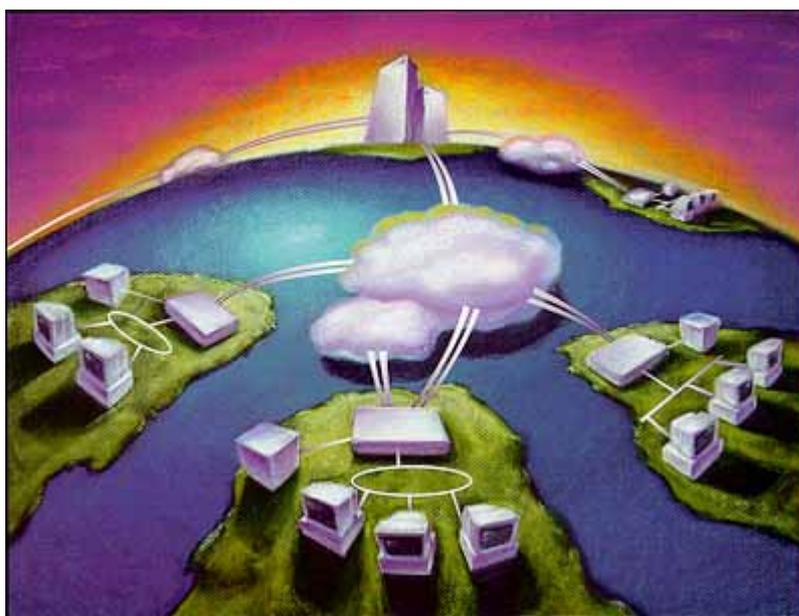




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ : ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

“Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΤΜ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ”



ΕΛΒΑΝΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΑΡΤΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ, 2003

“Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΤΜ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ”

**ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ**

ΕΛΒΑΝΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ, 2003

ΑΡΤΑ

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανάγκες της διάδοσης πληροφοριών σε μακρινές αποστάσεις καθώς και του διαμοιρασμού των πόρων, αποτέλεσαν την βασική ιδέα της ανάπτυξης των δικτύων υπολογιστών. Με την εργασία αυτή γίνεται μια αποτίμηση των αρχιτεκτονικών τοπικού δικτύου, που ήδη υπάρχουν, και των τάσεων που έχουν αναπτυχθεί με στόχο την επιβιωσιμότητά τους με τα δίκτυα ασύγχρονης μετάδοσης ATM.

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στα δίκτυα των υπολογιστών και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων (L.A.N.). Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία ATM και αναλύεται η δομή του Κελιού ATM, μιλώντας παράλληλα και για τα εικονικά μονοπάτια (V.P.) και τα εικονικά κυκλώματα (V.C.). Στο 3^ο Κεφάλαιο αναλύεται το Μοντέλο Αναφοράς ATM. Στο 4^ο Κεφάλαιο ολοκληρώνεται η παρουσίαση της ATM Τεχνολογίας αναφέροντας τα βασικά χαρακτηριστικά σχετικά με τον Έλεγχο Κίνησης και Ροής, τη Ποιότητας Υπηρεσιών (QoS), και τις Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM. Στο 5^ο Κεφάλαιο η τεχνολογία ATM «παντρεύεται» με την υπάρχουσα τεχνολογία των Τοπικών Δικτύων. Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η μορφή των πακέτων της εξομοίωσης ενός LAN σε ATM. Στο 7^ο Κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η εξομοίωση ενός LAN σε ATM, καθώς και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται. Στα τρία επόμενα Κεφάλαια 8^ο, 9^ο, 10^ο παρουσιάζονται τα εξής πρωτόκολλα : LANE 2.0, MPOA, CIF, αντίστοιχα, που χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τα μειονεκτήματα του αρχικού πρωτοκόλλου LANE 1.0. Τέλος, στο Κεφάλαιο 11^ο παρουσιάζονται εφαρμογές LANE σε ATM, τελικά συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική εξέλιξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Χαρακτηριστικά τοπικών δικτύων.....	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΤΜ

2.1 Η ανάγκη για ΑΤΜ.....	4
2.2 ΑΤΜ Κελιά.....	8
2.2.1. Μορφές επικεφαλίδας.....	9
2.2.2. Έλεγχος λάθους επικεφαλίδας.....	13
2.3 Εικονικά Μονοπάτια (Virtual Paths) και Εικονικά Κανάλια (Virtual Channels).....	14
2.3.1. Εισαγωγή.....	14
2.3.2. Χαρακτηριστικά των VP και VC.....	15
2.3.3. Πλεονεκτήματα VP και VC.....	15
2.3.4. VCI & VPI Switching συνδέσεις.....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^Ο ΑΤΜ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

3.1 Το μοντέλο αναφοράς ΑΤΜ.....	20
3.2 Επίπεδο χρήστη.....	21
3.3 Φυσικό επίπεδο.....	23
3.4 ΑΤΜ επίπεδο.....	23
3.5 ΑΤΜ Adaption Layer.....	24
3.6 Επίπεδο ελέγχου.....	33
3.7 Επίπεδο διαχείρισης.....	34
3.8 S.S.C.O.P.....	35
3.9 ΑΤΜ επίπεδο λειτουργιών και διαχείρισης (OAM).....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^Ο ΑΤΜ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

4.1 Γενικά στοιχεία για τον έλεγχο κίνησης.....	38
4.2 Ανάλυση γενικών εννοιών.....	38
4.2.1 Έλεγχος ροής.....	38
4.2.2 Ποιότητα των υπηρεσιών (QoS).....	40
4.2.3 Παράμετροι κίνησης.....	43
4.3 ΑΤΜ κατηγορίες υπηρεσιών.....	43
4.4 Καθορισμός προτεραιοτήτων απώλειας πακέτων (CLP).....	47
4.5 Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμμόρφωσης στα ΑΤΜ δίκτυα.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^Ο ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΤΜ ΜΕ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

5.1 Ανάγκη συνδυασμού ΑΤΜ με τα υπάρχοντα τοπικά δίκτυα.....	54
5.2 Μια εννοιολογική προσέγγιση της εξομοίωσης LAN.....	55
5.3 Τι είναι η εξομοίωση LAN.....	56
5.4 Απαιτήσεις του νέου δικτυακού περιβάλλοντος.....	57
5.5 Τύποι εξομοιωμένου LAN.....	61
5.6 Απαιτήσεις του LAN σε Routers και Switches.....	64
5.7 Εξομοίωση LAN σε bridges και LAN Switches.....	64
5.8 Πλεονεκτήματα της LAN εξομοίωσης	65
5.9 Περιορισμοί της LAN εξομοίωσης	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^Ο ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

6.1 Τύποι πακέτων στην LAN εξομοίωση.....	66
6.2 Ενθυλάκωση.....	67
6.3 Ενθυλάκωση για Routed πρωτόκολλα.....	69
6.4 Ενθυλάκωση πρωτοκόλλων και κλασσικών IP σε δίκτυα ΑΤΜ.....	69
6.5 RFC 1577 παροχές.....	69
6.6 Ο μηχανισμός ATMARP.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^Ο ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΝΟΣ LAN

7.1 Συστατικά του υλικού και του λογισμικού ενός LANE.....	71
7.2 Εξομοίωση LAN και τύποι σύνδεσης.....	72
7.2.1 Απόδοση αρχικών τιμών και διευθέτηση.....	74
7.2.2 Ένταξη και καταχώρηση.....	74
7.2.3 Τύποι LEC.....	75
7.3 Μετακίνηση δεδομένων.....	76
7.4 Διευθέτηση των ΑΤΜ εκπομπών.....	77
7.5 Άμεση εικονική σύνδεση δεδομένων και πλαίσια απλών εκπομπών.....	78
7.6 Πολλαπλά εξομοιωμένα LAN.....	78
7.7 Σύγκριση εικονικού και εξομοιωμένου LAN.....	79
7.8 Το LANE και το δέντρο συνδέσεων.....	79
7.9 Συγχρονισμός απλής εκπομπής πλαισίου.....	80
7.10 Εφαρμογές του LANE 1.0.....	81
7.11 Κριτική του LANE 1.0.....	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^Ο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ LANE 2.0 Specification

8.1 Γενικά στοιχεία για το νέο πρωτόκολλο.....	83
8.2 Περιγραφή του LUNI 2.0.....	83
8.2.1 Υποστήριξη QoS.....	84
8.2.2 Δυνατότητα για πολύπλεξη LLC και διαμοιρασμό VCC.....	84
8.2.3 Βελτιωμένες υπηρεσίες πολλαπλής αποστολής.....	85
8.3 Περιγραφή του LNNE 1.0.....	86
8.4 Περιγραφή της λειτουργίας του LANE 2.0.....	86
8.5 Κριτική του LANE 2.0.....	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο *MULTI-PROTOCOL over ATM (MPOA)*

9.1 Εισαγωγή - Στόχοι.....	88
9.2 Αρχιτεκτονική θεώρηση του MPOA.....	89
9.3 Συστατικά MPOA.....	90
9.4 Περιγραφή της λειτουργίας του MPOA	91
9.5 Παρατηρήσεις και κριτική του MPOA	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο *CELL inFRAMES (CIF) ΜΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ*

10.1 Εισαγωγή - Στόχοι.....	94
10.2 Η λειτουργία του CIF.....	95
10.3 CIF Workstation.....	96
10.4 CIF Switch.....	96
10.5 Παρατηρήσεις και κριτική του CIF.....	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο *ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ*

11.1 Εφαρμογή της εξομοίωσης ενός LAN σε ATM	99
11.2 Συμπεράσματα.....	101
11.3 Προτάσεις για μελλοντική εξέλιξη και έρευνα.....	103

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104
--------------------------	------------

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	105
--------------------------------	------------

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1 (α) ATM NNI μορφή κελιού.....	9
Σχήμα 1 (β) ATM UNI μορφή κελιού.....	10
Πίνακας 1 Κωδικοποίηση πεδίου payload.....	12
Σχήμα 2 Φυσικό κύκλωμα, Εικονικό Μονοπάτι (VP) και Εικονικό Κανάλι (VC).....	14
Πίνακας 2 Ορολογία VP και VC.....	16
Σχήμα 3 VPI / VCI Switching σε μια σύνδεση.....	18
Σχήμα 4 Παράδειγμα δικτυακού σύννεφου.....	19
Σχήμα 5 Μοντέλο Αναφοράς ATM.....	20
Πίνακας 3 Τα επιμέρους επίπεδα του επιπέδου του χρήστη.....	22
Σχήμα 6 Τα πρωτόκολλα που αντιστοιχούν σε κάθε επίπεδο.....	22
Πίνακας 4 Κλάσεις υπηρεσιών για το AAL.....	25
Πίνακας 5 Η διαδικασία της OAM δυνατότητας.....	37
Πίνακας 6 Σύγκριση των υπηρεσιών ATM.....	47
Σχήμα 7 Ένα δίκτυο ATM που συνδέει πολλαπλά τμήματα Ethernet και τερματικά συστήματα προσαρμοσμένα σε ATM.....	57
Σχήμα 8 Πρωτόκολλο στοίβας του LAN EMULATION.....	59
Σχήμα 9 Τύποι της LANE Εξομοίωσης.....	61
Σχήμα 10 Μορφές πακέτων για την κυκλοφορία στο LAN EMULATION.....	63
Σχήμα 11 AAL5 Format Frame.....	67
Σχήμα 12 Payload Format for Routed IP PDU.....	68
Σχήμα 13 LES με διπλό σημείο προς πολλαπλό σημείο.....	76
Σχήμα 14 Συγχρονισμός του Flush Message.....	81
Σχήμα 15 Μορφή LLC πολυπλεγμένου πλαισίου δεδομένων.....	85
Σχήμα 16 Αντιστοιχίες πραγματικού και νοητού δρομολογητή.....	89
Σχήμα 17 Δομή MPOA.....	90
Σχήμα 18 Λειτουργία του MPOA.....	92
Σχήμα 19 Αρχιτεκτονική του CIF.....	95
Σχήμα 20 Αρχιτεκτονική του CIF Workstation.....	96
Σχήμα 21 CIF Protocol Data Unit.....	97

Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό ετών, τα δίκτυα επικοινωνίας έχουν γίνει ένα αναπόσπαστο τμήμα της οικονομικής και κοινωνικής ζωής. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για τις απλές τηλεφωνικές συνομιλίες αλλά ευθύς εξαρχής η διαθεσιμότητα των δικτύων φάνηκε να είναι ένας βασικός παράγοντας στη διαδικασία σχεδίασης. Η τηλεφωνική υπηρεσία (και ειδικά οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης) έπρεπε να είναι διαθέσιμες οπουδήποτε (στις πόλεις καθώς επίσης και στην επαρχία) οποιαδήποτε στιγμή η συμφόρηση έπρεπε να ελαχιστοποιηθεί και καμία διακοπή δεν επιτρέπονταν ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας γενικής διακοπής ρεύματος. Αυτή η τάση έχει ενισχυθεί από το γεγονός ότι τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα διαμορφώνουν τις εθνικές οδούς της σύγχρονης κοινωνίας των πληροφοριών και διαδραματίζουν τώρα έναν κεντρικό ρόλο σε όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής.

Δεδομένου ότι οι επιχειρήσεις γύρω από τον κόσμο στηρίζονται όλο και περισσότερο στις τηλεπικοινωνίες για να κερδίσουν μία ανταγωνιστική θέση στην αγορά, τα ευφυή δίκτυα που διασυνδέουν συνολικά τις επιχειρήσεις και τις οικονομικές κοινότητες αυξάνονται στο μέγεθος και τον αριθμό, καθώς επίσης και στον πλήθος νέων εφαρμογών. Η τιμή, που αφορά το κόστος δικτύων, και η αξιοπιστία, που αφορά την ικανότητα επιβίωσης δικτύων, είναι κυρίαρχα κριτήρια των επιχειρησιακών πελατών στην επιλογή ενός προμηθευτή υπηρεσίας τηλεπικοινωνιών. Αν και η τιμή είναι η αρχική ανησυχία, η αξιοπιστία κερδίζει γρήγορα την περισσότερη σημασία.

Με τα δίκτυα ΑΤΜ που διαμορφώνουν τα backbones των περισσότερων δικτύων, η ικανότητα επιβίωσης της κυκλοφορίας ενάντια στις αποτυχίες δικτύων έχει γίνει κρισιμότερη. Πολλές από τις αναδυόμενες υπηρεσίες επιχειρησιακών τηλεπικοινωνιών, ιδιαίτερα οι εφαρμογές fast packet asynchronous transfer mode και frame relay-based applications, απαιτούν δυνατά συστήματα.

Η υψηλή διαθεσιμότητα δικτύων μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τα σχέδια αποκατάστασης χιλιοστών του δευτερολέπτου που παρέχονται από τις τεχνικές αποκατάστασης (Self-Healing) δικτύων. Μια περιοχή με υψηλή δυνατότητα για τη μείωση του κόστους των δικτύων είναι η ικανότητα επιβίωσης των δικτύων. Η

δυνατότητα του ΑΤΜ για *στατιστική πολυπλεξία* και η μη-ιεραρχική δομή μονοπατιών, καθώς επίσης και η *δυναμική δρομολόγηση στοιχείων* και η *διαχείριση κυκλοφορίας* του, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να απλοποιήσουν την επιβιωσιμότητα των δικτύων και να κάνουν αποδοτικότερη χρήση των πόρων. Είναι μία κοινοτοπία ότι οποιαδήποτε συσκευή μέσα σε ένα δίκτυο backbone πρέπει να έχει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να παρέχει τη λειτουργία ανοχής βλαβών (fault tolerant operation).

Τα πολυμέσα, είναι η τάση του σήμερα – συνδυάζοντας ήχο, εικόνες, κείμενο και κινούμενες εικόνες - με σκοπό την διδασκαλία, την διασκέδαση ή την ενημέρωση. Το πρόβλημα της διατήρησης επαφής με την παραπάνω εξέλιξη, σε συνδυασμό με την ταχεία ανάπτυξη στην δικτύωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε παγκόσμια κλίμακα κατά τα τελευταία χρόνια, θέτει νέες προκλήσεις στους διαχειριστές δικτύου, ιδιαίτερα στις μέρες μας.

Ιστορικά, διαφορετικά δίκτυα τα οποία βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες έχουν καθοριστεί πρακτικά ανεξάρτητα. Από τη μια πλευρά, έχουμε τα τηλεφωνικά δίκτυα τα οποία είναι κατάλληλα για μετάδοση σημάτων φωνής και , με κατάλληλους περιορισμούς στο εύρος ζώνης, πανομοιότυπα σήματα και σήματα δεδομένων. Από την άλλη πλευρά, τα δίκτυα τα οποία είναι επεξεργασμένα στις ειδικές απαιτήσεις της μεταφοράς δεδομένων έχουν επίσης καθοριστεί.

Η καθιέρωση των υπολογιστών στις επιχειρήσεις, είχε ως αποτέλεσμα την τεράστια επένδυση τόσο σε δικτυακό εξοπλισμό όσο και σε πρωτόκολλα και εφαρμογές που θα εκτελούνται πάνω σε αυτόν τον εξοπλισμό. Οποιαδήποτε νέα δικτυακή τεχνολογία δεν θα πρέπει να αγνοήσει την τεράστια αυτή επένδυση. Αντίθετα θα πρέπει να διευκολύνει την μετάβαση στο νέο εξοπλισμό και να επιτρέπει την εκτέλεση των εφαρμογών που προϋπήρχαν. Μια τέτοια κατάσταση συναντάμε στην περίπτωση των τοπικών δικτύων (LANs) και της εμφάνισης της ΑΤΜ τεχνολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Από τότε που το χαμηλό κόστος έφερε πάνω σε κάθε γραφείο ένα προσωπικό υπολογιστή (Personal Computer, PC), κάθε άτομο-χρήστης οργάνωσε τη δουλειά του, με τη βοήθεια του υπολογιστή.

Για να το κάνει αυτό ο μέσος χρήστης του υπολογιστή έμαθε να χειρίζεται έναν Επεξεργαστή Κειμένου, για να γράφει την αλληλογραφία του, έναν Διαχειριστή Βάσης Δεδομένων, για να αρχειοθετεί συστηματικά τις πληροφορίες του, ένα Διαχειριστή Λογιστικών Φύλλων, και ένα πρόγραμμα Λογιστικής ή Εμπορικού Κυκλώματος (Τιμολόγια, Αποθήκη κλπ.).

Στις μεγάλες εταιρείες που βασίζονται στην ομαδική δουλειά και χρειάζονται εσωτερική επικοινωνία, γίνεται γρήγορα αντιληπτό ότι για να αναπτυχθεί τώρα η συνεργασία των στελεχών και να πολλαπλασιαστεί η παραγωγικότητά τους, πρέπει τη δουλειά που έχει να κάνει ένας χρήστης να μπορεί να την αξιοποιήσει αμέσως (ή μελλοντικά) ένας άλλος χρήστης.

Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει όλοι οι χρήστες στην ίδια εταιρεία :

- Να χρησιμοποιούν τα ίδια προγράμματα
- Να μπορούν να μοιράζονται τα αρχεία με την προσωπική τους δουλειά
- Να μπορούν να επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους.

Για να καλυφθούν οι τρεις ανάγκες πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους οι προσωπικοί υπολογιστές των χρηστών. Αυτό πετυχαίνουμε με την εγκατάσταση Τοπικού Δικτύου Υπολογιστών.

