

Τ.Ε.Ι ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ :

ATM vs GIGABIT ETHERNET

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΑΛΥΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΧΑΤΖΗΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ

ΑΡΤΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2	Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ GIGABIT ETHERNET	5
2.1	ETHERNET ΚΑΙ IEEE 802.3	5
2.1.1	CSMA/CD	5
2.1.2	Φυσικά Μέσα	8
2.1.3	Η μορφή του πλαισίου	9
2.2	FAST ETHERNET (100 MBPS ETHERNET)	10
2.3	GIGABIT ETHERNET (1000MBPS ETHERNET)	11
2.3.1	Η Αρχιτεκτονική του Gigabit Ethernet	11
2.3.2	Φυσικά Μέσα	13
2.3.3	Η Gigabit Ethernet Interface Card (GBIC)	14
2.3.4	Το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC)	15
2.3.5	Ημιαμφίδρομη εκπομπή	15
2.3.6	Αμφίδρομη εκπομπή	16
2.3.7	Επισηματοθέτηση LAN (VLAN tagging)	18
2.3.8	Έλεγχος λογικής ζεύξης (LLC)	19
2.4	ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΣΗ (INTERNETWORKING) ΚΑΙ ETHERNET	20
2.4.1	Επαναλήπτες	21
2.4.2	Ημιαμφίδρομοι επαναλήπτες	21
2.4.3	Αμφίδρομοι επαναλήπτες	21
2.4.4	Γέφυρες και μεταγωγείς	22
2.4.5	Δρομολογητές	23
3	ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE SWITCHING	25
3.1	ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ	25
3.2	ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΙΑ	26
3.3	ΑΤΜ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	26
3.4	ΤΟ FORMAT ΤΟΥ ΑΤΜ CELL	27
3.5	ΑΤΜ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	28
3.6	ΑΤΜ NETWORK INTERFACES	29
3.7	ΤΟ FORMAT ΤΟΥ HEADER ΕΝΟΣ ΑΤΜ CELL	30
3.7.1	Τα πεδία του header ενός ΑΤΜ cell	31

3.8	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΙ ΤΟ ATM	32
3.8.1	<i>ATM Virtual Connections</i>	33
3.8.2	<i>Οι λειτουργίες μεταγωγής στο ATM</i>	33
3.9	ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ATM	35
3.10	ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ATM	37
3.11	ΤΟ ATM ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL1	38
3.12	ΤΟ ATM ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL3/4	39
3.13	ΤΟ ATM ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL5	40
3.14	ATM ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ	41
3.14.1	<i>ATM διευθύνσεις τύπου NSAP</i>	41
3.14.2	<i>Τα πεδία μίας ATM διεύθυνσης</i>	43
3.15	ATM ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ	44
3.16	ATM ΚΑΙ MULTICASTING	45
3.17	Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ ATM	47
3.17.1	<i>ATM σηματοδότηση και εγκατάσταση σύνδεσης</i>	48
3.17.2	<i>Η διεργασία αποκατάστασης σύνδεσης στο ATM</i>	49
3.17.3	<i>Δρομολόγηση και Διαπραγμάτευση της αίτησης σύνδεσης</i>	49
3.18	ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΙΑΣ ATM ΣΥΝΔΕΣΗΣ	50
3.19	ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟ ATM (LANE-LAN EMULATION)	51
4	ΣΥΓΚΡΙΣΗ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ATM – ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	54
4.1	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (QUALITY OF SERVICE)	55
4.2	ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ BANDWIDTH	56
4.3	ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟΥ	58
4.4	ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ	59
4.5	ΚΟΣΤΟΣ	60
4.6	ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ	61
4.7	ΜΠΟΡΕΙ ΤΟ GIGABIT ETHERNET ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΟ RSVP ΝΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΕΙ ΤΟ ATM;	62
4.7.1	<i>Έλλειψη Προτύπων</i>	63
4.7.2	<i>Προβλήματα του RSVP</i>	65
4.8	ΓΙΑΤΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ATM ΚΑΙ GIGABIT ETHERNET ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ;	65
4.9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας θα μελετήσουμε δύο σύγχρονες τεχνολογίες δικτύων, τα Gigabit Ethernet και τα ATM δίκτυα. Ξεκινώντας, θα κάνουμε μια παρουσίαση της δομής και λειτουργίας του Gigabit Ethernet, ως συνέχεια και επέκταση του εδώ και πολλά χρόνια καθιερωμένου Ethernet αλλά και του πιο πρόσφατου Fast Ethernet. Θα παρουσιαστούν συγκριτικά, τεχνικά και οικονομικά στοιχεία που θα δείχνουν τη σταδιακή εξέλιξη του Ethernet αλλά και την επέκταση της χρήσης του στη μορφή που είναι σήμερα. Θα αναφερθούμε και σε ζητήματα που αφορούν την εξασφάλιση της ποιότητας των υπηρεσιών πάνω από Gigabit Ethernet Δίκτυα. Αντίστοιχα, θα προχωρήσουμε σε μία περιγραφή της δομής, λειτουργίας και δυνατοτήτων των ATM δικτύων. Θα γίνει αναφορά στην λειτουργία ATM μεταγωγέων, στο ATM μοντέλο αναφοράς (Physical Layer, ATM Layer και Adaptation Layer), στην ATM Διευθυνσιοδότηση (DCC, ACD, E164), τύποι ATM συνδέσεων (point-to-point και point-to-multipoint), ATM QoS, σηματοδότηση ATM και εξομοίωση Τοπικών Δικτύων πάνω από ATM (LANE). Ακολουθεί μία σύγκριση τεχνικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών καθώς και οικονομικών στοιχείων των δύο τεχνολογιών και αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Ολοκληρώνουμε την εργασία μας, με μία αναφορά-πρόταση για το πότε και πώς μπορούν οι δύο τεχνολογίες να συνδυαστούν για την ανάπτυξη υψηλής απόδοσης και επίδοσης δικτύων.

2 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ GIGABIT ETHERNET

2.1 ETHERNET ΚΑΙ IEEE 802.3

Το Ethernet αποτελεί την πιο δημοφιλή τεχνολογία διασύνδεσης υπολογιστών σε τοπικό δίκτυο. Αυτήν την θέση κατόρθωσε να την διατηρήσει από την δεκαετία του 1970 όπου και πρωτοσχεδιάστηκε από τον Robert M. Metcalfe [MeBo76]. Ο χαρακτηρισμός Ethernet αναφέρεται σε μία οικογένεια από “ανοικτά” πρότυπα και τις αντίστοιχες υλοποιήσεις τοπικών δικτύων. Περιλαμβάνει δε συγκεκριμένα την καλωδίωση και τον έλεγχο πρόσβασης στο μέσο. Τα κοινά τους χαρακτηριστικά τις πρώτες δύο δεκαετίες αποτελούσε η μέθοδος CSMA/CD ελέγχου πρόσβασης στο μέσο. Πλέον ειδοποιό χαρακτηριστικό αποτελεί η μορφή του πλαισίου.

Οι εταιρείες Digital, Intel και Xerox δημοσιοποιούν το 1980 το πρότυπο DIX που καλύπτει τα επίπεδα 1 και 2 του OSI. Στην αρχική του μορφή το Ethernet είναι ένα πρωτόκολλο για διασύνδεση υπολογιστών με ένα ομοαξονικό καλώδιο σε τοπολογία αρτηρίας. Το πρωτόκολλο ακολουθεί την μέθοδο CSMA/CD ελέγχου πρόσβασης στο μέσο. Η IEEE βασίζεται σε αυτήν την δουλειά και αναπτύσσει στα 1980 στην σειρά προτύπων 802 το 802.3. Επιλέγοντας την καλωδίωση 10Base5 από τις περιεχόμενες στο 802.3 οι αναλογίες με το Ethernet μεγιστοποιούνται.

2.1.1 CSMA/CD

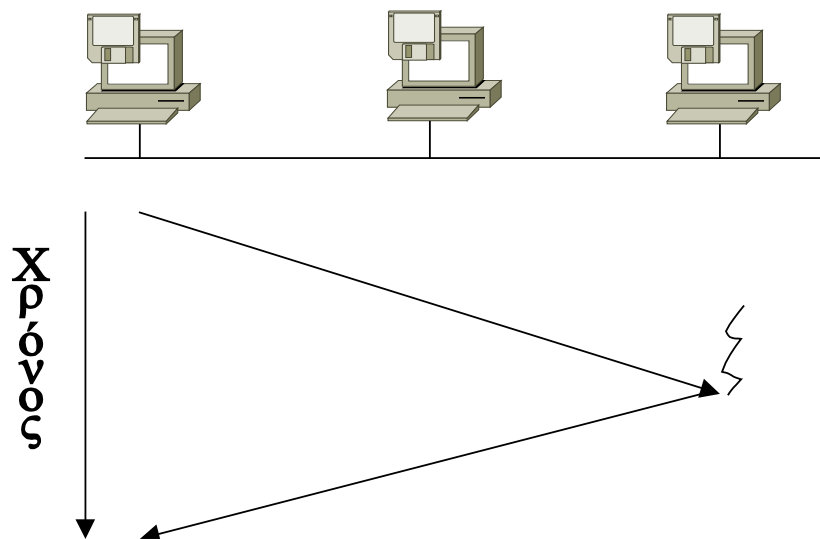
Τόσο το Ethernet όσο και τα δίκτυα που βασίζονται στο 802.3 πρώτης γενιάς με 10 Mbps έχουν κοινές αρχές λειτουργίας. Σύντομα αυτές είναι οι εξής: Οι σταθμοί εκπέμπουν σε ένα κοινό μέσο (δηλαδή στο ομοαξονικό καλώδιο). Κάθε σταθμός ακούει όλα τα πλαίσια που τοποθετούνται στο κοινό μέσο. Ο εκάστοτε σταθμός είναι υπεύθυνος να αφουγκρασθεί το μέσο πριν την εκπομπή του. Αν αυτό δεν χρησιμοποιείται αρχίζει την εκπομπή άμεσα. Αυτή η κοινή χρήση του μέσου δημιουργεί την δυνατότητα συγκρούσεων. Σύγκρουση δηλαδή είναι η εκπομπή περισσοτέρων του ενός πακέτων στο κοινό μέσο ταυτόχρονα ή με

κάποια χρονική επικάλυψη. Μία σύγκρουση παραμορφώνει το εκάστοτε (ηλεκτρικό) σήμα που εκπέμπει ένας σταθμός και καταστρέφει τα πακέτα άρα πρέπει να αναγνωριστεί. Ο εκπέμπων σταθμός συνεχίζει να αφουγκράζεται το μέσο κατά την διάρκεια της εκπομπής του. Αν αυτά τα οποία ακούει δεν ταυτίζονται με αυτά που ο ίδιος εκπέμπει αυτό σημαίνει ότι κάποιος άλλος σταθμός επίσης εκπέμπει. Για να επιτευχθεί γρήγορη και σίγουρη αναγνώριση της σύγκρουσης εκπέμπεται ένα σήμα παρενόχλησης (jam). Το πακέτο θα επαναεκπεμφθεί σε μία τυχαία χρονική στιγμή ενός- μετά από κάθε διαπιστωμένη σύγκρουση διπλασιαζόμενου χρονικού διαστήματος. Η χρονική αυτή στιγμή είναι ένα ακέραιο πολλαπλάσιο ενός $slot_time$ ¹ Συγκεκριμένα μετά από k συγκρούσεις ο σταθμός θα εκπέμψει σε μία από τις χρονικές στιγμές $m*slot_time$ όπου $m \in 0, \dots, 2^K-1$ ².

Μία σύγκρουση πρέπει να γίνεται πάντα αντιληπτή από όλους τους συγκρουόμενους σταθμούς. Αυτό έχει σημαντικές συνέπειες στην διαμόρφωση του πρωτοκόλλου. Μία πρώτη είναι ότι η κωδικοποίηση που επιλέχθηκε για το 10BaseB είναι Manchester έτσι ώστε οι συγκρούσεις να γίνονται αντιληπτές. Το ελάχιστο μήκος του πλαισίου είναι 64 bytes. Αν υπάρχουν λιγότερα προς μετάδοση δεδομένα το ωφέλιμο φορτίο συμπληρώνεται με padding bytes. Το μήκος αυτό είναι μεγαλύτερο από το μήκος σύγκρουσης χείριστης περίπτωσης. Αυτή ορίζεται σαν ο χρόνος που απαιτείται για την αναγνώριση μίας σύγκρουσης και είναι συνάρτηση του χρόνου διάδοσης του σήματος μέχρι τα πέρατα του κοινού μέσου. Δυνατότητα εμφάνισης μιας σύγκρουσης υπάρχει όταν αποφασίσει ένας σταθμός να εκπέμψει. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν έχει απλωθεί το σήμα σε όλο το κοινό μέσο το carrier sensing αποκλείει πλέον την δυνατότητα σύγκρουσης. Στο χείριστο σενάριο λοιπόν ένα πλαίσιο θα πρέπει να εκπεμφθεί και να εξαπλωθεί σε σχεδόν σε όλο το κοινό μέσο. Λίγο πριν εξαπλωθεί παντού ένας δεύτερος σταθμός ξεκινά να εκπέμπει. Για να γίνει αντιληπτή η σύγκρουση από τον πρώτο εκπέμποντα σταθμό θα πρέπει το σήμα να διατρέξει ξανά όλο το μήκος του κοινού μέσου. Ο πρώτος σταθμός θα πρέπει ακόμα να εκπέμπει ώστε να διαπιστώσει την διαφορά ανάμεσα σε αυτά

¹ Σαν $Slot_time$ καθορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για την εκπομπή 512 bits. Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται για την εκπομπή του ελάχιστου πλαισίου.

τα οποία εκπέμπει και αυτά τα οποία λαμβάνει. Έτσι δημιουργείται ο δεύτερος θεμελιώδης περιορισμός του Ethernet. Ο περιορισμός αυτός αφορά το μέγιστο μήκος ενός δικτύου Ethernet. Ένα δίκτυο Ethernet 10Mbps έχει μέγιστη διάμετρο 2,8 km. Οι συγκεκριμένες τιμές που έχουν επιλεγεί διασφαλίζουν ώστε το πλαίσιο ελάχιστου μήκους να εκπέμπεται παραπάνω χρόνο από όσο χρόνο απαιτείται ώστε να αναγνωριστεί μία σύγκρουση· δηλαδή δυο φορές το χρόνο διάδοσης στο κοινό μέσο.



Για να επαναλάβουμε το σημαντικό σημείο που προσπαθούμε να αναδείξουμε. Στο CSMA/CD ο χρόνος μετάδοσης στο μέσο και ο χρόνος μετάδοσης του ελάχιστου πακέτου συνδέονται. Ο πρώτος δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το μισό του δεύτερου.

Ο χρόνος μετάδοσης στο κοινό μέσο είναι το άθροισμα των χρόνων στα τμήματα (segments) και στους επαναλήπτες (repeaters). Η ταχύτητα μετάδοσης από το μέσο είναι ένα κλάσμα της ταχύτητας του φωτός στα παθητικά υλικά (καλώδια και οπτικές ίνες). Ο χρόνος είναι λοιπόν ανάλογος του μήκους των τμημάτων. Στους επαναλήπτες οι καθυστερήσεις πρέπει σύμφωνα με το πρότυπο να μην ξεπερνούν ένα άνω όριο. Ο χρόνος πάλι χρόνος μετάδοσης του ελάχιστου πακέτου είναι αντιστρόφως ανάλογος από το εύρος ζώνης. Αυτό

² Η μέθοδος αποφυγής επανάληψης συγκρούσεων ονομάζεται binary exponential backoff. Έχει το πλεονέκτημα της προσαρμογής της καθυστέρησης στον αριθμό των σταθμών που προσπαθούν να εκπέμψουν. Με ένα προκαθορισμένο διάστημα καθυστέρησης οι εξής 2 στόχοι αντικρούονται: μικρή καθυστέρηση και μικρή πιθανότητα σύγκρουσης. Πάντως η επανάληψη της προσπάθειας εκπομπής λήγει μετά από 10 αποτυχίες.

σημαίνει ότι όταν δεκαπλασιαστεί το εύρος ζώνης θα πρέπει να υποδεκαπλασιαστεί το μήκος του δικτύου που βασίζεται στο CSMA/CD ή να δεκαπλασιαστεί το μήκος του ελάχιστου πλαισίου! Στο Fast Ethernet, το οποίο έχει εύρος ζώνης 100Mbps , μειώνεται το μέγιστο επιτρεπτό μήκος του δικτύου. Στο Gigabit Ethernet επιλέχθηκαν και οι δύο λύσεις. Στην πρώτη αυξήθηκε το μήκος του ελάχιστου πακέτου. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας του Gigabit Ethernet ονομάζεται και half duplex. Στην δεύτερη ουσιαστικά δεν χρησιμοποιείται το CSMA/CD

Αν και το Ethernet και το IEEE802.3 είναι παρόμοια υπάρχουν διαφορές! Το Ethernet καλύπτει τα επίπεδα 1 και 2 του OSI. Προσφέρει δηλαδή υπηρεσίες στο ανώτερο επίπεδο επιπέδου 2. Το πρότυπο 802.3 καλύπτει τα επίπεδα 1 και 2α (MAC) και προσφέρει υπηρεσίες 2α. Άλλη διαφορά έγκειται στο ότι στο πρότυπο 802.3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προβλέπονται μία πλειάδα φυσικών μέσων ενώ στο Ethernet προβλέπεται μόνο το ομοαξονικό καλώδιο 10Base5.

2.1.2 Φυσικά Μέσα

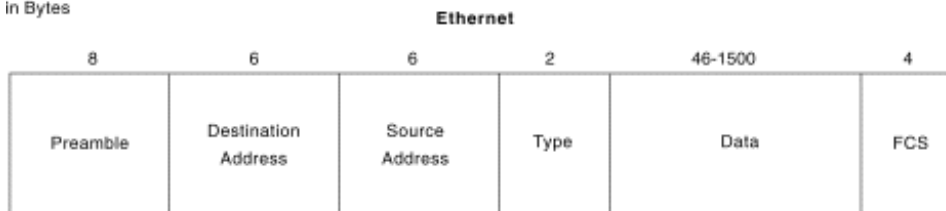
Από το σημείο αυτό του κειμένου όταν θα μιλάμε για Ethernet θα εννοούμε τα δίκτυα που ανταποκρίνονται στα πρότυπα IEEE 802.3. Τα φυσικά μέσα στο πρότυπο IEEE 802.3 χαρακτηρίζονται από μία σύνθετη ονομασία. Η δομή του ονόματος καθορίζεται από την παράθεση τριών στοιχείων.

Το FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link) είναι το μόνο στοιχείο που δεν ακολουθεί αυτήν την δομή. Πάντως έχει υπερκαλυφθεί από το 10BaseF. Το τελευταίο συνθετικό έχει πάψει να είναι ένας αριθμός και παραπέμπει πλέον στο υλικό.

