση θα προκύψει η χειρότερη τιμή σχετικά με τη μείωση του κενού. Στη περίπτωση που η τελική τιμή είναι λιγότερη ή ίση με τη τιμή καθυστέρησης των 49 bits, η χειρότερη διαδρομή περνάει τη δοκιμασία της συρρίκνωσης του κενού μεταξύ των πλαισίων.

8.6 Model 1 : Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Fast Ethernet

Τα Fast Ethernet πρότυπα του πρώτου μοντέλου για δικτυακά συστήματα εκπομπής παρέχουν απλοποιημένες οδηγίες διαμόρφωσης. Σκοπός των οδηγιών αυτών είναι η εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του MAC πρωτοκόλλου. Το MAC πρωτόκολλο λειτουργεί σωστά όταν πληρούνται χρονισμού σήματος για Fast Ethernet δίκτυα. Οι βασικοί κανόνες διαμόρφωσης για Fast Ethernet δίκτυα περιλαμβάνουν τα εξής :

- Τα τμήματα οπτικής σύνδεσης θα πρέπει να είναι λιγότερα ή ίσα με 412 μέτρα σε μήκος.
- Όλα τα χάλκινα (twisted-pair) τμήματα θα πρέπει να είναι λιγότερα ή ίσα με 100 μέτρα σε μήκος.
- Αν χρησιμοποιούνται καλώδια διασυνδέσεων που δεν εξαρτώνται από το μέσο (MII), κάθε καλώδιο δε θα πρέπει να ξεπερνάει τα 0.5 μέτρα.

Όσον αφορά για τον υπολογισμό του δικτυακού χρονισμού, οι καθυστερήσεις που προκαλούνται από τις (MII) διασυνδέσεις δε χρειάζονται να υπολογίζονται ξεχωριστά γιατί αυτές οι καθυστερήσεις συγχωνεύονται στις καθυστερήσεις του σταθμού και του επαναλήπτη.

Με βάση τους παρακάτω κανόνες, ο πίνακας 8-4 δείχνει τη μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης χρησιμοποιώντας επαναλήπτες κατηγορίας class I και class II. Η μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης σε ένα δεδομένο Fast Ethernet δίκτυο είναι η πιο μακρινή απόσταση μεταξύ δύο σταθμών εργασίας (DTEs) σε αυτή τη περιοχή.

Πίνακας 8-4. Μοντέλο 1 –Η μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης σε Fast Ethernet δίκτυα

| Repeater Type | All Copper | All Fiber | Copper and Fiber Mix (e.g., T4 and FX) | Copper and Fiber Mix (TX and FX) |
|------------------------|------------|-----------|--|----------------------------------|
| DTE-DTE Single Segment | 100 | 412 | N/A | N/A |
| One Class I Repeater | 200 | 272 | 231 ^a | 260.8 ^a |
| One Class II Repeater | 200 | 320 | N/A ^b | 308.8 ^a |
| Two Class II Repeaters | 205 | 228 | N/A ^b | 216.2 ^c |

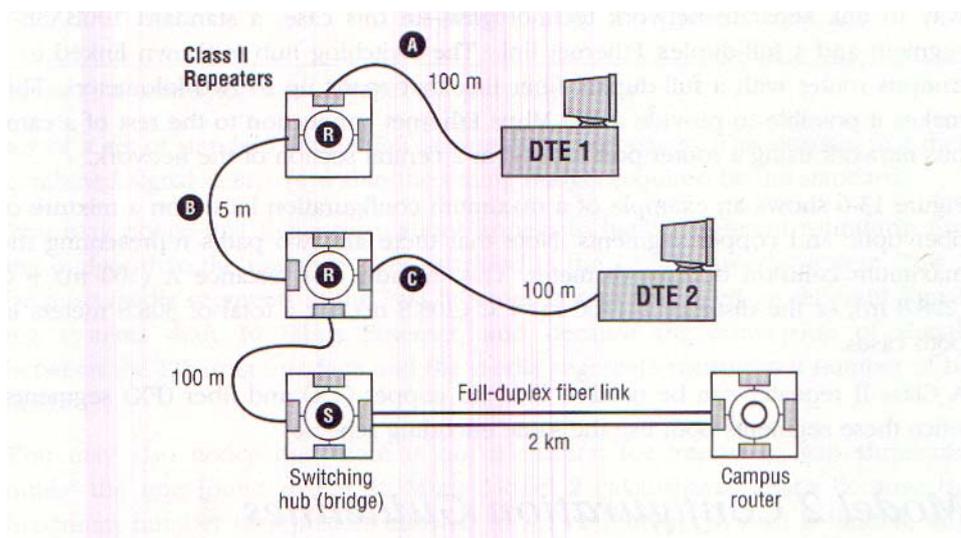
- Θεωρείται δεδομένο ότι χρησιμοποιείται καλώδιο 105 μέτρων οπτικής ίνας και twisted-pair σύνδεσης.
- Τα Fx και T4 χάλκινα τμήματα δε μπορούν να συνδεθούν σε ένα επαναλήπτη class I κατηγορίας.
- Θεωρείται δεδομένο ότι χρησιμοποιείται καλώδιο 105 μέτρων οπτικής ίνας και twisted-pair σύνδεσης .

Η πρώτη γραμμή του πίνακα 8-4 δείχνει μια DTE-TO-DTE σύνδεση (σταθμό ανά σταθμό) στην οποία δε παρεμβάλλει κανένας επαναλήπτης. Σε αυτή τη σύνδεση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε twisted-pair καλώδιο των 100 μέτρων είτε καλώδιο οπτικής ίνας των 412 μέτρων. Η επόμενη γραμμή δίνει τη μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης όταν χρησιμοποιείται επαναλήπτης κατηγορίας class I μαζί με twisted-pair και οπτικής ίνας καλώδια ή όταν χρησιμοποιείται ένα δίκτυο που συνδυάζει twisted-pair καλώδια και καλώδια οπτικής ίνας. Η τρίτη γραμμή δείχνει τη μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης σε μήκος όταν η σύνδεση επιτυγχάνεται με απλό επαναλήπτη κατηγορίας class II. Η τελευταία γραμμή παρέχει τη μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης όταν χρησιμοποιούνται δυο επαναλήπτες κατηγορίας class II στη σύνδεση. Σε αυτή τη τελευταία διαμόρφωση, το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος για twisted-pair καλώδια είναι 105 μέτρα σε ένα συνδυαζόμενο τμήμα twisted-pair και οπτικής σύνδεσης. Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος τμήματος προκύπτει από των 100 μέτρων καλώδιο που απαιτείται για τη σύνδεση του επαναλήπτη με το σταθμό εργασίας και από το καλώδιο των 5 μέτρων που συνδέει δύο επαναλήπτες.

Το σχήμα 8-5 δείχνει ένα παράδειγμα αποδοτικότερης διαμόρφωσης βασισμένη στις απλούστερες οδηγίες διαμόρφωσης των 100 Mbps που έχουν αναφερθεί. Χρειάζεται να τονισθεί ότι η μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης δε διάμετρο περιλαμβάνει την εξής απόσταση :

$$A (100 \text{ μέτρα}) + B (5 \text{ μέτρα}) + C (100 \text{ μέτρα})$$

Σχήμα 8-5. Ένα παράδειγμα αποδοτικότερης διαμόρφωσης των 100 Mbps οδηγιών διαμόρφωσης



Το μήκος μπορεί να είναι περισσότερο από 5 μέτρα εφόσον μέγεθος της μεγαλύτερης περιοχής σύγκρουσης δεν υπερβαίνει εκείνο το μέγεθος που αναφέρουν οι οδηγίες διαμόρφωσης για τα είδη τμήματος και για τους επαναλήπτες. Παραδείγματος χάρη, κρατώντας το μέγεθος της περιοχής σύγκρουσης σταθερό στα 205 μέτρα, το μήκος του τμήματος *B* από το σχήμα 8-5 μπορεί να αλλάξει από 5 μέτρα σε 10 μέτρα. Αυτό γίνεται αν αλλάξουμε τα μήκη των υπόλοιπων τμημάτων που βρίσκονται στο σχήμα, δηλαδή του *A* και του *C*. Όμως, πριν προβούμε σε τέτοιου είδους αλλαγές μέσα σε ένα δικτυακό σύστημα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει μια τέτοια αλλαγή.