1.2 Χαρακτηριστικά τοπικών δικτύων

Τα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks), συνήθως αποκαλούμενα LAN, είναι ιδιωτικά δίκτυα εκτεινόμενα εντός μοναδικού κτιρίου ή σε εγκαταστάσεις ακτίνας ως μερικά χιλιόμετρα. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε γραφεία εταιρειών και σε εργοστάσια, με σκοπό την κοινή χρήση μέσων (π.χ. των εκτυπωτών) και την ανταλλαγή πληροφοριών. Τα

LAN διακρίνονται από τα άλλα είδη δικτύων με βάση τρία χαρακτηριστικά. : (1) το μέγεθος, (2) την τεχνολογία μετάδοσης και (3) την τοπολογία τους.

Τα LAN είναι περιορισμένου μεγέθους, που σημαίνει ότι ο χρόνος μετάδοσης στην χειρότερη περίπτωση είναι φραγμένος και γνωστός εκ των προτέρων. Η γνώση του ορίου αυτού επιτρέπει τη χρήση συγκεκριμένων τεχνικών που αλλιώς θα ήταν ανέφικτες. Επίσης, απλοποιεί τη διαχείριση του δικτύου.

Τα LAN χρησιμοποιούν μια τεχνολογία μετάδοσης που αποτελείται από ένα απλό καλώδιο, στο οποίο έχουν συνδεθεί όλες οι μηχανές, όπως στις ομαδικές γραμμές που κάποτε χρησιμοποιούσαν οι τηλεφωνικές εταιρείες στις αγροτικές περιοχές. Τα παραδοσιακά LAN που λειτουργούν σε ταχύτητες των 10 έως 100 Mbps, παρουσιάζουν χαμηλή καθυστέρηση (δεκάδες μικροδευτερόλεπτων) και εμφανίζουν πολύ λίγα λάθη. Τα νεώτερα LAN μπορούν να λειτουργούν σε υψηλότερες ταχύτητες, έως και εκατοντάδες Megabit ανά δευτερόλεπτο.

Στα LAN εκπομπής διάφορες τοπολογίες είναι εφικτές. Σ' ένα σχέδιο αρτηρίας (δηλαδή, ένα ευθύ καλώδιο), μία μόνο μηχανή εξουσιάζει το μέσο ανά πάσα στιγμή και έχει την άδεια μετάδοσης. Όλες οι υπόλοιπες μηχανές είναι υποχρεωμένες να απέχουν από οποιαδήποτε μετάδοση. Απαιτείται ένα μηχανισμός διαιτησίας για να επιλύει οποιεσδήποτε συγκρούσεις προκύπτουν, όταν δύο ή περισσότερες μηχανές επιδιώξουν να μεταδώσουν ταυτόχρονα. Ο μηχανισμός διαιτησίας μπορεί να είναι είτε κεντρικός είτε κατακεντρωμένος. Το πρότυπο 802.3 γνωστό ως Ethernet, για παράδειγμα, είναι ένα δίκτυο εκπομπής τύπου αρτηρίας με κατακεντρωμένο έλεγχο, το οποίο λειτουργεί σε ταχύτητες των 10 ή των 100 Mbps. Οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο Ethernet μπορούν να μεταδώσουν όποτε θελήσουν. Αν δύο ή περισσότερα πακέτα συγκρουστούν, κάθε υπολογιστής απλώς περιμένει κάποιο τυχαίο διάστημα και ξαναπροσπαθεί αργότερα.

Ένας δεύτερος τύπος συστήματος εκπομπής είναι ο δακτύλιος. Σ' έναν δακτύλιο, κάθε bit μεταδίδεται μόνο του, χωρίς να περιμένει το υπόλοιπο πακέτο στο οποίο ανήκει. Συνήθως, κάθε bit κάνει το γύρο ολόκληρου του δακτυλίου σε χρόνο που απαιτείται για τη μετάδοση ολίγων bit, συχνά πριν ακόμη μεταδοθεί ολόκληρο το πακέτο. Όπως, και στα υπόλοιπα δίκτυα εκπομπής, χρειάζεται κάποιος κανόνας για να διαιτητεύει τις ταυτόχρονες απόπειρες προσπέλασης στον δακτύλιο. Το πρότυπο IEEE 802.5 (Token Ring) είναι ένα δημοφιλές LAN τύπου δακτυλίου που λειτουργεί στα 4 και 16 Mbps.

Τα δίκτυα εκπομπής μπορούν να διαιρεθούν επιπλέον σε στατικά ή δυναμικά, ανάλογα με το πώς διατίθεται ο δίαυλος επικοινωνίας. Ένας τυπικός στατικός τρόπος κατανομής θα ήταν να διαιρεθεί ο χρόνος σε διακριτά διαστήματα και να εφαρμοστεί ένα κυκλικός (round robin) αλγόριθμος, που να επιτρέπει σε κάθε μηχανή να μεταδώσει μόνο όταν φθάσει η δική της χρονοσχισμή (time slot). Η στατική κατανομή σπαταλά χωρητικότητα διαύλου, όταν η μηχανή δεν έχει τίποτα να πει κατά τη διάρκεια της χρονοσχισμής της. Γι' αυτό τα περισσότερα συστήματα προσπαθούν να κατανέμουν το δίαυλο δυναμικά. (δηλαδή ανάλογα με τη ζήτηση).

Οι μέθοδοι δυναμικής κατανομής για κοινό δίαυλο είναι είτε κεντρικές είτε αποκεντρωμένες. Στην κεντρική μέθοδο κατανομής διαύλου, υπάρχει μια μοναδική οντότητα, π.χ. μία μονάδα διαιτησίας της αρτηρίας, που καθορίζει το ποιος έχει σειρά. Μπορεί να το κάνει και με το να δέχεται αιτήσεις και να αποφασίζει σύμφωνα με κάποιον εσωτερικό αλγόριθμο. Στην αποκεντρωμένη μέθοδο κατανομής δεν υπάρχει κεντρική οντότητα. Κάθε μηχανή θα πρέπει να αποφασίζει μόνη της αν θα μεταδώσει ή όχι.

Ο άλλος τύπος LAN κατασκευάζεται με τη χρήση γραμμών σημείου προς σημείο. Μεμονωμένες γραμμές συνδέουν μια συγκεκριμένη μηχανή σε μια άλλη. Ένα τέτοιο LAN είναι, στην πραγματικότητα, μικρογραφία ενός δικτύου ευρείας περιοχής.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων που ακολουθούν το πρωτόκολλο IEEE 802, δηλαδή του Ethernet (802.3), του Token Bus (802.4) και του Token Ring (802.5) μπορούν να συνοψιστούν ως εξής :

- Οι υπηρεσίες τους είναι χωρίς σύνδεση (connectionless).
- Χρησιμοποιούν κοινό μέσο (shared medium).
- Υποστηρίζουν μηνύματα εκπομπής (broadcast) και πολλαπλής αποστολής (multicast) η λειτουργία των οποίων διευκολύνεται από την ύπαρξη του κοινού μέσου.
- Οι διευθύνσεις MAC (Medium Access Control) καθορίζονται από τον κατασκευαστή και είναι ανεξάρτητες από την τοπολογία του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΤΜ

2.1 Η ανάγκη για ΑΤΜ

Κοινή αίσθηση στις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες είναι ότι η ενοποίηση των δικτύων δεδομένων και φωνής θα είναι η πιο βιώσιμη και οικονομική λύση για τα ερχόμενα χρόνια, τόσο από πλευράς κόστους απόσβεσης όσο και από πλευράς κόστους συντήρησης. Ήδη, έννοιες όπως CTI (Computer & Telephony Integration) έχουν αρχίσει να αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία για την τηλεπικοινωνιακή υποδομή επιχειρήσεων και οργανισμών. Αναμενόμενη είναι επίσης η αύξηση των αναγκών της ανθρωπότητας σε διαθέσιμο εύρος ζώνης, καθώς έχουμε αρχίσει και μιλάμε για συνδέσμους της τάξης των Gigabit / sec.

Φυσικό λοιπόν είναι τα ερευνητικά τους τμήματα να ρίχνουν βάρος προς τη προσπάθεια εύρεσης του βέλτιστου τρόπου συγχώνευσης δύο φαινομενικά διαφορετικών «κόσμων»: φωνής και δεδομένων.

Ένας σημαντικός αρωγός στην έρευνα για το ΑΤΜ είναι και η ανάδραση από την αγορά (market feedback). Αξίζουν να σημειωθούν εδώ κάποια στοιχεία από το κόσμο του marketing: η ετήσια αύξηση σε ζήτηση υπηρεσιών φωνής είναι κατά μέσο όρο περίπου 2% - 5%. Η αντίστοιχη αύξηση ζήτησης σε υπηρεσίες δεδομένων είναι αυτή τη στιγμή περίπου 20% - 33% (!).

Μέσα στην προσπάθεια αυτή ολοκλήρωσης των υπηρεσιών, πρέπει να αναφερθούμε στις διαφορές των δύο κόσμων και στη λύση την οποία προσπαθεί να επιβάλλει το ΑΤΜ. Έτσι λοιπόν, συνδέσεις φωνής ή και κινούμενης εικόνας (απλή τηλεόραση) έχουν μικρή ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις (προβλήματα συγχρονισμού), ενώ έχουν σχετικά μεγάλη ανοχή σε αλλοιώσεις του σήματος και χαμένα πακέτα. Αντίθετα, οι συνδέσεις δεδομένων υπολογιστών (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων) έχουν μεγάλη ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις, αλλά όχι και στα χαμένα πακέτα.

Το προφίλ των συνδέσεων φωνής και δεδομένων διαφέρει επίσης ως προς το ρυθμό ροής των δεδομένων. Τα σήματα φωνής περιέχουν εν γένει μικρές χρονικές στιγμές έντονης ροής πληροφορίας (bursts) και μεγάλα χρονικά διαστήματα κενά πληροφορίας.

Ο χρόνος ανάμεσα στις στιγμές έντονης ροής (bursts) μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος και τυχαία κατανομημένος. Έτσι, θα ήταν σημαντική σπατάλη εύρους ζώνης

να παρακρατείται μία στοιχειώδης μονάδα χρόνου (μέσα σε ένα bucket) ακόμα και αν μόνο 1 στις 10 θα μετέφερε πραγματικά δεδομένα, ενώ οι άλλες 9 θα έμεναν κενές. Θα ήταν επίσης επιθυμητό να μπορεί ένα αχρησιμοποίητο πακέτο να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά δεδομένων κάποιας άλλης σύνδεσης που αναμένει.

Έτσι το πρότυπο STM για μεταφορά δεδομένων (γενικά πάντα) αποδεικνύεται ανταποδοτικό όταν αυξάνονται 1) ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (peak transfer rate), 2) το μέγιστο εύρος ζώνης του φυσικού μέσου μεταφοράς και 3) το «καταρρακτώδες» (burstiness) του ρυθμού ροής δεδομένων. Σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις από τον κόσμο των υπολογιστών και ειδικότερα των πολυμέσων (multimedia), έτσι θα διαμορφωθούν τα προφίλ των συνδέσεων δεδομένων για τα επερχόμενα χρόνια.

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από τη θέση του πακέτου σε ένα bucket, απλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης μαζί με τα δεδομένα, και ταυτόχρονα να κρατά τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο μικρό, έτσι ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή στην ροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους επαναληπτικότητας (redundancy).

Το όλο σχήμα φέρει από μεταγωγή πακέτου, οπότε και ονομάστηκε «Γρήγορη μεταγωγή πακέτου με μικρά σταθερού μεγέθους πακέτα». Το δε μέγεθος αυτό (53 bytes όπως θα δούμε στη συνέχεια) προήλθε από την επιθυμία των εταιρειών να κρατήσουν σταθερή τη ποιότητα των φωνητικών επικοινωνιών όπως στα δίκτυα STM, γιατί σε συνδέσεις που ο χρόνος μεταφοράς πακέτου πρέπει να είναι μικρός (όπως στη κλασική τηλεφωνία), η πιθανότητα να χαθούν πακέτα αυξάνεται, αλλά αφού το μέγεθος του πακέτου είναι πολύ μικρό, αυτό δεν συνεπάγεται αισθητή απώλεια στη φυσική ροή της ομιλίας.

Έτσι στο ATM σε κάθε σύνδεση ανατίθεται ένα «εικονικό αναγνωριστικό κυκλώματος» (VCI - Virtual Circuit Identifier), το οποίο περιέχεται σε κάθε πακέτο και αναγνωρίζει με μοναδικό τρόπο τα δύο άκρα της σύνδεσης.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές στις οποίες η τεχνολογία ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Τηλεσυνδιάσκεψη (Video Conferencing)
- Συνδιάσκεψη από γραφείο σε γραφείο (Desktop Conferencing)
- Εικονοτηλέφωνο (Videophone)
- Εικόνα / Ήχος κατά παραγγελία (Audio/Video On Demand)

- Εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN: Virtual LANs)
- Επικοινωνίες ATM μεγάλης χωρητικότητας με κινητούς κόμβους (συνήθως με δορυφορικές ζεύξεις).

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του ATM είναι ότι είναι μια εύκολα αναβαθμιζόμενη τεχνολογία. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι αρχικές προδιαγραφές του μιλούν για βασική χαμηλή ταχύτητα 1,544 Mbps που μπορεί να φτάσει τα 10 Gbps και πάνω (σχεδόν 4 τάξεις μεγέθους!).

Παράλληλα με αυτό, το ATM έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την ίδια ευκολία τόσο σε κοντινές αποστάσεις (π.χ. ένα γραφείο ή ένα κτίριο) όσο και σε μακρινές (διεθνείς και υπερηπειρωτικές συνδέσεις). Αυτό υπονοεί ότι μεγάλο μέρος της δουλειάς υποδομής που απαιτείται σήμερα για να συνεργάζονται αρμονικά τα τοπικά δίκτυα (LAN) με τα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων (WAN) ή και τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN), μπορεί να εξαλειφθεί.

Ένα τελευταίο και πολύ σημαντικό επακόλουθο της ενοποίησης των δικτύων φωνής και δεδομένων είναι η λεγόμενη ενοποίηση τηλεφωνικών και δικτύων δεδομένων σε μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις (CTI: Computer and Telephony Integration). Με τη δυνατότητα του ATM να χειρίζεται με την ίδια ευκολία το φορτίο που του αναθέτουν, είναι δυνατό να ενοποιηθούν τα συνήθως ανεξάρτητα δύο εσωτερικά δίκτυα των οργανισμών αυτών σε ένα, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και επένδυσης. Η αναβαθμισιμότητα του ATM, όπως διαφάνηκε παραπάνω, αφήνει δε πολλά περιθώρια για επέκταση του ενιαίου δικτύου, τόσο σε χωρητικότητα, όσο και σε απόσταση.

Το ATM δείχνει ήδη σημάδια ότι θα είναι ένας βασικός παίκτης τα επόμενα χρόνια στο βασικό κομμάτι των δικτύων τηλεπικοινωνιών. Είναι μια τεχνολογία που δημιουργήθηκε με σκοπό την παροχή ενός δικτύου το οποίο είναι ικανό να διαχειριστεί όλες τις παρούσες και τις μελλοντικές εφαρμογές ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις του εύρους ζώνης τους. Ο στόχος ήταν να ενωθούν οι τηλεπικοινωνίες με τις επικοινωνίες δεδομένων. Νέες εφαρμογές όπως ή τηλε-ιατρική ή το βίντεο κατ' απαίτηση είναι ικανά να αποδείξουν μια βασική τάση στην περαιτέρω εξάπλωση των ATM δικτύων.

Η συντομογραφία ATM αντιστοιχεί στην έκφραση Asynchronous Transfer Mode (Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς). Πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο τηλεπικοινωνιακό πρότυπο για το ISDN ευρείας ζώνης (broadband) που προωθείται από πολλές μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες όπως οι: AT&T, 3Com, BT Labs, Bell

Atlantic, Bellcore, Bell South, Cabletron, Cisco, Deutsche Telekom, DEC, Ericsson, General Instrument, HP, IBM, Nokia, SGS-Thomson, Siemens κ.α.

Ο όρος «ασύγχρονος» (asynchronous) μπορεί να γίνει κατάνοητός μόνο εάν γίνει κατάνοητή η έννοια του «σύγχρονος» (synchronous). Και οι δύο όροι αναφέρονται στα ψηφιακά σήματα. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζουν δύο τρόπους με τους οποίους οι μονάδες δεδομένων έχουν πλαισιωθεί ή μπλοκαριστεί μέσα σ' ένα ρεύμα από bits. Τα σύγχρονα σήματα είναι στενά δεμένα σε κάποιου είδους ρολόι, έτσι ώστε κάθε μονάδα δεδομένων να ξεκινάει για παράδειγμα ακριβώς στα 0.0ms, μετά στα 7.5ms, εν συνεχεία στα 15.0ms, μετά στα 22.5ms και ούτω καθ' εξής. Τα ασύγχρονα σήματα δεν είναι στενά συνδεδεμένα με ένα ρολόι – ίσως οι μονάδες δεδομένων τους έχουν ένα bit αρχής και τέλους, ή κάποιου είδους μοναδικό σχέδιο bit για την αναγνώριση της αρχής ή του τέλους ενός χαρακτήρα ή ενός πακέτου. Κατά συνέπεια, η λέξη asynchronous (ασύγχρονος) στον όρο ΑΤΜ αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο το εύρος ζώνης κατανέμεται ανάμεσα στις συνδέσεις και τους χρήστες, και όχι στην φυσική μεταφορά η οποία στην πραγματικότητα είναι σύγχρονη (synchronous) στο Β – ISDN. Το εύρος ζώνης χωρίζεται σε χρονικές σχισμές (time slots) καθορισμένου μήκους. Αυτές οι χρονικές σχισμές κατανέμονται για πληροφορία του χρήστη όπως χρειάζεται και συνεπώς δεν έχουν προκαθορισμένες προσωρινές θέσεις (εντός των ορίων ενός περιοδικού πλαισίου, για παράδειγμα). Αντί να γίνεται αναγνώριση της σύνδεσης από προσωρινή θέση, οι χρονικές σχισμές αναγνωρίζονται με σαφείς προθεματικές ετικέτες.

Ο όρος Transfer Mode (Τρόπος Μεταφοράς) είναι ένας όρος που έχει σκοπό να δηλώσει ότι είναι μια πολυσχιδής (multiplexing) και αλλαγής πορείας (switching) τεχνική. Συνεπώς, το Transfer Mode είναι μια μέθοδος μεταφοράς, πολύπλεξης και μεταγωγής δεδομένων σ' ένα δίκτυο επικοινωνιών. (Πολύπλεξη είναι ο συνδυασμός πολλαπλών ρευμάτων δεδομένων σ' ένα μοναχικό κύκλωμα).

Η γενική ιδέα της τεχνικής ΑΤΜ καθορίζεται από ένα πλήθος αρχών :

- Όλη η πληροφορία μεταφέρεται σε μια μορφή μονάδων δεδομένων σταθερού μήκους οι οποίες καλούνται κελιά, τα οποία αποτελούνται από μια επικεφαλίδα και από ένα πεδίο πληροφορίας (το οποίο πολλές φορές θα καλείται payload).
- Το ΑΤΜ είναι προσανατολισμένο ως προς τη σύνδεση, και τα κελιά, στην ίδια εικονική σύνδεση, διατηρούν την ακολουθιακή τους σειρά.