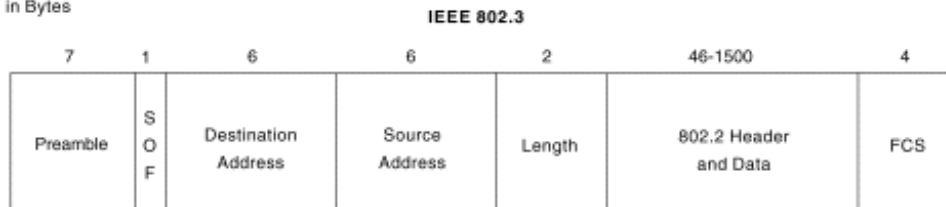
2.1.3 Η μορφή του πλαισίου

Το πλαίσιο του Ethernet των 10 Mbps είναι το ίδιο με αυτό του Ethernet των 100Mbps.

Field Length,
in Bytes



Field Length,
in Bytes



SOF = Start-of-Frame Delimiter
FCS = Frame Check Sequence

802.3

- **Preamble:** Μία εναλλασσόμενη μορφή από 1 και 0
- **SOF:** Ένα byte με εναλλασσόμενα 1 και 0 που τελειώνει σε δύο 11 χρήσιμο για τον συντονισμό των σταθμών.
- **Destination & Source Address:** Οι MAC διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού που έχουν μήκος 6 bytes. (Σε παλιά καταργημένη επιλογή του προτύπου προβλεπόταν μήκος 2 bytes.) Ένα bit καθορίζει εάν η διεύθυνση αναφέρεται σε μία ομάδα σταθμών (multicast και broadcast) ή σε έναν μεμονωμένο σταθμό. Οι διευθύνσεις προέλευσης μπορούν να είναι μόνο μεμονωμένου σταθμού. Άλλο ένα bit καθορίζει αν η διεύθυνση δόθηκε από την IEEE ή έναν τοπικό διαχειριστή.
- **Length:** Μήκος του ωφέλιμου φορτίου
- **Data:** Το ωφέλιμο φορτίο. Αν το ωφέλιμο φορτίο δεν επαρκεί για να πληρώσει τα bytes του πλαισίου ελάχιστου μήκους τότε χρησιμοποιούνται bytes γεμίσματος.
- **FCS:** Ένα CRC που χρησιμεύει στην αναγνώριση λαθών.

2.2 FAST ETHERNET (100 MBPS ETHERNET)

Η ομάδα σπουδών Ethernet υψηλότερων ταχυτήτων σχηματίστηκε για να μελετήσει την λειτουργία του Ethernet στα 100Mbps. Η ομάδα διασπάστηκε όμως σε 2 κομμάτια το Fast Ethernet Alliance και την 100VG AnyLAN Forum. Το επίμαχο ζήτημα ήταν η μέθοδος πρόσβασης στο μέσο. Η δουλειά της πρώτης ομάδας οδήγησε στο πρότυπο 802.3u που χρησιμοποιεί το πρότυπο 10BaseT και έχει MAC συμβατό με το MAC του Ethernet των 10Mbps. Η δουλειά της δεύτερης ομάδας οδήγησε στο πρότυπο 802.12. Το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο δεν είναι συμβατό με το MAC του Ethernet των 10Mbps. Το 100VG AnyLAN δεν αποτέλεσε εμπορική επιτυχία.

Το Fast Ethernet βασίστηκε και χρησιμοποίησε το προϋπάρχον IEEE802.3 CSMA/CD πρότυπο. Ακόμα διατήρησε την μορφή του πλαισίου το μέγεθος του και την μορφή εντοπισμού των λαθών. Το Fast Ethernet υποστηρίζει την ανακάλυψη της ταχύτητας του δικτύου μέσω των FLPs (Fast Link Pulses). Οι συγκεντρωτές (hubs) του Fast Ethernet πρέπει να ανακαλύπτουν αν η κάρτα με την οποία είναι συνδεδεμένοι έχει την δυνατότητα να συνομιλήσει με ταχύτητα 100Mbps. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ ότι σε ένα τμήμα του Fast Ethernet είναι δυνατή η σύνδεση μόνο 2 NICs. Αυτό συμβαίνει επειδή η δυνατότητα διασύνδεσης περισσότερων σταθμών συγκεντρώνεται πλέον στα ενεργά στοιχεία του δικτύου. Για να το πούμε αλλιώς η τυπική φυσική τοπολογία ενός Fast Ethernet δεν είναι πλέον τοπολογία αρτηρίας αλλά τοπολογία αστέρα. Στο κέντρο του αστέρα βρίσκεται ένας συγκεντρωτής ή μία γέφυρα ή ένας δρομολογητής³.

Η μέγιστη διάμετρος ενός Fast Ethernet είναι λίγες εκατοντάδες μέτρα.

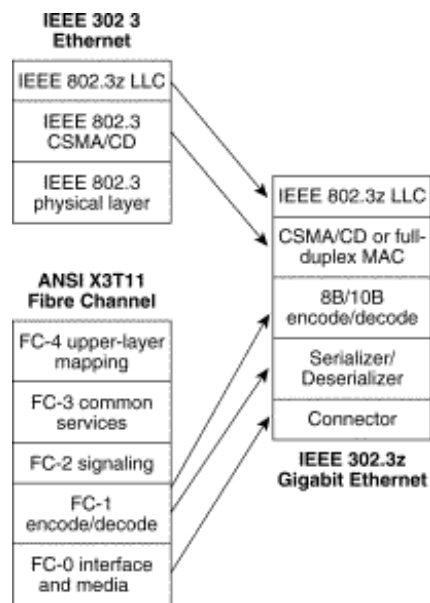
2.3 GIGABIT ETHERNET (1000MBPS ETHERNET)

Το Gigabit Ethernet αποτελεί μια επέκταση του προτύπου IEEE 802.3 που τρέχει με ταχύτητα 1Gbps. Το πρότυπο που περιγράφει τις βασικές λειτουργίες του είναι το 802.3z. Δύο τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν για να επιταχυνθεί στα 1 Gbps το Ethernet το IEEE 802.3 και το ANSI X3T11 Fibre Channel. Το Fibre Channel

³ Αυτή η αλλαγή σημειώθηκε για πρώτη φορά με τα δίκτυα 10Base-T.

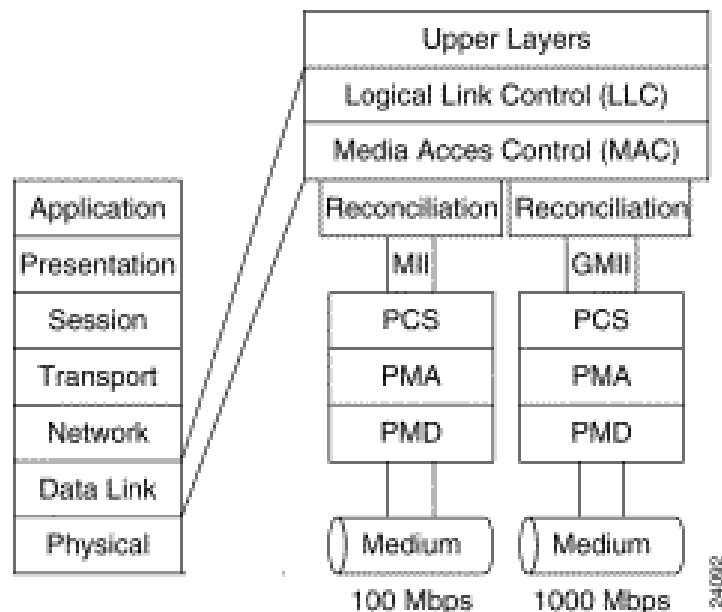
χρησιμοποιείται ακόμα σε διασύνδεση περιφερειακών και σταθμών εργασίας supercomputers κλπ.

Το Fibre Channel είναι μία τεχνολογία που προβλέπει 4 επίπεδα. Τα 2 χαμηλότερα από αυτά χρησιμοποιούνται στο Gigabit Ethernet στο πρότυπο φυσικών μέσων 1000BaseX.



2.3.1 Η Αρχιτεκτονική του Gigabit Ethernet

Το Gigabit Ethernet βασίζεται σε μία αρχιτεκτονική που ακολουθεί το OSI αλλά προβλέπει περισσότερα επίπεδα από το OSI διαστρωματώνοντας τα πιο λεπτά.



Το **GMII (Gigabit Media Independent Interface)** είναι η διεπαφή μεταξύ του MAC και του φυσικού επιπέδου. Δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε φυσικό μέσο με τον ίδιο MAC ελεγκτή (controller). Είναι μία επέκταση του MII που ορίζεται στο Fast Ethernet και ορίζει την ίδια διεπαφή διαχείρισης με το MII. Χρησιμοποιεί χωριστές διαδρομές δεδομένων (data paths) για λήψη και εκπομπή και μπορεί να υποστηρίξει αμφίδρομη (full duplex) αλλά και ημιαμφίδρομη (half duplex) μετάδοση. Το GMII ορίζει 2 σήματα κατάστασης του μέσου. Το πρώτο δηλώνει παρουσία του φέροντος και το δεύτερο την απουσία σύγκρουσης.

Το φυσικό επίπεδο του Gigabit Ethernet χωρίζεται σε τρία υποεπίπεδα: PCS, PMA και PMD.

Το **PCS (Physical Coding Sublayer)** προσφέρει μία ομοιόμορφη διεπαφή στο επίπεδο συμφιλίωσης (Reconciliation). Χρησιμοποιεί 8B/10B κωδικοποίηση. Σε αυτήν την κωδικοποίηση 8 bits αναπαριστώνται με ομάδες των 10 bit. Ορισμένες ομάδες συμβολίζουν δεδομένα άλλες χρησιμοποιούνται σαν σύμβολα ελέγχου. Οι ενδείξεις Carrier Sense και Collision Detection δημιουργούνται από αυτό το επίπεδο. Ακόμα αυτό το επίπεδο διαχειρίζεται την διαδικασία διαπραγμάτευσης (auto negotiation). Με αυτήν οι κάρτες δικτύου

ανακαλύπτουν την ταχύτητα του δικτύου και την μορφή της λειτουργίας του δηλαδή το αν είναι αμφίδρομη ή ημιαμφίδρομη.

Το **PMA (Physical Medium Attachment)** σειριακοποιεί ομάδες συμβόλων προς το φυσικό μέσο από το PCS και αποσειριακοποιεί από το φυσικό μέσο στο PCS.

Το **PMD (Physical Medium Dependent)** ορίζει τη σηματοδότηση τα υποστηριζόμενα μέσα και το MII. Το MII ορίζει την διεπαφή στο καθεαυτό φυσικό μέσο συνδέσμων(connectors) κλπ.

2.3.2 Φυσικά Μέσα

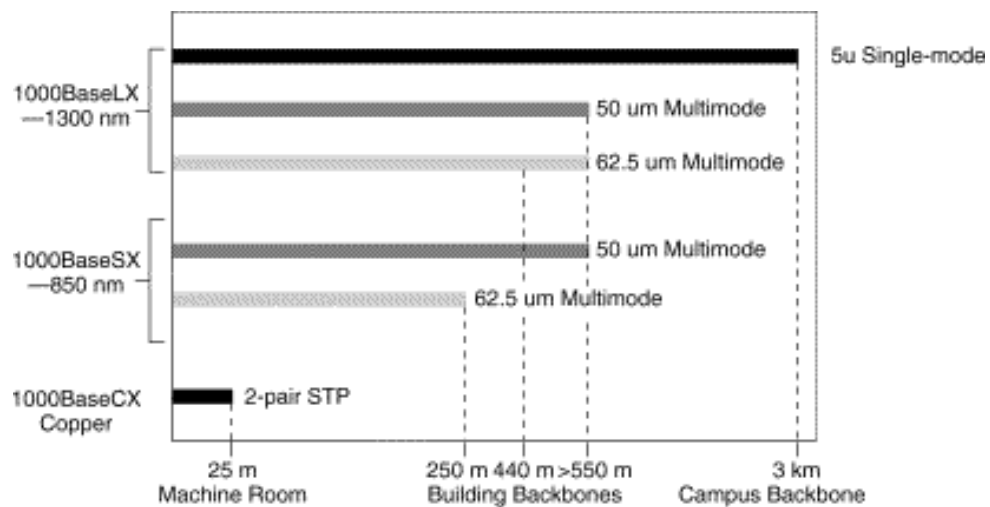
Τρία μέσα μετάδοσης προβλέπονται κατ' αρχάς στο πρότυπο 802.3z σαν 1000BaseX. Το 1000BaseX περιλαμβάνει τα 1000BaseSX 1000BaseLX και το 1000BaseLX . Το 1000BaseSX και το 1000BaseLX χρησιμοποιούν οπτικές ίνες. Το 1000BaseCX χρησιμοποιεί καλώδιο χαλκού. Ακόμα στο πρότυπο 802.3ab θα προβλεφθεί η χρήση του 1000Base-T πάνω από καλώδια κατηγορίας 5 UTP. ⁴

Laser μικρού και μεγάλου κύματος θα υποστηρίζονται σε πάνω από πολύτροπη ίνα. Υπάρχουν δύο τύποι πολύτροπης ίνας, με διάμετρο 62,5 μm ή 50 μm. Τα laser μακρού κύματος χρησιμοποιούνται για μονοτροπικές ίνες. Δεν υποστηρίζεται laser βραχέως κύματος πάνω από μονοτροπική ίνα. Οι βασικές διαφορές των τεχνολογιών μακρού και βραχέως κύματος είναι το κόστος και η απόσταση μετάδοσης. Τα laser βραχέως κύματος είναι πιο φτηνά αλλά μπορούν να διανύσουν πιο μικρή απόσταση. Αντίθετα τα laser μακρού κύματος είναι πιο ακριβά αλλά μπορούν να διασχίσουν μεγαλύτερες αποστάσεις.

Το 1000BaseCX χρησιμοποιεί ισοσταθμισμένο θωρακισμένο καλώδιο χαλκού αντίστασης 150 Ohm. Η απόσταση που προβλέπεται να καλύπτει είναι 25m. Πρόκειται για ένα νέο τύπο καλωδίου και η χρήση του μάλλον θα περιοριστεί σε συνδέσεις ανάμεσα ή μέσα σε ικριώματα (rack).

⁴ Ελπίζεται ότι οποιοδήποτε καλωδίωσης χρησιμοποιεί 100Base-T θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για 1000Base-T

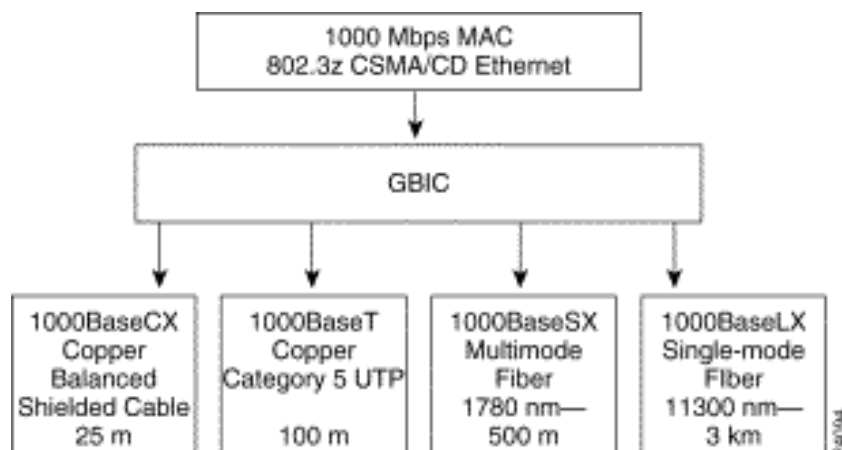
Ενδεικτικά παραθέτουμε μέγιστες αποστάσεις μετάδοσης που μπορούν να υποστηρίξουν τα μέσα σύμφωνα με το πρότυπο.



Το πρότυπο 802.3ab περιγράφει την καλωδίωση 1000Base-T για μη θωρακισμένα καλώδια χαλκού τύπου 5.

2.3.3 Η Gigabit Ethernet Interface Card (GBIC)

Η διεπαφή αυτή επιτρέπει την διάρθρωση (configuration) ενός μεταγωγού με πόρτες έτσι ώστε να υποστηρίζουν περισσότερα από ένα φυσικά μέσα. Χωρίς συμμόρφωση σε αυτήν την διεπαφή ένας μεταγωγός θα χρειαστεί ειδικό εξοπλισμό ώστε να μπορέσει να υποστηρίξει τα μέσα που θέλει ο διαχειριστής του συστήματος.



2.3.4 Το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC)

Καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε το MAC επίπεδο του Gigabit Ethernet να είναι όμοιο με αυτό των Ethernet μικρότερων ταχυτήτων. Το MAC επίπεδο του Gigabit Ethernet υποστηρίζει τόσο αμφίδρομη όσο και ημιαφίδρομη εκπομπή. Τα χαρακτηριστικά του Ethernet που αφορούν την ανίχνευση συγκρούσεων την μέγιστη διάμετρο του δικτύου τον αριθμό των επαναληπτών παραμένουν τα ίδια.

2.3.5 Ημιαφίδρομη εκπομπή

Στην ημιαφίδρομη εκπομπή το MAC θα συναντήσουμε το γνωστό CSMA/CD. Το Gigabit Ethernet επιτρέπει την δημιουργία Gigabit Ethernet κοινών μέσων με επαναλήπτες και συγκεντρωτές. Όπως αναλύθηκε στην κουβέντα για το CSMA/CD το μεγαλύτερο εύρος ζώνης έχει επίπτωση στον μηχανισμό έλεγχου πρόσβασης. Είναι απαραίτητο να αλλάξουν και πάλι τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε δεν ήταν η ίδια με αυτήν που ακολουθήθηκε στο Fast Ethernet δηλαδή σμίκρυνση της μέγιστης επιτρεπτής διαμέτρου του δικτύου. Αντίθετα ουσιαστικά επιμηκύνθηκε το γεγονός του φέροντος. Το ελάχιστο πλαίσιο παραμένει 64 bytes αλλά μετά το τέλος του εκπέμπονται σύμβολα έτσι ώστε το γεγονός σύγκρουσης (το γνωστό *slot_time*) να έχει μήκος 512 bytes . Αυτά τα σύμβολα επιλέγονται από την κωδικοποίηση 8B/10B έτσι ώστε να μην αποτελούν εικόνα ενός byte. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται επέκταση του φέροντος (carrier extension).