8.6.1 Μεγαλύτερες συνδέσεις μέσω εσωτερικού επαναλήπτη – Longer Inter-Repeater Links

Το βασικότερο πρόβλημα των μακρινών συνδέσεων επαναλήπτη έγκειται στο γεγονός ότι ο χρονισμός ενός δικτύου εξαρτάται απόλυτα από τη χρήση μικρών τμημάτων μεταξύ του επαναλήπτη και του σταθμού εργασίας τα οποία είναι μικρότερα από εκείνα που προτείνουν τα πρότυπα. Στις μέρες μας θεωρείται δεδομένο ότι το μήκος ενός twisted-pair καλωδίου είναι τουλάχιστον 100 μέτρα με αποτέλεσμα ένα τέτοιο τμήμα να μπορεί να συνδεθεί με δίκτυα τα οποία υποστηρίζουν μακρινές σε απόσταση συνδέσεις και χρησιμοποιούν επαναλήπτες. Σε αυτή τη περίπτωση, η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ δύο σταθμών εργασίας μπορεί να φτάσει και τα 200 μέτρα. Αν η καθυστέρηση σήματος σε μια μεγάλη διαδρομή υπερβεί τα 512 bits τότε το δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα όπως αργές συγκρούσεις (late collision). Πολλά προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν με τη διατήρηση του μήκους τμήματος ανάμεσα στους επαναλήπτες στα πέντε μέτρα και λιγότερο.

Σύμφωνα με τις οδηγίες διαμόρφωσης που αναφέρονται στη περιοχή σύγκρουσης, ένα switching hub ή γέφυρα αλλιώς δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας ακόμη σταθμός εργασίας (DTE). Το switching hub στο σχήμα 8-5 συνδέει ξεχωριστές τεχνολογίες δικτύου, όπως πρότυπα 100BASE-T τμήματος και half-duplex Ethernet συνδέσεων. Πιο συγκεκριμένα, το switching hub του σχήματος 8-5 συνδέεται με ένα campus δρομολογητή απόστασής 2 χιλιομέτρων.

Το σχήμα 8-5 δείχνει ένα παράδειγμα της μέγιστης διαμόρφωσης που βασίζεται σε ένα συνδυασμό χάλκινων τμημάτων οπτικής σύνδεσης. Χρειάζεται να αναφερθεί ότι

υπάρχουν δυο διαδρομές που αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη περιοχή σύγκρουσης. Η μια διαδρομή περιλαμβάνει το μονοπάτι A (100 μέτρα) + C (100 μέτρα) και η άλλη το μονοπάτι B (5 μέτρα) + C (100 μέτρα). Κάθε διαδρομή δε ξεπερνά τα 308.8 μέτρα.

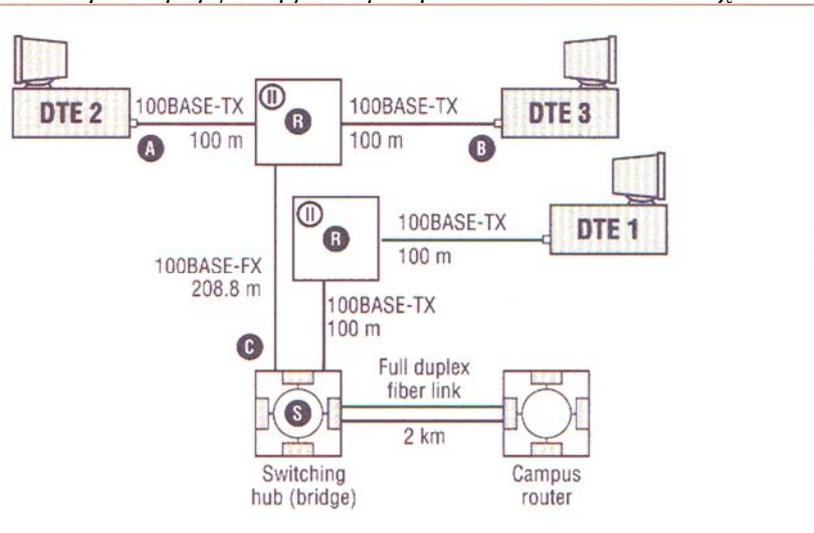
Χρησιμοποιούνται επαναλήπτες class II για να συνδέσουν χάλκινα (Tx) τμήματα και (Fx) τμήματα οπτικής ίνας διότι τα τμήματα χρησιμοποιούν την ίδια κωδικοποίηση.

8.7 Model 2: Οδηγίες διαμόρφωσης για το δίκτυο Fast Ethernet

Το δεύτερο μοντέλο για Fast Ethernet τμήματα παρέχει πληροφορίες υπολογισμού για τον έλεγχο του χρονισμού σήματος σε half-duplex Fast Ethernet δίκτυα. Αυτές οι πληροφορίες υπολογισμού είναι πιο απλές σε σχέση με τις πληροφορίες υπολογισμού του δεύτερου μοντέλου για 10Mbps δίκτυα γιατί τα Fast Ethernet δίκτυα χρησιμοποιούνται μόνο τμήματα σύνδεσης.

Το μήκος τμήματος και ο αριθμός των επαναληπτών σε ένα half-duplex 100BASE-T δίκτυο εξαρτάται άμεσα από το μετ'επιστροφής χρονισμό σήματος. Ο μετ'επιστροφής χρονισμό σήματος αποσκοπεί στον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του μηχανισμού ανίχνευσης συγκρούσεων (collision detect mechanism). Το δεύτερο μοντέλο οδηγιών διαμόρφωσης παρέχει πληροφορίες υπολογισμού που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο και τη διερεύνηση χρονισμού σήματος από τα πρότυπα των 100BASE-T τμημάτων και από τους επαναλήπτες. Οι πληροφορίες υπολογισμού εγγυούνται ότι οι χρονικές καθυστερήσεις σήματος μεταξύ των 100BASE-T τμημάτων και επαναληπτών βρίσκονται μέσα στα όρια χρονισμού σήματος.

Σχήμα 8-6. 100 Mps διαμόρφωση βασισμένη σε ποικίλα οπτικά και χάλκινα τμήματα



Αυτές οι πληροφορίες υπολογισμού αναφέρονται σε διαφορετικό μετ'επιστροφής χρονισμό σήματος σε σχέση με τα 10Mbps δίκτυα. Αυτό συμβαίνει ,πρώτον, γιατί τα τμήματα του μέσου σε Fast Ethernet δίκτυα βασίζονται σε διαφορετικά συστήματα σηματοδότησης από εκείνα τα οποία χρησιμοποιούν τα 10Mbps δίκτυα και δεύτερον εξαιτίας του γεγονός ότι η μετατροπή σήματος μεταξύ Ethernet διασυνδέσεων και τμημάτων του μέσου απαιτεί περισσότερα bits χρονικής καθυστέρησης. Επιπλέον, το δεύτερο μοντέλο για Fast Ethernet δικτυακά συστήματα δεν υποστηρίζει τον υπολογισμό της μείωσης του κενού μεταξύ των πλαισίων σε σχέση με το δεύτερο μοντέλο που επιτρέπει αυτόν τον υπολογισμό. Ο υπολογισμός της μείωσης του κενού ανάμεσα στα πλαίσια επέρχεται από τη λειτουργία των επαναλήπτων μέσα στο δίκτυο, πράγμα το οποίο δεν υφίσταται σε Fast Ethernet δίκτυα διότι τα δίκτυα αυτά δε χρησιμοποιούν επαναλήπτες.

8.7.1 Υπολογισμός μετ'επιστροφής χρονικού σήματος – Calculating Round-Trip Delay

Μετά την εύρεση της χειρότερης διαδρομής ακολουθεί ο υπολογισμός της συνολικής καθυστέρησης του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος. Ο υπολογισμός προκύπτει από τη συνολική καθυστέρηση σε μια διαδρομή και από τις καθυστερήσεις του σταθμού και του επαναλήπτη. Η συνολική καθυστέρηση προέρχεται από τη καθυστέρηση χρονισμού σήματος σε κάθε τμήμα . Ο πίνακας 8-4 παρέχει διάφορες καθυστερήσεις χρονισμού σήματος εκφρασμένες σε bits από το μοντέλο του υπολογισμού των IEEE προτύπων. Να σημειωθεί ότι η καθυστέρηση του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος ανά μέτρο εφαρμόζεται μόνο στο είδος καλωδίου που φαίνεται στον πίνακα. Για κάθε είδος εξαρτήματος του πίνακα (DTE, επαναλήπτες) αντιστοιχεί μια και μόνο καθυστέρηση μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος.