- Οι πηγές κίνησης ίσως παράγουν κελιά όπως απαιτείται και επομένως τα κελιά έχουν σαφείς ετικέτες (ένα πεδίο στην επικεφαλίδα) για την αναγνώριση της σύνδεσης.
- Η κύρια λειτουργία της επικεφαλίδας του κελιού είναι η εξακρίβωση της ταυτότητας των κελιών που ανήκουν στην ίδια εικονική σύνδεση.
- Οι ετικέτες αναγνώρισης έχουν μόνο τοπική σημασία και μεταφράζονται σε κάθε διακόπτη.
- Το πεδίο πληροφορίας μεταφέρεται διάφανα.
- Τα ρεύματα κελιών είναι ασύγχρονα time-division πολυπλεγμένα.

Το ΑΤΜ είναι μια τεχνολογία μεταγωγής κελιού και πολύπλεξης η οποία συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής του κυκλώματος (εγγυημένη χωρητικότητα και σταθερή καθυστέρηση μετάδοσης) με τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου (ευελιξία και αποδοτικότητα για διακοπόμενη κίνηση). Παρέχει κλιμακωτό εύρος ζώνης από λίγα megabits ανά δευτερόλεπτο (Mbps) μέχρι πολλά gigabits ανά δευτερόλεπτο (Gbps). Λόγω της ασύγχρονης φύσης του, το ΑΤΜ είναι περισσότερο αποδοτικό από τις σύγχρονες τεχνολογίες, όπως είναι η TDM (time – division multiplexing). Με το TDM, κάθε χρήστης ορίζεται σε μια χρονική σχισμή, και κανένας άλλος σταθμός δεν μπορεί να στείλει σε αυτή την χρονική σχισμή. Εάν ένας σταθμός έχει να στείλει πολλά δεδομένα, μπορεί να στείλει μόνο όταν έρθει η σειρά της δικής του χρονικής σχισμής, ακόμα κι αν οι άλλες χρονικές σχισμές είναι κενές. Παρ' όλ' αυτά, εάν ένας σταθμός δεν έχει κάτι να μεταφέρει, όταν έρθει η σειρά της δικής του χρονικής σχισμής, τότε η χρονική σχισμή στέλνεται άδεια και χάνεται. Επειδή το ΑΤΜ είναι ασύγχρονο, οι χρονικές σχισμές είναι διαθέσιμες αναγνωρίζοντας την πηγή της μετάδοσης μέσω της επικεφαλίδας που περιλαμβάνεται σε κάθε ΑΤΜ κελί.

2.2 ΑΤΜ Κελιά

Το asynchronous transfer mode χρησιμοποιεί σταθερού – μεγέθους κελιά, τα οποία αποτελούνται από μια επικεφαλίδα 5 οκτάδων και από ένα πεδίο πληροφορίας 48 οκτάδων.

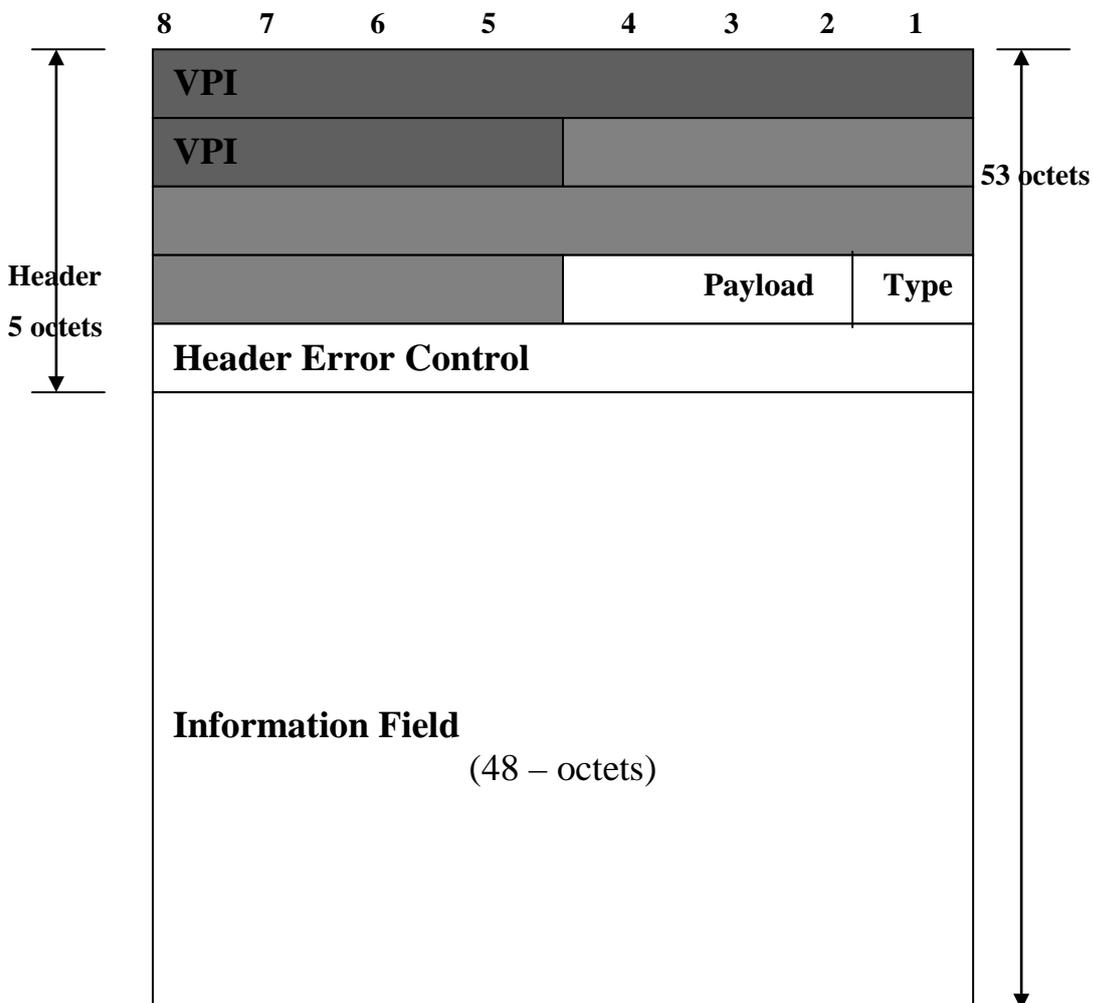
Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα όσον αφορά την χρήση μικρών, σταθερού – μεγέθους κελιών. Πρώτον, η χρήση μικρών κελιών ίσως μειώνει την καθυστέρηση ουράς για ένα κελί υψηλής – προτεραιότητας, καθώς περιμένει λιγότερο εάν φτάσει

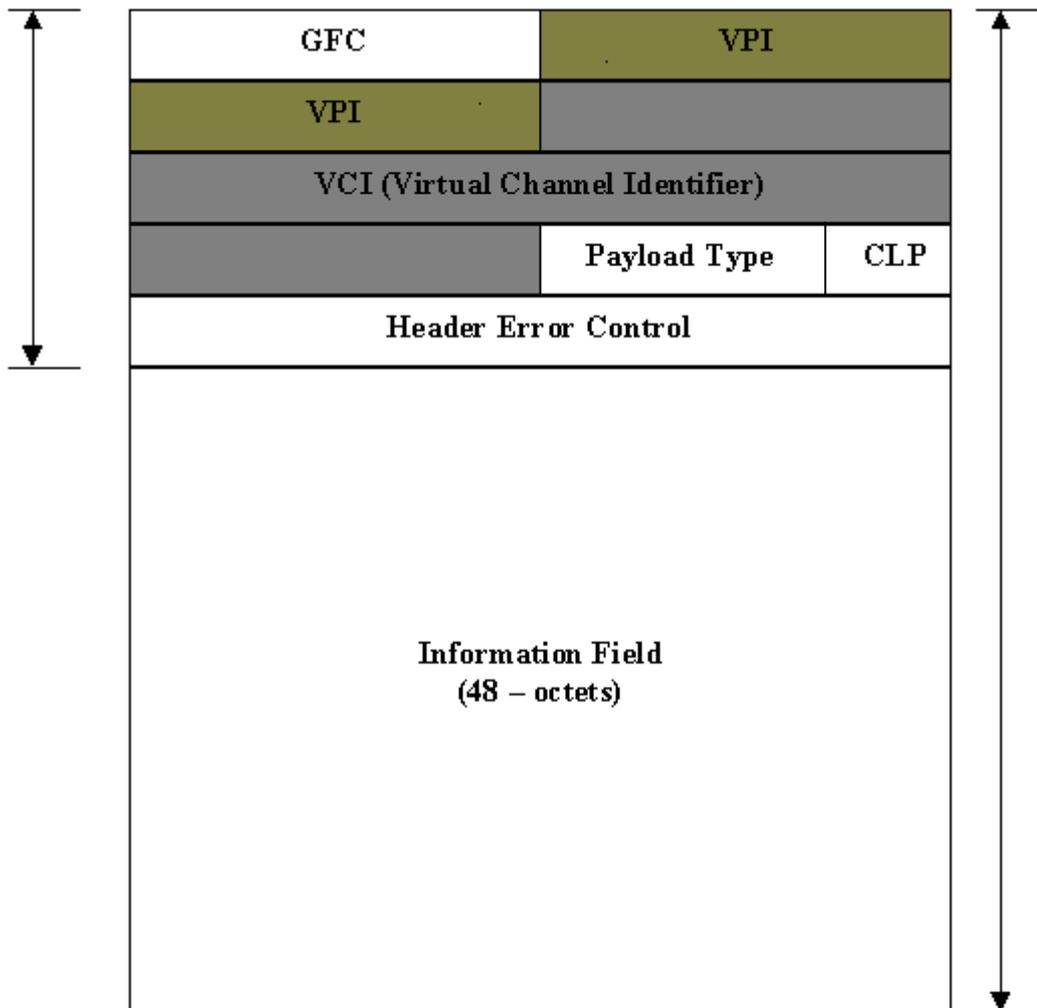
σχεδόν πίσω από το κελί χαμηλότερης – προτεραιότητας το οποίο έχει κερδίσει πρόσβαση σε μια πηγή (π.χ. τον μεταφορέα). Δεύτερον, εμφανίζεται ως τα κελιά σταθερού – μεγέθους που μπορούν ν’ αλλάξουν περισσότερο αποδοτικά, το οποίο είναι σημαντικό για πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων του ΑΤΜ.

2.2.1 Μορφή επικεφαλίδας

Το σχήμα 1.(β) δείχνει την μορφή επικεφαλίδας στο interface χρήστη – δικτύου. Το σχήμα 1.(α) δείχνει την μορφή της επικεφαλίδας του κελιού εσωτερικά στο δίκτυο. Εσωτερικά στο δίκτυο, το πεδίο γενικού ελέγχου ροής, το οποίο εκτελεί από τέρμα – προς – τέρμα λειτουργίες, δεν διατηρείται. Αντί αυτού, το πεδίο αναγνωριστή εικονικού μονοπατιού εκτείνεται από 8 σε 12 bits. Αυτό επιτρέπει υποστήριξη για έναν επεκταμένο αριθμό των VPCs εσωτερικά στο δίκτυο, για να συμπεριλάβει αυτούς τους υποστηριζόμενους συνδρομητές και αυτούς που απαιτούνται για την διαχείριση δικτύου.

Σχήμα 1. (α) ΑΤΜ NNI μορφή κελιού





Σχήμα 1. (β) ATM UNI μορφή κελιού

Το πεδίο γενικού ελέγχου ροής (**generic flow control – GFC**) δεν εμφανίζεται στην επικεφαλίδα του κελιού εσωτερικά στο δίκτυο, αλλά μόνο στο interface χρήστη – δικτύου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της ροής του κελιού μόνο στο τοπικό interface χρήστη – δικτύου. Ακόμα το πεδίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει τον πελάτη στον έλεγχο της ροής της κίνησης για διαφορετικές ποιότητες εξυπηρέτησης. Ένας υποψήφιος για τη χρήση αυτού του πεδίου είναι ένας δείκτης επιπέδου πολλαπλής – προτεραιότητας για τον έλεγχο της ροής πληροφορίας σ’ ένα

τρόπο που εξαρτάται από την εξυπηρέτηση. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, ο μηχανισμός GFC χρησιμοποιείται για την «ανακούφιση» από συνθήκες μικρής – διάρκειας υπερφόρτωσης στο δίκτυο. Ο μηχανισμός GFC υποστηρίζει και τις σημείο – προς – σημείο και τις σημείο – προς – πολλαπλά σημεία διαμορφώσεις. Ο GFC μπορεί να προσφέρει μόνο σφαιρικό έλεγχο ροής.

Το I.150 καταγράφει ως μια απαίτηση για τον GFC μηχανισμό το γεγονός ότι όλοι οι ακροδέκτες είναι ικανοί να έχουν πρόσβαση στις ασφαλισμένες χωρητικότητες τους. Αυτό περιλαμβάνει όλους τους ακροδέκτες σταθερού ρυθμού bit (constant – bit – rate / CBR) όπως επίσης και όλους τους ακροδέκτες μεταβλητού ρυθμού bit (variable – bit – rate / VBR) οι οποίοι έχουν ένα στοιχείο εγγυημένης χωρητικότητας.

Ο αναγνωριστής εικονικού μονοπατιού (virtual path identifier / VPI) συνιστά ένα πεδίο δρομολόγησης για το δίκτυο. Είναι 8 bits στο interface χρήστη – δικτύου και 12 bits στο interface δικτύου – δικτύου, επιτρέποντας σε περισσότερα εικονικά μονοπάτια να υποστηρίζονται μέσα στο δίκτυο. **Ο αναγνωριστής εικονικού καναλιού (virtual channel identifier / VCI)** χρησιμοποιείται για την δρομολόγηση από και προς τον τερματικό χρήστη.

Το πεδίο του τύπου του payload (payload type) υποδεικνύει τον τύπο της πληροφορίας στο πεδίο πληροφορίας. Ο πίνακας 1 δείχνει την μετάφραση των PT bits. Η τιμή 0 στο πρώτο bit υποδεικνύει την πληροφορία του χρήστη, το οποίο σημαίνει την πληροφορία από το επόμενο υψηλό επίπεδο. Σ' αυτή την περίπτωση, το δεύτερο bit υποδεικνύει εάν έχει λάβει χώρα γεγονός συμφόρησης. Το τρίτο bit, γνωστό και ως το bit υπόδειξης ATM χρήστη – προς ATM χρήστη είναι ένα πεδίο ενός bit το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση πληροφορίας ανάμεσα στους τερματικούς χρήστες. Η τιμή 1 στο πρώτο bit υποδεικνύει ότι το κελί μεταφέρει διαχείριση του δικτύου ή την πληροφορία διατήρησης. Αυτή η υπόδειξη επιτρέπει την εισαγωγή των κελιών διαχείρισης δικτύου μέσα σ' ένα VCC χρήστη χωρίς να υπάρξει επίδραση των δεδομένων χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να παρέχει έλεγχο πληροφορίας.

PT Κωδικοποίηση	Μετάφραση
0 0 0	Κελί δεδομένων χρήστη, δεν υπάρχει συμφόρηση, SDU – τύπος = 0
0 0 1	Κελί δεδομένων χρήστη, δεν υπάρχει συμφόρηση, SDU – τύπος = 1
0 1 0	Κελί δεδομένων χρήστη, υπάρχει συμφόρηση, SDU – τύπος = 0
0 1 1	Κελί δεδομένων χρήστη, υπάρχει συμφόρηση, SDU – τύπος = 1
1 0 0	ΟΑΜ τεμάχιο σχετιζόμενο κελί
1 0 1	ΟΑΜ απ' άκρη σ' άκρη σχετιζόμενο κελί
1 1 0	Κελί διαχείρισης πόρων
1 1 1	Δεσμευμένο για μελλοντική λειτουργία

SDU = Service Data Unit / Μονάδα Δεδομένων Υπηρεσίας

ΟΑΜ = Operations, Administration, and Maintenance / Λειτουργίες, Διαχείριση, και Διατήρηση

Πίνακας 1. Κωδικοποίηση πεδίου τύπου payload (PT)

Η προτεραιότητα απώλειας κελιού (cell loss priority / CLP) χρησιμοποιείται για την παροχή καθοδήγησης στο δίκτυο σ' ένα γεγονός συμφόρησης. Η τιμή 0 υποδεικνύει ένα κελί σχετικά υψηλότερης προτεραιότητας, το οποίο δεν θα πρέπει ν' απορριφθεί εκτός και αν δεν είναι διαθέσιμη κάποια άλλη εναλλακτική λύση. Η τιμή 1 υποδεικνύει ότι το κελί υποβάλλεται σε απόρριψη εντός του δικτύου. Ο χρήστης ίσως απασχολεί αυτό το πεδίο έτσι ώστε επιπλέον πληροφορία ίσως να εισαχθεί στο δίκτυο, με CLP ίση με 1, και να παραληφθεί από τον προορισμό εάν το δίκτυο δεν έχει υποστεί συμφόρηση. Το δίκτυο ίσως να θέσει αυτό το πεδίο ίσο με 1 για οποιοδήποτε κελί δεδομένων το οποίο βρίσκεται σε παράβαση της συμφωνίας κίνησης. Σ' αυτή την περίπτωση, η αλλαγή πορείας η οποία κάνει τη ρύθμιση, διαπιστώνει ότι το κελί ξεπερνάει τις συμφωνημένες παραμέτρους κίνησης αλλά ότι η αλλαγή πορείας είναι ικανή να χειριστεί το κελί.

2.2.2 Έλεγχος λάθους επικεφαλίδας

Ο κωδικός, ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανίχνευση λάθους, χρησιμοποιείται συνήθως στα πρωτόκολλα επικοινωνίας δεδομένων. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη :

1. η πλευρά μετάδοσης υπολογίζει την τιμή του κώδικα – λάθους βασιζόμενη στα περιεχόμενα των δεδομένων που μεταδίδονται (π.χ. ένα ολόκληρο πλαίσιο ή η επικεφαλίδα του πλαισίου)
2. η πλευρά μετάδοσης εισάγει τον κωδικό που προκύπτει στα δεδομένα που μεταδίδονται ως ένα επιπλέον πεδίο
3. η πλευρά παραλαβής, χρησιμοποιώντας τον ίδιο αλγόριθμο, υπολογίζει την τιμή του κώδικα λάθους βασιζόμενη στα περιεχόμενα των δεδομένων που λαμβάνει
4. η πλευρά παραλαβής, συγκρίνει την τιμή την οποία έχει υπολογίσει με τα περιεχόμενα του πεδίου του κώδικα – λάθους το οποίο έχει λάβει ως μέρος της μετάδοσης. Εάν οι κώδικες ταιριάζουν, θεωρείται ότι δεν έχει προκύψει λάθος. Εάν δεν υπάρξει ταιρίασμα, τότε ένα λάθος ανιχνεύεται.