Η μέθοδος που επιλέγει για την διατήρηση του CSMA/CD έχει ένα προφανές μειονέκτημα. Όλα τα πλαίσια προκαλούν μία μεγάλη πάγια επιβάρυνση στο δίκτυο. Αν λοιπόν ο φόρτος περιλαμβάνει αρκετά μικρά πακέτα τότε η χρήση του εύρους ζώνης του δικτύου είναι κακή. Μία προσπάθεια να αμβλυνθεί η επίπτωση αυτή είναι η επιλογή των ριπών πλαισίων (frame busting). Σε αυτήν όταν ένας σταθμός έχει παραπάνω από ένα πλαίσιο προς εκπομπή, αφού εκπέμψει το πρώτο πλαίσιο δεν σταματά την εκπομπή έτσι ώστε το μέσο να

ελευθερωθεί και να μπορέσει άλλος σταθμός να εκπέμψει. Αντίθετα εκπέμπονται σύμβολα κατά την διάρκεια του «ενδοπλαισιακού διαστήματος» ώστε το μέσο να παραμείνει κατειλημμένο.

Η ημιαμφίδρομη εκπομπή στο Gigabit Ethernet δεν φαίνεται να μπορεί να ξεπεράσει την αναποτελεσματικότητα που συνδέεται με το CSMA/CD. Έτσι στην πράξη δεν πιστεύουμε ότι θα γνωρίσει μεγάλη εξάπλωση.

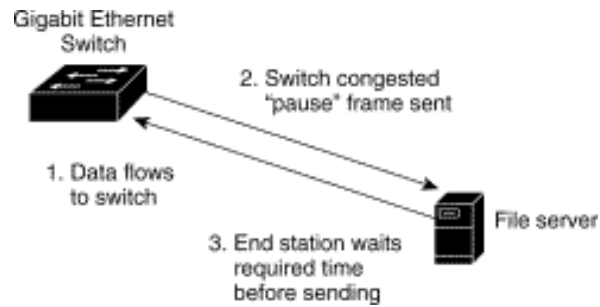
2.3.6 Αμφίδρομη εκπομπή

Η μέθοδος αυτή της λειτουργίας του Ethernet περιγράφεται στο πρότυπο 802.3x⁵. Με αυτήν είναι δυνατή η ταυτόχρονη λήψη και εκπομπή πάνω από μια σύνδεση σημείο με σημείο. Το πρότυπο 802.3x μπορεί να εφαρμοστεί πάνω από δίκτυα όλων των ταχυτήτων. Με αυτήν την μέθοδο μπορεί να διπλασιαστεί εύκολα και φτηνά το εύρος ζώνης. Στο Gigabit Ethernet θα είχε κάποιος αύξηση του εύρους ζώνης από 1Gbps 2Gbps.

Σημαντικότερη όμως συνέπεια είναι η εξάλειψη του περιορισμού στο μήκος του δικτύου. Περιορισμοί που τυχόν υπάρχουν προκύπτουν πλέον από τα τεχνικά και φυσικά δεδομένα και όχι από τον σχεδιασμό του αλγορίθμου ελέγχου πρόσβασης στο κοινό μέσο.

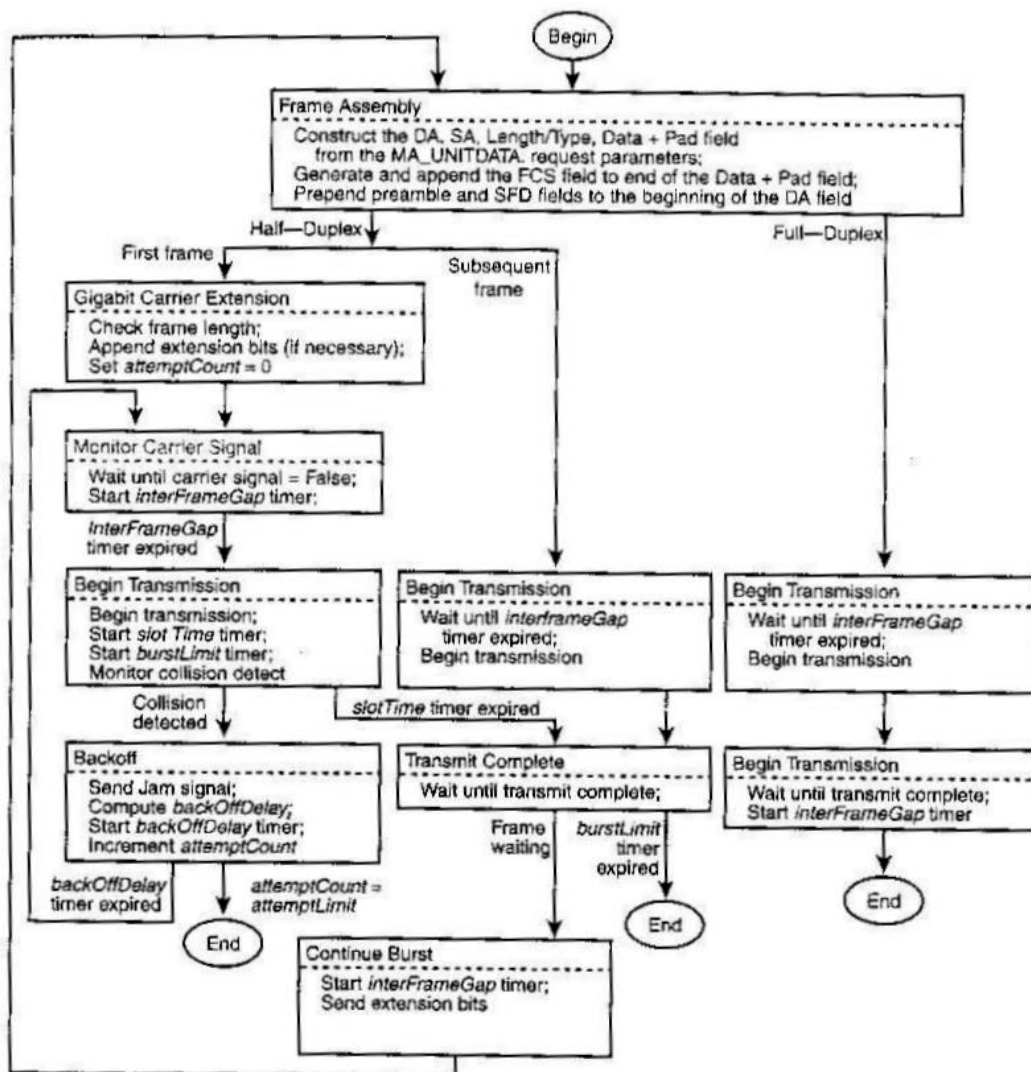
Σε ταχύτητες 1 Gbps είναι εύκολο να μην μπορεί να ανταποκριθεί ο σταθμός παραλήπτης των πλαισίων. Ο προαιρετικός μηχανισμός ελέγχου ροής χρησιμοποιεί ένα ειδικό πλαίσιο παύσης. Όταν φτάσει σε ένα σταθμό ένα τέτοιο πλαίσιο ο σταθμός παύει να εκπέμπει για ένα χρονικό διάστημα. Το μήκος αυτό του διαστήματος περιέχεται στο πλαίσιο παύσης και ονομάζεται διάστημα παύσης. Ένα πλαίσιο με διάστημα παύσης 0 δίνει ξανά την δυνατότητα εκπομπής.

⁵ Η αμφίδρομη εκπομπή είναι ανεξάρτητη από το και μπορεί να εφαρμοστεί και σε Ethernet μικρότερης ταχύτητας.



Το πλαίσιο παύσης που αναφέραμε είναι η μοναδική έκφανση ενός είδους πλαισίου των πλαισίων ελέγχου του MAC. Αυτά είναι αναγνωρίσιμα από μία τιμή στο πεδίο του πλαισίου που δεν είναι επιτρεπτή (δηλ. είναι μεγαλύτερη από 1500). Στα πλαίσια ελέγχου του MAC η τιμή του είναι 8808 δεκαεξαδικά. Στην θέση των δεδομένων ακολουθούν 62 bytes. Τα δύο από αυτά παίρνουν την θέση ενός κωδικού λειτουργίας (opcode) ακολουθούμενα από 60 bytes παραμέτρων. Αν περισσεύουν θέσεις αυτές γεμίζονται με 0. Στην περίπτωση του πλαισίου παύσης σαν παράμετρος ακολουθεί ο χρόνος παύσης.

Gigabit Ethernet Frame Transmission



2.3.7 Επισηματοθέτηση LAN (VLAN tagging)

Η επισηματοθέτηση αναγνωρίζεται με μία παρόμοια τεχνική. Συγκεκριμένα ανάμεσα στο πεδίο *Source Address* και το πεδίο *Type* παρεμβάλλονται 4 bytes πληροφοριών για επισηματοθέτηση LAN. Ο κωδικός 81-00 δεκαεξαδικά υποδεικνύει την επισηματοθέτηση LAN. Τα πεδία της περιέχουν πληροφορίες προτεραιότητας και ταυτοποίησης.

2.3.8 Έλεγχος λογικής ζεύξης (LLC)

Το Gigabit Ethernet σχεδιάστηκε ώστε να διατηρήσει την μορφή του πλαισίου του Ethernet και του Fast Ethernet. Έτσι δεν απαιτείται αλλαγή του πλαισίου σε ενεργά στοιχεία του δικτύου που διασύνδεουν δίκτυα Ethernet.

Το πρότυπο 802.3 κατάργησε το πεδίο Type του DIX και το αντικατέστησε με το πεδίο Length. Η σημασία του πεδίου Type ήταν να κατονομάσει το πρωτόκολλο του ανώτερου επιπέδου που θα έπρεπε να παραδοθεί το πλαίσιο που κατέφτανε. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται από το επίπεδο LLC πλέον στο πρότυπο 802.3⁶ που ακολουθεί με αυτόν τον τρόπο την αρχιτεκτονική OSI. Το LLC είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών στο επίπεδο του δικτύου ανεξάρτητα από το την δικτυακή τεχνολογία που χρησιμοποιείται σαν υποδομή (FDDI, Ethernet, κλπ).



Η PDU του LLC περιέχει τρία πεδία για να επιτευχθεί η επικοινωνία το DSAP (Destination Service Access Point) SSAP (Source Service Access Point) και το Cntl. Το DSAP καθορίζει ένα αναγνωριστικό (identifier) μέσα στον σταθμό προορισμού που παρέχει πληροφορίες για το παραπάνω επίπεδο. Ορισμένα πρωτόκολλα όπως το IP και το IPX δεν ακολουθούν την αρχιτεκτονική OSI στο ζήτημα του καθορισμού των Service Access Points. Για αυτά είναι αναγκαία η χρήση του Subnetwork Access Point (SNAP). Τα πεδία SSAP και DSAP θέτονται σε 0xAA και έτσι δηλώνεται ότι θα ακολουθήσουν τα πεδία του SNAP. Τα πρώτα 3 bytes είναι ένας κωδικός που τον δίνει η IEEE και τα τελευταία δύο είναι το γνωστό μας πεδίο Type του Ethernet.

⁶ Το LLC που χρησιμοποιείται και περιγράφεται είναι τύπου 1 και προσφέρει μία μη γνωστοποιημένη μη συνδεδειστρεφή υπηρεσία.

Η υπηρεσίες που παρέχουν το Ethernet το LLC type I και το IP είναι και οι τρεις μη γνωστοποιημένες μη συνδεοσυστροφής. Αυτό επιτρέπει την απλή αντιστοίχιση που είδαμε.

2.4 Διαδικτύωση (internetworking) και Ethernet

Η διασύνδεση δικτύων μπορεί να επιτευχθεί με περισσότερους από έναν τρόπους. Μία ταξινόμηση που μας βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς μίας διαδικτύωσης βασίζεται στο επίπεδο του OSI που λειτουργεί το relay. Στην αρχιτεκτονική OSI χρησιμοποιείται η παρακάτω ορολογία.

OSI ονομασία	Επίπεδο	Άλλη ονομασία
Επαναλήπτης	1	Hub
Γέφυρα	2	Switch L2
Δρομολογητής	3	
Πύλη (gateway)	>3	
Relay	1-6	

Γενικά ισχύει ότι οι συσκευές αυτές έχουν μία αυξανόμενη πολυπλοκότητα, δυνατότητες και τιμή. Εμπειρικά μπορεί να ειπωθεί ότι η απόλυτη τιμή της καθυστέρησης που προκαλούν όπως και η διασπορά της αυξάνεται με την πολυπλοκότητα των διαδικασιών που καλούνται να διεκπεραιώσουν. Πάντως συχνά προϊόντα δεν εντάσσονται ακριβώς στην ταξινόμηση κατά OSI. Μπορούν να συμπεριλάβουν π.χ. την λειτουργία τόσο ενός δρομολογητή όσο και μίας γέφυρας.

2.4.1 Επαναλήπτες

Ένας επαναλήπτης είναι ουσιαστικά ένας αναμεταδότης του σήματος. Αναγνωρίζει το σήμα που λαμβάνει σε μία πόρτα και το αναμεταδίδει σε όλες τις υπόλοιπες αναδημιουργώντας το. Η λειτουργία του επαναλήπτη είναι διάφανη δηλαδή δύο σταθμοί δεν γνωρίζουν αν λειτουργούν μέσω

επαναληπτών ή όχι. Δύο ειδών επαναλήπτες προβλέπονται στο Gigabit Ethernet, οι ημιαμφίδρομοι και οι αμφίδρομοι αντίστοιχα με τον τρόπο λειτουργίας του Gigabit Ethernet.

2.4.2 Ημιαμφίδρομοι επαναλήπτες

Οι ημιαμφίδρομοι επαναλήπτες λειτουργούν σε ένα περιβάλλον όπου το κοινό μέσο περιέχεται και στον επαναλήπτη. Οι αρχές λειτουργίας του δεν έχουν τίποτα το καινοτόμο σε σχέση με Ethernet μικρότερης ταχύτητας. Συγκεκριμένα ένας ημιαμφίδρομος επαναλήπτης

- Άν αναγνωρίσει φέρον σε μία θύρα και το δίκτυο είναι ήσυχο σε όλες τις άλλες θα το αναμεταδώσει συμπεριλαμβανομένων τυχών λαθών. Δεν υπάρχουν πλαίσια. Έτσι όλα τα συνδεδεμένα τμήματα πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα.
- Αν διαπιστωθεί σύγκρουση το σήμα παρενόχλησης (jam) θα μεταδοθεί σε όλες τις θύρες.
- Απομόνωση λαθών. Σε περίπτωση και για όσο διάστημα ο επαναλήπτης λάβει σήμα που δεν ανταποκρίνεται στα κριτήρια έγκυρης μετάδοσης ή η μετάδοση ξεπερνά μία διάρκεια (*jabber_timer*) η θύρα απομονώνεται από το δίκτυο.

2.4.3 Αμφίδρομοι επαναλήπτες

Οι αμφίδρομοι επαναλήπτες διαθέτουν buffers λήψης και εκπομπής και επιτρέπουν την ταυτόχρονη λήψη και εκπομπή πλαισίων. Συγκρούσεις δεν υπάρχουν σε αυτό το περιβάλλον. Οι buffers επιτρέπουν την προσωρινή αποθήκευση πλαισίων όταν η ταχύτητα εκπομπής δεν μπορεί να ανταποκριθεί στην ταχύτητα λήψης. Υπενθυμίζουμε ότι ένα πλαίσιο εκπέμπεται σε όλες τις θύρες! Αν λοιπόν π.χ. 3 σταθμοί εκπέμπουν με το 0,5 του εύρους ζώνης τότε θα πρέπει να ενεργοποιηθεί η αποθήκευση. Οι διαστάσεις των buffers δεν είναι απεριόριστες και για αυτό αν συνεχιστεί ο φόρτος θα υπερχειλίσουν. Μία τεχνική που χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί το προηγούμενο είναι η χρήση των πλαισίων παύσης έτσι ώστε να αδειάσουν οι buffers. Αυτό είναι ένας έλεγχος ροής σε επίπεδο ζεύξης. Βλέπουμε ότι

οι αμφίδρομοι επαναλήπτες δεν είναι συσκευές καθαρά επιπέδου 1 αλλά μεταξύ 1 και 2.

Η διασύνδεση τμημάτων του Ethernet με επαναλήπτες οδηγεί στην διασπορά πλαισίων ακόμα και εκεί που δεν είναι αναγκαίο. Αλγοριθμικά ένας επαναλήπτης πραγματοποιεί δρομολόγηση πλημμύρας (flooding) βοηθούμενος από το γεγονός ότι δίκτυα με επαναλήπτες δεν έχουν βρόχους. Ακόμα και αν ένας σταθμός πομπός είναι στο ίδιο τμήμα με τον σταθμό λήψης το πλαίσιο που εκπέμφθηκε θα πάει παντού. Αυτή η μέθοδος δεν προσφέρεται για μεγαλύτερα δίκτυα γιατί το εύρος ζώνης θα εξαντλούνταν γρήγορα.

2.4.4 Γέφυρες και μεταγωγείς

Οι γέφυρες έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν άλλους αλγορίθμους δρομολόγησης και να φιλτράρουν τοπικά πακέτα δηλαδή να μην τα αφήνουν να περάσουν σε άλλα τμήματα αν δεν είναι απαραίτητο⁷. Οι γέφυρες είναι συσκευές που λειτουργούν στο επίπεδο 2 και έτσι μπορούν να διαβάσουν και να χρησιμοποιήσουν τις αντίστοιχες διευθύνσεις. Υπάρχουν δύο τύποι από γέφυρες που χρησιμοποιούν δύο διαφορετικούς αλγόριθμους. Έχει επικρατήσει ο τύπος των διάφανων γεφυρών. Σε αυτές κατασκευάζεται ένα ανοιγόμενο δέντρο και όλες οι διαδρομές των πλαισίων ακολουθούν τα κλαδιά του. Ο αλγόριθμος αυτός δρομολόγησης δεν είναι ο βέλτιστος αφού δεν χρησιμοποιεί διαδρομές ελάχιστου μήκους και δεν κλιμακώνεται εύκολα. Πάντως οι διάφανες γέφυρες είναι μία πετυχημένη τεχνολογία χάρη στην απλότητα της εγκατάστασης και διαχείρισης τους. Οι γέφυρες γενικά μπορούν ακόμα να διασυνδέσουν δίκτυα Ethernet διαφορετικών ταχυτήτων ή και διαφορετικών τεχνολογιών. Αν το Gigabit Ethernet επιλεγόταν σαν την ραχοκοκαλιά ενός δικτύου θα ήταν απαραίτητο να διασυνδεθεί με πιο αργά δίκτυα.

Μία λειτουργία των γεφυρών είναι και η υποστήριξη της επισηματοθέτησης LAN. Αν αυτή υποστηρίζεται τότε η γέφυρα θα πρέπει να μεταδίδει τα πλαίσια κατά την προτεραιότητα που έχουν στο αντίστοιχο πεδίο. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για QoS. Αν χρησιμοποιείται στο δίκτυο η επισηματοθέτηση τότε δίνεται η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών ανοιγόμενων δέντρων και με αυτόν τον τρόπο καλύτερης χρήσης των υπάρχοντων διαύλων.