Πίνακας 8-5.Καθυστερήσεις χρονισμού σήματος των 100BASE-T εξαρτημάτων

| Component | Round-Trip Delay in Bit Times per Meter | Maximum Round-Trip Delay in Bit Times |
|--|---|---------------------------------------|
| Two TX/FX DTEs | N/A | 100 |
| Two T4 DTEs | N/A | 138 |
| One T4 and one TX/FX DTE ^a | N/A | 127 |
| Category 3 Cable | 1.14 | 114 (100 meters) |
| Category 4 Cable | 1.14 | 114 (100 meters) |
| Category 5 Cable | 1.112 | 111.2 (100 meters) |
| Shielded Twisted-Pair Cable | 1.112 | 111.2 (100 meters) |
| Fiber Optic Cable | 1.0 | 412 (412 meters) |
| Class I Repeater | N/A | 140 |
| Class II Repeater with all ports TX/FX | N/A | 92 |
| Class II Repeater with any T4 port | N/A | 67 |

Για να υπολογίσουμε τη καθυστέρηση μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος πρέπει να πολλαπλασιάσουμε το μήκος τμήματος (σε μέτρα) με τη καθυστέρηση μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος ανά μέτρο του πίνακα. Το αποτέλεσμα δίνει τη χρονική καθυστέρηση εκφρασμένη σε bits για το συγκεκριμένο τμήμα. Στη περίπτωση που το τμήμα βρίσκεται μέσα στα όρια της μέγιστης καθυστέρησης μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος, επιτρέπεται η χρήση της τιμής από τη στήλη της μέγιστης καθυστέρησης στην οποία ανήκει το είδος τμήματος.

Στη συνολική καθυστέρηση πρέπει να προστεθεί ένα χρονικό περιθώριο ασφάλειας σε bits. Σύμφωνα με τα IEEE πρότυπα αυτό το περιθώριο μπορεί να είναι από ένα ως και τέσσερα bits και βοηθάει στην απαλοιφή αναμενόμενων καθυστερήσεων όπως εκείνων που προκαλούνται από τα patch καλώδια. Αν το αποτέλεσμα της συνολικής καθυστέρησης του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος η οποία εμφανίζεται σε μια διαδρομή είναι λιγότερο ή ίσο από το χρονικό διάστημα των 512 bits τότε η διαδρομή είναι αποδεκτή.

8.7.2 Υπολογισμός της καθυστέρησης χρονισμού σήματος ενός τμήματος

Η καθυστέρηση χρονισμού σήματος ενός τμήματος ποικίλλει ανάλογα με το είδος που χρησιμοποιείται στο δίκτυο και τη ποιότητα του καλωδίου όσον αφορά για ομοαξονικά καλώδια. Επίσης, οι κατασκευαστές καλωδίων μπορούν να παρέχουν ακριβέστερες καθυστερήσεις καλωδίου. Στο πίνακα 8-6 φαίνεται η διάδοση καθυστέρησης του καλωδίου στο δίκτυο

Ο χαρακτήρας c που χρησιμοποιείται στον πίνακα είναι επίσημη επιστημονική σημείωση σχετικά με τη ταχύτητα του φωτός

Ο πίνακας προέρχεται από τα IEEE πρότυπα και παρέχει τιμές της καθυστέρησης χρονισμού σήματος εκφρασμένες σε bit time ανά μέτρο σύμφωνα με τη ταχύτητα διάδοσης σήματος στο καλώδιο. Η ταχύτητα (χρονική διάδοση) δίνεται ως ποσοστό της ταχύτητας του φωτός και καλείται ως ελάχιστη ταχύτητα διάδοσης (Nominal Velocity Propagation)(NVP).

Πίνακας 8-6. Μετατροπής της χρονικής διάδοσης του καλωδίου

| Speed Relative to <i>c</i> | Bit Time/Meter | | |
|----------------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|
| | Nanoseconds/Meter | 100 Mbps Fast Ethernet | 1000 Mbps Gigabit Ethernet |
| 0.4 | 8.34 | 0.834 | 8.34 |
| 0.5 | 6.67 | 0.667 | 6.67 |
| 0.51 | 6.54 | 0.654 | 6.54 |
| 0.52 | 6.41 | 0.641 | 6.41 |
| 0.53 | 6.29 | 0.629 | 6.29 |
| 0.54 | 6.18 | 0.618 | 6.18 |
| 0.55 | 6.06 | 0.606 | 6.06 |
| 0.56 | 5.96 | 0.596 | 5.96 |
| 0.57 | 5.85 | 0.585 | 5.85 |
| 0.58 | 5.75 | 0.575 | 5.75 |
| 0.5852 | 5.70 | 0.570 | 5.70 |
| 0.59 | 5.65 | 0.565 | 5.65 |
| 0.6 | 5.56 | 0.556 | 5.56 |
| 0.61 | 5.47 | 0.547 | 5.47 |
| 0.62 | 5.38 | 0.538 | 5.38 |
| 0.63 | 5.29 | 0.529 | 5.29 |
| 0.64 | 5.21 | 0.521 | 5.21 |
| 0.65 | 5.13 | 0.513 | 5.13 |
| 0.654 | 5.10 | 0.510 | 5.10 |
| 0.66 | 5.05 | 0.505 | 5.05 |
| 0.666 | 5.01 | 0.501 | 5.01 |
| 0.67 | 4.98 | 0.498 | 4.98 |
| 0.68 | 4.91 | 0.491 | 4.91 |
| 0.69 | 4.83 | 0.483 | 4.83 |
| 0.7 | 4.77 | 0.477 | 4.77 |
| 0.8 | 4.17 | 0.417 | 4.17 |
| 0.9 | 3.71 | 0.371 | 3.71 |

Αν είναι γνωστό το NVP του καλωδίου που χρησιμοποιείται στο δίκτυο, τότε με τη βοήθεια του πίνακα μπορεί να υπολογισθεί η καθυστέρηση χρονισμού σήματος του καλωδίου η οποία εκφράζεται ως bit ανά μέτρο ($\text{bit time}^3/\text{meter}$). Έπειτα, πολλαπλασιάζεται το μήκος του καλωδίου με τη bit time /meter τιμή για να προκύψει η συνολική καθυστέρηση. Το αποτέλεσμα που επέλθει θα πολλαπλασιαστεί δύο φορές για να προκύψει η συνολική καθυστέρηση του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος για το τμήμα. Με βάση τον πίνακα, η μόνη διαφορά που εμφανίζεται μεταξύ του 100Mbps Fast Ethernet δικτύου και του 1000Mbps Gigabit Ethernet δικτύου είναι ότι το bit χρονικό διάστημα του Fast Ethernet δικτύου είναι το bit χρονικό διάστημα του Fast Ethernet δικτύου είναι δέκα φορές μεγαλύτερο από το bit χρονικό διάστημα του Gigabit δικτύου. Για παράδειγμα, η χρονική διάδοση του 8.34 (ns) ανά μέτρο μεταφράζεται ως χρονικό διάστημα των 8.34 bit διότι το bit χρονικό διάστημα του Gigabit δικτύου υπολογίζεται σε nanosecond.

³ Bit time είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να μεταδοθεί ένα bit δεδομένων.

8.7.3 Χρονική διάδοση του καλωδίου –

Typical Propagation Values for Cables

Ο πίνακας 8-7 παρέχει πληροφορίες για συνηθισμένα ποσοστά διάδοσης των (Category-5)(Cat-5⁴) καλωδίων που πηγάζουν από τις δύο μεγαλύτερες εταιρείες σχεδίασης των NVP προδιαγραφών. Η χρονική διάδοση αυτών των καλωδίων εφαρμόζονται τόσο σε 100 Mrbs Fast Ethernet δίκτυα όσο και σε 1000Mrbs Gigabit Ethernet δικτυακά συστήματα.

Πίνακας 8-7. Χρονικές Διαδόσεις καλωδίου από τις πιο γνωστές εταιρείες

| Vendor | Part Number | Jacket | NVP |
|--------|-------------|------------|-----|
| AT&T | 1061 | non-plenum | 70% |
| AT&T | 2061 | plenum | 75% |
| Belden | 1583A | non-plenum | 72% |
| Belden | 1585A | plenum | 75% |

8.8 Model 1 : Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Gigabit Ethernet

Το μοντέλο 1 συστήματος μετάδοσης του πρότυπου του Gigabit Ethernet, χαρακτηρίζεται από απλοποιημένες προδιαγραφές. Ο στόχος αυτού είναι να εξασφαλίσουμε ότι ακολουθούνται οι οδηγίες χρονισμού για το Gigabit Ethernet έτσι ώστε το πρωτόκολλο του μέσου ελέγχου προσβάσεως να λειτουργεί κανονικά. Οι κανόνες για το στήσιμο του αμφίδρομου – εναλλασσόμενου Gigabit Ethernet είναι :

- Το σύστημα περιορίζεται σε έναν επαναλήπτη (repeater)
- Τα μήκη των τομέων περιορίζονται στην ελάχιστη ή μέγιστη απόσταση μετάδοσης του συγκεκριμένου τύπου τομέα μέσου.