Μια παρόμοια διαδικασία υιοθετείται στο ΑΤΜ, με την χρήση ενός πεδίου ελέγχου λάθους επικεφαλίδας 8 – bit (HEC) το οποίο υπολογίζεται βασιζόμενο στα εναπομείναντα 32 bits της επικεφαλίδας. Σ' αυτή την περίπτωση, το πολυώνυμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του κώδικα είναι το $X^8 + X^2 + X + 1$. Υπάρχει όμως μια σημαντική διαφορά. Στην περίπτωση των περισσότερων υπάρχοντων πρωτοκόλλων, όπως το LAPD και το LAPB, τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται ως είσοδος στον υπολογισμό του κώδικα – λάθους είναι γενικά πολύ μεγαλύτερα από το μέγεθος του κώδικα λάθους που προκύπτει. Αυτό επιτρέπει την ανίχνευση λάθους. Στην περίπτωση του ΑΤΜ, η είσοδος στον υπολογισμό είναι μόνο 32 bits, συγκρινόμενα με τα 8 bits για τον κώδικα. Το γεγονός είναι ότι η είσοδος είναι σχετικά μικρή και αυτό επιτρέπει στον κώδικα να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την ανίχνευση του λάθους αλλά, σε κάποιες περιπτώσεις, και για την διόρθωση του λάθους.

2.3. Εικονικά μονοπάτια (Virtual Paths) και εικονικά κανάλια (Virtual channel's)

2.3.1 Εισαγωγή

Οι λογικές συνδέσεις στο ΑΤΜ αναφέρονται ως εικονικά κανάλια. Το εικονικό κανάλι είναι η βασική μονάδα μεταγωγής (switching) στο Β- ΙΣΔΝ. Ένα εικονικό κανάλι (Virtual Channel – VP) δημιουργείται ανάμεσα σε δύο τερματικούς χρήστες (end users) μέσα στο δίκτυο, και μια μεταβλητού ρυθμού, διπλής κατεύθυνσης ροή σταθερού – μήκους κελιών ανταλλάσσεται κατά την διάρκεια της σύνδεσης. Τα εικονικά κανάλια χρησιμοποιούνται επίσης κατά την ανταλλαγή χρήστη – δικτύου (έλεγχος σήματος – control signaling) και δικτύου με δίκτυο (διαχείριση δικτύου και δρομολόγηση – network management and routing).

Για το ΑΤΜ, ένα δεύτερο υπόστρωμα διεργασίας εισάγεται το οποίο πραγματεύεται με την κεντρική ιδέα του εικονικού μονοπατιού (Virtual Path – VP).. Το σχήμα 2 παρουσιάζει γραφικά την σχέση ανάμεσα στο φυσικό κύκλωμα και τις λογικές συνδέσεις εικονικού μονοπατιού και εικονικού καναλιού οι οποίες μεταφέρονται. Ένα φυσικό κύκλωμα υποστηρίζει ένα ή περισσότερα εικονικά μονοπάτια. Ένα εικονικό μονοπάτι είναι μια δέσμη από εικονικά κανάλια τα οποία έχουν τα ίδια σημεία τερματισμού. Επίσης όλα τα κελιά τα οποία ρέουν πάνω από όλα τα εικονικά κανάλια σ' ένα μονό εικονικό μονοπάτι μεταφέρονται μαζί.



Σχήμα 2. Φυσικό Κύκλωμα, Εικονικό Μονοπάτι (VP) και Εικονικό Κανάλι (VC)

2.3.2 Χαρακτηριστικά των VP και VC

- Ποιότητα υπηρεσιών: σε κάθε χρήστη ενός εικονικού καναλιού παρέχεται ποιότητα υπηρεσιών που καθορίζονται από παραμέτρους όπως η αναλογία κελί απώλειας κελιών (αναλογία των χαμένων κελιών προς τα κελιά που μεταδόθηκαν) και μεταβολή της καθυστέρησης κελιών
- Μεταγωγημένες και ημι-μόνιμες συνδέσεις εικονικού καναλιού: και μεταγωγημένες συνδέσεις, οι οποίες απαιτούν σηματοδότηση ελέγχου κλήσης, και αφοσιωμένα κανάλια μπορούν να παρασχεθούν
- Ακεραιότητα ακολουθίας κελιών : η ακολουθία των μεταδιδόμενων κελιών μέσω ενός εικονικού καναλιού προστατεύεται
- Διαπραγμάτευση παραμέτρων κίνησης και παρακολούθηση χρησιμοποίησης : οι παράμετροι κίνησης μπορούν να διαπραγματευτούν ανάμεσα στον χρήστη και το δίκτυο για κάθε εικονικό κανάλι. Η είσοδος των κελιών σ' ένα εικονικό κανάλι παρακολουθείται από το δίκτυο για τη διασφάλιση ότι οι διαπραγματευόμενες παράμετροι δεν έχουν παραβιαστεί

2.3.3 Πλεονεκτήματα Vp και Vc

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των εικονικών μονοπατιών :

- ❖ *Απλοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου* : οι λειτουργίες μεταφοράς δικτύου μπορούν να χωρίζονται σε όσες σχετίζονται με μια ανεξάρτητη λογική σύνδεση (εικονικό κανάλι) και σε όσες σχετίζονται με μια ομάδα από λογικές συνδέσεις (εικονικό μονοπάτι).
- ❖ *Αυξημένη εκτέλεση δικτύου και αξιοπιστία* : το δίκτυο αντιμετωπίζει λιγότερες, συγκεντρωμένες οντότητες.
- ❖ *Μειωμένη πορεία και μικρός χρόνος έναρξης σύνδεσης* : η περισσότερη δουλειά γίνεται όταν το εικονικό μονοπάτι πραγματοποιείται. Με την φύλαξη

χωρητικότητας σε μια σύνδεση εικονικού μονοπατιού προβλέποντας αφίξεις καθυστερημένων κλήσεων, νέες συνδέσεις εικονικών καναλιών μπορούν να δημιουργηθούν εκτελώντας απλές λειτουργίες ελέγχου στα τερματικά σημεία της σύνδεσης εικονικού μονοπατιού.

- ❖ *Βελτιωμένες υπηρεσίες δικτύου* : το εικονικό μονοπάτι χρησιμοποιείται εσωτερικά στο δίκτυο αλλά είναι επίσης ορατό στον τερματικό χρήστη.

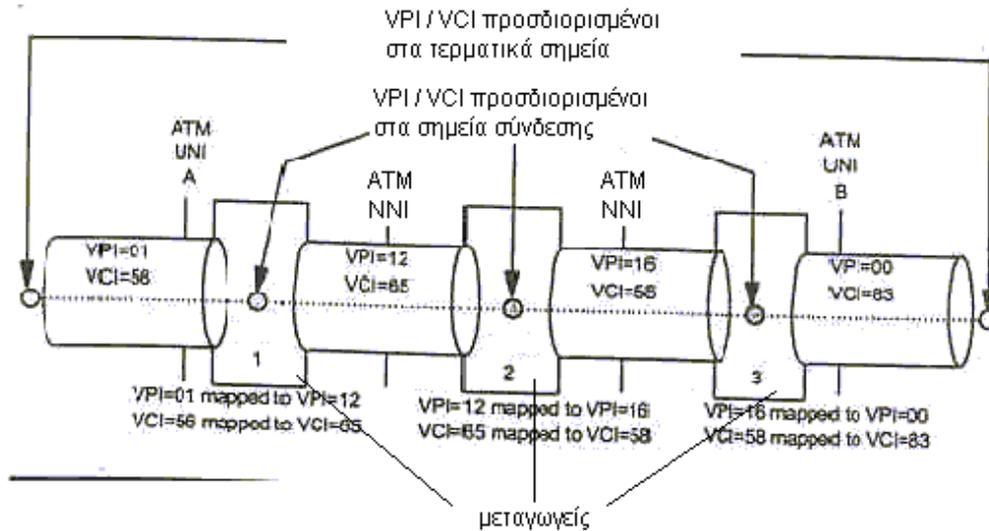
Η ορολογία των εικονικών μονοπατιών και των εικονικών καναλιών είναι λίγο πολύπλοκη και παρουσιάζεται στον πίνακα 2.

Εικονικό Κανάλι (VC)	Ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ομοιόμορφης κατεύθυνσης μεταφορά ΑΤΜ κελιών τα οποία συνδέονται με μια κοινή μοναδική αναγνωρίσιμη τιμή
Αναγνωριστής Εικονικού Καναλιού (Virtual Channel Identifier – VCI)	Αναγνωρίζει μια συγκεκριμένη σύνδεση VC για ένα συγκεκριμένο VPC.
Σύνδεση Εικονικού Καναλιού (Virtual Channel Link)	Ένα μέσο ομοιόμορφης κατεύθυνσης μεταφοράς κελιών ανάμεσα σ' ένα σημείο όπου μια VCI τιμή προσδιορίζεται και σ' ένα σημείο όπου αυτή η τιμή μεταφράζεται ή περατώνεται.
Σύνδεση Εικονικού Καναλιού (Virtual Channel Connection / VCC)	Μια συμφωνία από VC συνδέσεις η οποία εκτείνεται ανάμεσα σε δύο σημεία όπου το επίπεδο προσαρμογής έχει προσπελαστεί. Τα VCCs παρέχονται με σκοπό την μεταφορά πληροφορίας χρήστη-χρήστη, χρήστη-δικτύου, ή δικτύου-δικτύου. Η ακεραιότητα της ακολουθίας κελιού διατηρείται για τα κελιά που ανήκουν στο ίδιο VCC.
Εικονικό Μονοπάτι (Virtual Path)	Ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή μεταφοράς χωρίς κατεύθυνση των ΑΤΜ κελιών που ανήκουν σε εικονικά κανάλια τα οποία σχετίζονται μέσω μιας κοινής μοναδικής τιμής αναγνωριστή.
Σύνδεση Εικονικού Μονοπατιού	Ένα σύνολο από VC συνδέσεις, αναγνωρισμένες από

(Virtual Path Link)	μια κοινή τιμή του VPI, ανάμεσα σ' ένα σημείο όπου η τιμή του VPI εκχωρείται και στο σημείο όπου η τιμή αυτή μεταφράζεται ή τερματίζεται.
Αναγνωριστής Εικονικού Μονοπατιού (Virtual Path Identifier / VPI)	Αναγνωρίζει μια συγκεκριμένη VP σύνδεση
Σύνδεση Εικονικού Μονοπατιού (Virtual Path Connection / VPC)	Μια συμφωνία από VP συνδέσεις οι οποίες εκτείνονται ανάμεσα σ' ένα σημείο όπου οι VCI τιμές εκχωρούνται και το σημείο όπου αυτές οι τιμές μεταφράζονται ή απομακρύνονται. Οι VPCs παρέχονται για το σκοπό της μεταφοράς πληροφορίας χρήστη-χρήστη, χρήστη-δικτύου ή δικτύου –δικτύου.

2.3.4 VPI & VCI Switching Συνδέσεις

Οι VP μεταγωγείς τερματίζουν τις VP συνδέσεις (links). Ένας VP μεταγωγέας μεταφράζει τα εισερχόμενα VPIs στα αντίστοιχα εξερχόμενα VPIs σύμφωνα με τον προορισμό του VPC. Οι τιμές του VCI παραμένουν αμετάβλητες. Οι VC μεταγωγείς τερματίζουν τις VC συνδέσεις και απαραίτητα τις VP συνδέσεις. Ένας VC μεταγωγέας θα πρέπει να μεταγάγει και τα εικονικά μονοπάτια και τα εικονικά κανάλια, και συνεπώς εκτελούνται και η μετάφραση του VPI και η μετάφραση του VCI.



Σχήμα 3. VPI / VCI Switching σε μια σύνδεση

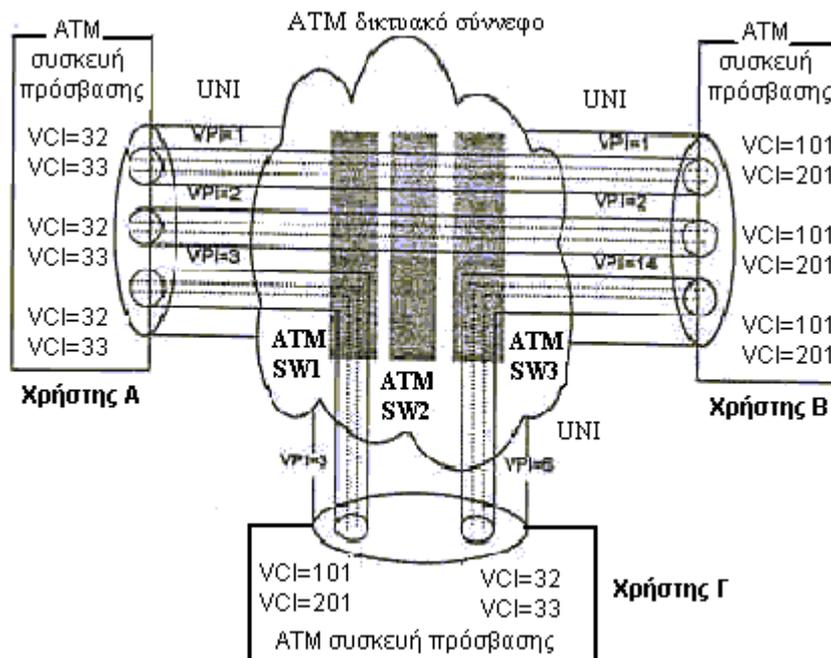
Τα τερματικά σημεία ενός VCC μπορεί να είναι τερματικοί χρήστες, οντότητες δικτύου, ή ένας τερματικός χρήστης και μια δικτυακή οντότητα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η ακεραιότητα της ακολουθίας των κελιών διατηρείται μέσω μιας VCC: αυτό συμβαίνει επειδή τα κελιά παραλαμβάνονται με την ίδια σειρά με την οποία αποστέλλονται. Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα από τις τρεις χρήσεις μιας VCC:

- Ανάμεσα σε τερματικούς χρήστες : μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια VCC για την μεταφορά δεδομένων χρήστη απ' άκρη σ' άκρη. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά ελέγχου σηματοδότησης ανάμεσα σε τερματικούς χρήστες. Μια VCC ανάμεσα σε τερματικούς χρήστες τους παρέχει μια ολοκληρωμένη χωρητικότητα
- Ανάμεσα σ' έναν τερματικό χρήστη και μια δικτυακή οντότητα : χρησιμοποιείται για έλεγχο σηματοδότησης χρήστη - προς - δίκτυο. Μια χρήστη-προς- δίκτυο VPC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συνάθροιση της

κίνησης από έναν τερματικό χρήστη σε μια δικτυακή ανταλλαγή ή έναν δικτυακό εξυπηρετητή.

- Ανάμεσα σε δύο δικτυακές οντότητες : χρησιμοποιείται για διαχείριση της δικτυακής κίνησης και για λειτουργίες δρομολόγησης. Μια δίκτυο-προς – δίκτυο VPC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό μιας κοινής πορείας για ανταλλαγή πληροφορίας διαχείρισης δικτύου.

Το σχήμα 4 παρουσιάζει ένα δείγμα ΑΤΜ δικτυακού περιβάλλοντος με τρεις χρήστες Α, Β και Γ, ο καθένας από τους οποίους έχει πρόσβαση στο σύννεφο του ΑΤΜ δικτύου μέσω ενός μοναδικού UNI. Στην εικόνα κάθε VP συνδέεται με κάποια άλλη τοποθεσία. Οι «σωλήνες» ανάμεσα στις ΑΤΜ συσκευές πρόσβασης περιγράφουν τα VPCs. Τα VCCs μέσα σε καθένα από αυτά τα VPs (περιγράφονται με τονισμένες γραμμές) αναγνωρίζονται από τους VPIs και τους VCIs. Να σημειωθεί ότι οι τιμές των VPI και VCI μπορεί να είναι διαφορετικές σε κάθε τέρμα της σύνδεσης, καθώς οι ενδιάμεσοι μεταγωγείς μπορούν ν' αλλάζουν τις τιμές.



Σχήμα 4. Παράδειγμα Δικτυακού σύννεφου

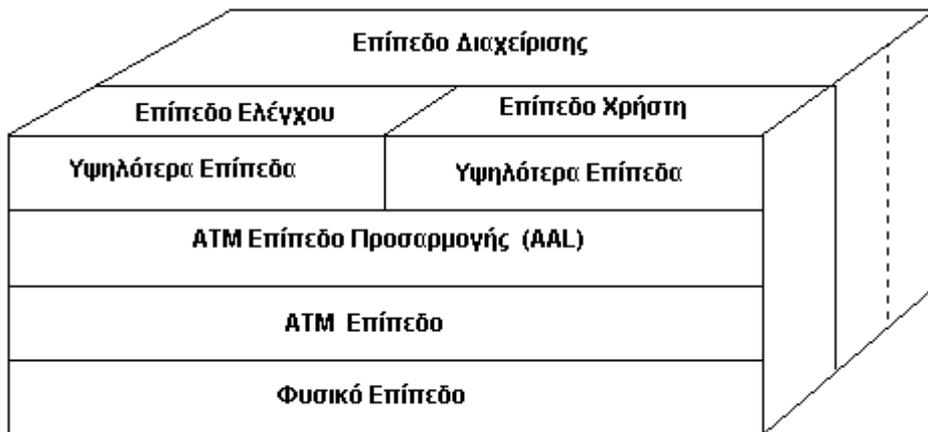
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΤΜ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

3.1 Το μοντέλο αναφοράς ΑΤΜ

Το μοντέλο αναφοράς στο πρωτόκολλο Β-ISDN παρουσιάζεται στο σχήμα 5 και αποτελείται από τρία τμήματα :

1. το επίπεδο του χρήστη για την μεταφορά της πληροφορίας της εφαρμογής του χρήστη
2. το επίπεδο ελέγχου για τις λειτουργίες κλήσεων και ελέγχου – σύνδεσης
3. το επίπεδο διαχείρισης για τις λειτουργίες επίβλεψης – δικτύου



Σχήμα 5. Μοντέλο Αναφοράς ΑΤΜ

Συγκεκριμένοι τύποι ροής πληροφορίας σχετίζονται με κάθε επίπεδο αντίστοιχα, και πιο συγκεκριμένα :

1. δεδομένα χρήστη (διαφανή στο δίκτυο ΑΤΜ)

2. πληροφορία σηματοδότησης, η οποία σχετίζεται με κλήσεις και συνδέσεις
3. πληροφορία διαχείρισης που αφορά την κατάσταση και την απόδοση του δικτύου

3.2 Επίπεδο χρήστη

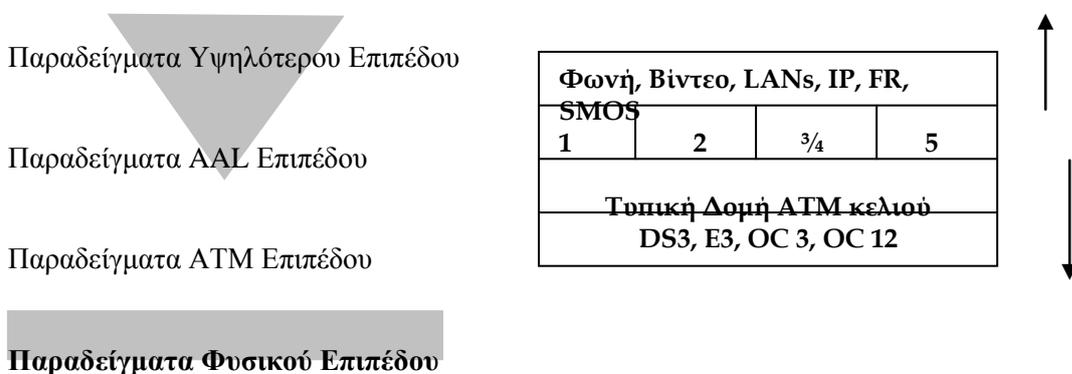
Η ιεραρχική δομή του επιπέδου του χρήστη αποτελείται από το φυσικό επίπεδο (physical layer), το επίπεδο ΑΤΜ (ATM layer), το επίπεδο προσαρμογής ΑΤΜ (ATM adaptation layer), και υψηλότερα επίπεδα (higher layers). Το φυσικό επίπεδο παρέχει από σημείο – σε – σημείο μεταφορά των κελιών ΑΤΜ ως ρεύμα από bits κατά μήκος του φυσικού μέσου. Το επίπεδο ΑΤΜ βασίζεται στις υπηρεσίες του φυσικού επιπέδου για την παροχή απ’ άκρη σ’ άκρη ακολουθιακής μεταφοράς των κελιών δεδομένων του χρήστη σύμφωνα με την πληροφορία του πρωτοκόλλου του ΑΤΜ στις επικεφαλίδες των κελιών τους. Το επίπεδο προσαρμογής ΑΤΜ (AAL) υποστηρίζει διαφορετικές εφαρμογές χρηστών πάνω από το επίπεδο ΑΤΜ μετατρέποντας ανάμεσα στα δεδομένα συγκεκριμένων εφαρμογών και της μορφής κελιού ΑΤΜ. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα επιμέρους επίπεδα του επιπέδου του χρήστη και αναφορικά οι λειτουργίες του κάθε επιπέδου.