⁷ Ένας εμπειρικός κανόνας θέλει το 80% των πλαισίων να κατευθύνονται σε τοπικούς προορισμούς και το 20% σε απομακρυσμένους. Μία καλή σχεδίαση ενός δικτύου μπορεί να βοηθήσει σε αυτό.

Μία επιπλέον δυνατότητα που έχουν οι γέφυρες είναι η μη προώθηση πλαισίων με λάθος μορφή όπως λάθος CRC.

Οι γέφυρες είναι ένα υποψήφιο σημείο συμφόρησης όπως και οι επαναλήπτες. Μία «έξυπνη» αποτελεσματική εσωτερική αρχιτεκτονική μπορεί να αποτρέψει αυτό το ενδεχόμενο. Οι μεταγωγείς επιπέδου 2 είναι γέφυρες με πολλές θύρες που υπόσχονται μία αποτελεσματική αρχιτεκτονική. Κριτήρια αξιολόγησης της αρχιτεκτονικής μιας γέφυρας είναι:

- Η ταχεία εκπομπή πλαισίων με προορισμό ομάδα (broadcast multicast) δεν θα πρέπει να δημιουργήσει απώλειες και επιθυμητή είναι η μικρή χρονική καθυστέρηση.
- Αποφυγή του φαινομένου της φραγής ενός πλαισίου από ένα πλαίσιο με άλλο προορισμό με αποτέλεσμα υπερχείλιση σε buffer εισόδου.
- Ταχύτητα μάθησης διευθύνσεων

2.4.5 Δρομολογητές

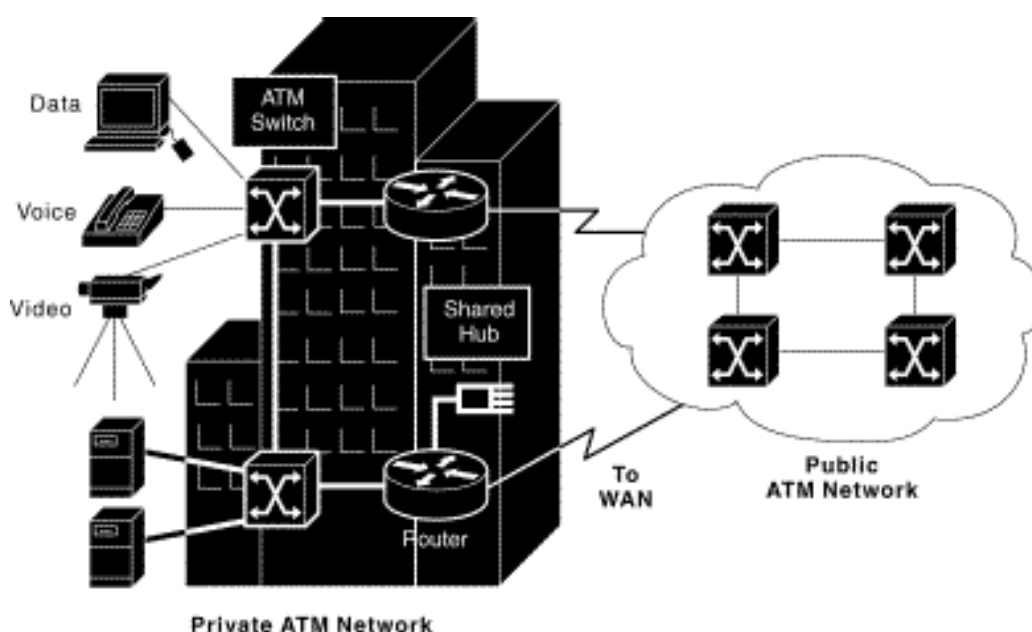
Δίκτυα βασισμένα σε γέφυρες έχουν μία περιορισμένη αποστολή. Να διασυνδέσουν κομμάτια ενός LAN. Η μη ιεραρχική δομή των διευθύνσεων, και ο μη περιορισμός των πλαισίων με προορισμό ομάδα⁸ δεν τους δίνουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερες κλίμακες. Οι δρομολογητές είναι σύνθετες συσκευές με πολλές δυνατότητες. Πρέπει να εξυπηρετούν τουλάχιστον ένα πρωτόκολλο επιπέδου 3. Λόγω των αυξημένων δυνατοτήτων τους η επίτευξη της ίδιας ταχύτητας διαμετακόμισης είναι πιο δύσκολη. Πάντως υπάρχουν υλοποιήσεις που αναφέρουν τεράστιους αριθμούς διαμετακομιζομένων πακέτων [MaSh98]. Η κορυφαία επίδοση που αναφέρθηκε είναι 12Mrps σε ένα μεταγωγό με 8 θύρες..

⁸ Πρωτόκολλα όπως το IP (ARP) και το IPX (SAP) γεννούν broadcasts για την ομαλή λειτουργία τους. Αυτά από την φύση της σημασίας της διεύθυνσής τους πρέπει λοιπόν να μεταφερθούν παντού στο δίκτυο. Όταν το LAN μεγαλώσει πέρα από όρια έχουμε επιβάρυνση από τέτοια πακέτα και μιλάμε για μεγάλη ακτινοβολία broadcasts.

3 ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE SWITCHING

3.1 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ

Το Asynchronous Transfer Mode (ATM) είναι ένα πρότυπο που δημιουργήθηκε από την International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) για την μεταφορά κελιών (cell relay), στο οποίο η πληροφορία για διάφορους τύπους υπηρεσιών, όπως είναι η φωνή, το video ή δεδομένα, μεταφέρεται μέσα σε μικρά κελιά-“συσκευασίες” με το ίδιο πάντα σταθερό μέγεθος. Τα ATM δίκτυα είναι connection-oriented, δηλαδή για να πραγματοποιήσουν κάποια μεταφορά δεδομένων, γενικότερα να αποκαταστήσουν κάποια επικοινωνία ανάμεσα σε δύο άκρα, αποκαθιστούν πρώτα ένα κύκλωμα μεταξύ των δύο άκρων το οποίο παραμένει ενεργό σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Ακολουθώντας, θα περιγράψουμε περιληπτικά κάποια θέματα γύρω από το ATM, όπως είναι τα ATM πρωτόκολλα, οι υπηρεσίες και η λειτουργία του. Στο **Σχήμα 3.1** περιγράφεται ένα ιδιωτικό ATM δίκτυο καθώς και ένα Δημόσιο ATM δίκτυο που μεταφέρουν φωνή, video αλλά και δεδομένα.



Σχήμα 3.1: Ένα Ιδιωτικό και ένα Δημόσιο ATM δίκτυο που μεταφέρουν φωνή, video και δεδομένα.

3.2 ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Το ATM βασίζεται στο ITU-T Broadband Integrated Services Digital Network (BISDN) πρότυπο. Αρχικά ξεκίνησε ως μία τεχνολογία μεταφοράς φωνής, video και δεδομένων σε υψηλή ταχύτητα πάνω από Δημόσια Δίκτυα. Το ATM Forum επέκτεινε αυτήν την αντίληψη που είχε η ITU-T για το ρόλο του ATM, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο πάνω σε Δημόσια όσο και σε Ιδιωτικά Δίκτυα. Το ATM Forum προχώρησε στη συγκρότηση ομάδων εργασίας που εργάσθηκαν στην σύνταξη των ακόλουθων προτύπων- προδιαγραφών:

- User-to-Network Interface (UNI) 2.0
- UNI 3.0
- UNI 3.1
- Public-Network Node Interface (P-NNI)
- LAN Emulation (LANE)

3.3 ATM ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το ATM είναι μία τεχνολογία μεταγωγής κελιών και πολύπλεξης που συνδυάζει τα οφέλη της μεταγωγής κυκλώματος (εγγυημένη χωρητικότητα και σταθερή καθυστέρηση μετάδοσης) με τα οφέλη της μεταγωγής πακέτων (ευελιξία, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα στην διακίνηση μη συνεχούς ροής πληροφορίας). Παρέχει κλιμακωτό bandwidth από μερικά Mbps έως αρκετά Gbps. Λόγω της ασύγχρονης φύσης του, το ATM είναι περισσότερο αποδοτικό

από τις τεχνολογίες σύγχρονης μετάδοσης, όπως είναι το Time-Division Multiplexing (TDM).

Με το TDM, κάθε χρήστης συνδέεται με ένα μικρό διάστημα χρόνου (time slot), και κανένας άλλος σταθμός δεν μπορεί να εκπέμψει αυτή τη χρονική στιγμή. Αν κάποιος σταθμός έχει πολλά δεδομένα να στείλει, μπορεί να εκπέμψει μόνο όταν έρθει η δική του χρονική στιγμή, δηλαδή το δικό του time-slot, ακόμα και αν όλα τα υπόλοιπα time-slots παραμένουν αχρησιμοποίητα. Αν ωστόσο, κάποιος σταθμός δεν έχει κάτι να εκπέμψει στο δικό του time-slot, τότε αυτό το time-slot στέλνεται άδειο και προφανώς έχουμε σπατάλη των δυνατοτήτων και των πόρων του δικτύου. Επειδή το ATM είναι ασύγχρονο, τα time-slots είναι διαθέσιμα για διακίνηση πληροφορίας μόνο κατ' απαίτηση, και περιλαμβάνουν πληροφορία στην αρχή κάθε ATM cell (στο header) που χαρακτηρίζει την πηγή της μετάδοσης.

3.4 TO FORMAT TOY ATM CELL

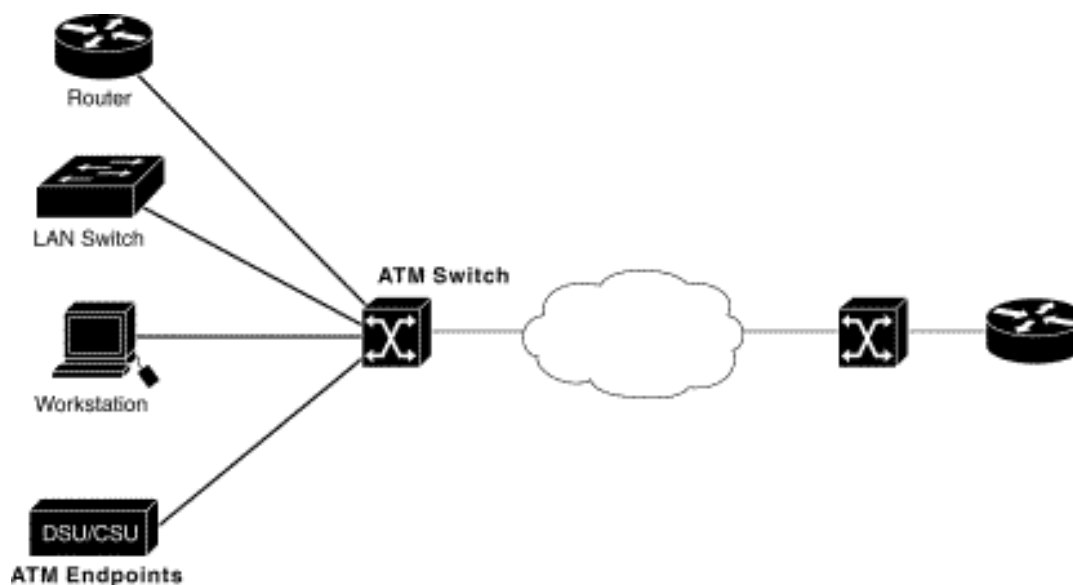
Το ATM μεταφέρει πληροφορία σε μονάδες σταθερού μεγέθους που ονομάζονται cells. Κάθε cell αποτελείται από 53 bytes. Τα πρώτα 5 bytes περιέχουν τον header του cell και τα υπόλοιπα 48 περιέχουν το “ωφέλιμο φορτίο” (payload), δηλαδή την πραγματική πληροφορία του χρήστη η οποία πρέπει να διακινηθεί μέσω του δικτύου. Τα μικρά αυτά σταθερού μεγέθους cells ταιριάζουν πολύ καλά στην μετάδοση φωνής και video διότι τέτοιου είδους κίνηση δεν παρουσιάζει ανοχή σε καθυστερήσεις που προκύπτουν, εκτός των άλλων, από την ανάγκη να περιμένει κανείς την μετάδοση ενός μεγάλου πακέτου. Το **Σχήμα 3.2** επιδεικνύει το format ενός ATM cell.



Σχήμα 3.2: Σύνθεση και μορφή ενός ATM cell

3.5 ATM ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Ένα ATM δίκτυο μπορεί να δημιουργηθεί από έναν ATM switch (switch) και ATM άκρα. Ένας ATM μεταγωγέας είναι υπεύθυνος για την μετάδοση των cells μέσα από ένα ATM δίκτυο. Η λειτουργία ενός ATM μεταγωγέα είναι σαφώς και με ακρίβεια ορισμένη: Δέχεται τα εισερχόμενα ATM cells από κάποιο ATM άκρο ή από κάποιο άλλο ATM switch. Στη συνέχεια “διαβάζει” και μεταβάλλει, αν χρειάζεται, το περιεχόμενο του header του cell, και γρήγορα οδηγεί το cell σε μία θύρα εξόδου προς την κατεύθυνση του προορισμού του. Ένα ATM άκρο περιλαμβάνει μία ATM κάρτα (ATM network interface adapter). Παραδείγματα τέτοιων άκρων είναι οι σταθμοί εργασίας, οι δρομολογητές, μεταγωγείς τοπικών δικτύων (LAN switches) και video coders-decoders (CODECs). Το **Σχήμα 3.3** επιδεικνύει ένα ATM δίκτυο που αποτελείται από ATM μεταγωγείς και ATM άκρα.



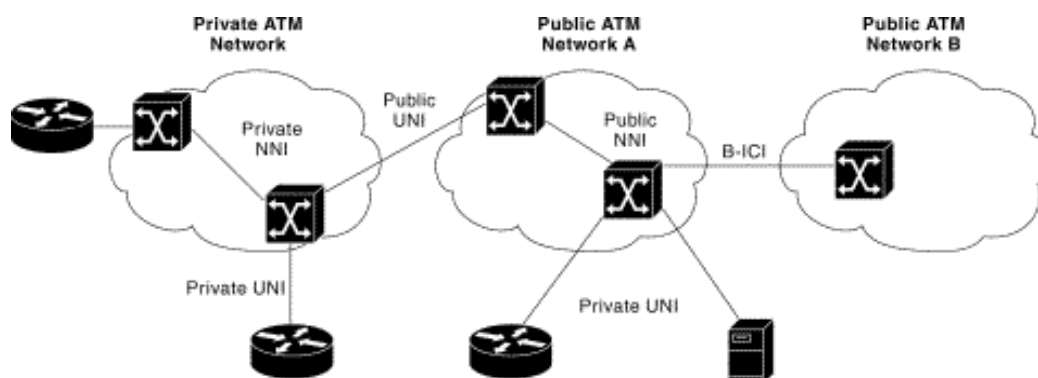
Σχήμα 3.3: Ένα ATM δίκτυο αποτελείται από ATM μεταγωγείς και ATM άκρα.

3.6 ATM NETWORK INTERFACES

Ένα ATM δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο από ATM switches διασυνδεδεμένα με σημείο προς σημείο ATM συνδέσεις. Τα ATM switches υποστηρίζουν δύο βασικούς τύπους interfaces: το UNI και το NNI. Το UNI συνδέει ATM συστήματα, όπως σταθμοί εργασίας και δρομολογητές, σε ένα ATM switch. Το NNI διασυνδέει δύο ATM switches.

Ανάλογα με το αν το ATM switch κατέχεται ή/και είναι εγκατεστημένο στις εγκαταστάσεις του πελάτη ή, αντίθετα κατέχεται και διαχειρίζεται από κάποιον δημόσιο φορέα, π.χ. κάποιον οργανισμό τηλεπικοινωνιών όπως ο ΟΤΕ, το UNI και το NNI μπορούν παραπέρα να διαχωριστούν σε Δημόσια (Public) και Ιδιωτικά (Private) UNIs και NNIs. Ένα Private UNI συνδέει ένα ATM άκρο με ένα private ATM switch. Το Δημόσιο ανάλογό του, δηλαδή το Public UNI συνδέει ένα ATM άκρο ή ένα private switch σε ένα public switch. Ομοίως, ένα Private NNI συνδέει δύο ATM switches μέσα στον ίδιο Ιδιωτικό φορέα ή οργανισμό. Το αντίστοιχο Δημόσιο NNI, συνδέει δύο ATM switches μέσα στον ίδιο Δημόσιο φορέα ή οργανισμό.

Ένα επιπλέον πρότυπο, το Broadband Interexchange Carrier Interconnect (B-ICI), συνδέει δύο δημόσια switches που ανήκουν σε διαφορετικούς παροχείς, π.χ. σε διαφορετικούς οργανισμούς τηλεπικοινωνιών. Το **Σχήμα 3.4** επιδεικνύει όλα τα δυνατά ATM Interfaces στα οποία αναφερθήκαμε προηγούμενα τόσο για ιδιωτικά όσο και για δημόσια δίκτυα.

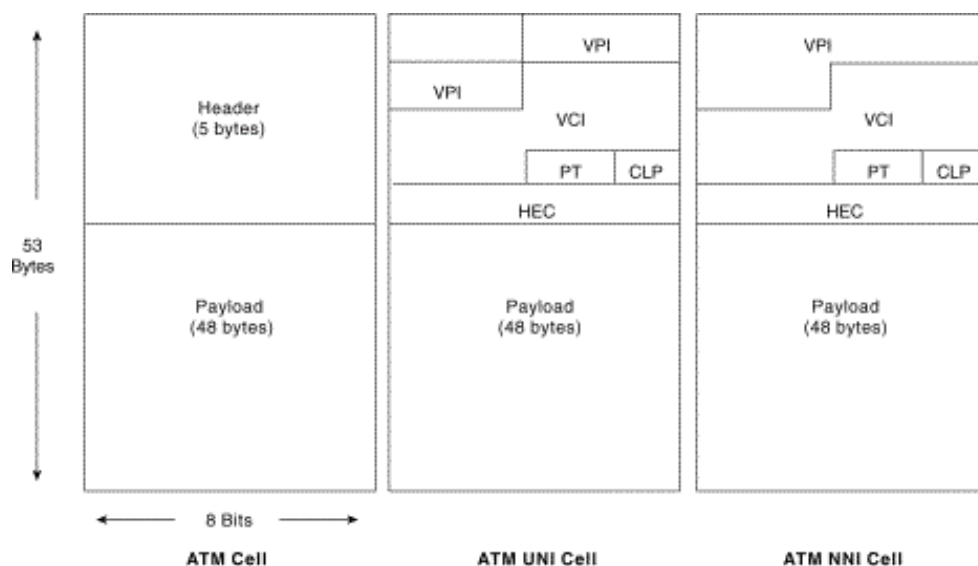


Σχήμα 3.4: ATM interface specifications differ for private and public networks.