Το μέγιστο μήκος όσο αφορά τους χρόνους ψηφίων (bits) για έναν συγκεκριμένο τομέα είναι 316 μέτρα. Ωστόσο, οποιοσδήποτε περιορισμός στα μέσα σηματοδότησης, που μειώνουν τη μέγιστη απόσταση μετάδοσης κάτω από 316 μέτρα, προηγούνται. Ο πίνακας 7-8 παρουσιάζει τη μέγιστη διάμετρο πεδίου σύγκρουσης για ένα σύστημα Gigabit Ethernet και για τους συγκεκριμένους τύπους τομέων. Η

⁴ Category 5: το κυριότερο πλεονέκτημα των cat-5 καλωδίων είναι ότι έχουν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι κατάλληλα για όλα τα twisted-pair Ethernet δίκτυα. Τα cat-5 καλώδια συνήθως χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση.

μέγιστη διάμετρος του πεδίου σύγκρουσης είναι η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των 2 σταθμών (DTES) στο πεδίο σύγκρουσης.

Πίνακας 8-8. Model 1 – Maximum Gigabit Ethernet Collision Domain σε μέτρα (m)

| Διαμόρφωση | Category 5 UTP | 1000BASE-CX | Οπτική ίνα 1000BASE-SX/LX | Κατηγορία 5 και οπτική ίνα | 1000BASE-CX &1000BASE-SX/LX |
|---------------------------------|-------------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| DTE-DTE ενός τομέα | 100 | 25 | 316 | N/A | N/A |
| με ένα επαναλήπτη (repeater) | 200 | 50 | 220 | 210 | 220 |

Η πρώτη σειρά στον πίνακα 8-8 δείχνει τα μέγιστα μήκη για τη σύνδεση DTE με DTE. Χωρίς την παρέμβαση κάποιου επαναλήπτη η σύνδεση μπορεί να χαρακτηρίζεται από το μέγιστο των 100 m χαλκού (copper), 25 m του καλωδίου 1000BASE-CX ή 316 m καλωδίου οπτικής ίνας. Κάποιες συνδέσεις (Links) οπτικών ινών του Gigabit Ethernet περιορίζονται σε λιγότερο από 316 m, εξαιτίας κάποιων παραγόντων στη μετάδοση σήματος. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, δεν μπορεί κανείς να φτάσει τα 316 μέτρα (το μέγιστο) που «επιτρέπεται» από το ίδιο το σύστημα.

Η σειρά του πίνακα με τίτλο «ένας επαναλήπτης» παρέχει τη μέγιστη διάμετρο πεδίου σύγκρουσης χρησιμοποιώντας, ένα επαναλήπτη που προβλέπεται για αμφίδρομο – εναλλασσόμενο σύστημα Gigabit Ethernet. Αυτό συμπεριλαμβάνει και την περίπτωση όλων των καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους (200m), όλων των καλωδίων οπτικής ίνας (220m) ή συνδυασμό καλωδίων οπτικής ίνας και χαλκού.

8.9 Model 2 : Οδηγίες διαμόρφωσης του δικτύου Gigabit Ethernet

Το μοντέλο 2 του συστήματος μετάδοσης για το Gigabit Ethernet παρέχει μια σειρά από υπολογισμούς για την επαλήθευση του απαιτούμενου χρόνου σήματος (signal timing budget) σε πιο περίπλοκες τοπικές περιοχές του δικτύου (αμφίδρομες – εναλλασσόμενες), Gigabit Ethernet. Οι συγκεκριμένοι υπολογισμοί είναι πιο απλοί από τους υπολογισμούς του Μοντέλου 2, είτε για τα συστήματα Ethernet των 100 Mbps, είτε για τα συστήματα Ethernet των 10 Mbps, καθώς το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί μόνο τομείς σύνδεσης και επιτρέπει την παρουσία μόνο ενός επαναλήπτη. Επομένως, ο μόνος υπολογισμός που χρειάζεται είναι η χειρότερη περίπτωση Path Delay Value (PDV).

8.9.1 Υπολογισμός της χειρότερης περίπτωσης διαδρομής (Path Delay Value)

Αν θα προσδιορίσετε τη χειρότερη περίπτωση διαδρομής (path), υπολογίζετε το PDV. Το PDV βγαίνει από το άθροισμα των τιμών καθυστέρησης των τομέων (segment), του επαναλήπτη (repeater delay), του DTE και ενός περιθωρίου ασφάλειας (safety margin).

8.9.2 Τιμή καθυστέρησης του τομέα - Segment Delay Value

Το πρότυπο υπολογισμού σύμφωνα με τις προδιαγραφές του συστήματος παρέχει μια σειρά από τιμές καθυστέρησης σε χρόνους ψηφίου, όπως φαίνεται στο πίνακα 7-9. Για να υπολογίσει κάποιος το PDV, πολλαπλασιάζει το μήκος του τομέα της PDV σε μέτρα. Έτσι έχουμε τη συνολική καθυστέρηση σε χρόνους ψηφίων για το συγκεκριμένο τομέα.

Πίνακας 8-9. Καθυστέρηση εξαρτημάτων 1000BASE-T

| Εξαρτήματα | Round-trip Καθυστέρηση σε χρόνο Bit ανά μέτρο (Bit/m) | Μέγιστη Round-trip καθυστέρηση σε χρόνο Bits |
|-------------------------------|---|--|
| Δυο DTEs | N/A | 864 (bits) |
| Τμήμα καλωδίου Category 5 UTP | 11.12 | 1112(100m) (bits) |
| Shielded Jumper Cable | 10.10 | 253(25m) (bits) |
| Τμήμα καλωδίου Fiber Optic | 10.10 | 1111(110m) (bits) |
| Επαναλήπτης-Repeater | N/A | 976 (bits) |

Το αποτέλεσμα αυτού του υπολογισμού είναι η συνολική (round-trip) καθυστέρηση σε χρόνους ψηφίου του συγκεκριμένου τομέα. Μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει την τιμή της μέγιστης καθυστέρησης σε χρόνους bit, που παρατίθεται στον πίνακα, για το συγκεκριμένο τύπο τομέα (segment) εάν ο τομέας είναι μέγιστου μήκους. Οι μέγιστες τιμές καθυστέρησης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν εάν δεν είστε σίγουροι για το μήκος του τομέα και επιθυμείτε να χρησιμοποιήσετε το μέγιστο μήκος στους υπολογισμούς σας, για λόγους ασφαλείας. Για τον υπολογισμό καθυστερήσεων σε καλώδια, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις τιμές μετατροπής που φαίνονται στην δεξιά στήλη του πίνακα 8-7.

Για την ολοκλήρωση του υπολογισμού της PDV, προστίθεται ολόκληρη η σειρά τιμών καθυστέρησης τομέων, μαζί με τις τιμές καθυστέρησης για 2 σταθμούς (DTEs) και η καθυστέρηση οποιουδήποτε επαναληπτόν (repeater). Ο πωλητής σας μπορεί να σας προσφέρει τιμές για κάποιο καλώδιο, σταθμού και επαναλήπτη, που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε, αντί γι' αυτές που φαίνονται στο πίνακα.

Στην τιμή της συνολικής καθυστέρησης, προσθέτει ένα περιθώριο ασφαλείας από το μηδέν μέχρι τους 40 χρόνους ψηφίου (bit times), με 32 χρόνους ψηφίου για το περιθώριο που προβλέπεται να καθορίζεται μέσω των προδιαγραφών του προτύπου. Αυτό βοηθά στην αντιμετώπιση οποιονδήποτε απροσδόκητων καθυστερήσεων, όπως αυτές που προκαλούνται από extra πρόχειρες τροποποιήσεις μεταξύ του wall jack στο γραφείο και του υπολογιστή. Εάν το αποτέλεσμα είναι μικρότερο ή ίσο με 4096 χρόνους ψηφίου (Bit times) τότε η διαδρομή (path) περνά τη δοκιμασία.