Όνομα Επιπέδου		Λειτουργίες που εκτελούνται	
Υψηλότερα Επίπεδα		Λειτουργίες Υψηλότερων Επιπέδων	
AAL	Υποεπίπεδο Σύγκλισης (Convergence Sublayer / CS)	Συγκεκριμένη Υπηρεσία (Specific Service / SS)	
		Συνήθες Τμήμα (Common Part / CP)	
	SAR υποεπίπεδο	Τμηματοποίηση και Ανασυγκρότηση (Segmentation and Reassembly / SAR)	
ATM		Γενικός Έλεγχος Ροής Παραγωγή Επικεφαλίδας Κελιού Μετάφραση VCI / VPI Κελιού Πολύπλεξη / Αποπολύπλεξη Κελιού Ρυθμός Διάσπασης Κελιών	Επίπεδο Διαχείρισης

Φυσικό	Υποεπίπεδο Σύγκλισης Μετάδοσης (Transmission Convergence Sublayer / TC)	Ρυθμός Διάσπασης Ζευγαριών Κελιών Σχεδιασμός Κελιών Υιοθέτηση Πλαισίου Μετάδοσης Επαναφορά Παραγωγής Πλαισίου Μετάδοσης
	Εξαρτημένο Φυσικό Μέσο (Physical Medium Dpendent / PMD)	Φυσικό Μέσο

Πίνακας 3. Τα επιμέρους επίπεδα του επιπέδου του χρήστη

Ο αριθμός των πρότυπων πρωτοκόλλων για κάθε επίπεδο, και εάν ο αντικειμενικός σκοπός της εφαρμογής είναι στο υλικό ή λογισμικό, μπορεί να μας δώσει πολλά στοιχεία για το ΑΤΜ. Το σχήμα 6 απεικονίζει τον αριθμό των περιπτώσεων των πρότυπων πρωτοκόλλων σε κάθε επίπεδο μέσω παραλληλόγραμμων στο κέντρο της εικόνας. Τα βέλη στη δεξιά πλευρά παρουσιάζουν το γεγονός ότι οι εφαρμογές του ΑΤΜ κινούνται από το είναι εντατικά στο υλικό στα χαμηλότερα επίπεδα (PHY και ΑΤΜ επίπεδα) στα εντατικά στο λογισμικό στα υψηλότερα επίπεδα (AALs και υψηλότερα επίπεδα).



Σχήμα 6. Τα πρωτόκολλα που αντιστοιχούν σε κάθε επίπεδο

3.3 Φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο έχει τέσσερις λειτουργίες : μετατρέπει τα κελιά σ' ένα ρεύμα από bits, ελέγχει τη μετάδοση και την παραλαβή των bits στο φυσικό μέγεθος, εντοπίζει τα όρια των ΑΤΜ κελιών, και πακετάρει τα κελιά σε κατάλληλους τύπους πλαισίων για το φυσικό μέσο. Για παράδειγμα, τα κελιά πακετάρονται διαφορετικά για τους SONET από ό,τι για τους DS-3/E-3 τύπους μέσων. Το φυσικό επίπεδο ΑΤΜ χωρίζεται σε δύο μέρη : το φυσικό υποεπίπεδο που εξαρτάται από το μέσο (physical medium – dependent sublayer – PMD) και το υποεπίπεδο σύγκλισης μετάδοσης (transmission convergence sublayer– TC).

Το PMD υποεπίπεδο παρέχει δύο λειτουργίες – κλειδιά. Πρώτον, συγχρονίζει την μετάδοση και την παραλαβή στέλνοντας και λαμβάνοντας μια συνεχή ροή bits με σχετιζόμενη χρονική πληροφορία. Δεύτερον, καθορίζει το φυσικό μέσο για το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται, περιλαμβάνοντας τύπους και καλώδια συζεύξεων. Το PMD υποεπίπεδο επικοινωνεί με το TC υποεπίπεδο μέσω ενός σειριακού ρεύματος bit.

Το TC υποεπίπεδο έχει τέσσερις λειτουργίες : απεικόνιση κελιού, παραγωγή και επιβεβαίωση ακολουθίας ελέγχου λάθους επικεφαλίδας (HEC), αποσύνδεση ρυθμού – κελιού, και προσαρμογή πλαισίου μετάδοσης. Η λειτουργία απεικόνισης κελιού διατηρεί τα όρια του κελιού ΑΤΜ, επιτρέποντας συσκευές να εντοπίσουν κελιά μέσα σ' ένα ρεύμα από bits. Η ακολουθία παραγωγής και επιβεβαίωσης HEC παράγει και ελέγχει τον κώδικα ελέγχου λάθους επικεφαλίδας για την διασφάλιση των έγκυρων δεδομένων. Η αποσύνδεση ρυθμού – κελιού διατηρεί τον συγχρονισμό και εισάγει ή καταργεί αργά ΑΤΜ κελιά να υιοθετήσουν τον ρυθμό των έγκυρων ΑΤΜ κελιών στην payload χωρητικότητα του συστήματος μετάδοσης. Η προσαρμογή πλαισίου μετάδοσης πακετάρει τα ΑΤΜ κελιά σε πλαίσια δεκτά στην συγκεκριμένη εφαρμογή φυσικού επιπέδου. Κατά την μετάδοση το TC χαρτογραφεί (map) τα κελιά σε μια μορφή πλαισίου του φυσικού επιπέδου.

3.4 ΑΤΜ Επίπεδο

Το ΑΤΜ επίπεδο παρέχει ένα interface ανάμεσα στο AAL και το φυσικό επίπεδο. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για την αναμετάδοση κελιών από το AAL στο

φυσικό επίπεδο για μετάδοση και από το φυσικό επίπεδο στο AAL για χρήση στα τερματικά συστήματα. Όταν είναι μέσα σ' ένα τερματικό σύστημα, το ATM επίπεδο δέχεται ένα ρεύμα κελιών από το φυσικό επίπεδο και μεταδίδει είτε κελιά με νέα δεδομένα ή άδεια κελιά εάν δεν υπάρχουν δεδομένα για αποστολή. Όταν είναι μέσα σ' έναν μεταγωγέα, το ATM επίπεδο καθορίζει που θα πρέπει να προωθηθούν τα εισερχόμενα κελιά, επανατοποθετεί τους αντίστοιχους αναγνωριστές σύνδεσης και προωθεί τα κελιά στην επόμενη σύνδεση. Επιπλέον, κατάχωρει τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα κελιά, και χειρίζεται διάφορες λειτουργίες διαχείρισης κίνησης όπως το μαρκάρισμα προτεραιότητας απώλεια κελιού, η υπόδειξη συμφόρησης, και η πρόσβαση γενικού ελέγχου ροής. Επίσης παρακολουθεί τον ρυθμό μετάδοσης και την συμμόρφωση στο συμβόλαιο εξυπηρέτησης.

3.5 ATM Adaptation Layer

Το ATM Adaptation Layer (AAL) αναμεταδίδει τα ATM κελιά από τα κατώτερα επίπεδα προς το ATM επίπεδο και αντίστροφα. Το ITU-T I.362 εμφανίζει σε μια λίστα τα παρακάτω γενικά παραδείγματα υπηρεσιών που παρέχονται από το AAL :

- ✓ Χειρισμός λαθών μετάδοσης
- ✓ Τμηματοποίηση και επανασυγκέντρωση (Segmentation and Reassembly), για την παροχή δυνατότητας μεγαλύτερων τεμαχίων δεδομένων να μεταφέρονται στο πεδίο πληροφορίας των ATM κελιών
- ✓ Χειρισμός περιπτώσεων χαμένων ή λανθασμένα εισαγόμενων κελιών
- ✓ Έλεγχος ροής και έλεγχος χρόνου

Για τον περιορισμό του αριθμού των διαφορετικών AAL πρωτοκόλλων τα οποία πρέπει να καθοριστούν για να «συναντήσουν» ένα εύρος αναγκών, το ITU-T καθόρισε τέσσερις κλάσεις υπηρεσιών, οι οποίες καλύπτουν μια ευρεία κλίμακα απαιτήσεων, και οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 4. η ταξινόμηση βασίζεται είτε στο εάν μια χρονική σχέση πρέπει να διατηρείται ανάμεσα στην πηγή και τον προορισμό, εάν η εφαρμογή απαιτεί ένα σταθερό ρυθμό bit, και εάν η μεταφορά είναι με σύνδεση ή άνευ αυτής.

	Κλάση Α	Κλάση Β	Κλάση Γ	Κλάση Δ
Χρονική Σχέση ανάμεσα στην πηγή και τον προορισμό	Απαιτείται		Δεν Απαιτείται	
Ρυθμός Bit	Σταθερός	Μεταβαλλόμενος		
Τρόπος Σύνδεσης	Με σύνδεση			Ανευ Σύνδεσης
ΑΑΛ πρωτόκολλο	Τύπος 1	Τύπος 2	Τύπος 3/4	
			Τύπος 5	

Πίνακας 4. Κλάσεις υπηρεσιών για το ΑΑΛ

Για την υποστήριξη των διαφόρων κλάσεων υπηρεσιών, ένα σύνολο πρωτοκόλλων καθορίστηκαν στο ΑΑΛ επίπεδο. Το ΑΑΛ επίπεδο είναι οργανωμένο σε δύο λογικά υποεπίπεδο : το υποεπίπεδο σύγκλισης (convergence sublayer / CS) και το υποεπίπεδο τμηματοποίησης και επανασυγκέντρωσης (segmentation and reassembly sublayer / SAR).

Το υποεπίπεδο σύγκλισης παρέχει λειτουργίες που χρειάζονται για την υποστήριξη συγκεκριμένων εφαρμογών χρησιμοποιώντας το ΑΑΛ. Κάθε ΑΑΛ χρήστης συνάπτεται στο ΑΑΛ σ' ένα σημείο πρόσβασης υπηρεσίας (service access point / SAP), το οποίο είναι απλά η διεύθυνση της εφαρμογής. Αυτό το υποεπίπεδο είναι συνεπώς εξαρτημένο από την υπηρεσία.

Το υποεπίπεδο SAR είναι υπεύθυνο για το «πακετάρισμα» της πληροφορία που λαμβάνεται από το CS στα κελιά για μετάδοση και για την αντίστροφη διαδικασία στο άλλο άκρο. Το SAR πρέπει να «πακετάρει» οποιεσδήποτε SAR επικεφαλίδες και trailers συν την CS πληροφορία σε blocks 48 οκτάδων.

ΑΑΛ0

Παρ' όλο που το ΑΑΛ0 δεν είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται επίσημα μπορεί να θεωρηθεί σημαντικός, καθώς είναι ένα ΑΑΛ με άδεια SAR και CS υποεπίπεδα. Αυτό σημαίνει δεν απαιτείται οποιαδήποτε ΑΑΛ λειτουργικότητα και ότι

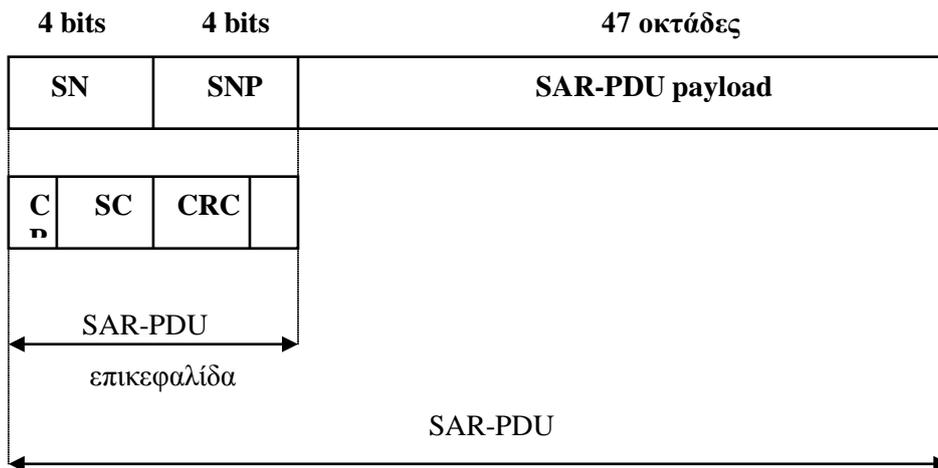
το περιεχόμενο του πεδίου πληροφορίας του κελιού είναι απ' ευθείας και διαφανώς μεταδιδόμενο στο υψηλότερο επίπεδο. Παρ' όλ' αυτά, μια λεπτομερής περιγραφή μιας τέτοιας υπηρεσίας δεν είναι ακόμα διαθέσιμη από τα πρότυπα του ITU-T.

AAL1

Το AAL1 είναι κατάλληλο για τον χειρισμό των πηγών σταθερού ρυθμού bit (constant bit rate – CBR), όπως είναι η φωνή. Η διαδικασία του AAL1 προετοιμάζει ένα κελί για μετάδοση σε τρία βήματα. Πρώτον, σύγχρονα δείγματα (για παράδειγμα, 1 byte δεδομένων σ' ένα ρυθμό δείγματος 125 microseconds) εισάγονται στο πεδίο payload. Δεύτερον, τα πεδία του αριθμού ακολουθίας (Sequence Number – SN) και της προστασίας αριθμού ακολουθίας (Sequence Number Protection – SNP) προσθέτονται για την παροχή πληροφορίας την οποία το λαμβάνον AAL1 χρησιμοποιεί για την επιβεβαίωση ότι έχει λάβει κελιά στην σωστή σειρά. Τρίτον, το υπόλοιπο τμήμα του πεδίου Payload γεμίζεται με αρκετά μονά bytes έτσι ώστε να συμπληρωθούν τα 48 bytes.

SAR υποεπίπεδο

Το SAR-PDU αποτελείται από 48 οκτάδες. Η πρώτη οκτάδα περιλαμβάνει το PCI. Όλες οι άλλες οκτάδες είναι διαθέσιμες για το SAR-PDU payload. Το PCI υποδιαιρείται σ' ένα πεδίο αριθμού ακολουθίας 4 bit (sequence number / SN) και ένα πεδίο 4 bit προστασίας αριθμού ακολουθίας (sequence number protection / SNP). Το SN αποτελείται από ένα bit υπόδειξης υποεπιπέδου σύγκλισης (convergence sublayer indication / CSI) και ένα 3 bit πεδίο μετρητή ακολουθίας (sequence count). Το SNP πεδίο περιέχει ένα 3 bit CRC το οποίο προστατεύει το SN πεδίο και ένα bit άρτιας ισοτιμίας το οποίο πρέπει να υπολογισθεί πάνω από την κωδική λέξη 7 bit που προκύπτει. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη μορφή του SAR-PDU του AAL1.



- C = ένδειξη υποεπιπέδου σύγκλισης
- SC = μετρητής ακολουθίας
- CRC = έλεγχος κυκλικού πλεονασμού
- SN = αριθμός ακολουθίας
- P = bit άρτιας ισοτιμίας
- SNP = προστασία αριθμού ακολουθίας
- PDU = μονάδα δεδομένων πρωτοκόλου

Η τιμή του μετρητή ακολουθίας του SN παρέχει την δυνατότητα για ανίχνευση απώλειας ή λανθασμένης εισαγωγής κελιών. Για συστήματα με μεγάλους ρυθμούς απώλειας κελιών αυτή η μέθοδος δεν είναι πολύ εύρωστη καθώς το πεδίο μετρητή ακολουθίας των 3 bit είναι σχετικά μικρό. Το CSI bit μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά χρονικής πληροφορίας και / ή πληροφορίας σχετικά με τη δομή δεδομένων. Το SNP παρέχει ανίχνευση λαθών και ικανότητες διόρθωσης. Η ακόλουθη προσέγγιση δύο βημάτων θα χρησιμοποιηθεί, η οποία επιτρέπει την διόρθωση όλων των λαθών μονού bit (single bit) και την ανίχνευση των λαθών πολλαπλού bit : (1) το SN προστατεύεται από το πολυώνυμο $G(x) = x^3 + x + 1$, και (2) η προκύπτουσα 7 bit κωδική λέξη προστατεύεται μέσω ενός ελέγχου άρτιας ισοτιμίας.

Υποεπίπεδο Σύγκλισης

Οι λειτουργίες του CS εξαρτώνται από την υπηρεσία που υποστηρίζεται. Δύο από τις αυτές λειτουργίες παρουσιάζονται παρακάτω. Επίσης παρατίθενται και παραδείγματα του πώς αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται :

- **Χειρισμός της μεταβολής καθυστέρησης του κελιού.** Ένας καταχωρητής χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει αυτή την λειτουργία. Η υπερχειλίση του

καταχωρητή ίσως οδηγήσει στην εισαγωγή ή την απόρριψη υπερβολικών bits, αντίστοιχα.

- **Ανάκτηση συχνότητας ρολογιού πηγής** χρησιμοποιώντας τη μέθοδο σύγχρονης σφραγίδας υπολειπόμενου χρόνου (SRTS). Μια σφραγίδα υπολειπόμενου χρόνου (RTS) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό και την μεταφορά πληροφορίας σχετικά με την διαφορά συχνότητας ανάμεσα σ' ένα κοινό ρολόι αναφοράς που εξάγεται από το ρολόι δικτύου και το ρολόι υπηρεσίας. Το 4 bit RTS μεταφέρεται μέσω του CSI bit με επιτυχημένες SAR-PDU επικεφαλίδες με έναν αλλόκοτο αριθμό του πεδίου μετρητή ακολουθίας (SN = 1, 3, 5, 7).

AAL2

Ένας άλλος τύπος κίνησης έχει χρονικές απαιτήσεις όπως το CBR αλλά τείνει να είναι εκρηκτικός στη φύση του. Αυτό καλείται κίνηση μεταβλητού ρυθμού bit (variable bit rate / VBR). Αυτό τυπικά περιλαμβάνει υπηρεσίες που χαρακτηρίζονται ως πακεταρισμένη φωνή ή βίντεο τα οποία δεν έχουν μια ταχύτητα σταθερής μετάδοσης δεδομένων αλλά έχουν απαιτήσεις παρόμοιες με εξυπηρετήσεις σταθερού ρυθμού bit. Η διαδικασία του AAL2 χρησιμοποιεί 44 bytes του payload του κελιού για δεδομένα του χρήστη και κατάκρατεί 4 bytes του payload για την υποστήριξη της διαδικασίας του AAL2. Η κίνηση VBR χαρακτηρίζεται είτε ως πραγματικού – χρόνου (real-time / VBR-RT) ή ως μη πραγματικού χρόνου (VBR-NRT). Το AAL2 υποστηρίζει και τους δύο τύπους της κίνησης VBR.