3.7 TO FORMAT TOY HEADER ΕΝΟΣ ATM CELL

Ο header ενός ATM cell μπορεί να έχει ένα από τα εξής δύο format: UNI ή NNI.

Ο UNI header χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ ATM άκρων και ATM μεταγωγέων στα ιδιωτικά ATM δίκτυα. Ο NNI χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ ATM μεταγωγέων. Το **Σχήμα 3.5** παρουσιάζει το βασικό format ενός ATM cell, το format ενός ATM UNI header και το format ενός ATM NNI header.



Σχήμα 3-5: Οι ATM cell, UNI cell και ATM NNI cell headers ο καθένας περιλαμβάνει 48 bytes ωφέλιμου μέρους (payload).

Αντίθετα από το UNI, ο NNI header δεν περιλαμβάνει το πεδίο Generic Flow Control (GFC). Επιπλέον, ο NNI header περιλαμβάνει ένα πεδίο το οποίο ονομάζεται Virtual Path Identifier (VPI) και καταλαμβάνει τα πρώτα 12 bits, επιτρέποντας στην επικοινωνία μεταξύ δημοσίων ATM μεταγωγέων την λειτουργία μεγαλύτερων ομάδων από ATM κανάλια.

3.7.1 Τα πεδία του header ενός ATM cell

Εκτός από τα πεδία του GFC και του VPI, χρησιμοποιούνται αρκετά ακόμη πεδία στο header. Ακολουθούν περιληπτικές περιγραφές των πεδίων του header που εμφανίζονται και στο **Σχήμα 3.5**.

➤ **Generic Flow Control (GFC):**

Υποστηρίζει τοπικές λειτουργίες όπως είναι η αναγνώριση πολλών σταθμών που μοιράζονται το ίδιο ATM Interface. Τυπικά αυτό το πεδίο δε χρησιμοποιείται και βρίσκεται στη default τιμή του.

➤ **Virtual Path Identifier (VPI):**

Σε συνδυασμό με το VCI, καθορίζει τον επόμενο προορισμό ενός cell καθώς αυτό περνάει μέσα από μία σειρά ATM μεταγωγέων στην πορεία του προς το τελικό προορισμό.

➤ **Virtual Channel Identifier (VCI):**

Σε συνδυασμό με το VPI, καθορίζει τον επόμενο προορισμό ενός cell καθώς αυτό περνάει μέσα από μία σειρά ATM μεταγωγέων στην πορεία του προς το τελικό προορισμό.

➤ **Payload Type (PT)**

Περιλαμβάνει συνολικά 3 bits στα οποία κωδικοποιείται η ακόλουθη πληροφορία:

Το πρώτο bit δηλώνει αν το cell περιέχει δεδομένα του χρήστη ή δεδομένα ελέγχου. Αν το cell περιέχει δεδομένα χρήστη, το δεύτερο bit δηλώνει αν υπάρχει συμφόρηση (congestion) και το τρίτο bit δηλώνει αν το cell είναι το τελευταίο σε μία σειρά από cells που απαρτίζουν ένα AAL5 frame.

➤ **Congestion Loss Priority (CLP):**

Δηλώνει αν το cell θα μπορούσε να απορριφθεί στην περίπτωση που σημειωθεί σημαντική συμφόρηση καθώς αυτό μεταφέρεται μέσα από το

δίκτυο. Αν το CLP bit ισούται με ένα, τότε το cell θα μπορούσε να προτιμηθεί για απόρριψη σε σχέση με άλλα cells των οποίων το CLP bit ισούται με μηδέν.

➤ **Header Error Control (HEC):**

Υπολογίζει ένα checksum μόνο όμως για τον ίδιο το header και όχι για όλο το cell.

3.8 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΙ ΤΟ ATM

Υπάρχουν τρεις τύπου υπηρεσιών που υποστηρίζει το ATM: Μόνιμα Εικονικά Κυκλώματα (PVC - Permanent Virtual Circuits), Μεταγωγούμενα Εικονικά Κυκλώματα (SVC - Switched Virtual Circuits) και Connectionless Services.

Ένα PVC επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ άκρων. Δηλαδή, ένα PVC μοιάζει με μία μισθωμένη γραμμή. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει ένα PVC εγγυάται τη διαθεσιμότητα μίας σύνδεσης και δεν απαιτεί διαδικασίες αποκατάστασης μιας κλήσης μεταξύ μεταγωγέων. Στα μειονεκτήματα των PVC's περιλαμβάνεται η στατικότητα των συνδέσεων αυτών καθώς και η ρύθμιση όλων των εμπλεκόμενων μεταγωγέων με κατάλληλες εντολές που θα πρέπει να εισάγουν οι διαχειριστές των δικτύων.

Ένα SVC δημιουργείται και ελευθερώνεται δυναμικά και παραμένει σε χρήση μόνο κατά τη χρονική διάρκεια που μεταφέρονται δεδομένα. Με αυτήν την έννοια, μοιάζει με μία τηλεφωνική κλήση. Για να έχουμε δυναμικό έλεγχο της κλήσης απαιτείται ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης ανάμεσα στο ATM άκρο και στον ATM μεταγωγέα. Στα πλεονεκτήματα των SVC's περιλαμβάνεται η ευελιξία στην αποκατάσταση συνδέσεων και εξυπηρέτηση κλήσεων που μπορούν να διαχειριστούν αυτόματα από μία ATM δικτυακή συσκευή. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται ο επιπλέον χρόνος και η επιβάρυνση που απαιτούνται για την αποκατάσταση της σύνδεσης.

3.8.1 ATM Virtual Connections

Τα ATM δίκτυα βασικά είναι προσανατολισμένα στην αποκατάσταση συνδέσεων, που σημαίνει ότι ένα εικονικό κανάλι (VC – Virtual Channel)

πρέπει να δημιουργηθεί κατά μήκος του ATM δικτύου πριν από οποιαδήποτε μεταφορά δεδομένων. Ένα εικονικό κανάλι είναι σχεδόν ισοδύναμο με ένα εικονικό κύκλωμα. Υπάρχουν δύο τύποι ATM συνδέσεων: Τα εικονικά μονοπάτια (VP – Virtual Paths), τα οποία χαρακτηρίζονται από τους Virtual Paths Identifiers (VPI), και τα εικονικά κανάλια (VC – Virtual Channels) τα οποία χαρακτηρίζονται από το συνδυασμό ενός VPI και ενός Virtual Channel Identifier (VCI).

Ένα VP είναι ένα σύνολο από VCs τα οποία διαφανώς καθοδηγούνται μέσα στο ATM δίκτυο στη βάση του κοινοί VPI. Ωστόσο όλα τα VPIs και VCIs έχουν μόνο τοπική σημασία κατά μήκος μιας συγκεκριμένης σύνδεσης και απεικονίζονται σε νέα VPI's και VCI's σε κάθε μεταγωγή.

Το συνολικό μονοπάτι (TP – Transition Path) μετάδοσης προκύπτει ως ένα σύνολο από VPs. Το **Σχήμα 3.6** δείχνει πώς συναθροίζονται τα VCs για να δημιουργήσουν VPs, τα οποία με τη σειρά τους συναθροίζονται για να δημιουργήσουν το μονοπάτι μετάδοσης.



Σχήμα 3.6: Συγκέντρωση των VCs για την δημιουργία VPs.

3.8.2 Οι λειτουργίες μεταγωγής στο ATM

Η βασική λειτουργία ενός ATM μεταγωγέα είναι η ακόλουθη:

Το κάθε cell λαμβάνεται από κάποια σύνδεση του ATM μεταγωγέα σε ένα γνωστό VCI ή VPI. Αυτός ο μεταγωγέας με βάση τα συγκεκριμένα VCI/VPIs του κάθε cell που λαμβάνει, διατρέχει έναν πίνακα που διατηρεί τοπικά στη μνήμη του και αποφασίζει σε ποιά εξερχόμενη θύρα, δηλαδή σε ποιά σύνδεση θα προωθήσει το εισερχόμενο cell. Επιπλέον, τροποποιεί με βάση τον ίδιο αυτό πίνακα τις τιμές των VPI/VCI's στους headers των εξερχόμενων πλέον cells ώστε να συνεχίσουν την πορεία τους στο υπόλοιπο δίκτυο.

Επειδή όλα τα VCIs και τα VPIs έχουν μόνο τοπική σημασία πάνω σε μία συγκεκριμένη σύνδεση, οι τιμές τους συνεχώς απεικονίζονται σε νέες τιμές σε κάθε μεταγωγή από τον οποίο διέρχεται το κάθε cell.

3.9 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ATM

Η αρχιτεκτονική του ATM χρησιμοποιεί ένα λογικό μοντέλο για να περιγράψει την λειτουργικότητα που υποστηρίζει. Η λειτουργικότητα του ATM αντιστοιχεί στο φυσικό επίπεδο (physical layer) και το επίπεδο σύνδεσης (data-link layer) του OSI μοντέλου αναφοράς.

Το ATM μοντέλο αναφοράς, σε αντίθεση με το OSI μοντέλο αναφοράς το οποίο αποτελείται μόνο από επίπεδα (layers), συντίθεται τόσο από επίπεδα όσο και από στοιβάδες. Οι στοιβάδες αυτές διαπερνούν όλα τα επίπεδα και είναι οι ακόλουθες:

➤ **Στοιβάδα Ελέγχου (Control Plane):**

Αυτή η στοιβάδα είναι υπεύθυνη για τη παραγωγή και τη διαχείριση των αιτήσεων σηματοδότησης.

➤ **Στοιβάδα Χρήστη (User Plane):**

Αυτή η στοιβάδα είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση της μεταφοράς των δεδομένων.

➤ **Στοιβάδα Διαχείρισης (Management Plane):**

Αυτή η στοιβάδα περιέχει τη

- Διαχείριση επιπέδου (Layer Management) που διαχειρίζεται λειτουργίες που έχουν να κάνουν αποκλειστικά με τα επίπεδα, όπως είναι η διάγνωση βλαβών και προβλήματα πρωτοκόλλου.
- Διαχείριση στοιβάδας (Plane Management) που διαχειρίζεται και συντονίζει λειτουργίες που σχετίζονται με ολόκληρο το σύστημα.

Το ATM μοντέλο αναφοράς συντίθεται από τα ακόλουθα ATM επίπεδα:

➤ **Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer):**

Είναι ανάλογο του φυσικού επιπέδου του OSI μοντέλου αναφοράς και διαχειρίζεται τις λειτουργίες μετάδοσης τις σχετικές με το φυσικό μέσο.

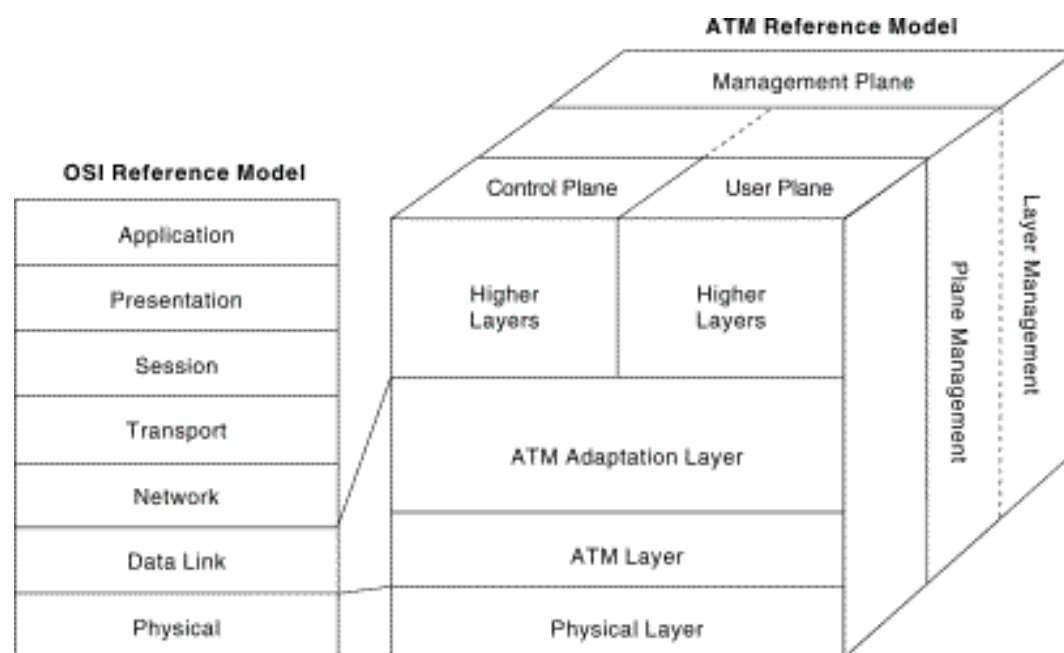
➤ **ATM Επίπεδο (ATM Layer):**

Συνδυασμένο με το ATM Επίπεδο Προσαρμογής, το ATM επίπεδο είναι σχεδόν ανάλογο του Επιπέδου Σύνδεσης (Data Link Layer) του OSI μοντέλου αναφοράς. Το ATM επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία των συνδέσεων και την διέλευση των cells μέσα από το ATM δίκτυο. Για να το επιτύχει αυτό χρησιμοποιεί πληροφορία που βρίσκεται στο header του κάθε ATM cell.

➤ **ATM Επίπεδο Προσαρμογής (AAL - ATM Adaptation Layer):**

Συνδυασμένο με το ATM Επίπεδο, το AAL Επίπεδο είναι σχεδόν ανάλογο με το Επίπεδο Σύνδεσης του OSI μοντέλου. Το AAL είναι υπεύθυνο για τον διαχωρισμό των πρωτοκόλλων στα υψηλότερα επίπεδα από τις λεπτομέρειες των ATM διεργασιών.

Τελικά, τα υψηλότερα που βρίσκονται πάνω από το AAL δέχονται τα δεδομένα του χρήστη, τα διαμορφώνουν σε πακέτα και τα οδηγούν στο AAL. Το **Σχήμα 3.7** περιγράφει το ATM μοντέλο αναφοράς.



Σχήμα 3.7: Το μοντέλο αναφοράς του ATM σχετίζεται με τα χαμηλότερα δύο επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.

3.10 ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ATM

Το φυσικό επίπεδο στο ATM περιλαμβάνει τέσσερις λειτουργίες: τα *bits* μετατρέπονται σε *cells*, ελέγχεται η μετάδοση και λήψη των *bits* πάνω στο φυσικό μέσο, ελέγχονται τα όρια του κάθε ATM cell και τα cells “συσκευάζονται” στους κατάλληλους τύπους *frames* για την μετάδοσή τους στο φυσικό μέσο.

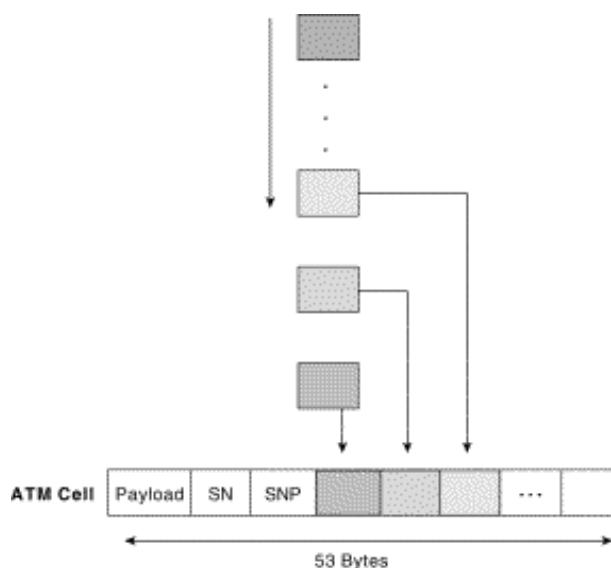
Το φυσικό επίπεδο στο ATM διαιρείται σε δύο υποεπίπεδα, το *Physical Medium-Dependent (PMD)* υποεπίπεδο και το *Transmission-Convergence (TC)* υποεπίπεδο. Το PMD υποεπίπεδο υποστηρίζει δύο κρίσιμες λειτουργίες. Πρώτον, συγχρονίζει τη μετάδοση και τη λήψη στέλνοντας και λαμβάνοντας μια συνεχή ροή από bits που μεταφέρει πληροφορία χρονισμού. Δεύτερον, καθορίζει τα φυσικά μέσα για το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται, συμπεριλαμβανομένων των τύπων των καλωδίων και των συνδετήρων (connectors). Παραδείγματα για πρότυπα που υπάρχουν σχετικά με το φυσικό μέσο μετάδοσης περιλαμβάνουν το Synchronous Optical Network / Synchronous Digital Hierarchy (SONET/SDH), DS-3/E3, 155Mbps πάνω από πολύτροπη οπτική ίνα (MMF) χρησιμοποιώντας 8B/10B σχήματα κωδικοποίησης, και 155Mbps 8B/10B πάνω από Shielded Twisted - Pair (STP) καλωδίωση.

Το TC υποεπίπεδο υποστηρίζει τέσσερις λειτουργίες: *Cell Delineation*, *Header Error-Control (HEC)*, *Cell-Rate Decoupling* και *Transmission-Frame Adaptation*.

Η λειτουργία του *Cell Delineation* είναι βασικά να διατηρεί τα όρια του cell επιτρέποντας στις συσκευές να εντοπίζουν cell, δηλαδή την αρχή και το τέλος τους, μέσα σε μία ακολουθία από bits. Η λειτουργία του *Header Error-Control (HEC)* είναι να παράγει και να ελέγχει τον κωδικό ελέγχου της ακεραιότητας του header και να επιβεβαιώνει την ορθότητα των δεδομένων. Το *Cell-Rate Decoupling* διατηρεί το συγχρονισμό και εισάγει ή αφαιρεί ανενεργά ATM cells ώστε να προσαρμόσει το ρυθμό μεταφοράς των έγκυρων ATM cells στην ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος μετάδοσης. Η λειτουργία του *Transmission-Frame Adaptation* είναι να “συσκευάζει” ATM cells μέσα σε frames αποδεκτά από την συγκεκριμένη υλοποίηση στο φυσικό μέσο.