8.10 Παραδείγματα Διαμόρφωσης Δικτύου

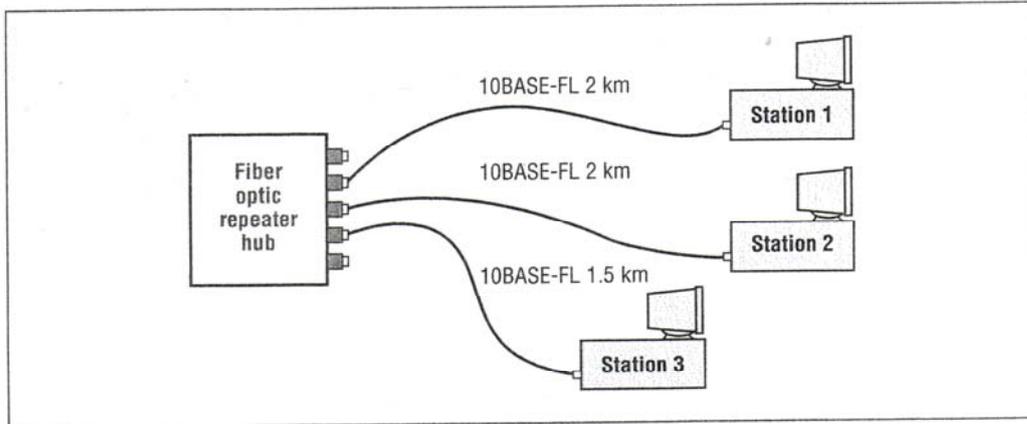
Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε κάποια παραδείγματα σύνθεσης δικτύων για να δείξουμε πως οι συγκεκριμένοι κανόνες και οδηγίες λειτουργούν στην πράξη. Τα παραδείγματα των 10Mbps θα αποδειχθούν τα πιο περίπλοκα, καθώς το σύστημα των 10Mbps διαθέτει τον πιο περίπλοκο σύνολο τομέων και τους πιο περίπλοκους κανόνες χρονισμού. Ακολούθως, σύνθεσης είναι απλούστερος για το Fast Ethernet. Δεν υπάρχει αναγκαιότητα για κάποιο παράδειγμα στο σύστημα Gigabit Ethernet, καθώς οι κανόνες σύνθεσης είναι εξαιρετικά απλοί, αφού προϋποθέτουν μόνο μια θύρα υποδοχής επαναλήπτη (repeater hub). Επιπρόσθετα, ολόκληρος ο εξοπλισμός για το σύστημα Gigabit Ethernet που πωλείται σήμερα υποστηρίζει αποκλειστικά τύπο full-duplex (πλήρης εναλλασσόμενο), πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν half-duplex Gigabit Ethernet συστήματα.

8.10.1 Απλό 10 Mbps δίκτυο διαμόρφωσης Model 2

Ας δούμε πώς οι υπολογισμοί αυτού του μοντέλου λειτουργούν πρώτα με ένα πολύ απλό παράδειγμα. Το σχήμα 8-7 παρουσιάζει ένα δίκτυο με τους τομείς 10BASE-FL

που συνδέονται με επαναλήπτη οπτικών ινών. Δύο από τους τομείς είναι μήκος 2 km και ο άλλος είναι 1.5 km σε μήκος.

Σχήμα 8-7. Παράδειγμα 10 Mbps configuration



Αν και αυτό είναι ένα απλό δίκτυο, πρόκειται για μια σύνθεση που δεν περιγράφεται στους κανόνες σύνθεσης του μοντέλου 1. Επομένως, ο μόνος τρόπος για επαλήθευση της λειτουργίας του είναι να προχωρήσουμε σε υπολογισμούς με βάση το Μοντέλο 2, κοιτάζοντας το σχήμα 8-7, βλέπουμε ότι ο χειρότερος δρόμος καθυστέρησης είναι μεταξύ του σταθμού 1 και 2, καθώς αυτό το μονοπάτι, έχει τη μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των 2 σταθμών. Έπειτα, θα εκτιμήσουμε αυτό το μονοπάτι για τη συνολική καθυστέρηση (total round-trip delay).

8.10.1.1 Round-trip delay

Καθώς υπάρχουν μόνο δύο τμήματα στο μονοπάτι αυτό, το μοντέλο του δικτύου (για τη συνολική καθυστέρηση) διαθέτει μόνο ένα αριστερό και ένα δεξί άκρο τομέα. Δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι τομείς. Θα υποθέσουμε για τη σκοπιμότητα αυτού του παραδείγματος, ότι οι πομποδέκτες οπτικών ινών συνδέονται απευθείας με τους σταθμούς και τον επαναλήπτη, πράγμα που εξαφανίζει την ανάγκη προσθήκης extra χρόνων (bit times) για το μήκος του καλωδίου του πομποδέκτη. Και οι δύο τομείς, στο συγκεκριμένο μονοπάτι έχουν το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούμε απλά να χρησιμοποιήσουμε τις μέγιστες τιμές από το πίνακα 8-2.

Σύμφωνα με τον πίνακα, η μέγιστη τιμή καθυστέρησης για το αριστερό άκρο του τομέα (για σύνδεση 10BASE-FL 2 km) είναι 212.25 bit times (χρόνους ψηφίων). Για

το δεξί άκρο του τομέα των 2 km, η μέγιστη τιμή καθυστέρησης είναι 365.5 bit times. Προσθέτοντας αυτές τις τιμές καθώς και το περιθώριο των 5 bit times που συνιστάται από το συγκεκριμένο πρότυπο έχουμε συνολική τιμή 573.75 bit times. Αυτό είναι λιγότερο από το μέγιστο χρόνο (575) που διατίθεται για δίκτυο 10 Mbps, πράγμα που σημαίνει ότι το μονοπάτι αυτό (της χειρότερης περίπτωσης καθυστέρησης) είναι αποδεκτή (Ok). Τα υπόλοιπα μονοπάτια θα εμφανίσουν μικρότερες τιμές καθυστέρησης από το συγκεκριμένο, έτσι όλα τα μονοπάτια στο σύστημα Ethernet εκπληρώνουν τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές που αφορούν το συνολικό (round-trip) χρονισμό.

8.10.1.2 Interframe gap shrinkage – Ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού

Αφού υπάρχουν μόνο δύο τομείς ,πρέπει να εξετάσουμε απλά ένα άκρο μετάδοσης τομέα, όταν υπολογίζουμε την ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού. Δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι τομείς, και το άκρο λήψης του τομέα δεν προσμετράτε στον υπολογισμό του ενδοπλαισιακού κενού, καθώς και οι δύο τομείς είναι του ίδιου τύπου. Ο υπολογισμός της τιμής (στη χειρότερη περίπτωση) είναι εύκολη. Σύμφωνα με το πίνακα 8-3, τιμή του interframe gap για τη σύνδεση τομέων είναι 10.5 bit times (χρόνους ψηφίου) και αυτή η τιμή αποτελεί τη συνολική τιμή συρρίκνωσης για το μονοπάτι (της χειρότερης περίπτωσης). Αυτή η τιμή είναι πολύ πιο κάτω από την τιμή 49 bit times (για την ενδοπλαισιακή συρρίκνωση) που επιτρέπεται σε δίκτυο 10 Mbps.

Καθώς βλέπετε, το παράδειγμα-δικτύου εκπληρώνει και τις προϋποθέσεις της συνολικής καθυστέρησης και αυτές της ενδοπλαισιακής συρρίκνωσης και έτσι αποτελεί “ισχύον” δίκτυο σύμφωνα με το Μοντέλο 2.

8.10.2 Σύνθετο 10 Mbps δίκτυο διαμόρφωσης Model 2

Το επόμενο παράδειγμα είναι πιο δύσκολο, αφού αποτελείται από πολλούς διαφορετικούς τύπους τομέων, επιπλέον καλώδια πομποδεκτών κ.λ.π. Όλα αυτά τα επιπρόσθετα στοιχεία καθιστούν αυτό το παράδειγμα ακόμη πιο περίπλοκο να το εξηγήσει κανείς, αν και η βασική διαδικασία υπολογισμού των χρονισμών των μικροτμημάτων και της προσθήκης τους στο όλο σύστημα είναι αρκετά απλή.

Γι' αυτό το περίπλοκο παράδειγμα, ανατρέξτε πίσω στο σχήμα 8-2. Αυτό το σχήμα δείχνει ένα σύστημα μεγίστου μήκους, που χρησιμοποιεί 4 επαναλήπτες και 5 τομείς. Σύμφωνα με τη σύνθεση του μοντέλου 1 (βασισμένη σε κανόνες) έχουμε ήδη διαπιστώσει πως αυτό το δίκτυο βαδίζει σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Για να το ελέγχουμε αυτό, θα επανεκτιμήσουμε αυτό το δίκτυο, αυτή τη φορά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο υπολογισμού σύμφωνα με το μοντέλο 2.