AAL3/4

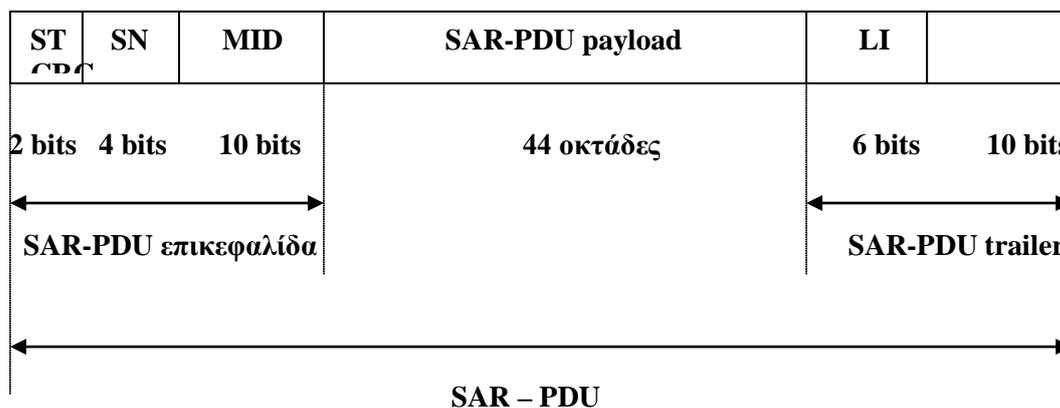
Το AAL3/4 υποστηρίζει και προσανατολισμένα ως προς τη σύνδεση και άνευ σύνδεσης δεδομένα. Έχει σχεδιαστεί για δικτυακούς παροχείς υπηρεσίας και χρησιμοποιείται για την μετάδοση SMDS πακέτα πάνω από το ATM δίκτυο.

SAR Υποεπίπεδο

Γενικά τα CS-PDUs είναι μεταβλητού μήκους. Όταν γίνεται δεκτό ένα τέτοιου είδους PDU, το υποεπίπεδο SAR παράγει τα SAR-PDUs που περιέχουν μέχρι 44

οκτάδες από CS-PDU δεδομένα. Το CS-PDU διατηρείται από το υποεπίπεδο SAR. Αυτό απαιτεί ένδειξη του τύπου του τεμαχίου (ST) και ένδειξη συμπλήρωσης του SAR payload. Η ένδειξη ST αναγνωρίζει ένα SAR-PDU ως την έναρξη του μηνύματος (beginning of message / BOM), συνέχισης του μηνύματος (continuation of message / COM), τέλος του μηνύματος (end of message / EOM) ή μήνυμα μονού – τεμαχίου (single – segment message / SSM). Η ένδειξη συμπλήρωσης του payload αντιπροσωπεύει τον αριθμό των οκτάδων ενός CS-PDU που περιέχεται σ’ ένα SAR-PDU payload.

Η ανίχνευση λάθους είναι η δεύτερη λειτουργία του SAR υποεπιπέδου. Αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει ανίχνευση bit λάθους στο SAR-PDU τόσο καλά όσο και ανίχνευση χαμένων ή λάθος εισερχόμενων SAR-PDUs. Μια ένδειξη στέλνεται στο CS εάν κάποιο από αυτά τα λάθη προκύψει. Η τρίτη λειτουργία του SAR υποεπιπέδου είναι η συντρέχουσα πολύπλεξη / αποπολύπλεξη των CS-PDUs από πολλαπλές AAL συνδέσεις πάνω από μια μονή σύνδεση ATM επιπέδου. Για την υποστήριξη όλων αυτών των λειτουργιών 4 οκτάδες χρησιμοποιούνται (2 από την SAR-PDU επικεφαλίδα και 2 από το SAR-PDU trailer), ως εκ τούτου, από τις 48 οκτάδες του SAR-PDU μόνο οι 44 απομένουν για το payload. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η SAR-PDU μορφή.



- CRC** = έλεγχος κυκλικού πλεονασμού
- LI** = ένδειξη μήκους
- MID** = αναγνωριστής πολύπλεξης
- PDU** = μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου
- SAR** = Τμηματοποίηση / επανασυγκέντρωση
- SN** = αριθμός ακολουθίας
- ST** = τύπος τεμαχίου

Ο τύπος τεμαχίου αποτελείται από 2 bits τα οποία χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση ενός BOM, COM, EOM ή SSM.

Τέσσερα bits είναι διαθέσιμα για το πεδίο αριθμού ακολουθίας. Το SN του SAR-PDU αυξάνεται κατά 1 σε σχέση με το SN του προηγούμενου SAR-PDU που ανήκει στην ίδια AAL σύνδεση. Τα υπολειπόμενα 10 bits της επικεφαλίδας του SAR-PDU μορφοποιούν το πεδίο του αναγνωριστή πολύπλεξης (multiplexing identifier / MID). Το πεδίο MID βοηθάει στην παρεμβολή των ATM-SDUs από διαφορετικά CS-PDUs και στην επανασυγκέντρωση αυτών των CS-PDUs. Εάν πολλαπλές AAL συνδέσεις χρησιμοποιούν την ίδια σύνδεση ATM επιπέδου, αυτές οι AAL συνδέσεις πρέπει να έχουν αναγνωριστικά QoS χαρακτηριστικά. Η πολύπλεξη / αποπολύπλεξη πραγματοποιείται σε μια άκρη σ' άκρη βάση. Η σύνδεση ATM επιπέδου η οποία χρησιμοποιείται από διαφορετικές AAL συνδέσεις διαχειρίζεται ως μια οντότητα.

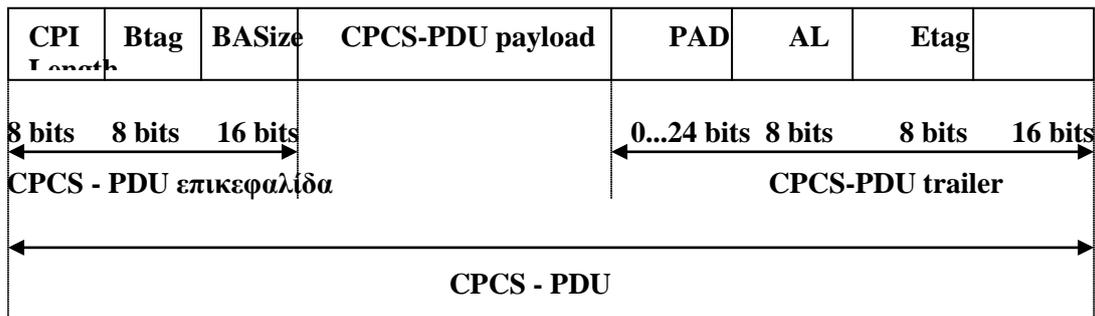
Το πεδίο SAR-PDU (44 οκτάδες) συμπληρώνεται με CS-PDU δεδομένα. Εάν αυτό το πεδίο δεν συμπληρώνεται πλήρως τα υπολειπόμενα αχρησιμοποίητα bits κωδικοποιούνται ως 0. το πεδίο ένδειξης μήκους (length indicator / LI) αποτελείται από 6 bits και περιέχει τον αριθμό των οκτάδων, δυαδικά κωδικοποιημένων, από το CS-PDU τα οποία περιλαμβάνονται στο SAR-PDU payload πεδίο.

Το πεδίο CRC (10 bits) συμπληρώνεται με το αποτέλεσμα που αποκτάται από έναν CRC υπολογισμό ο οποίος εκτελείται κατά μήκος της SAR-PDU επικεφαλίδας, το πεδίο payload SAR-PDU και το πεδίο LI. Το παρακάτω πολυώνυμο παραγωγής προτείνεται :

$$G(x) = x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1.$$

Υποεπίπεδο Σύγκλισης

Αυτό το υποεπίπεδο υποδιαιρείται σ' ένα σύνηθες τμήμα και ένα τμήμα συγκεκριμένης υπηρεσίας. Λειτουργίες, δομή και κωδικοποίηση του SSCS απαιτούν περαιτέρω μελέτη. Το CPCS μεταφέρει πλαίσια δεδομένων χρήστη με οποιοδήποτε μήκος από 1 έως 65535 οκτάδες. Οι CPCS λειτουργίες απαιτούν μια CPCS-PDU επικεφαλίδα 4 οκτάδων και ένα CPCS-PDU trailer 4 οκτάδων. Επιπλέον, ένα πεδίο padding (PAD) παρέχεται για μια ευθυγράμμιση 32 bit. Το σχήμα δείχνει την CPCS-PDU μορφή.



- AL** = ευθυγράμμιση
- BASize** = μέγεθος κατανομής κατάχωρητή
- Btag** = ετικέτα έναρξης
- CPCS** = σύνθητες τμήμα του υποεπιπέδου σύγκλισης
- CPI** = ένδειξη συνήθους τμήματος
- Etag** = ετικέτα τέλους
- Length** = μήκος του CPCS-PDU payload
- PAD** = padding
- PDU** = μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου

Το πεδίο ένδειξης του συνήθους τμήματος (CPI) χρησιμοποιείται για την μετάφραση των υπολειπόμενων πεδίων στην CPCS-PDU επικεφαλίδα και trailer. Τα πεδία της ετικέτας έναρξης (Btag) και της ετικέτας τέλους (Etag) επιτρέπουν την κατάλληλη συσχέτιση της CPCS-PDU επικεφαλίδας και trailer. Η ίδια αριθμητική τιμή τίθεται και στα δύο πεδία. Τα πεδία BASize υποδεικνύουν στην οντότητα που λαμβάνεται τις απαιτήσεις μέγιστης κατάχώρησης για την λήψη του CPCS-SDU. Το πεδίο PAD διασφαλίζει ότι το CPCS-PDU payload είναι ένας ακέραιος πολλαπλάσιος των 4 οκτάδων. Μπορεί να έχει από 0 έως 3 οκτάδες μήκος και δεν μεταφέρει οποιαδήποτε πληροφορία. Παρόμοια, το πεδίο ευθυγράμμισης (AL) χρησιμοποιείται για την ευθυγράμμιση 32 bit του CPCS-PDU trailer. Το πεδίο μήκους χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση του μήκους του πεδίου CPCS-PDU payload. Επίσης χρησιμοποιείται από τον παραλήπτη για την ανίχνευση απώλειας ή κέρδους πληροφορίας.

Γενικά, το AAL3/4 προετοιμάζει ένα κελί για μετάδοση σε τέσσερα βήματα. Πρώτον, το επίπεδο σύγκλισης (convergence sublayer / CS) δημιουργεί μια μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου (protocol data unit / PDU) προσθέτοντας μια ετικέτα αρχής ή τέλους επικεφαλίδας στο πλαίσιο και ένα πεδίο μήκους ως trailer. Δεύτερον, το υποεπίπεδο τμηματοποίησης και η επανασυγκέντρωση (SAR) κομματιάζει το PDU και προσθέτει μια επικεφαλίδα σ' αυτό. Στη συνέχεια το υποεπίπεδο SAR προσθέτει ένα

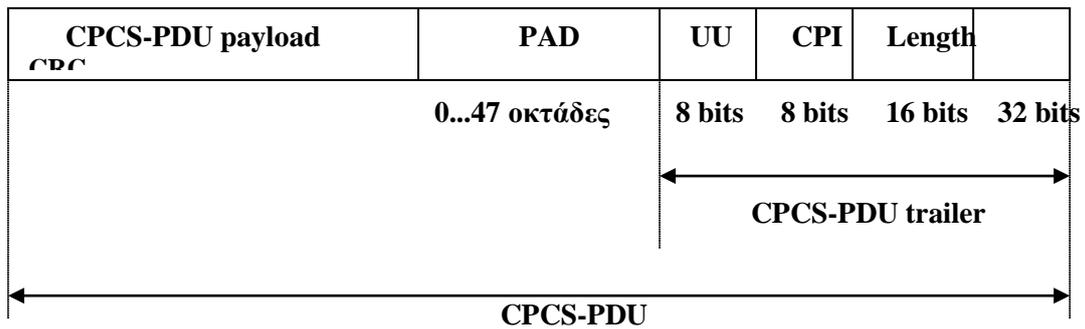
CRC-10 trailer σε κάθε PDU κομμάτι για έλεγχο λάθους. Τέλος, το συμπληρωμένο SAR PDU γίνεται το payload πεδίο ενός ATM κελιού στο οποίο το ATM επίπεδο προσθέτει την σταθερή ATM επικεφαλίδα. Μια AAL 3/4 SAR PDU επικεφαλίδα αποτελείται από τα πεδία Τύπου, Αριθμού Ακολουθίας και Αναγνωριστή Πολύπλεξης. Τα πεδία Τύπου αναγνωρίζουν εάν ένα κελί είναι η αρχή, η συνέχεια ή το τέλος ενός μηνύματος. Τα πεδία αριθμού ακολουθίας αναγνωρίζει την σειρά με την οποία τα κελιά θα πρέπει να επανασυγκεντρώνονται. Το πεδίο Αναγνωριστή Πολύπλεξης καθορίζει ποια κελιά από διαφορετικές πηγές κίνησης επιτρέπονται να είναι στο ίδιο εικονικό κύκλωμα σύνδεσης (virtual circuit connection / VCC) έτσι ώστε τα σωστά κελιά να επανασυγκεντρώνονται στον προορισμό.

AAL5

Το AAL5 είναι το βασικό AAL για δεδομένα και υποστηρίζει και βασιζόμενα στη σύνδεση και άνευ σύνδεσης δεδομένα. Χρησιμοποιείται για την μεταφορά των περισσοτέρων όχι – SMDS δεδομένων, όπως το κλασσικό IP πάνω από το ATM και το LANE. Το AAL5 είναι επίσης γνωστό ως το απλό και αποτελεσματικό επίπεδο προσαρμογής (simple and efficient adaptation layer / SEAL) επειδή το υποεπίπεδο SAR απλά δέχεται το CS-PDU και το τμηματοποιεί σε 48 – οκτάδων SAR-PDUs χωρίς να δεσμευτούν bytes σε κάθε κελί.

Υποεπίπεδο Σύγκλισης

Το CPCS παρέχει για την μετάδοση δεδομένων χρήστη πλαίσια με οποιοδήποτε μήκος από 1 έως 65 535 οκτάδες. Επιπλέον, 1 οκτάδα από χρήστη σε χρήστη πληροφορία μεταφέρεται με κάθε CPCS-PDU. Ένα CRC-32 χρησιμοποιείται για την ανίχνευση bit λαθών. Η CPCS-PDU μορφή του AAL5 παρουσιάζεται ακολούθως :



CPCS = σύνηθες τμήμα υποεπιπέδου σύγκλισης

PAD = padding

CPI = ένδειξη συνήθους τμήματος

PDU = μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου

CRC = έλεγχος κυκλικού πλεονασμού

UU = CPCS χρήστη προς χρήστη

ένδειξη

Length = μήκος CPCS-PDU payload

Γενικά, το AAL5 προετοιμάζει ένα κελί για μετάδοση σε τρία βήματα. Πρώτον, το CS υποεπίπεδο προσθέτει μπλοκ μεταβλητού – μήκους και ένα trailer 8-byte σ’ ένα πλαίσιο. Το μπλοκ διασφαλίζει ότι το PDU που προκύπτει συμφωνεί με το όριο των 48 bytes ενός ATM κελιού. Το trailer περιλαμβάνει το μήκος του πλαισίου και έναν 32 – bit κυκλικό έλεγχο πλεονασμού (cyclic redundancy check / CRC) που υπολογίζεται κατά μήκος ολόκληρου του PDU. Αυτό επιτρέπει στην διαδικασία λήψης του AAL5 ν’ ανιχνεύσει bit λάθη, χαμένα κελιά ή κελιά τα οποία είναι εκτός ακολουθίας. Δεύτερον, το SAR υποεπίπεδο τμηματοποιεί το CS-PDU σε μπλοκ των 48 bytes. Επικεφαλίδα και trailer δεν προσθέτονται (όπως στο AAL3/4). Τέλος, το ATM επίπεδο τοποθετεί κάθε μπλοκ στο πεδίο payload ενός ATM κελιού. Για όλα τα κελιά εκτός του τελευταίου, ένα bit στο πεδίο του τύπου του Payload (PT) τίθεται ίσο με το 0 για να υποδείξει ότι το κελί δεν είναι το τελευταίο κελί σε μια σειρά η οποία αντιπροσωπεύει ένα μονό πλαίσιο. Για το τελευταίο κελί, το bit στο PT πεδίο τίθεται ίσο με το 1.

3.6 Επίπεδο Ελέγχου

Το επίπεδο ελέγχου αντιπροσωπεύει τις λειτουργίες κλήσης και ελέγχου – σύνδεσης οι οποίες σχετίζονται με την ίδρυση, την εποπτεία και την απαλλαγή των μεταγωγημένων VPCs/VCCs. Τα μεταγωγημένα VPCs/VCCs ελέγχονται με τη βοήθεια της σηματοδότησης όπου τα μόνιμα VPCs/VCCs βρίσκονται κάτω από τον έλεγχο της

διαχείρισης δικτύου. Η σηματοδότηση είναι ένα θέμα ενεργούς μελέτης μέσα στους οργανισμούς επειδή ο έλεγχος κλήσης θα είναι περισσότερο. Έτσι, οι κλήσεις και οι συνδέσεις μπορούν να ελέγχονται ξεχωριστά. Μια σύνδεση είναι σημείου – προς – σημείο ή πολυσημειακή, συμμετρική ή ασύμμετρη, και χαρακτηρίζεται από μια συγκεκριμένη QoS κλάση και διαπερατότητα. Μια κλήση μπορεί να αποτελείται από πολλαπλές συνδέσεις, και οποιαδήποτε σύνδεση μπορεί να εδραιωθεί, τροποποιηθεί ή τερματιστεί κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Ένας χρήστης μπορεί να έχει πολλαπλές οντότητες σηματοδότησης οι οποίες επικοινωνούν με το δίκτυο μέσω διαφορετικών VC συνδέσεων. Οι κλήσεις μπορούν να αναδιαμορφωθούν δυναμικά προσθέτοντας ή απορρίπτοντας συνδέσεις ή ομάδες κατά τη διάρκεια μιας κλήσης.

Το επίπεδο ελέγχου επίσης μοιράζεται το ίδιο φυσικό και ΑΤΜ επίπεδο με το επίπεδο του χρήστη. αυτό υπονοεί ότι τα κελιά σηματοδότησης μεταφέρονται στο επίπεδο ΑΤΜ με τον ίδιο τρόπο όπως τα κελιά δεδομένων του χρήστη. Παρ' όλ' αυτά, διαφορετικά από τα κελιά δεδομένων χρήστη, τα κελιά σηματοδότησης θα προχωρήσουν μέσω των ΑΤΜ διακοπών.