3.11 ΤΟ ΑΤΜ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL1

Το AAL1, μία connection oriented διαδικασία, είναι κατάλληλο για την διαχείριση εφαρμογών εξομοίωσης κυκλώματος (circuit emulation) όπως είναι η τηλεφωνία και η τηλεδιάσκεψη. Η υπηρεσία προσομοίωσης κυκλώματος επιτρέπει την σύνδεση εξοπλισμού που προς το παρόν χρησιμοποιεί μισθωμένες γραμμές, πάνω σε ένα ΑΤΜ δίκτυο κορμού. Το AAL1 χρειάζεται συγχρονισμό ανάμεσα στη προέλευση και στον προορισμό. Γι' αυτό το λόγο το AAL1 εξαρτάται από το σύστημα μετάδοσης, όπως είναι το SONET, το οποίο υποστηρίζει τη μετάδοση πληροφορίας χρονισμού. Η διεργασία του AAL1 είναι αυτή που προετοιμάζει σε τρία βήματα ένα cell προς μετάδοση. Πρώτον, με απόλυτα συγχρονισμένο τρόπο, π.χ. 1 byte δεδομένων κάθε 125μsecs, εισάγονται δεδομένα, τα οποία μπορεί να είναι αποτέλεσμα δειγματοληψίας, στο ωφέλιμο μέρος ενός cell. Δεύτερον, προστίθενται δύο πεδία, το Sequence Number (SN) και το Sequence Number Protection (SNP) ώστε να παρέχεται πληροφορία στο AAL1 επίπεδο του παραλήπτη που θα χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθεί ότι τα cells λαμβάνονται με τη σωστή σειρά. Τρίτον, το υπόλοιπο του ωφέλιμου μέρους του cell συμπληρώνεται με αρκετά bytes μέχρι να φθάσουν συνολικά τα 48bytes που μπορούν να βρίσκονται στο payload μέρος του cell. Το **Σχήμα 3.8** επιδεικνύει πώς το AAL1 προετοιμάζει ένα cell για μετάδοση.



Σχήμα 3.8: Το AAL1 προετοιμάζει ένα cell προς μετάδοση έτσι ώστε τα cells να διατηρούν την σειρά τους

3.12 ΤΟ ΑΤΜ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL3/4

Το AAL3/4 υποστηρίζει τόσο την connection-oriented όσο και την connectionless μετάδοση δεδομένων. Σχεδιάστηκε για παροχές δικτυακών υπηρεσιών και είναι στενά συνδεδεμένο με το Switched Multimegabit Data Service (SMDS). Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση SMDS πακέτων πάνω από ATM δίκτυα.

Το AAL3/4 προετοιμάζει ένα cell για μετάδοση χρησιμοποιώντας τέσσερα διαδοχικά βήματα. Πρώτον, το Υποεπίπεδο Σύγκλισης (CS - Convergence Sublayer) δημιουργεί μία μονάδα δεδομένων προς μετάδοση, που μπορεί να έχει μέγεθος από 1 έως και 65535 bytes. Αυτή η μονάδα (PDU - Protocol Data Unit) δημιουργείται στην πραγματικότητα από δεδομένα που παράγονται από εφαρμογές του χρήστη, τοποθετώντας στην αρχή 4 bytes (CS-PDU header) από πεδία που βοηθούν στον καθορισμό της αρχής του PDU, και στο τέλος ακόμη 4 bytes (CS-PDU trailer) που υποδηλώνουν το τέλος του PDU αλλά και το συνολικό του μήκος. Δεύτερον, το Υποεπίπεδο Τμηματοποίησης και Επανένωσης (SAR - Segmentation And Reassembly) χωρίζει το PDU σε μικρά τμήματα των 44bytes και μπροστά από το καθένα τοποθετεί κάποιον header, ενώ στο τέλος του τοποθετεί ένα checksum (CRC των 10bits) για να μπορεί να γίνει ο έλεγχος λαθών. Τελικά, κάθε τέτοιο μικρό τμήμα, με τον header και το trailer μαζί, συνθέτουν ένα σύνολο από 48 bytes το οποίο χωράει με ακρίβεια στο ωφέλιμο μέρος ενός ATM cell. Το ATM επίπεδο αναλαμβάνει στη συνέχεια την προσθήκη του ATM header και την αποστολή του στο φυσικό επίπεδο του δικτύου.

3.13 ΤΟ ΑΤΜ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ: AAL5

Το AAL5 είναι το βασικό AAL για δεδομένα και υποστηρίζει τόσο την connection-oriented όσο και την connectionless μετάδοση δεδομένων. Χρησιμοποιείται κυρίως για την μετάδοση non-SMDS δεδομένων, όπως Classical IP πάνω από ATM και LAN Emulation (LANE). Το AAL5 είναι γνωστό ως το απλό και αποδοτικό επίπεδο προσαρμογής γιατί το SAR υποεπίπεδο δέχεται τα CS-

PDUs και τα τμηματοποιεί σε κομμάτια των 48bytes χωρίς να προσθέτει κάποια επιπρόσθετα πεδία.

Το AAL5 προετοιμάζει ένα cell για μετάδοση ακολουθώντας τρία συνολικά βήματα. Πρώτον, το CS υποεπίπεδο προσθέτει ένα μεταβλητού μήκους “παραγέμισμα” (0 έως 47 bytes) και στο τέλος του κάθε frame μία σειρά από 8 bytes. Το “παραγέμισμα” εξασφαλίζει ότι η CS-PDU που προκύπτει έχει μήκος ακριβές πολλαπλάσιο των 48 bytes που αποτελούν το ωφέλιμο μέρος ενός ATM cell. Με άλλα λόγια, εξασφαλίζει ότι θα μπορεί τελικά να διασπασθεί και να χωρέσει σε ακέραιο πλήθος από ATM cells. Στην ουρά της CS-PDU περιλαμβάνεται ένα πεδίο 2bytes που αναφέρει το συνολικό μήκος της CS-PDU καθώς και ένα checksum (CRC των 32-bits) που υπολογίζεται από ολόκληρη την CS-PDU και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο λαθών. Αυτό επιτρέπει στην διεργασία λήψης που εκτελείται στο AAL5 να διαπιστώσει λανθασμένα bits, χαμένα cells ή ακόμα και cells που φθάνουν στον προορισμό τους εκτός σειράς. Δεύτερον, το SAR υποεπίπεδο τμηματοποιεί την CS-PDU σε κομμάτια των 48bytes. Σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο AAL3/4, στο AAL5 δεν προστίθενται header και trailer. Τελικά, το ATM επίπεδο τοποθετεί κάθε μικρό τμήμα δεδομένων (των 48bytes) στο ωφέλιμο μέρος ενός ATM cell. Για όλα τα cells που αντιστοιχούν σε μία PDU, εκτός του τελευταίου, ένα bit στο πεδίο PT (Payload Type) τίθεται στην τιμή 0. Για το τελευταίο cell της ακολουθίας, το πεδίο αυτό τίθεται στο 1.

3.14 ATM ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ

Το ITU-T πρότυπο βασίζεται στη χρήση των E.164 διευθύνσεων (ανάλογη με τη γνωστή αριθμοδότηση των τηλεφώνων) για τα Δημόσια ATM δίκτυα. Το ATM Forum επέκτεινε την ATM διευθυνσιοδότηση ώστε να περιλαμβάνει και Ιδιωτικά ATM δίκτυα. Αποφασίσθηκε ότι στο επίπεδο της διευθυνσιοδότησης υποδικτύων, υπεύθυνο είναι το ATM επίπεδο για την αντιστοίχιση των διευθύνσεων του Επιπέδου Δικτύου (network layer) σε ATM διευθύνσεις. Αυτό το μοντέλο είναι μία εναλλακτική στη χρήση των διευθύνσεων του Επιπέδου Δικτύου (όπως είναι το IP και το IPX) και των υπάρχοντων πρωτοκόλλων

δρομολόγησης (όπως είναι τα IGRP και RIP). Το ATM Forum όρισε ένα format διευθυνσιοδότησης βασισμένο στη δομή των OSI NSAP (network service access point) διευθύνσεων.

Αυτό το μοντέλο διευθυνσιοδότησης διαχωρίζει το ATM επίπεδο από κάθε υπάρχον πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου, όπως είναι το IP και το IPX. Ως εκ τούτου, απαιτεί ένα εξ ολοκλήρου καινούριο σχήμα διευθυνσιοδότησης και πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Σε κάθε ATM σύστημα πρέπει να αντιστοιχίζεται μία ATM διεύθυνση, επιπρόσθετα σε κάθε διεύθυνση υψηλότερου επιπέδου πρωτοκόλλων. Αυτό απαιτεί ένα πρωτόκολλο (ATM ARP - ATM Address Resolution Protocol) που αντιστοιχεί διευθύνσεις υψηλότερων επιπέδων στις αντίστοιχες ATM διευθύνσεις.

3.14.1 ATM διευθύνσεις τύπου NSAP

Οι διευθύνσεις αυτού του τύπου καταλαμβάνουν συνολικά 20 bytes και είναι σχεδιασμένες για χρήση μέσα σε ιδιωτικά ATM δίκτυα, σε αντίθεση με τα Δημόσια ATM δίκτυα που συνήθως χρησιμοποιούν E.164 διευθύνσεις, που έχουν σχηματισθεί όπως καθορίσθηκε από την ITU-T. Το ATM Forum έχει ορίσει μία NSAP κωδικοποίηση για E.164 διευθύνσεις, που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση E.164 διευθύνσεων μέσα σε ιδιωτικά δίκτυα, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε μερικά ιδιωτικά δίκτυα.

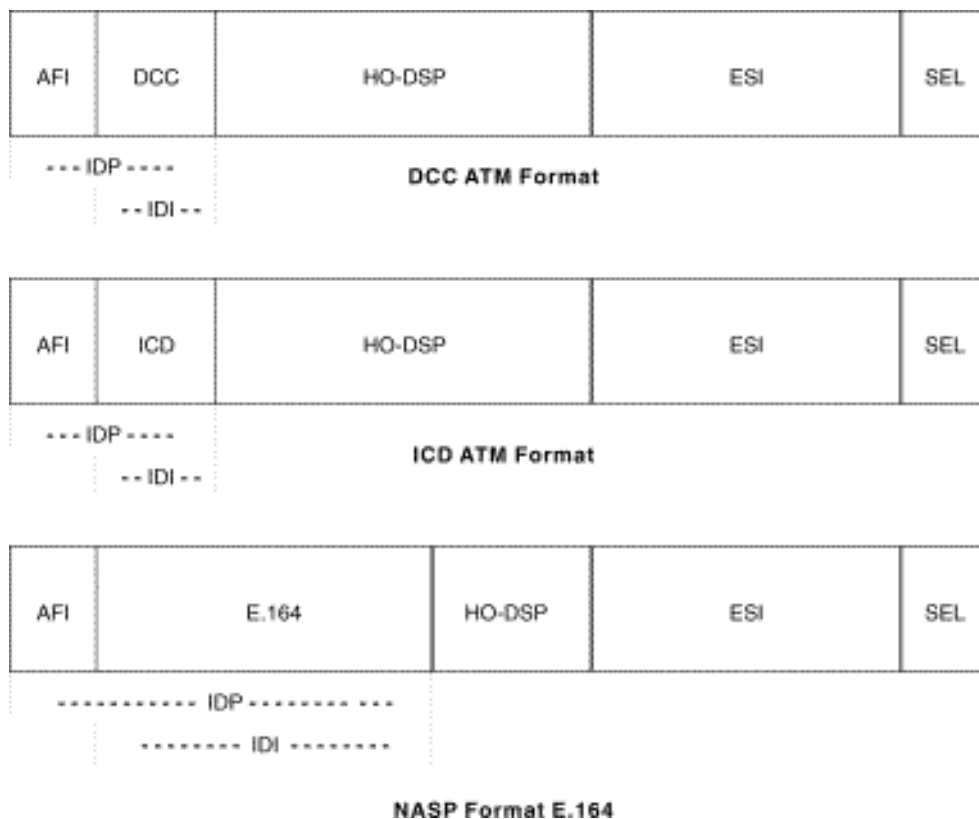
Τέτοια ιδιωτικά δίκτυα μπορούν να στηρίξουν την δική τους εσωτερική διευθυνσιοδότηση στην E.164 διεύθυνση του Δημόσιου UNI στο οποίο συνδέονται και μπορούν να πάρουν το prefix της διεύθυνσης από τον E.164 αριθμό, χαρακτηρίζοντας τους τοπικούς κόμβους από την τιμή των χαμηλότερης τάξης bits.

Όλες οι ATM διευθύνσεις με NSAP format αποτελούνται από τρία βασικά μέρη: τον Authority Format Identifier (AFI), τον Initial Domain Identifier (IDI), και το Domain Specific Part (DSP). Το AFI καθορίζει τη σημασία και τη μορφή του IDI, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ερμηνευθεί το περιεχόμενο του IDI που ακολουθεί.

Το IDI με τη σειρά του χαρακτηρίζει την εκχώρηση της διεύθυνσης και το DSP περιλαμβάνει την πραγματική πληροφορία δρομολόγησης.

Υπάρχουν τρεις τύποι διευθυνσιοδότησης Ιδιωτικού ATM δικτύου, που διαφέρουν λόγω της διαφορετικής φύσης του AFI και του IDI. Στο κατά NSAP κωδικοποιημένο E.164 format, το IDI είναι ένας E.164 αριθμός. Στο DCC format, το IDI είναι ένας Κωδικός Χώρας (DCC - Data Country Code), που χαρακτηρίζει τις συγκεκριμένες χώρες, όπως αυτός καθορίζεται από το ISO 3166. Αυτές οι διευθύνσεις διαχειρίζονται από το ISO National Member Body σε κάθε χώρα. Στο ICD format, το IDI είναι ένα Διεθνές Διακριτικό (ICD - International Code Designator), που εκχωρείται σύμφωνα από την Αρχή Εκχώρησης που προβλέπεται από το ISO 6523 (το Βρετανικό Ινστιτούτο Προτύπων). Οι ICD κωδικοί καθορίζουν συγκεκριμένους διεθνείς οργανισμούς.

Το ATM Forum συστήνει ότι οργανισμοί ή παροχείς υπηρεσιών ιδιωτικών δικτύων θα πρέπει να χρησιμοποιούν είτε DCC είτε ICD format για να δημιουργήσουν το δικό τους σχήμα διευθυνσιοδότησης. Στο **Σχήμα 3.9** φαίνονται οι τρεις τύποι διευθυνσιοδότησης ATM ιδιωτικών δικτύων.



Σχήμα 3.9 Οι τρεις τύποι διευθυνσιοδότησης που χρησιμοποιούνται σε ιδιωτικά ATM δίκτυα.

3.14.2 Τα πεδία μίας ATM διεύθυνσης

- Οι ακόλουθες περιγραφές συνοψίζουν τα πεδία που φαίνονται στο **Σχήμα 3.9**.
- **AFI** - Καθορίζει τον τύπο και το format της διεύθυνσης
- **DCC** - Χαρακτηρίζει συγκεκριμένες χώρες
- **HO-DSP** (High-Order Domain Specific Part) - Συνδυάζει το μέρος της NSAP διεύθυνσης που περιέχει την πληροφορία δρομολόγησης καθώς και το μέρος της διεύθυνσης που περιέχει τον Δείκτη Περιοχής (AREA). Το ATM Forum συνδύασε αυτά τα δύο μέρη της διεύθυνσης για να παρέχει μία ευέλικτη, πολυεπίπεδη ιεραρχία διευθυνσιοδότησης για να δημιουργήσει πρωτόκολλα δρομολόγησης που στηρίζονται σε prefixes.
- **ESI** (End System Identifier) - Καθορίζει την 48-bits MAC διεύθυνση, όπως αυτή προκύπτει από την ανάθεση που κάνει στις κατασκευάστριες

εταιρείες δικτυακού εξοπλισμού το Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

- **SEL** (Selector) - Χρησιμοποιείται για τοπική πολύπλεξη εσωτερικά στους σταθμούς που είναι άκρα του ATM δικτύου και δεν έχουν καμμία άλλη σημασία μέσα στο ATM δίκτυο.
- **ICD** - Χαρακτηρίζει και καθορίζει συγκεκριμένους διεθνείς οργανισμούς.
- **E.164** - Δηλώνει την γνωστή BISDN E.164 διεύθυνση.

3.15 ATM ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Το ATM υποστηρίζει δύο τύπους συνδέσεων: (α) την σημείο προς σημείο (point-to-point) και (β) την σημείο προς πολλά σημεία (point-to-multipoint).

Η σημείο-προς-σημείο σύνδεση συνδέει δύο ακραία σημεία του ATM δικτύου και μπορεί να είναι μονοκατευθυντήριο (unidirectional) ή δικάτευθυντήριο (bidirectional), δηλαδή να υποστηρίζει επικοινωνία δύο κατευθύνσεων. Η “σημείο προς πολλά σημεία” σύνδεση συνδέει ένα απλό σημείο (γνωστό ως “κορυφή”) που αποτελεί την πηγή της πληροφορίας, το σημείο από το ξεκινά η σύνδεση, ταυτόχρονα προς πολλά συστήματα (γνωστά ως “φύλλα”) που βρίσκονται σε άκρα του ATM δικτύου και αποτελούν τους προορισμούς της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Τέτοιες συνδέσεις είναι μόνο μονοκατευθυντήριες. Οι κόμβοι-κορυφές μπορούν να μεταδώσουν προς κόμβους-φύλλα, αλλά οι κόμβοι-φύλλα δεν μπορούν να μεταδώσουν προς κόμβο-κορυφή ή μεταξύ τους, μέσα από την ίδια σύνδεση. Σε οποιοδήποτε σημείο, δηλαδή μεταγωγέα, μέσα στο ATM δίκτυο μία σύνδεση διασπάται σε δύο ή περισσότερα παρακλάδια, πραγματοποιείται δημιουργία αντιγράφων του cell καθένα από τα οποία οδηγείται μέσα από κάθε ένα από τα παρακλάδια.

Θα ήταν επιθυμητό σε ATM δίκτυα να είχαμε δικάτευθυντήριες συνδέσεις πολλών-σημείων-προς-πολλά-σημεία (multipoint-to-multipoint). Τέτοιες συνδέσεις είναι ανάλογες των broadcasting και multicasting δυνατοτήτων των τοπικών δικτύων διαμοιραζόμενου φυσικού μέσου (όπως είναι το Ethernet και το

Token). Η δυνατότητα για broadcasting είναι εύκολο να υλοποιηθεί σε τοπικά δίκτυα διαμοιραζόμενου φυσικού μέσου, όπου όλοι οι κόμβοι σε ένα segment του τοπικού δικτύου θα πρέπει να αποδέχονται και να επεξεργάζονται όλα τα πακέτα που στέλνονται σ' αυτό το segment. Δυστυχώς, μία multipoint-to-multipoint σύνδεση δεν μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας AAL5, το οποίο είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο AAL για την μετάδοση δεδομένων πάνω από ένα ATM δίκτυο. Σε αντίθεση με το AAL3/4, το οποίο διαθέτει το πεδίο Message Identifier (MID), το AAL5 δεν υποστηρίζει κάποιον τρόπο μέσα στο format του ATM cell ώστε να μπορεί να παρεμβάλλει cells από διαφορετικά AAL5 πακέτα (PDUs) πάνω στην ίδια σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα AAL5 πακέτα που στέλνονται σε έναν συγκεκριμένο προορισμό μέσα από μία συγκεκριμένη σύνδεση, πρέπει να παραληφθούν με τη συγκεκριμένη σειρά που στάλθηκαν. Διαφορετικά, η διεργασία που εκτελείται στον προορισμό, για την επανένωση των cells που καταφθάνουν και τον επανασχηματισμό του πακέτου που στάλθηκε, δεν θα είναι σε θέση να επανασυνθέσει τα πακέτα που λαμβάνει. Αυτός είναι ο λόγος που οι AAL5 point-to-multipoint συνδέσεις μπορεί να είναι μόνο μονοκατευθυντήριες. Αν ένας κόμβος-φύλλο πρόκειται να στείλει ένα AAL5 πακέτο πάνω στη σύνδεση, αυτό θα παραλειφθεί τόσο από τον κόμβο-κορυφή όσο και από άλλους κόμβους-φύλλα. Σ' αυτούς του κόμβους, το πακέτο που στάλθηκε από τον κόμβο-φύλλο μπορεί να αναμειχθεί με πακέτα που στέλνονται από τον κόμβο-κορυφή και πιθανόν από άλλους κόμβους-φύλλα, καθιστώντας αδύνατη την επανασύνθεση οποιουδήποτε από τα αναμειγμένα πακέτα.