Ως συνήθως, ξεκινάμε τη διαδικασία εντοπίζοντας το μονοπάτι της χειρότερης περίπτωσης (worst-case path) στο δίκτυο δείγμα. Μέσω της εξέτασης, μπορεί κανείς να δει το μονοπάτι μεταξύ των σταθμών 1 και 2, στο σχήμα 8-2. Είναι το μονοπάτι της μέγιστης καθυστέρησης. Περιέχει το μέγιστο αριθμό τομέων και επαναληπτών στη διαδρομή μεταξύ των 2 σταθμών μέσα στο δίκτυο. Έπειτα, σχηματίζουμε ένα μοντέλο δικτύου με βάση το μονοπάτι της χειρότερης περίπτωσης. Ας αρχίσουμε τη διαδικασία αυθαίρετα από τη άκρη του τομέα thin Ethernet (10BASE2), ως τον αριστερό άκροτομέα. Αυτό μας αφήνει με 3 ενδιάμεσους τομείς που αποτελούνται από έναν τομέα 10BASE5 και δύο τομείς σύνδεσης οπτικών ινών. Και ένα δεξιό άκρο τομέα που αποτελείται από ένα 10BASE-T τομέα σύνδεσης.

Κατόπιν, πρέπει να υπολογίσουμε την τιμή της καθυστέρησης στον τομέα για το αριστερό άκρο του τομέα 10BASE-2. Αυτό επιτυγχάνεται προσθέτοντας την τιμή του αριστερού άκρου βάσης για τον ομοαξονικό καλώδιο (coax) του 10BASE-2 (11.75) στο σύνολο καθυστέρησης και το μήκος σε μέτρα ($185 \times 0.1026 = 18981$), και καταλήγουμε σε μια συνολική τιμή καθυστέρησης στον τομέα : 30.731. Ωστόσο, καθώς τα 185 m είναι το μέγιστο μήκος τομέα, σε τομείς 10BASE-2, μπορούμε να βρούμε τη μέγιστη τιμή του αριστερού τομέα από τον πίνακα 8-2, που είναι 30.731. Ο λεπτός τομέας Ethernet 10BASE-2 παρουσιάζεται προσκολλημένος απευθείας στο DTE και στον επαναλήπτη, και δεν υπάρχει καλώδιο πομποδέκτη. Επομένως, δεν χρειάζεται να προσθέσουμε επιπλέον χρονισμό (cable length timing) μήκους καλωδίου AUI στην τιμή του τομέα αυτού.

8.10.2.1 Υπολογισμός ξεχωριστών τιμών αριστερού άκρου

Καθώς οι τομείς δεξιού και αριστερού άκρου στο μονοπάτι χειρότερης περίπτωσης είναι διαφορετικών τύπων μέσων, το πρότυπο μας υποχρεώνει να κάνουμε τους υπολογισμούς καθυστέρησης δύο φορές. Πρώτα υπολογίζουμε την καθυστέρηση

όλης της διαδρομής χρησιμοποιώντας το τομέα 10BASE-2 (ως τομέα αριστερού άκρου) και το τομέα 10BASE-T (ως τομέα δεξιού άκρου). Μετά τους αλλάζουμε θέση μεταξύ τους και κάνουμε ξανά τον υπολογισμό, χρησιμοποιώντας τον τομέα 10BASE-T ως αριστερό και τον τομέα 10BASE-2 ως δεξιό. Η μεγαλύτερη τιμή που προκύπτει από τους 2 υπολογισμούς είναι αυτή που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για επαλήθευση του δικτύου.

8.10.2.2 Τιμή καθυστέρησης AUI

Οι τιμές καθυστέρησης των τομέων που φαίνονται στον πίνακα περιλαμβάνουν «παραχωρήσεις» (allowances) για ένα καλώδιο πομποδέκτη AUI έως 2 μέτρα μήκους σε κάθε άκρο του τομέα. Αυτή η παραχώρηση μας βοηθά να φροντίζουμε για τις οποιασδήποτε καθυστερήσεις χρονισμού (timing) που μπορεί να προκύψουν εξαιτίας καλωδίων μέσα στις θύρες επαναλήπτη.

Τα συστήματα μέσω με εξωτερικούς πομποδέκτες συνδεδεμένους με καλώδια πομποδέκτη απαιτούν να υπολογίζουμε και να προσέχουμε την καθυστέρηση χρονισμού σ' αυτά τα καλώδια πομποδεκτών. Μπορούμε να βρούμε πόσο μακριά είναι αυτά τα καλώδια και να χρησιμοποιήσουμε το μήκος πολλαπλασιασμένο με την τιμή καθυστέρησης (round-trip) ανά μέτρο, για να εξάγουμε χρόνο καθυστέρησης ενός επιπλέον καλωδίου πομποδέκτη, ο οποίος έπειτα προστίθεται στο αποτέλεσμα της καθυστέρησης της συνολικής διαδρομής. Αν δεν είμαστε σίγουροι για το μήκος των καλωδίων πομποδεκτών στο σύστημα μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέγιστη τιμή καθυστέρησης που ισχύει για ένα καλώδιο πομποδέκτη, που είναι 4.88 για κάθε θέση τομέα.

8.10.2.3 Υπολογισμός των τιμών ενδιάμεσων τομέων

Ας συνεχίσουμε τη διαδικασία εύρεσης του συνολικού χρόνου καθυστέρησης κάνοντας τους υπολογισμούς για τους ενδιάμεσους τομείς. Στην χειρότερη περίπτωση διαδρομής για το δίκτυο στο σχήμα 8-2, υπάρχουν τρεις ενδιάμεσοι τομείς που απαρτίζονται από έναν τομέα 10BASE5 μεγίστου μήκους και δύο τομείς 10BASE-FL οπτικών ινών μήκους 500m. Κοιτάζοντας τον πίνακα 8-2 κάτω από τη στήλη Middle Segments, βρίσκουμε ότι ο τομέας 10BASE5 έχει μέγιστη τιμή ενδιάμεσης καθυστέρησης 89.8.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι επαναλήπτες ενώνονται με τον τομέα 10BASE5 με καλώδια πομποδέκτη και MAUs. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να προσθέσουμε την καθυστέρηση για δύο καλώδια πομποδέκτη. Ας υποθέσουμε ότι δεν γνωρίζουμε το μήκος των καλωδίων πομποδέκτη. Επομένως, θα χρησιμοποιήσουμε την τιμή για δύο καλώδια πομποδέκτη μεγίστου μήκους μέσα στον τομέα, ένα για κάθε μια σύνδεση με τον επαναλήπτη. Αυτό μας δίνει καθυστέρηση ενός καλωδίου πομποδέκτη 9.76 για να την προσθέσουμε στην συνολική καθυστέρηση της διαδρομής.

8.10.2.4 Ολοκλήρωση του υπολογισμού χρονισμού της συνολικής διαδρομής

Ξεκινήσαμε τους υπολογισμούς μας με τον τομέα 10BASE-2 που τον ορίσαμε ως τομέα αριστερού άκρου, πράγμα που μας αφήνει τον τομέα 10BASE-T ως τομέα δεξιού άκρου. Αυτός ο τομέας είναι 100m μήκος, που είναι το μήκος που αποδίδεται σε τομέα 10BASE-T. Με βάση την ποιότητα του καλωδίου, ένας τομέας (segment) 10BASE-T μπορεί να είναι μακρύτερος από 100m, αλλά ας υποθέσουμε πως η σύνδεση στο παράδειγμα μας είναι 100 m. Αυτό καθιστά τη μέγιστη τιμή για τον τομέα δεξιού άκρου 10BASE-T σε 176.3. Προσθέτοντας όλες τις τιμές καθυστέρησης τομέων, παίρνουμε το αποτέλεσμα που φαίνεται στον πίνακα 8-10.

Πίνακας 8-10. Round-trip Path Καθυστέρηση με 10BASE2 Left End Segment

| Σύνδεση (Link) | Μέσα (Media) | Καθυστέρηση σε χρόνους ψηφίου (Bit-Time Delay) |
|------------------------|--------------|--|
| Αριστερό άκρο | 10BASE2 | 30.731 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE5 | 89.8 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE-FL | 83.5 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE-FL | 83.5 (Bits) |
| Δεξί άκρο | 10BASE-T | 176.3 (Bits) |
| Υπερβολικό μήκος AUI | Quan.Four | 19.52 (Bits) |
| Συνολική καθυστέρηση = | | 483.351 (Bits) |

Για να ολοκληρώσουμε τη διαδικασία, πρέπει να κάνουμε μια δεύτερη σειρά από υπολογισμούς, αφού ανταλλάξουμε τις θέσεις του δεξιού και του αριστερού τομέα. Στην περίπτωση αυτή, το αριστερό άκρο γίνεται τομέας μεγίστου μήκους 10BASE-T, με τιμή (value) 26.55 και το δεξί άκρο γίνεται τομέας μεγίστου μήκους 10BASE-2

τιμής 188.48. Παρατηρήστε πως το (excess) μήκος AUI δεν αλλάζει. Όπως φαίνεται στον πίνακα 7-2, οι τιμές σε χρόνους ψηφίων για τα καλώδια AUI παραμένουν ίδιες ανεξάρτητα από το πού χρησιμοποιούνται τα καλώδια αυτά. Προσθέτοντας τις τιμές σε χρόνους ψηφίων ξανά, παίρνουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα στο πίνακα 8-11.