3.7 Επίπεδο Διαχείρισης

Για την υποστήριξη της επιθυμητής ποιότητας υπηρεσιών για τις συνδέσεις, είναι απαραίτητη η παρακολούθηση και ο έλεγχος του ΑΤΜ δικτύου για την διασφάλιση των ευκολιών της συνεχούς και σωστής λειτουργίας και την αποδοτική χρησιμοποίηση των πηγών του δικτύου. Το επίπεδο διαχείρισης αντιπροσωπεύει την παρακολούθηση του δικτύου και τις λειτουργίες ελέγχου, τις βασικές λειτουργίες και την διατήρηση σε κάθε επίπεδο και την επίβλεψη του δικτύου σε επίπεδο συστήματος. Συγκεκριμένες λειτουργίες του επιπέδου διαχείρισης έχουν αναγνωρισθεί ως :

- Διαχείριση λάθους για την δυναμική ανίχνευση, απομόνωση και διόρθωση του λάθους.
- Διαχείριση απόδοσης για την συνεχή παρακολούθηση, αναφορά και εκτίμηση της συμπεριφοράς των στοιχείων του δικτύου.
- Διαχείριση διαμόρφωσης για την αρχικοποίηση των ευκολιών και τον έλεγχο ή την αλλαγή της κατάστασης των υπηρεσιών τους

- Διαχείριση ασφάλειας για την ρύθμιση της πρόσβασης και τον έλεγχο των βάσεων των στοιχείων του δικτύου.

Διαχείριση υπολογισμού για την συλλογή, την επεξεργασία και την αναφορά πληροφοριών κατά την χρησιμοποίηση των πηγών για λόγους οικονομίας.

3.8 Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)

Παρά τον μεγάλο αριθμό όλων αυτών των διαφορετικών πρωτοκόλλων, κανένα από αυτά δεν προσφέρει απλές και αξιόπιστες από άκρο σε άκρο συνδέσεις μεταφοράς. Για τις εφαρμογές στις οποίες αυτό απαιτείται, υπάρχει ένα άλλο πρωτόκολλο AAL : **το καθορισμένο από την υπηρεσία με σύνδεση SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol)**. Παρόλα αυτά, το SSCOP χρησιμοποιείται μόνο για τον έλεγχο και όχι για την μετάδοση των δεδομένων.

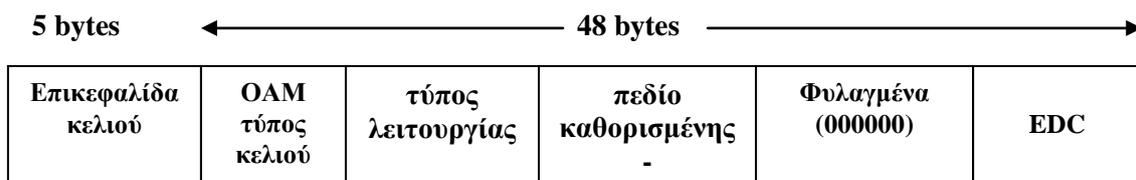
Οι χρήστες του **SSCOP** στέλνουν μηνύματα , στο καθένα από τα οποία δίνεται ένας αύξων αριθμός των 24 bit. Τα μηνύματα μπορούν να έχουν έως 64 Kbyte και δεν τεμαχίζονται. Πρέπει να παραδοθούν με τη σωστή σειρά. Σε αντίθεση με άλλα αξιόπιστα πρωτόκολλα μεταφοράς, τα χαμένα μηνύματα πάντοτε αναμεταδίδονται με επιλεκτική επανάληψη αντί με go back n.

Το **SSCOP** είναι βασικά ένα δυναμικό πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου. Για κάθε σύνδεση, ο αποδέκτης διατηρεί ένα παράθυρο που περιέχει τους αύξοντες αριθμούς των μηνυμάτων που πρόκειται να λάβει, καθώς και μια αντιστοιχία bit που καταγράφει αυτά που έχει ήδη λάβει. Το μέγεθος αυτού του παραθύρου μπορεί να αλλάζει κατά τη διάρκεια λειτουργίας του πρωτοκόλλου.

Αυτό που κάνει το **SSCOP** ασυνήθιστο είναι ο τρόπος που χειρίζεται τις επαληθεύσεις : δεν υπάρχουν εμβόλιμες επαληθεύσεις. Αντί αυτών, ο αποστολέας περιοδικά βολιδοσκοπεί τον αποδέκτη και του ζητά να στείλει πίσω την αντιστοιχία bit που περιγράφει την κατάσταση του παραθύρου. Βάσει του αποτελέσματος, ο αποστολέας απορρίπτει μηνύματα που έχουν ήδη παραληφθεί και ενημερώνει το δικό του παράθυρο.

3.9 ΑΤΜ επίπεδο λειτουργιών και διατήρησης (OAM)

Το OAM (ATM – Layer Operations and Maintenance) στο φυσικό και στα ATM επίπεδα εξαρτάται από την ανταλλαγή πληροφορίας διαχείρισης, η οποία αναφέρεται ως OAM ροή. Όλα τα OAM κελιά έχουν την παρακάτω μορφή :



Από τη στιγμή που το πεδίο HEC έχει δημιουργηθεί και έχει εισαχθεί στην επικεφαλίδα του κελιού, το κελί είναι έτοιμο για μετάδοση. Τα μέσα μετάδοσης διαιρούνται σε δύο κατηγορίες : ασύγχρονα και σύγχρονα. Όταν χρησιμοποιείται ασύγχρονο μέσο, το κελί μπορεί να σταλεί όποτε είναι έτοιμο. Δεν υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί.

Με τα σύγχρονα μέσα, τα κελιά μπορούν να μεταδοθούν σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο το κελί με δεδομένα όταν χρειάζεται , το υπο-στρώμα TC πρέπει να δημιουργήσει ένα. Τα κελιά αυτά ονομάζονται άδεια κελιά (idle cells).

Ένα άλλο είδος κελιού χωρίς δεδομένα είναι το κελί Λειτουργίας και Συντήρησης OAM (Operation And Maintenance). Τα κελιά OAM χρησιμοποιούνται επίσης από τους μεταγωγείς ATM για ανταλλαγή πληροφοριών ελέγχου καθώς και άλλων πληροφοριών αναγκαίων για να κρατούν το σύστημα σε λειτουργία.

Στον δέκτη τα άδεια κελιά υφίστανται επεξεργασία στο υπο-στρώμα TC, αλλά τα κελιά OAM παραδίδονται στο στρώμα ATM. Τα κελιά OAM διακρίνονται από τα κελιά δεδομένων με το να έχουν τα τρία πρώτα byte της επικεφαλίδας μηδενικά, κάτι που δεν επιτρέπεται για τα κελιά δεδομένων. Το τέταρτο byte περιγράφει τη φύση του κελιού OAM

Η διατήρηση έχει καθορισθεί ως ο συνδυασμός όλων των τεχνικών και των αντίστοιχων διοικητικών πράξεων, περιλαμβανομένου και της επίβλεψης των πράξεων, που έχει ως πρόθεση την διατήρηση ενός στοιχείου σε μια κατάσταση, ή τη διόρθωση αυτού σε μια κατάσταση στην οποία μπορεί να εκτελέσει μια απαιτούμενη λειτουργία.

Ο πίνακας 5 εμφανίζει τις πέντε φάσεις, ή οι τύποι, των πράξεων που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό της OAM δυνατότητας.

Όνομα	Πράξη	Αποτέλεσμα
Παρακολούθηση Απόδοσης	Η κανονική λειτουργία της υπό διαχείριση οντότητας παρακολουθείται μέσω συνεχών ή περιοδικών ελέγχων των λειτουργιών	Παράγεται πληροφορία διατήρησης γεγονότος
Ανίχνευση και λάθους	Λανθασμένες λειτουργίες ανιχνεύονται μέσω συνεχούς ή περιοδικού ελέγχου	Παράγεται πληροφορία διατήρησης γεγονότος ή διάφορους συναγερμούς
Προστασία συστήματος	Επίδραση ή αποτυχία μιας υπό διαχείριση οντότητας μειώνεται μπλοκάροντας την ή μετατρέποντας την σε άλλες οντότητες	Η αποτυχημένη οντότητα εξαιρείται από τη λειτουργία
Πληροφορία αποτυχία ή απόδοσης	Πληροφορία αποτυχίας παρέχεται σε άλλες υπό διαχείριση οντότητες	Συναγερμοί παρέχονται σε άλλα επίπεδα διαχείρισης. Απόκριση στη ζήτηση αναφοράς κατάστασης παρέχεται επίσης.
Εντοπισμός Λάθους	Καθορισμός μέσω εσωτερικής ή εξωτερικής δοκιμής συστήματος μιας οντότητας που έχει αποτύχει εάν η πληροφορία αποτυχίας δεν είναι αποδοτική.	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΤΜ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

4.1 Γενικά στοιχεία για τον έλεγχο κίνησης

Ο έλεγχος κίνησης είναι ένα πρακτικό θέμα το οποίο προκύπτει κατά την εφαρμογή του ΑΤΜ. Σε κάθε τύπο επικοινωνιακού δικτύου με πηγές που μοιράζονται, περιλαμβανομένων και των ΑΤΜ δικτύων, η ικανότητα για παρακολούθηση και ρύθμιση της ροής κίνησης είναι πολύ σημαντική. Ο έλεγχος κίνησης και συμφόρησης είναι απαραίτητος για την προστασία της ποιότητας υπηρεσιών την οποία αντιλαμβάνονται οι χρήστες και για την διασφάλιση της αποδοτικής χρησιμοποίησης των πόρων του δικτύου.

Η διαχείριση κίνησης προσπαθεί να επιτύχει του ακόλουθους στόχους :

- Διατήρηση ποιότητας υπηρεσιών (QoS)
- Μεγιστοποίηση αποδοτικότητας σύνδεσης
- Μεγιστοποίηση αποδοτικότητας κατάχωρητή
- Διαμόρφωση κίνησης
- Έλεγχος ροής

4.2 Ανάλυση Γενικών Εννοιών

4.2.1 Έλεγχος Ροής

Αντίθετα με τους αντιδραστικούς μηχανισμούς τέρμα προς τέρμα του ελέγχου ροής στο TCP, η gigabits/sec χωρητικότητα του ΑΤΜ δικτύου παράγει ένα διαφορετικό σύνολο απαιτήσεων για τον έλεγχο ροής. Εάν ο έλεγχος ροής έμενε στην τέρμα προς τέρμα ανατροφοδότηση, τότε τη στιγμή που το μήνυμα ελέγχου ροής θα παραλαμβανόταν από την πηγή, η πηγή θα είχε ήδη μεταδώσει δεδομένα αρκετών Mbytes στο σωλήνα του ΑΤΜ οξύνοντας την συμφόρηση. Και την στιγμή που η πηγή θα αντιδρούσε στο μήνυμα του ελέγχου ροής, η κατάσταση συμφόρησης ίσως να είχε

ήδη εξαφανιστεί σβήνοντας άσκοπα την πηγή. Οι συνθήκες συμφόρησης στα ΑΤΜ δίκτυα αναμένεται να είναι εξαιρετικά δυναμικές απαιτώντας γρήγορους μηχανισμούς υλικού για την «ανάπαυση» του δικτύου σε μια σταθερή κατάσταση, και επιβάλλοντας στο ίδιο το δίκτυο να συμμετέχει ενεργά στην γρήγορη επίτευξη αυτής της σταθερής κατάστασης. Συνεπώς μια απλοποιημένη προσέγγιση του τέρμα προς τέρμα κλειστού βρόχου αντιδραστικού ελέγχου στις συνθήκες συμφόρησης δεν θεωρείται αποδοτική για τα ΑΤΜ δίκτυα.

Ο έλεγχος ροής είναι μια τεχνική για την επιβεβαίωση ότι μια οντότητα που μεταδίδεται δεν κατάπιεζι μια οντότητα με δεδομένα η οποία έχει παραληφθει. Ο παραλήπτης θα κατάνειμει τυπικά έναν κατάχωρητή δεδομένων ενός μέγιστου μήκους. Όταν τα δεδομένα παραληφθούν, ο παραλήπτης θα πρέπει να κάνει κάποιου είδους επεξεργασία (π.χ. να εξετάσει την επικεφαλίδα και να την απομακρύνει) πριν διανείμει τα δεδομένα σε κάποιον χρήστη υψηλότερου επιπέδου. Τα δεδομένα αποστέλλονται ως μια ακολουθία συνόλων, και το κάθε σύνολο καλείται μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου (Protocol Data Unit / PDU). Κατά την απουσία ελέγχου ροής, ο κατάχωρητής του παραλήπτη ίσως γεμίσει και υπερχειλίσει ενώ επεξεργάζεται κάποια παλιά δεδομένα.

Η απλούστερη μορφή ελέγχου ροής, γνωστή ως σταμάτημα – και – αναμονή έλεγχος ροής (stop – and – wait flow control), είναι η εξής : Μια οντότητα πηγής μεταδίδει ένα PDU. Μετά την παραλαβή, η οντότητα προορισμού υποδεικνύει την προθυμία της να δεχτεί κάποιο άλλο PDU στέλνοντας πίσω μια αναγνώριση (acknowledgment / ACK) για το PDU που μόλις έλαβε. Η πηγή πρέπει να περιμένει μέχρι να λάβει την αναγνώριση πριν στείλει το επόμενο PDU. Ο προορισμός μπορεί συνεπώς να σταματήσει τη ροή των δεδομένων κατάκρατώντας απλά τις αναγνωρίσεις. Αυτή η διαδικασία δουλεύει πολύ καλά. Παρ' όλ' αυτά, συμβαίνει συχνά η πηγή να σπάσει ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων σε μικρότερα σύνολα και να στέλνει ένα από αυτά κάθε φορά. Με την χρήση πολλαπλών PDUs για ένα μόνο μήνυμα, η διαδικασία σταμάτημα – και – αναμονή ίσως να μην είναι ακριβής. Η πηγή του προβλήματος είναι ότι μόνο ένα PDU μπορεί κάθε φορά να μεταδοθεί.

Η απόδοση μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά επιτρέποντας σε πολλαπλά PDUs να μεταδοθούν την ίδια στιγμή. Ας δούμε πως δουλεύει για δύο σταθμούς, Α και Β, οι οποίοι συνδέονται μέσω μιας διπλής κατεύθυνσης σύνδεσης. Ο σταθμός Β κατάνειμει το χώρο του κατάχωρητή για n PDUs αντί για ένα. Συνεπώς ο Β μπορεί να δεχτεί n PDUs, και ο Α επιτρέπεται να στείλει n PDUs χωρίς να περιμένει για μια αναγνώριση. Για να

μπορούμε να γνωρίζουμε ποια PDUs έχουν αναγνωρισθεί, κάθε ένα έχει μια ετικέτα με έναν αριθμό ακολουθίας. Ο Β αναγνωρίζει ένα PDU στέλνοντας μια αναγνώριση η οποία περιέχει τον αριθμό ακολουθίας του επόμενου PDU που αναμένεται. Αυτή η αναγνώριση επίσης ανακοινώνει ότι ο Β είναι προετοιμασμένος να δεχτεί τα επόμενα n PDUs, ξεκινώντας με τον αριθμό που έχει καθορισθεί. Αυτό το πλάνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση πολλαπλών PDUs. Ο Α διατηρεί μια λίστα αριθμών ακολουθίας τους οποίους επιτρέπεται να στείλει και ο Β διατηρεί μια λίστα αριθμών ακολουθίας που είναι προετοιμασμένος να δεχτεί. Κάθε μια από αυτές τις λίστες μπορούν να θεωρηθούν ως ένα παράθυρο (window) από PDUs. Η λειτουργία αναφέρεται ως έλεγχος ροής κινούμενου – παραθύρου (sliding – window flow control).

Εάν δύο σταθμοί ανταλλάσσουν δεδομένα, ο καθένας χρειάζεται να διατηρεί δύο παράθυρα : ένα για μετάδοση και ένα για παραλαβή, και κάθε πλευρά χρειάζεται να στέλνει δεδομένα και αναγνωρίζει στην άλλη πλευρά. Για την παροχή αποδοτικής υποστήριξης για αυτή την ανάγκη, ένα χαρακτηριστικό γνωστό ως piggybacking τυπικά παρέχεται. Κάθε δεδομένο PDU περιλαμβάνει ένα πεδίο το οποίο φυλάει τον αριθμό ακολουθίας του PDU συν ένα πεδίο το οποίο διατηρεί τον αριθμό ακολουθίας που χρησιμοποιείται για αναγνώριση. Συνεπώς, εάν ένας σταθμός έχει δεδομένα και μια αναγνώριση να στείλει, στέλνει και τα δύο σ' ένα PDU, κερδίζοντας χωρητικότητα επικοινωνίας. Φυσικά εάν ένας σταθμός έχει μια αναγνώριση αλλά όχι δεδομένα για να στείλει, στέλνει μια χωριστή αναγνώριση PDU. Εάν ένας σταθμός έχει δεδομένα να στείλει αλλά δεν έχει μια νέα αναγνώριση να στείλει, θα πρέπει να επαναλάβει την τελευταία αναγνώριση που έστειλε. Αυτό συμβαίνει γιατί το δεδομένο PDU περιλαμβάνει ένα πεδίο για τον αριθμό αναγνώρισης και στο οποίο πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε μια τιμή. Όταν ένας σταθμός παραλαμβάνει ένα διπλό ACK, απλά το αγνοεί.

4.2.2 Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service / QoS)

Η βασική υπηρεσία που προσφέρεται από τα ATM δίκτυα είναι η απ' άκρη σ' άκρη μετάδοση της ακολουθίας κελιών. Η υπηρεσία αρχικοποιείται μέσω της απαίτησης του χρήστη για μια εικονική σύνδεση, η οποία γίνεται είτε δεκτή είτε απορρίπτεται από το δίκτυο. Ο βαθμός εξυπηρέτησης (Grade of Service / GOS) αναφέρεται στην προσφερόμενη κίνηση σε σχέση με την δυνατότητα στο επίπεδο των

αδειών και των απορρίψεων σύνδεσης. Αφού η σύνδεση γίνει δεκτή, τα μεταφερόμενα κελιά ίσως αποκτήσουν πείρα δύο βασικών τύπων χειροτερεύσεων μέσα στο δίκτυο : καθυστέρηση και απώλεια. Ο όρος QoS αναφέρεται στο σύνολο των ΑΤΜ παραμέτρων απόδοσης οι οποίες χαρακτηρίζουν την κίνηση πάνω από μια δοσμένη εικονική σύνδεση (VC). Αυτοί οι παράμετροι έχουν σχέση με την αντίληψη του χρήστη για μια υπηρεσία του δικτύου. Το δίκτυο είναι υπεύθυνο για την διατήρηση ενός επιπέδου QoS, το οποίο αναμένεται από τους χρήστες.

Στην καλύτερη περίπτωση, η QoS εγγυάται πολύ μικρό ρυθμό και καθυστέρηση απώλειας κελιών. Με τον όρο πολύ μικρό ρυθμό απώλειας κελιού, εννοείτε ένας ρυθμός απώλειας παραβλητός με τον ρυθμό απώλειας που οφείλεται στα αναπόφευκτα λάθη μετάδοσης. Για παράδειγμα, αν υποτεθεί ότι ο ρυθμός λάθους bit κατά μήκος των νεύρων είναι περίπου 10^{-12} και ότι ένα κελί έχει 424 bits (53 bytes). Το κλάσμα των κελιών που έχουν χαθεί λόγω των λαθών μετάδοσης είναι της τάξης $424 \times 10^{-12} \approx 10^{-10}$. αυτός είναι ο ελάχιστος ρυθμός απώλειας κελιού ο οποίος μπορεί να υποσχεθεί στους χρήστες. Η μικρότερη καθυστέρηση οποία μπορεί να υποσχεθεί θα ήταν παραβλητή με την καθυστέρηση διάδοσης.