3.16 ATM ΚΑΙ MULTICASTING

Το ATM απαιτεί κάποια μορφή δυνατότητας για multicasting. Το AAL5 (που είναι το πιο κοινό για τη μετάδοση δεδομένων) δεν υποστηρίζει τη δυνατότητα για ανάμειξη πακέτων και επομένως δεν υποστηρίζει multicasting.

Αν ένας κόμβος-φύλλο μετέδωσε ένα πακέτο σε μία AAL5 σύνδεση, το πακέτο μπορεί να αναμειχθεί με άλλα πακέτα και να επανασυντεθεί λανθασμένα. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος έχουν προταθεί τρεις μέθοδοι: VP multicasting, multicast server και overlaid point-to-multipoint σύνδεση.

Στα πλαίσια της πρώτης μεθόδου, ένα multipoint-to-multipoint virtual path διασυνδέει όλους του κόμβους σε ένα multicast group, και κάθε κόμβος αποκτά μία μοναδική τιμή VCI μέσα στο virtual path. Έτσι, τα αναμειγμένα πακέτα μπορούν να αναγνωρισθούν από την μοναδική VCI τιμή της προέλευσης. Δυστυχώς, αυτός ο μηχανισμός θα απαιτούσε ένα πρωτόκολλο που θα έδινε μοναδικές VCI τιμές στους κόμβους, αλλά προς το παρόν δεν υπάρχει ένα τέτοιο πρωτόκολλο. Επιπλέον, δεν είναι ξεκάθαρο αν οι υπάρχουσες SAR συσκευές θα μπορούσαν εύκολα να υποστηρίξουν έναν τέτοιο τρόπο λειτουργίας.

Ένας multicast server είναι μία άλλη σημαντική λύση στο πρόβλημα του multicasting πάνω από ATM δίκτυα. Σ' αυτό το σενάριο, όλοι οι κόμβοι που επιθυμούν να μεταδώσουν μέσα σε ένα multicasting group, εγκαθιστούν μία point-to-point σύνδεση με μία εξωτερική οντότητα/συσκευή γνωστή ως multicast server. Αυτός με τη σειρά του συνδέεται σε όλους τους κόμβους, που επιθυμεί να λάβουν τα multicast πακέτα, μέσα από μία point-to-multipoint σύνδεση. Ο multicast server λαμβάνει τα πακέτα μέσα από τις point-to-point συνδέσεις και ακολούθως τα αναμεταδίδει μέσα από την point-to-multipoint σύνδεση, αλλά μόνο αφού εξασφαλιστεί ότι τα πακέτα βρίσκονται στη σωστή σειρά (που σημαίνει ότι το κάθε πακέτο ολοκληρώνει τη μετάδοσή του πριν ξεκινήσει να στέλνεται το επόμενο πακέτο). Κατ' αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται η ανάμειξη των cells.

Μία overlaid point-to-multipoint σύνδεση είναι η τρίτη λύση στο πρόβλημα του multicasting πάνω από ένα ATM δίκτυο. Σ' αυτό το σενάριο, όλοι οι κόμβοι του multicast group εγκαθιστούν μία point-to-multipoint σύνδεση με κάθε άλλο κόμβο στο group και, στη συνέχεια, γίνεται κόμβος-φύλλα για κάθε ισοδύναμη σύνδεση όλων των άλλων κόμβων. Οπότε, όλοι οι κόμβοι μπορούν να μεταδίδουν αλλά και να λαμβάνουν από όλους τους άλλους κόμβους. Αυτή η λύση απαιτεί κάθε κόμβος να συντηρεί μία σύνδεση για κάθε κόμβο μέλος του group, ενώ ο μηχανισμός του multicast-server απαιτεί μόνο δύο συνδέσεις. Αυτός ο τύπος σύνδεσης θα απαιτούσε, επίσης, μία διαδικασία καταχώρησης για να ενημερώνονται οι κόμβοι που συμμετέχουν στο group για την ύπαρξη των

άλλων κόμβων του group, ώστε οι νέοι κόμβοι να μπορούν να σχηματίσουν την point-to-multipoint σύνδεση. Οι άλλοι κόμβοι πρέπει να γνωρίζουν για τον κάθε νέο κόμβο ώστε να μπορούν να προσθέσουν τον νέο κόμβο μεταξύ των δικών τους point-to-multipoint συνδέσεων. Ο μηχανισμός του multicast-server είναι περισσότερο βαθμωτός όσον αφορά την επέκτασή του (μιλάμε για την χρήση των πόρων που απαιτεί κάθε σύνδεση) αλλά παρουσιάζει το πρόβλημα να απαιτεί ένα κεντροποιημένο σύστημα που θα τοποθετεί τα cells στη σωστή σειρά, το οποίο από τη μία αποτελεί σημείο συμφόρησης στο δίκτυο αλλά και μοναδικό σημείο στο οποίο αν παρουσιαστεί πρόβλημα στη σωστή του λειτουργία, αυτομάτως σημαίνει και καταστροφικό πρόβλημα στο συνολικό σύστημα.

3.17 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ ATM

Το ATM παρέχει εγγυήσεις για την ποιότητα των υπηρεσιών του οι οποίες προκύπτουν από την υποστήριξη τριών τεχνικών: *Traffic Contract*, *Traffic Shaping* και *Traffic Policing*.

Ένα ***Traffic Contract (Συμβόλαιο Κίνησης)*** καθορίζει ένα πλαίσιο που περιγράφει τη ροή δεδομένων που πρόκειται να μεταδοθεί. Αυτό το πλαίσιο, εκτός των άλλων, καθορίζει τιμές για τη μέγιστη τιμή του bandwidth που θα χρειαστεί, τη μέση τιμή του bandwidth που απαιτείται να είναι διαθέσιμο ώστε να μην διακοπεί η σύνδεση και, το μέγεθος μιας ξαφνικής μαζικής μετάδοσης. Όταν ένα σύστημα που βρίσκεται σε ένα άκρο του ATM δικτύου ξεκινά τη σύνδεσή του στο δίκτυο, στην πραγματικότητα εισέρχεται σε μία συμφωνία-συμβόλαιο με το ATM δίκτυο το οποίο στηρίζεται σε παραμέτρους που καθορίζουν την ποιότητα της ζητούμενης υπηρεσίας.

Λέγοντας ***Traffic Shaping (Μορφοποίηση Κίνησης)*** εννοούμε τη χρήση ουρών για να περιορίσουμε τις εξάρσεις στη διακίνηση των δεδομένων, για να περιορίσουμε τη μέγιστη τιμή του απαιτούμενου bandwidth και για εξομαλύνουμε το jitter (διασπορά της καθυστέρησης της μετάδοσης) έτσι ώστε η κίνηση που θέλουμε να μεταδώσουμε να ταιριάζει μέσα στο πλαίσιο των πόρων

που το ATM δίκτυο τελικώς κάνει αποδεκτό. Οι ATM συσκευές είναι υπεύθυνες για να συντάσσονται στο Συμβόλαιο Κίνησης που έχουν με το ATM δίκτυο, χρησιμοποιώντας τη τεχνική του Traffic Shaping. Οι ATM μεταγωγείς μπορούν να χρησιμοποιήσουν Traffic Policing για να αναγκάσουν τις ATM συσκευές που συνδέονται σε αυτούς να συμμορφωθούν με το μεταξύ τους Συμβόλαιο Κίνησης. Ο μεταγωγέας μπορεί να μετρήσει την πραγματική ροή κίνησης και να την συγκρίνει με το προσυμφωνημένο πλαίσιο που καθορίζεται από το Traffic Contract. Αν ο μεταγωγέας διαπιστώσει ότι η κίνηση βρίσκεται έξω από τις προσυμφωνημένες παραμέτρους, μπορεί να θέσει το CLP (cell-loss-priority) bit των επερχόμενων cells στη τιμή 1. Αυτό κάνει το cell να μπορεί να επιδέχεται ευκολότερα την απόρριψή του, το οποίο σημαίνει ότι κάθε μεταγωγέας που θα χειριστεί αυτό το cell επιτρέπεται να το απορρίπτει κατά τη διάρκεια περιόδων συμφόρησης.

3.17.1 ATM σηματοδосία και εγκατάσταση σύνδεσης

Όταν μία TM συσκευή επιθυμεί να συνδεθεί με μία άλλη ATM συσκευή, στέλνει ένα πακέτο στον ATM μεταγωγέα στον οποίο συνδέεται απευθείας, το οποίο μεταφέρει την απαραίτητη σηματοδосία για το συγκεκριμένο αίτημα. Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει την ATM διεύθυνση του ATM άκρου στο οποίο θέλει να συνδεθεί καθώς και κάθε QoS παράμετρο που απαιτείται για να περιγράψει την ζητούμενη ποιότητα της υπηρεσίας που θα περάσει πάνω από αυτή τη σύνδεση.

Τα πρωτόκολλα της ATM σηματοδосίας ποικίλουν με βάση τον τύπο της ATM σύνδεσης, τα οποία μπορεί να είναι είτε UNI είτε NNI σήματα. Τα UNI σήματα χρησιμοποιούνται μεταξύ ενός ATM τελικού συστήματος και ενός ATM μεταγωγέα διαμέσου του ATM UNI, και τα NNI χρησιμοποιείται μέσα από NNI συνδέσεις.

Η ATM Forum UNI 3.1 προδιαγραφή είναι το τρέχων πρότυπο για την ATM UNI σηματοδосία. Το UNI 3.1 βασίζεται στο Q.29.31 πρωτόκολλο

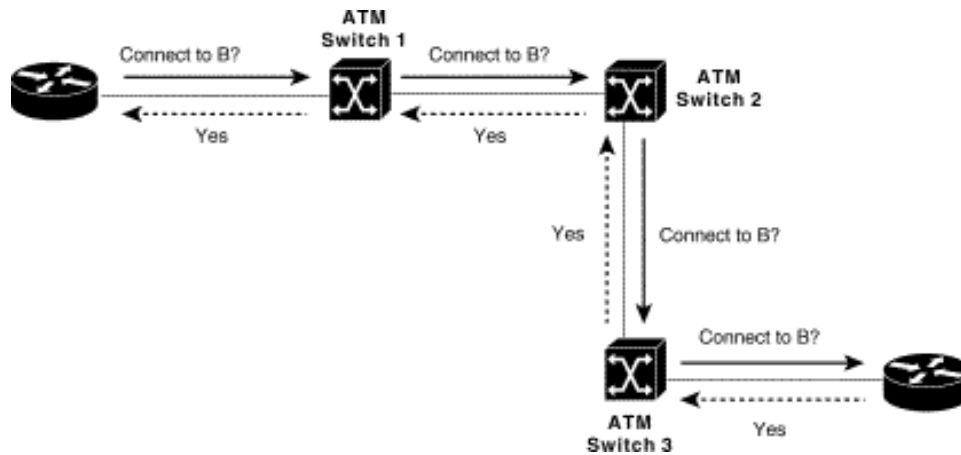
σηματοδοσίας για δημόσια δίκτυα που αναπτύχθηκε από την ATU-T. Οι UNI αιτήσεις σηματοδοσίας μέσα από μία συγκεκριμένη και κοινά αποδεκτή σύνδεση: VPI=0, VCI=5. Μέχρι πρόσφατα, υπήρχαν πρότυπα μόνο για τη σηματοδοσία ATM UNI, αλλά τελευταία έχει προχωρήσει πολύ σχετική εργασία για την προτυποποίηση του NNI.

3.17.2 Η διεργασία αποκατάστασης σύνδεσης στο ATM

Η ATM σηματοδοσία χρησιμοποιεί μία μέθοδο αρχικοποίησης μιας σύνδεσης σε ένα βήμα, η οποία χρησιμοποιείται σε όλα τα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως είναι το τηλεφωνικό δίκτυο. Στην αποκατάσταση μιας ATM σύνδεσης το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση αρχικά στέλνει ένα αίτημα σύνδεσης το οποίο διαδίδεται μέσα από το δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, αποκαθίστανται διαδοχικές συνδέσεις μεταξύ συνεχόμενων κόμβων του δικτύου. Η αίτηση σύνδεσης φτάνει στο τελικό προορισμό, που είτε αποδέχεται είτε απορρίπτει την αίτηση σύνδεσης.

3.17.3 Δρομολόγηση και Διαπραγμάτευση της αίτησης σύνδεσης

Η δρομολόγηση της αίτησης σύνδεσης είναι στενά συνδεδεμένη με ένα πρωτόκολλο ATM δρομολόγησης (το οποίο δρομολογεί συνδέσεις βασισμένο στις διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού), την ίδια τη κίνηση και τις QoS παραμέτρους που ζητήθηκαν από το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση. Η δυνατότητα διαπραγμάτευσης μιας αίτησης σύνδεσης που απορρίπτεται από το ATM σύστημα προορισμού είναι περιορισμένη, γιατί η δρομολόγηση μιας κλήσης στηρίζεται στις παραμέτρους της αρχικής σύνδεσης. Η οποιαδήποτε μεταβολή των παραμέτρων θα μπορούσε με τη σειρά της να επηρεάσει τη δρομολόγηση της σύνδεσης. Στο **Σχήμα 3.10** φαίνεται η προαναφερόμενη μέθοδος αποκατάστασης σύνδεσης.



Σχήμα 3.10: Οι ATM συσκευές εγκαθιστούν συνδέσεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του “ενός-περάσματος”

3.18 ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΙΑΣ ATM ΣΥΝΔΕΣΗΣ

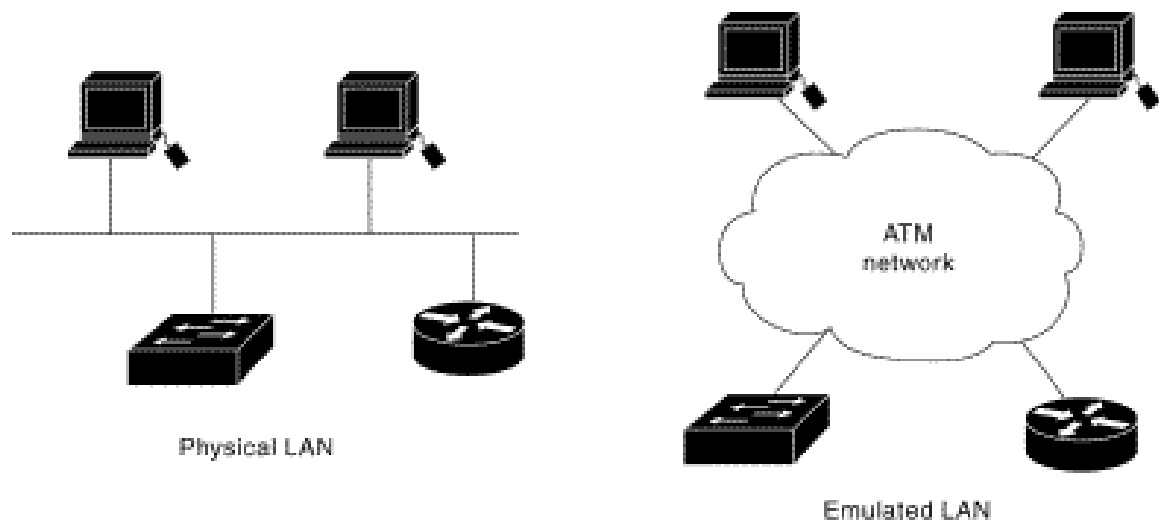
Για την αποκατάσταση αλλά και την παύση μιας ATM σύνδεσης χρησιμοποιείται ένα πλήθος από τύπους μηνυμάτων για τη διαχείριση της σύνδεσης, στο οποίο περιλαμβάνοντας μηνύματα για αρχικοποίηση της σύνδεσης, παρακολούθηση της προόδου της κλήσης, τη σύνδεση και την απελευθέρωσή της. Το σύστημα που ξεκινά μια σύνδεση στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης στο οποίο περιλαμβάνεται η ATM διεύθυνση του συστήματος προορισμού και οποιεσδήποτε QoS παράμετροι. Ο μεταγωγέας στον οποίο συνδέεται το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση, στέλνει ένα μήνυμα με πληροφορίες για την πρόοδο της κλήσης πίσω, ως απάντηση στο μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης. Το ATM σύστημα προορισμού, στην περίπτωση που η σύνδεση γίνει αποδεκτή, στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης. Το τελικό σύστημα (προορισμός της κλήσης) στέλνει ένα μήνυμα απελευθέρωσης στο σύστημα που ζήτησε τη σύνδεση, στην περίπτωση που η σύνδεση απορριφθεί.

Για την αποκατάσταση μιας ATM σύνδεσης χρησιμοποιούνται μηνύματα σύμφωνα με τον παρακάτω τρόπο. Αρχικά το σύστημα που ξεκινά τη σύνδεση στέλνει ένα setup message που προωθείται στον πρώτο κοντινότερο ATM μεταγωγέα (ingress switch) του Δικτύου. Ο μεταγωγέας στέλνει ένα call

proceeding μήνυμα και ξεκινά να χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο ATM δρομολόγησης. Η αίτηση σηματοδοσίας διαβιβάζεται κατά μήκος του δικτύου. Ο μεταγωγέας στον οποίο συνδέεται το σύστημα προορισμού (egress switch) λαμβάνει το setup message. Το egress switch προωθεί το setup message στο σύστημα προορισμού, χρησιμοποιώντας το UNI interface, και το τελικό ATM σύστημα στέλνει ένα μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης στην περίπτωση που η σύνδεση γίνει αποδεκτή. Το μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης διέρχεται προς τα πίσω ολόκληρο το δίκτυο χρησιμοποιώντας το ίδιο μονοπάτι μέχρι να φτάσει στο σύστημα που ξεκίνησε τη σύνδεση, το οποίο στέλνει ένα μήνυμα αναγνώρισης προς το σύστημα προορισμού για να δηλώσει πως είναι γνώστης της αποκατάστασης της σύνδεσης. Από αυτό το σημείο και μετά μπορεί να ξεκινήσει η μεταφορά δεδομένων.