Πίνακας 8-11. Round-Trip Καθυστέρηση με 10BASE-T Left End Segment

| Σύνδεση (Link) | Μέσα (Media) | Χρόνοι ψηφίου (Bit-Time) |
|------------------------|--------------|--------------------------|
| Αριστερό άκρο | 10BASE-T | 26.55 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE5 | 89.8 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE-FL | 83.5 (Bits) |
| Μέσος τομέας | 10BASE-FL | 83.5 (Bits) |
| Δεξί άκρο | 10BASE2 | 188.48 (Bits) |
| Υπερβολικό μήκος AUI | Quan. Three | 19.52 (Bits) |
| Συνολική καθυστέρηση = | | 491.35 (Bits) |

Η δεύτερη σειρά υπολογισμών που φαίνεται στον πίνακα 8-11 μας οδήγησε σε μια μεγαλύτερη συνολική τιμή απ'ότι ο πίνακας 8-10. Σύμφωνα με το πρότυπο, πρέπει να χρησιμοποιούμε αυτή την τιμή για την καθυστέρηση τις χειρότερης περίπτωσης διαδρομής γι'αυτό το Ethernet. Το πρότυπο επίσης συνιστά την προσθήκη περιθωρίου 5 χρόνων ψηφίου για τον σχηματισμό της τελικής τιμής καθυστέρησης.

Εάν προσθέσουμε τους 5 αυτούς χρόνους ψηφίου για το περιθώριο η τελική τιμή γίνεται 496.35, που είναι μικρότερη από τη μέγιστη των 575 χρόνων ψηφίων που επιτρέπεται από το πρότυπο. Επομένως, το περίπλοκο δίκτυο μας εκπληρώνει τις προδιαγραφές όσο αφορά τον χρόνο καθυστέρησης, πράγμα που σημαίνει ότι όλα τα «μονοπάτια» στο σύστημα Ethernet, που φαίνονται στο σχήμα 8-2 πληρούν τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις του προτύπου.

8.10.2.5 Interframe gap shrinkage – Ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού

Ολοκληρώνουμε την εκτίμηση μας για το περίπλοκο δίκτυο του παραδείγματος που φαίνεται στο σχήμα 8-2, υπολογίζοντας την ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού (interframe gap shrinkage) για το συγκεκριμένο δίκτυο. Αυτό γίνεται εκτιμώντας το ίδιο μονοπάτι που χρησιμοποιήσαμε για τους υπολογισμούς της καθυστέρησης του μονοπατιού (path delay calculations). Ωστόσο, για το σκοπό του υπολογισμού της

συρρίκνωσης κενού εκτιμούμε μόνο τους τομείς μετάδοσης και τους ενδιάμεσους τομείς.

Ξανά, αρχίζουμε εφαρμόζοντας ένα μοντέλο δικτύου στο μονοπάτι της χειρότερης περίπτωσης-και στην περίπτωση μας το μοντέλο δικτύου είναι η ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού. Για το υπολογισμό της “interframe gap shrinkage” θεωρούμε τομέα μετάδοσης (ως τον τομέα στο μονοπάτι της χειρότερης περίπτωσης, που έχει τη μεγαλύτερη τιμή συρρίκνωσης. Όπως, φαίνεται στον πίνακα 8-3, ο τομέας μέσου με τη μεγαλύτερη τιμή είναι ο coax (τομέας), έτσι για το σκοπό της εκτίμησης του δικτύου μας αναθέτουμε το ρόλο του τομέα μετάδοσης στον τομέα 10BASE2. Αυτό μας αφήνει με ενδιάμεσους τομείς που απαρτίζονται από ένα coax και 2 τομείς σύνδεσης και έναν τομέα λήψης 10BASE-T, τον οποίο δεν λαμβάνουμε υπ’όψιν. Τα συνολικά ποσά φαίνονται στον πίνακα 8-12.

Πίνακας 8-12. Interframe Gap Shrinkage

| Media/Link | Shrinkage in Bit Times |
|-----------------------|------------------------|
| Transmitting End Coax | 16 |
| Mid-segment Coax | 11 |
| Mid-segment Link | 8 |
| Mid-segment Link | 8 |
| <hr/> | |
| Total PVV = | 43 |

Το συνολικό PVV (43) είναι μικρότερο από τη μέγιστη τιμή των 49 χρόνων ψηφίων που επιτρέπονται με βάση το πρότυπο (standard), πράγμα που σημαίνει ότι το συγκεκριμένο δίκτυο μας πλήρη τις προϋποθέσεις για την ενδοπλαισιακή συρρίκνωση κενού.

8.10.3 Σύνθετο 100 Mbps δίκτυο Μοντέλου 2

Για το παράδειγμα αυτό πρέπει να ανατρέξουμε στο σχήμα 8-5, το οποίο παρουσιάζει ένα πιθανό δίκτυο μεγίστου μήκους. Καθώς έχουμε δει, το μοντέλο 1 μεθόδου σύνθεσης δείχνει πως το σύστημα αυτό είναι εντάξει. Για να ελέγξουμε κάτι τέτοιο, θα εκτιμήσουμε το ίδιο σύστημα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο υπολογισμού που μας παρέχει το μοντέλο 2.

8.10.3.1 Μονοπάτι χειρότερης περίπτωσης - Worst-case path

Στο μοντέλο δικτύου, τα δύο πιο μακριά μονοπάτια είναι αυτά μεταξύ των σταθμών 1 και 2 και μεταξύ του σταθμού 1 και της θύρας υποδοχής (switching hub). Τα σήματα από το σταθμό 1 πρέπει να περάσουν από 2 επαναλήπτες και 2 τομείς των 100m, καθώς επίσης και από έναν τομέα ενδο-επαναλήπτη (inter-repeater) των 5 m για να φτάσουν είτε το σταθμό 2, είτε τη θύρα υποδοχής (switching hub). Όσο αφορά τις οδηγίες σύνθεσης (configuration), η θύρα υποδοχής (switching hub) θεωρείτε ξεχωριστός σταθμός.

Και τα δύο αυτά μονοπάτια στο δίκτυο περιλαμβάνουν τα ίδια μήκη τομέων και τον ίδιο αριθμό επαναληπτών, και έτσι θα εκτιμήσουμε και θα μελετήσουμε ένα απ'αυτά ως την χειρότερη περίπτωση διαδρομής. Ας υποθέσουμε πως και οι τρεις τομείς είναι τομείς 100BASE-TX, που βασίζονται στα καλώδια κατηγορίας 5 (Category 5 cables). Ψάχνοντας και εντοπίζοντας την τιμή μέγιστης καθυστέρησης στον πίνακα 8-5, βρίσκουμε πως είναι 111.2 bit times (χρόνοι σε bits).

Αφού υπολογίσουμε και την τιμή καθυστέρησης για τον τομέα ενδο-επαναλήπτη (inter-repeater) των 5 μέτρων. Βρίσκουμε μια συνολική τιμή καθυστέρησης που ισούται με 5.56 χρόνους ψηφίου. Τώρα που γνωρίζουμε τις τιμές καθυστέρησης, μπορούμε να ολοκληρώσουμε την εκτίμηση μας ακολουθώντας τα βήματα για τον υπολογισμό της συνολικής καθυστέρησης για την περίπτωση της χειρότερης διαδρομής.

Για τον υπολογισμό αυτό, χρησιμοποιούμε τους χρόνους καθυστέρησης για τους σταθμούς και τους επαναλήπτες, από το πίνακα 8-5. Όπως φαίνεται στον πίνακα 8-13, η τιμή συνολικής καθυστέρησης για το δίκτυο μας είναι 511.96 χρόνοι ψηφίου, με τη χρήση καλωδίου κατηγορίας 5. Αυτή η τιμή είναι μικρότερη από τη μέγιστη τιμή των 512 χρόνων ψηφίου (bit times).