3.19 ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟ ATM (LANE-LAN EMULATION)

Το LANE είναι ένα πρότυπο που καθορίστηκε από το ATM Forum, το οποίο προσδίδει σε σταθμούς διασυνδεδεμένους μέσω ATM, τις ίδιες δυνατότητες που συνήθως έχουν από τα κλασσικά LAN's, όπως είναι το Ethernet και το Token Ring. Όπως προκύπτει από το όνομα, η λειτουργία του LANE πρωτοκόλλου είναι η εξομοίωση ενός Τοπικού Δικτύου (LAN) πάνω από ένα ATM δίκτυο. Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο LANE καθορίζει μηχανισμούς εξομοίωσης είτε ενός IEEE 802.5 Ethernet ή ενός 802.5 Token Ring. Το LANE πρωτόκολλο όπως έχει μέχρι σήμερα δε υποστηρίζει την εξομοίωση FDDI δικτύων. Το **Σχήμα 3.11** συγκρίνει ένα φυσικό LAN και ένα εξομοιωμένο LAN.



Σχήμα 3-11: Τα ATM δίκτυα μπορούν να εξομοιώσουν ένα φυσικό Τοπικό Δίκτυο (LAN)

Το LANE πρωτόκολλο καθορίζει ένα service interface για πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου (network layers) το οποίο είναι όμοιο με εκείνο των γνωστών LANs. Τα δεδομένα που στέλνονται μέσα σε ένα ATM δίκτυο ενθυλακώνονται στο κατάλληλο format ενός LAN MAC πακέτου. Για να το θέσουμε πιο απλά, τα LANE πρωτόκολλα κάνουν ένα ATM δίκτυο να δείχνει και να συμπεριφέρεται όπως ένα Ethernet ή ένα Token Ring LAN, αν αφήσουμε στην άκρη το γεγονός ότι πρόκειται για ένα πολύ γρηγορότερο δίκτυο από ένα πραγματικό Ethernet ή Token Ring.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι το LANE δεν επιχειρεί να εξομοιώσει το πραγματικό MAC πρωτόκολλο του συγκεκριμένου Τοπικού Δικτύου (LAN) στο οποίο αναφερόμαστε (δηλαδή CSMA/CD για το Ethernet ή Token Passing για το IEEE 802.5). Το LANE δεν απαιτεί τροποποιήσεις σε πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου για να επιτρέψει τη λειτουργία τους πάνω σε ένα ATM δίκτυο.

4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ GIGABIT ETHERNET ΚΑΙ ATM – ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σ' αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τους λόγους για τους οποίους θα πρέπει κανείς να προτιμά ή να αποφεύγει τη χρήση των δύο αυτών δικτυακών τεχνολογιών.

Με την πρώτη ματιά μπορεί να φανεί ότι η απαίτηση για περισσότερο bandwidth είναι πλασματική και απλώς οδηγούμαστε από τις ίδιες τις κατασκευάστριες εταιρείες δικτυακού εξοπλισμού οι οποίες ακολουθώντας τον δικό τους κύκλο ανάπτυξης μέσα από την κατασκευή και πώληση συσκευών και λογισμικού ολοένα και υψηλότερων επιδόσεων, προσπαθούν να μας πείσουν ότι αυτά που κατασκευάζουν είναι και αυτά που οπωσδήποτε χρειαζόμαστε. Ωστόσο, αυτό δεν είναι πλέον μακριά και από την πραγματικότητα, αφού υπάρχουν αρκετοί, πραγματικοί και σοβαροί λόγοι που οδηγούν τα δίκτυα στην χρήση περισσότερου bandwidth. Ο πιο έκδηλος είναι η επέκταση και διεύρυνση των δικτύων ώστε να υποστηρίζουν περισσότερους χρήστες σε απομακρυσμένα σημεία (παραρτήματα του κεντρικού χώρου στον οποίο εργάζονται και γενικότερα λειτουργούν), στο σπίτι τους ή ακόμα ενώ βρίσκονται σε κίνηση έξω από αυτούς τους χώρους. Ένας άλλος λόγος είναι η μεγάλη διασπορά και διάδοση της χρήσης του Internet, που πραγματικά πλημμυρίζει τους κορμούς των διαφόρων δικτύων με γραφικά δεδομένα. Επίσης, τα Intranets με την τάση που έχουν να διανέμουν δεδομένα και εφαρμογές σε ολόκληρο το δίκτυο σηματοδοτούν μία αλλαγή στη στάση και την συμπεριφορά των χρηστών που όλο και με μεγαλύτερη συχνότητα διαπερνούν τα στενά όρια των μικρών ομάδων εργασίας (workgroups) στις οποίες ανήκουν. Έπειτα είναι η ανάπτυξη μίας ιδιαίτερης μορφής λειτουργίας του κάθε δικτύου στην οποία όλοι οι χρήστες συνεχώς “κατεβάζουν” δεδομένα μέσω του αντίστοιχου δικτύου κορμού. Και καθώς αυξάνεται η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων στα εσωτερικά δίκτυα των workgroups, έτσι κατ' αναλογία θα πρέπει να αυξάνεται και η ταχύτητα μετάδοσης στα δίκτυα κορμού. Διαφορετικά επέρχεται bottleneck.

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

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

4.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (QUALITY OF SERVICE)

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

δεδομένων. Έτσι, το ATM μπορεί να υποστηρίζει όλων των ειδών τις μεταδόσεις πάνω από ένα δίκτυο.

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

4.2 ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ BANDWIDTH

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

Αν και υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί ρυθμοί μετάδοσης στο ATM standard, ο υπάρχον δικτυακός εξοπλισμός τύπου μεταγωγών δεν επιτρέπει την σταδιακή αναβάθμιση ενός δικτύου, όπως συμβαίνει με τα 10/100 Ethernet switches. Με άλλα λόγια δεν βρίσκουμε στην αγορά προϊόντα όπως ATM κάρτες υπολογιστών που να μπορούν να λειτουργήσουν κατά το επιθυμητό είτε στα 25Mbps είτε στα 155Mbps είτε στα 622Mbps, ανάλογα με την θύρα του ATM

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

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινήσουμε ότι δεν πρέπει να υπάρχει σύγχυση με τη δυνατότητα που παρέχει το ATM για τη διαχείριση του διαθέσιμου bandwidth πάνω από μία φυσική σύνδεση. Έτσι, μπορεί μία ATM σύνδεση να είναι των 155Mbps αλλά ο διαχειριστής του δικτύου να επιτρέπει συνολικά μόνο ένα μέρος αυτού του bandwidth να χρησιμοποιείται από κάποιον χρήστη, π.χ. τα 70Mbps. Αυτό απλώς σημαίνει ότι η φυσική σύνδεση χρησιμοποιείται μόνο κατά το αντίστοιχο ποσοστό (δηλαδή στην περίπτωσή μας κατά το 70/155) από τον συγκεκριμένο χρήστη ενώ τον υπόλοιπο χρόνο (π.χ. περίπου $[155-70]/155$) απλώς μένει ανενεργή ή χρησιμοποιείται από άλλον χρήστη. Ωστόσο, κάθε χρονική στιγμή στην οποία μεταδίδει πληροφορία, η μετάδοση αυτής της

πληροφορίας πραγματοποιείται με το σταθερό ρυθμό των 155Mbps το δευτερόλεπτο.

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

4.3 ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το γεγονός ότι το ATM είναι ικανό να υποστηρίξει υπηρεσίες σε πολλούς διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε μέρος ενός δικτύου. Όχι μόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διασύνδεση στα πλαίσια μίας ομάδας εργασίας (workgroup) αλλά και σε όλο το εύρος του Δικτύου Κορμού και τελικά ακόμη και στο ευρείας περιοχής μέρος του δικτύου.

Στη θεωρία, το ATM μπορεί να μεταφέρει κάθε τύπο υπηρεσίας σε όλο το εύρος ενός δικτύου, αφού άλλωστε αυτός είναι και ο σκοπός της αρχικής του σχεδίασης από την CCITT (σήμερα ITU) το 1988. Ωστόσο, το ATM έχει αποτύχει μέχρι τώρα να επικρατήσει ή έστω να επεκταθεί σε σημαντικό βαθμό στο desktop μέρος των δικτύων. Η καθημερινή πρακτική μας θυμίζει ότι το κόστος προμήθειας μίας Ethernet κάρτας υπολογιστή (Ethernet NIC) έχει μειωθεί δραματικά (μίας FastEthernet κάρτα με UTP interface κοστίζει περίπου 20.000δρχ) αφήνοντας τις ATM κάρτες να αποτελούν πολύ ακριβότερες λύσεις (μία ATM κάρτα των 155Mbps επίσης με UTP interface κοστίζει περίπου 200.000δρχ, παρουσιάζει δηλαδή περίπου δεκαπλάσιο κόστος).

4.4 ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Τα πρότυπα τα σχετικά με το ATM έχουν ολοκληρωθεί και παγιωθεί εδώ και αρκετό χρονικό διάστημα. Τα περισσότερα μέρη αυτής της τεχνολογίας, όπως είναι το LAN Emulation, η διαχείριση του δικτύου σε ευρεία περιοχή (WAN), τα interfaces στο φυσικό επίπεδο, τα πρωτόκολλα μεταγωγής, η διαχείρισης της κίνησης που διέρχεται από το δίκτυο, τα διαφορετικά interfaces μεταξύ χρηστών και δικτύου, έχουν προτυποποιηθεί για διάστημα αρκετών ετών το καθένα. Αυτό σημαίνει ότι έχουν δοκιμαστεί και φυσικά ότι έχουν δημιουργηθεί και αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα. Μία σειρά από προϊόντα που υποστηρίζουν ATM δίκτυα είναι διαθέσιμα από ένα σύνολο από γνωστούς κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού και χρησιμοποιούνται από αρκετούς οργανισμούς και φορείς παγκοσμίως. Οι περιοχές ανθρώπινης δραστηριότητας στις οποίες συναντάμε περισσότερο συχνά την χρήση ATM δικτύων είναι η υγεία και η εκπαίδευση, των οποίων οι αντίστοιχοι φορείς έχουν συχνά προβεί στην εγκατάσταση της σχετικής δικτυακής υποδομής. Ο λόγος είναι φυσικά η ιδιαίτερη μορφή της διακινούμενης πληροφορίας που παρατηρείται σ' αυτούς τους φορείς, και που κατά βάση είναι προϊόν εφαρμογών πολυμέσων. Αντίθετα το Gigabit Ethernet είναι μία σχετικά νεότερη τεχνολογία, που πολύ πρόσφατα ξεκίνησε η προσπάθεια προτυποποίησής της και που είναι λογικό πως δεν έχει προλάβει να δώσει ακόμη μεγάλο εύρος ενεργών δικτυακών συσκευών και μάλιστα από αρκετούς κατασκευαστές. Συμπερασματικά, προκύπτει πως με βάση το κριτήριο

του βαθμού προτυποποίησης και του πλήθους των σχετικών προϊόντων και κατασκευαστών αυτών των προϊόντων που υπάρχουν σήμερα, το ATM δείχνει να έχει κάποιο προβάδισμα. Αυτή η διαπίστωση όπως είναι κατανοητό έχει ισχύ αυστηρά μόνο αυτή τη στιγμή που συντάσσεται το παρόν κείμενο και δεν μπορεί να στηριχθεί σε σημαντικό βαθμό κανείς σ' αυτήν για να συγκρίνει τις δύο τεχνολογίες. Είναι βέβαιο πως είναι πολύ κοντά η στιγμή που το Gigabit Ethernet θα είναι πλήρως προτυποποιημένο και τα προϊόντα θα ακολουθούν απόλυτα αυτά τα πρότυπα.

4.5 ΚΟΣΤΟΣ

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

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

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

4.6 ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ

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

Είναι κοινά αποδεκτό, κυρίως από τους διαχειριστές δικτύων βασισμένων σε ATM τεχνολογία, ότι σχεδόν ελάχιστη προσπάθεια έχει δοθεί από τις

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

Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στο χώρο της κατασκευής ATM δικτυακού εξοπλισμού, την FORE. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του ATM και πριν την προτυποποίηση πρωτοκόλλων όπως το Classical IP και το PNNI, στα προϊόντα της είχε ενσωματώσει τις αντίστοιχες δυνατότητες ακολουθώντας proprietary πρωτόκολλα, τα οποία ονόμασε και FORE IP και FORE PNNI, αντίστοιχα. Για να είναι δυνατή η διαλειτουργικότητα ATM μεταγωγέων που απαιτούσαν τη ρύθμιση και χρήση αυτών των πρωτοκόλλων θα έπρεπε αυτοί οι μεταγωγείς να είναι όλοι τις ίδιας κατασκευάστριας εταιρείας. Με την ολοκλήρωση της προτυποποίησης αυτών των πρωτοκόλλων, η εταιρεία (όπως ανάλογα συνέβησαν και με άλλες εταιρείες) προχώρησε στην ενσωμάτωσή τους στα προϊόντα της, κάνοντας έτσι περισσότερο δυνατή την διαλειτουργικότητα μεταξύ προϊόντων διαφορετικών εταιρειών. Ωστόσο, οι proprietary λύσεις συνεχίζουν να υποστηρίζονται στα προϊόντα της και η εκτίμηση είναι πως θα συνεχίζουν για αρκετό ακόμη καιρό ώσπου να ξεκαθαρίσει πλήρως το τοπίο σε θέματα προτυποποίησης αλλά και στο βαθμό που αυτά τα πρότυπα υιοθετούνται και υλοποιούνται από τους υπόλοιπους κατασκευαστές.

4.7 ΜΠΟΡΕΙ ΤΟ GIGABIT ETHERNET ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΟ RSVP ΝΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΕΙ ΤΟ ATM;

Μετά την τελική εμφάνιση προτύπων για Gigabit Ethernet, οι πωλητές υπόσχονται το συνδυασμό RSVP με Gigabit Ethernet με σκοπό τον εκτοπισμό του ATM από την κορυφαία θέση στα δίκτυα κορμού που απαιτούν QoS. Δυστυχώς, υπάρχουν μερικά σοβαρά μειονεκτήματα σε αυτό το σχέδιο.

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

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

4.7.1 Έλλειψη Προτύπων

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

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

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

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

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

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

Το RSVP επίσης εξαρτάται από την υποστήριξη του 802.1p (priority and multicast traffic), 802.1q (virtual LAN tags) Real Time Transport Protocol και Real Time Streaming Protocol. Ανάμεσα σε όλους αυτούς τους αριθμούς και τα Internet Engineering Task Force drafts, είναι ελάχιστα γνωστό το

γεγονός ότι το RSVP είναι ένα “best effort” QoS, με την έννοια του ότι όταν αναγνωριστεί μια συγκεκριμένη απαίτηση για QoS, το δίκτυο μπορεί να έχει ή να μην έχει την ικανότητα να την μεταφέρει.

Μία από τις πιο εξαναγκαστικές αιτίες για να διαλέξει κανείς Gigabit Ethernet είναι η πολύ ανταγωνιστική του τιμή. Έτσι σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, 622M-bit ATM ports πουλιούνται για περίπου \$13.000 ανά πόρτα, ενώ την ίδια στιγμή το Gigabit Ethernet έρχεται περίπου στις \$3.000 ανά πόρτα

4.7.2 Προβλήματα του RSVP

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

4.8 ΓΙΑΤΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ATM ΚΑΙ GIGABIT ETHERNET ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ;

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός Πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται όλα τα χαρακτηριστικά των δύο τεχνολογιών και απ’ τον οποίο μπορούμε να

τεκμηριώσουμε την άποψη ότι οι δύο τεχνολογίες στην πραγματικότητα είναι συμπληρωματικές τεχνολογίες.

Κριτήριο Σύγκρισης	Gigabit Ethernet	ATM	Γιατί Συμπληρωματικές;
Ταχύτητα μετάδοσης	1 Gbps	OC3 - 155 Mbps OC12 - 622 Mbps OC48 - 2.488 Gbps	Ταχύτητα εκεί που απαιτείται
Μέσο Μετάδοσης	Multimode fiber Single mode fiber UTP Category 5 Dual Coax	Multimode fiber Single mode fiber UTP Category 5	Παρόμοιες απαιτήσεις καλωδίωσης
Αποστάσεις Μετάδοσης	25 Meters – Dual Coax 100 Meters - Category 5 UTP 240 Meters - SX Multi-mode fiber 440 Meters - LX	 700 Meters - OC-12 MMF 15km - OC-12	Gigabit Ethernet για μικρές αποστάσεις Επιλογή για μεσαίες αποστάσεις ATM για μεγάλες αποστάσεις

	Multi-mode fiber 2 Kilometers - Single-mode fiber	SMF short reach 60km - OC12 - SMF long reach	
QoS/Cos	802.1p CoS - 8 priorities for data	QoS: ABR, VBR, CBR	CoS – από άκρο σε άκρο
VLANs	Standard 802.1Q	Standard LAN Emulation	VLAN – ELAN mapping
Flow control	802.1x - Xon/Xoff	Traffic management	802.x – TM ολοκλήρωση
Redundancy	Spanning Tree Protocol	Fully meshed, load sharing	Χρήση ανάλογα με τις απαιτήσεις
Trunking	Proprietary, switch to switch	Standards based, fully meshed	Χρησιμοποίηση ATM για trunking
Διαλειτουργικότητα(Multivendor interoperability)	Διαθέσιμη, αν και άργησε να πραγματοποιηθεί (περίπου το 1997)	Διαθέσιμη	
Πολυπλοκότητα	Σχετικώς απλό	Σχετικώς πολύπλοκο	
Εφαρμογές στις οποίες προτιμούνται	High performance workstations Desktop switch downlinks	Desktop switch downlinks Workgroup network	ATM workgroup aggregates desktop switches

	Workgroup network	Server connectivity	
	Server connectivity	Building backbone	ATM building backbone aggregates workgroup networks
	Building backbone	Enterprise backbone	
		Redundancy/Load sharing	ATM campus backbone aggregates building backbones
		LAN/MAN/WAN integration	
		Voice, video and data integration	

4.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[CuLa99] David Cunningham, William Lane: *Gigabit Ethernet Networking*,
McMillan Technology Series , 1999

[MeBo76] Robert Metcalfe, David Boggs: Ethernet: Distributed Packet
Switching in Computer Networks CACM Vol.19, No. 7, 1976

IEEE Std 802.3-1998: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
Access method and physical layer specifications

IEEE Std 802.3ac-1998: Supplement to Carrier Sense Multiple Access with
Collision Detection Access method and physical layer specifications: Frame
Extensions for VLAN Tagging on 802.3 Networks

IEEE Draft Std 802.3ad-1998: Supplement to Carrier Sense Multiple Access
with Collision Detection Access method and physical layer specifications:
Link Aggregation

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ethernet.htm

<http://www.atmforum.com>