Πίνακας 8-13. Round-trip Καθυστέρηση σε Απλό Δίκτυο, Default Timing Values

| | |
|-------------------------|--------|
| Two TX DTEs | 100 |
| 100 meter Cat 5 segment | 111.2 |
| 100 meter Cat 5 segment | 111.2 |
| 5 meter Cat 5 segment | 5.56 |
| Class II repeater delay | 92 |
| Class II repeater delay | 92 |
| Total Delay = | 511.96 |

*All repeater ports TX or FX

Παρατηρούμε, ωστόσο, ότι δεν υπάρχει κανένα περιθώριο 4 χρόνων ψηφίου, σ' αυτόν τον υπολογισμό. Δεν υπάρχει περίσσειμα χρόνου για περιθώριο, λόγω των τιμών των χρόνων ψηφίου.

Για μια πιο ρεαλιστική άποψη, ας δούμε τι συμβαίνει όταν «δουλέψουμε» ξανά αυτό το παράδειγμα, χρησιμοποιώντας προδιαγραφές πραγματικού καλωδίου που προμηθευόμαστε από έναν κατασκευαστή. Στον πίνακα 8-4, ας υποθέσουμε το καλώδιο 5 είναι τύπου AT&T 1061 (a non-plenum cable), που έχει NVP 70%, όπως δείχνει ο πίνακας 8-7. Αν εντοπίσουμε την ταχύτητα αυτή στον πίνακα 7-6, διαπιστώνουμε ότι ένα καλώδιο που παρέχει ταχύτητα 0.7, εκτιμάται σε 0.477 χρόνους ψηφίου ανά μέτρο. Ο συνολικός χρόνος διαδρομής θα είναι διπλάσιος, δηλαδή 0.954. Επομένως, ο χρονισμός για 100m θα είναι 95.4 και για τα 5m θα είναι 5.77. Ανατρέχουμε στον πίνακα 8-14 για να δούμε πως διαμορφώνονται τα πράγματα με τη χρήση των διαφορετικών αυτών καλωδίων.

Πίνακας 8-14. Round-trip Delay Using Vendor Timing for Cables

| | |
|-------------------------|--------|
| Two TX DTEs | 100 |
| 100 meter Cat 5 segment | 95.4 |
| 100 meter Cat 5 segment | 95.4 |
| 5 meter Cat 5 segment | 4.77 |
| Class II repeater delay | 92 |
| Class II repeater delay | 92 |
| Margin | 4 |
| Total Delay = | 483.57 |

*All repeater ports TX or FX

Παρατηρούμε πως με τη χρήση καλωδίων του εμπορίου, υπάρχει αρκετός χρόνος για περιθώριο 4 χρόνων ψηφίου (bit times).

8.10.3.2 Εξετάζοντας τιμές χρόνων ψηφίου - Working with bit time values

Κάποιοι κατασκευαστές παρατηρούν ότι οι τιμές καθυστέρησης για τους επαναλήπτες τους είναι μικρότερες από την τιμή που φαίνεται στον πίνακα 8-4. Καθώς, ενώ αυτός ο επιπλέον χρόνος ψηφίου θα μπορούσε θεωρητικά να χρησιμοποιηθεί για την παροχή τομέα ενδο-επαναλήπτη (inter-repeater), μακρύτερου των 5 μέτρων, αυτή η προσέγγιση θα οδηγούσε σε προβλήματα.

Αν και η παροχή μακρύτερης σύνδεσης ενδο-επαναλήπτη ίσως φαινόταν χρήσιμο στοιχείο, θα έπρεπε να συλλογιστείτε τι θα συνέβαινε εάν ο επαναλήπτης του κατασκευστή αποτύγχανε και έπρεπε να τον αντικαταστήσει με άλλον του οποίου ο χρόνος καθυστέρησης θα ήταν μεγαλύτερος. Εάν συνέβαινε κάτι τέτοιο, τότε το μονοπάτι της χειρότερης περίπτωσης στο δίκτυο σας θα κατέληγε σε υπερβαίνουσες καθυστερήσεις, εξαιτίας του χρόνου που θα καταναλωνόταν από τον μακρύτερο τομέα ενδο-επαναλήπτη. Μπορείτε να αποφύγετε αυτό το πρόβλημα σχεδιάζοντας το δίκτυο σας συντηρητικά.

Είναι δυνατό να χρησιμοποιήσει κανείς περισσότερους από έναν Class I ή Class II επαναλήπτες. Αυτό μπορεί να γίνει εάν τα μήκη των τομέων διατηρούνται αρκετά μικρά για να προσφέρουν τον επιπλέον χρόνο που απαιτείται από τους επαναλήπτες. Ωστόσο, η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων δικτύου βασίζονται σε κατασκευή καλωδιακών συστημάτων με μήκη τομέων (segments) έως 100. Ένα σχέδιο δικτύου με τόσους πολλούς επαναλήπτες δεν θα ήταν πολύ χρήσιμο και πρακτικό για τις περισσότερες περιπτώσεις.

8.11 Συμπεράσματα

Οι επίσημες οδηγίες διαμόρφωσης παρέχουν δυο προσεγγίσεις για τον καθορισμό της διαμόρφωσης ενός half-duplex κανάλι επικοινωνίας Ethernet : μέσω του Συστήματος εκπομπής του πρώτου μοντέλου (model 1) και του δεύτερου μοντέλου (model 2).

Χρειάζεται να τονισθεί ότι τα δικτυακά μοντέλα και οι τιμές καθυστέρησης έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν τον υπολογισμό των χρονικών τιμών σε κάθε Ethernet δίκτυο απαλείφοντας κάθε περίπλοκη τεχνική υπολογισμού.

Το πρώτο μοντέλο παρέχει ένα σύνολο εγγεγραμμένων κανόνων διαμόρφωσης που απαιτούνται όταν έχουμε να κάνουμε με πολλαπλά τμήματα τα οποία συνδυάζονται σε διάφορα 10 Mbps Ethernet τμήματα.

Το δεύτερο μοντέλο παρέχει πληροφορίες υπολογισμού οι οποίες διευκολύνουν στην εκτίμηση πιο σύνθετων δικτυακών τοπολογιών που δεν καλύπτονται από τους κανόνες διαμόρφωσης του πρώτου μοντέλου. Στο δεύτερο μοντέλο, τα πρότυπα παρέχουν ένα σύνολο από δικτυακά μοντέλα και τιμές καθυστέρησης αναφερόμενες σε τμήματα στα οποία συμπεριλαμβάνονται όλοι οι μέθοδοι υπολογισμού. Επίσης, εξηγούν με τη βοήθεια πινάκων, τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο και αιτιολογούν τον λόγο ύπαρξης των μεθόδων υπολογισμού. Συνεπώς, ο υπολογισμός του μετ'επιστροφής χρονισμού σήματος ενός σύνθετου Ethernet δικτύου καταλήγει να είναι εύκολη υπόθεση όταν εφαρμόζονται τα δικτυακά μοντέλα που προτείνονται και ακολουθούνται οι συμπεριλαμβανόμενοι κανόνες υπολογισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agrawal et al, 1988: Govind P. Agrawal, P.J.Anthony, and T.M.Shen, “Dispersion Penalty for 1.3- μm Lightwave Systems with Multimode Semiconductor Lasers,” *Journal of LightWave Technology*, Vol 6, No. 5, May 1988.

Bates et al, 1995: Richard J.S.Bates, Daniel M.Kutchka, and Kenneth P.Jackson, “Improved Multimode Fiber Link BER Calculations due to Modal Noise and Non Self-Pulsating Laser Diodes”, *Optical and Quantum Electronics*, No.27, 1995.

Coles and Cunningham, 1998: Alistair Coles and David Cunningham, “Low Overhead Block Coding for Multi-Gb/s Links,” HP Laboratories Technical Report, HPL-98-168, October 1998.

Gigabit Ethernet Networking, 1999: David Cunningham & William Lane, Editor : New Riders.

Hanson, 1996: Delon C.Hanson, Private Communications.

Isaacson, 1997 : Walter Isaacson, “The Passion of Andrew Grove,” Time, Vol.150, No. 27, December 29, 1997.

Kazovsky et al,1996: Kazovzky, Leonid, Benedetto, Sergio, Willner, and Allen, *Optical Fiber Communication Systems*.Artech House 1996.

Kreshav, 1997: Srinivasan Kreshav, *An Engineering Approach to Computer Networking- ATM Networks, the Internet, and the Telephone Network*. Addison Wesley: 1997.

Metcalf and Boggs, 1976: Robert M.Metcalf and David R.Boggs, “Ethernet : Distributed Packet Switching for Computer Networks,” *Communications of the Association for Computing Machinery*, Vol. 19, No. 7, July 1976.

O'Malley,1998: Chris O'Malley, “Computing's Outer Limits,” *Popular Science*, March 1998.