Οι παράμετροι που σχετίζονται με την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών είναι οι εξής :

- Ρυθμός Απώλειας Κελιού (Cell Loss Ratio / CLR) : το ποσοστό των κελιών που χάνονται στο δίκτυο λόγω λάθους ή συμφόρησης και δεν έχουν φτάσει στον προορισμό. $CLR = \# \text{ χαμένων κελιών} / \# \text{ μεταδιδόμενων κελιών}$. Κάθε ΑΤΜ κελί έχει ένα bit προτεραιότητας απώλειας κελιού (cell loss priority / CLP) στην επικεφαλίδα. Κατά τη διάρκεια περιόδων συμφόρησης, το δίκτυο θα απορρίψει πρώτα κελιά με $CLP = 1$. επειδή η απώλεια κελιών με $CLP = 0$ είναι περισσότερη «βλαβερή» στην λειτουργία της εφαρμογής, ο CLR μπορεί να καθοριστεί χωριστά για κελιά με $CLP = 1$ και για κελιά με $CLP = 0$.
- Καθυστέρηση Μετάδοσης Κελιού (Cell Transfer Delay / CTD) : η καθυστέρηση που βιώνεται από ένα κελί ανάμεσα στα σημεία εισόδου και εξόδου του δικτύου καλείται καθυστέρηση μετάδοσης κελιού. Περιλαμβάνει καθυστερήσεις διάδοσης, καθυστερήσεις ουράς αναμονής στους διάφορους διάμεσους διακόπτες, και χρόνους υπηρεσίας στα σημεία ουράς αναμονής.

- Διαφορά Καθυστέρησης Κελιού (Cell Delay Variation / CDV) : αυτή είναι ένα μέτρο της διαφοράς του CTD. Υψηλή διαφορά υποδεικνύει μεγαλύτερη ρυθμιστικότητα για την καθυστέρηση ευαίσθητης κίνησης όπως η φωνή και το βίντεο.
- Ρυθμός Λάθος Κελιού (Cell Loss Rate / CER) : Η παράμετρος υπολογίζει το κλάσμα των μεταδιδόμενων κελιών τα οποία έχουν λάθη όταν φτάσουν στον προορισμό.
- Ρυθμός Λανθασμένης Εισαγωγής Κελιού (Cell Misinsertion Rate / CMR) : ο ρυθμός αυτός ορίζεται ως ο αριθμός των κελιών που έχουν εισαχθεί λανθασμένα προς το χρονικό διάστημα.

Σε σχέση με τις QoS παραμέτρους το ATM Forum έχει καθορίσει πέντε κλάσεις υπηρεσιών :

- Κλάση 0 : αναφέρεται στην καλύτερης προσπάθειας υπηρεσία
- Κλάση 1 : καθορίζει τις παραμέτρους για την άμιλλα κυκλώματος, για CBR (Constant Bit Rate / Σταθερός Ρυθμός Bit) (ασυμπιεστο) βίντεο και για VPN (Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο / Virtual Private Network). Το AAL1 υποστηρίζει αυτού του είδους την προσανατολισμένη ως προς τη σύνδεση υπηρεσία.
- Κλάση 2 : καθορίζει τις παραμέτρους για VBR (Variable Bit Rate / Μεταβλητό Ρυθμό Bit).το AAL2 υποστηρίζει αυτή την κλάση η οποία είναι προσανατολισμένη ως προς τη σύνδεση και εξαρτάται από την καθυστέρηση.
- Κλάση 3 : καθορίζει τις παραμέτρους για την μεταφορά προσανατολισμένα ως προς τη σύνδεση δεδομένα. Το AAL3/4 και κυρίως το AAL5 υποστηρίζει αυτή την κλάση υπηρεσία που βασίζεται στην καθυστέρηση.

- Κλάση 4 : καθορίζει τις παραμέτρους για μεταφορά δεδομένων άνευ σύνδεσης. Το AAL3/4 και το AAL5 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη αυτής της κλάσης.

4.2.3 Παράμετροι κίνησης

- Κορυφή Ρυθμού Κελιού (Peak Cell Rate / PCR) : ο μέγιστος στιγμιαίος ρυθμός κατά τον οποίο ο χρήστης θα μεταδώσει. Στην περίπτωση εκρηκτικής κίνησης, το διάστημα ανάμεσα στα κελιά και ο ρυθμός κελιών ποικίλλει αξιοσημείωτα. Ο PCR είναι το αντίστροφο από το ελάχιστο διάστημα μεταξύ των κελιών.
- Παρατεταμένος Ρυθμός Κελιού (Sustained Cell Rate / SCR) : αυτός είναι ο μέσος ρυθμός όπως υπολογίζεται κατά τη διάρκεια ενός διαστήματος μεγάλης διάρκειας.
- Ελάχιστος Ρυθμός Κελιού (Minimum Cell Rate / MCR) : αυτός είναι ο ελάχιστος ρυθμός που είναι επιθυμητός από τον χρήστη.
- Burst Tolerance (BT) : καθορίζει το μέγιστο μέγεθος burst που μπορεί να σταλεί στον κορυφαίο ρυθμό. Αυτή η παράμετρος είναι η παράμετρος μεγέθους του bucket για τον αλγόριθμο leaky bucket ο οποίος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κίνησης που εισάγεται στο δίκτυο. Ο αλγόριθμος αποτελείται από την εισαγωγή όλων των κελιών που καταφθάνουν σ' έναν καταχωρητή ο οποίος εξαντλείται στον SCR ρυθμό. Ο μέγιστος αριθμός των back-to-back κελιών τα οποία μπορούν να σταλούν στον PCR καλείται μέγιστο μέγεθος burst (MBS). Το BT και το MBS σχετίζονται όπως ακολούθως : $BT = (MBS - 1)(1/SCR - 1/PCR)$.

4.3 ΑΤΜ Κατηγορίες Υπηρεσιών

Έως τώρα καθορίστηκαν οι παράμετροι της ποιότητας υπηρεσιών (QoS), οι παράμετροι κίνησης καθώς και ο κανόνας ελέγχου συμμόρφωσης. Το ATM Forum έχει

καθορίσει κατηγορίες υπηρεσιών οι οποίες τοποθετούν όλα αυτά μαζί με έναν σημαντικό τρόπο για την διαχείριση κίνησης :

- **Constant Bit Rate (CBR) / Σταθερού Ρυθμού Bit**

Η κατηγορία υπηρεσίας CBR χρησιμοποιείται από συνδέσεις οι οποίες απαιτούν μια σταθερή ποσότητα εύρους ζώνης, χαρακτηρισμένη από την τιμή του PCR η οποία είναι συνεχώς διαθέσιμη κατά την διάρκεια ζωής της σύνδεσης. Η αναλογία απώλειας κελιών καθορίζεται για κελιά με $CLP = 0$ και ίσως ή ίσως όχι να καθορίζεται για κελιά με $CLP = 1$. Η πηγή ίσως να εκπέμπει κελιά στον ή κάτω από τον PCR οποιαδήποτε στιγμή, και για οποιαδήποτε διάρκεια (ή ίσως να είναι ήσυχη). Αυτή η κατηγορία προορίζεται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως για παράδειγμα αυτές που απαιτούν περιορισμένη CTD και CDV, αλλά δεν περιορίζεται μόνο σ' αυτές τις εφαρμογές. Θα ήταν κατάλληλη για εφαρμογές φωνής και βίντεο, όπως επίσης και σε υπηρεσίες άμιλλας του κυκλώματος (Circuit Emulation Services / CES). Η βασική δέσμευση που γίνεται από το δίκτυο είναι ότι από τη στιγμή που επιτυγχάνεται η σύνδεση, η διαπραγματευόμενη ποιότητα υπηρεσιών είναι ασφαλισμένη για όλα τα κελιά προς συμμόρφωση των σχετικών δοκιμών συμμόρφωσης.

- **Variable Bit Rate (VBR) / Μεταβλητού Ρυθμού Bit**

Η κλάση αυτή επιτρέπει στους χρήστες να στέλνουν σε μεταβλητό ρυθμό. Η στατιστική πολύπλεξη χρησιμοποιείται και ίσως υπάρχει μικρή μη-μηδενική τυχαία απώλεια. Η VBR είναι κατάλληλη για οποιαδήποτε εφαρμογή για την οποία το τερματικό σύστημα μπορεί να ωφεληθεί από τη στατιστική πολύπλεξη, στέλνοντας πληροφορία σε μεταβλητό ρυθμό, και μπορεί να αντέξει ή να επανέλθει από έναν δυναμικό μικρό ρυθμό τυχαίας απώλειας. Στηριζόμενη στο εάν η εφαρμογή είναι ευαίσθητη στην διαφορά της καθυστέρησης κελιού, αυτή η κλάση υποδιαιρείται σε δύο κατηγορίες : στην VBR πραγματικού χρόνου (rt - VBR) και στην VBR μη πραγματικού χρόνου (nrt-VBR).

(α) rt-VBR

Η διαφορά της καθυστέρησης κελιού ορίζεται μόνο για αυτή την κατηγορία. Αυτή η κατηγορία υπηρεσίας προορίζεται για εφαρμογές ευαίσθητες χρονικά, όπως θα ήταν κατάλληλη και εφαρμογές φωνής και βίντεο. Οι πηγές αναμένονται να μεταδίδουν σ' ένα ρυθμό ο οποίος ποικίλλει με τον χρόνο. Ισοδύναμα, η πηγή μπορεί να περιγραφεί ως «εκρηκτική». Οι παράμετροι κίνησης είναι οι PCR, SCR και MBS. Τα κελιά τα οποία καθυστερούν κάτω από μια τιμή καθορισμένη από την CTD θεωρούνται ως σημαντικά μικρότερης αξίας στην εφαρμογή. Η υπηρεσία VBR πραγματικού χρόνου ίσως υποστηρίζει στατιστική πολύπλεξη των πηγών πραγματικού χρόνου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την ΑΤΜ φωνή με συμπίεση του εύρους ζώνης και καταστολή ησυχίας. Για κάποιες κλάσεις των multimedia επικοινωνιών, η rt-VBR ίσως είναι η κατάλληλη κλάση.

(β) nrt-VBR

Η κατηγορία αυτή υπηρεσίας προορίζεται για εφαρμογές οι οποίες έχουν χαρακτηριστικά εκρηκτικής κίνησης και δεν έχουν αυστηρούς περιορισμούς όσον αφορά την καθυστέρηση και την διαφορά της καθυστέρησης. Ίσως να υποστηρίζει τη στατιστική πολύπλεξη των συνδέσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση δεδομένων.

- **Available Bit Rate (ABR) / Διαθέσιμου Ρυθμού Bit**

Η κλάση αυτή έχει σχεδιαστεί για την κίνηση φυσιολογικών δεδομένων. Παρ' όλο που το πρότυπο δεν απαιτεί την καθυστέρηση της μεταφοράς κελιού και να έχουν εγγυηθεί την αναλογία της απώλειας κελιών, είναι επιθυμητό για τους διακόπτες να ελαχιστοποιήσουν την καθυστέρηση και την απώλεια όσο το δυνατόν περισσότερο. Βασιζόμενη στην κατάσταση συμφόρησης του δικτύου, η πηγή απαιτεί τον έλεγχο του ρυθμού της. Οι χρήστες επιτρέπονται να δηλώσουν έναν ελάχιστο ρυθμό κελιού (MCR), ο οποίος είναι εγγυημένος στην VC από το δίκτυο. Οι περισσότερες εικονικές συνδέσεις ζητούν για τον MCR την τιμή μηδέν. Αυτές με το υψηλότερο MCR ίσως να τους αρνηθεί η σύνδεση εάν το εύρος ζώνης δεν είναι επαρκές.

Η ABR είναι μια κατηγορία υπηρεσίας που προορίζεται για πηγές που έχουν την ικανότητα να μειώνουν ή να αυξάνουν τον ρυθμό πληροφορίας τους εάν το δίκτυο απαιτεί κάτι τέτοιο. Παρ' όλο που καμιά συγκεκριμένη QoS παράμετρος δεν διαπραγματεύεται με το ABR, είναι αναμενόμενο ότι ένα τερματικό σύστημα το οποίο υιοθετεί την κίνησή του σύμφωνα με την ανατροφοδότηση θα έχουν την εμπειρία ενός χαμηλού ρυθμού απώλειας κελιού (CLR) και θα αποκτήσουν ένα δίκαιο μερίδιο από το διαθέσιμο εύρος ζώνης σύμφωνα με την πολιτική συγκεκριμένης κατανομής του δικτύου. Η διαφορά της καθυστέρησης κελιού (CDV) δεν ελέγχεται στην υπηρεσία, παρ' όλο που τα επιτρεπόμενα κελιά δεν καθυστερούν αδικαιολόγητα. Η υπηρεσία ABR δεν προορίζεται για την υποστήριξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Οποιαδήποτε εφαρμογή μη πραγματικού χρόνου που τρέχει πάνω από ένα τερματικό σύστημα ικανό να μεταβάλλει τον ρυθμό εκπομπής του, μπορεί να εκμεταλλευτεί την υπηρεσία ABR. Αυτή η κατηγορία παρέχει μια οικονομική υποστήριξη σε αυτές τις εφαρμογές οι οποίες δείχνουν αόριστες απαιτήσεις για διαπερατότητα και καθυστέρηση και απαιτούν έναν χαμηλό ρυθμό απώλειας κελιού (CLR). Ένα περιβάλλον εφαρμογής κατάλληλο για την υπηρεσία ABR είναι το LAN Emulation. Παραδείγματα εφαρμογών είναι η μεταφορά αρχείων, τα email, οι επικοινωνίες δεδομένων.

- **Unspecified Bit Rate (UBR) / Ακαθόριστος Ρυθμός Bit**

Αυτή η κλάση έχει σχεδιαστεί για εκείνες τις εφαρμογές δεδομένων οι οποίες θέλουν να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε εναπομένουσα χωρητικότητα και δεν είναι ευαίσθητες στην απώλεια ή την καθυστέρηση κελιών. Αυτού του είδους οι συνδέσεις δεν απορρίπτονται στην βάση της αποθήκευσης του εύρους ζώνης και δεν αστυνομεύονται για την συμπεριφορά χρησιμοποίησής τους. Κατά την διάρκεια της συμφόρησης, τα κελιά χάνονται αλλά οι πηγές δεν αναμένονται να μειώσουν τον ρυθμό του κελιού τους. Στην πραγματικότητα, αυτές οι εφαρμογές ίσως έχουν τους δικούς του μηχανισμούς υψηλού – επιπέδου ανάκτηση απώλειας κελιών και αναμετάδοσης. Η UBR μπορεί να παρέχει μια κατάλληλη λύση για λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές. Παραδείγματα περιλαμβάνουν μεταφορά κειμένου / δεδομένων / εικόνα, ανταλλαγή μηνυμάτων, κατανομή και ανάκτηση

Χαρακτηριστικό	CBR	VBR – RT	VBR-NRT	ABR	UBR
CLR for CLP = 0	Καθορισμένο			Καθορισμένο	Ακαθόριστο
CLR for CLP = 1	Προαιρετικό			Καθορισμένο	Ακαθόριστο
CTD	Καθορισμένο		Καθορισμένο	Ακαθόριστο	Ακαθόριστο
CDV	Καθορισμένο			Ακαθόριστο	Ακαθόριστο
SCR for BT	Μη Εφαρμόσιμο	Καθορισμένο		Μη Εφαρμόσιμο	
PCR and CDVT	Καθορισμένο			Καθορισμένο	
MCR	Μη Εφαρμόσιμο			Καθορισμένο	Μη Εφαρμόσιμο

Πίνακας 6. Σύγκριση των υπηρεσιών ΑΤΜ

4.4 Καθορισμός προτεραιοτήτων απώλειας πακέτων (Cell Loss Priority, CLP)

Το CLP (*Cell Loss Priority*) bit της επικεφαλίδας ενός ΑΤΜ cell καθορίζει δύο προτεραιότητες απώλειας πακέτων: υψηλή προτεραιότητα (CLP=0) και χαμηλή προτεραιότητα (CLP=1).

Το bit αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για δύο σκοπούς. Πρώτον, για να μπορεί να καθορίσει μία πηγή ποια πακέτα της είναι τα σημαντικότερα, οπότε σε περίπτωση συμφόρησης να απορριφθούν τα λιγότερο σημαντικά πακέτα (αυτά που έχουν το CLP=1). Μια δεύτερη χρήση του είναι το λεγόμενο «μαρκάρισμα» (*tagging*). Το δίκτυο «αστυνομεύει» την άφιξη των πακέτων με βάση το συμβόλαιο κίνησης των συνδέσεων για να καθορίσει εάν η σύνδεση τηρεί τις παραμέτρους κίνησης που συμφωνήθηκαν κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της σύνδεσης. Έτσι, όταν μια πηγή καθορίζεται ως «μη νόμιμη» (δηλαδή ότι δεν «συμμορφώνεται» με τις συμφωνημένες τιμές των παραμέτρων κίνησης), τα επιπλέον πακέτα αντί να απορριφθούν από το δίκτυο, μαρκάρονται (*tagged*), δηλαδή η τιμή του CLP bit τίθεται ίση με 1, οπότε τα πακέτα αυτά μεταδίδονται μαζί με τα υπόλοιπα πακέτα που έχουν CLP=1. Τα πακέτα αυτά μαζί με τα πακέτα που έχουν CLP=0 συνθέτουν μέσα στο δίκτυο την ροή πακέτων CLP=0+1 (δηλαδή αναμιγμένη μεταφορά των πακέτων και των δύο προτεραιοτήτων). Σε περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι του δικτύου τα μαρκαρισμένα πακέτα φτάνουν κανονικά στον προορισμό τους. Διαφορετικά (δηλαδή σε περίπτωση που δεν

υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι πόροι), τα επιπλέον (μη νόμιμα) πακέτα απορρίπτονται στο σημείο που θα συναντήσουν συμφόρηση, ενώ τα πακέτα που δεν είναι μαρκαρισμένα μεταδίδονται κανονικά. Έτσι, οι παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας των πακέτων που αντιστοιχούν σε νόμιμη εκπομπή δεν επηρεάζονται. Τα πακέτα αυτά (νόμιμα) απορρίπτονται μόνο σε περίπτωση που έχουν απορριφθεί πρώτα όλα τα μαρκαρισμένα πακέτα (δηλαδή όλα τα πακέτα με $CLP=1$). Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι εάν η πιθανότητα επιτυχημένης μετάδοσης μαρκαρισμένων πακέτων είναι πολύ χαμηλή, τότε τα επιπλέον πακέτα είναι προτιμότερο να απορρίπτονται από τον μηχανισμό Ελέγχου Παραμέτρων Χρήσης (UPC) και όχι να μαρκάρονται, έτσι ώστε να μην χρησιμοποιούνται άσκοπα οι πόροι του δικτύου.

4.5 Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμφόρησης στα ΑΤΜ δίκτυα και ταξινόμησή τους

Οι μηχανισμοί ελέγχου στα ΑΤΜ δίκτυα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: Στους προληπτικούς-αποτρεπτικούς μηχανισμούς (preventive control) και στους μηχανισμούς αντίδρασης-αντιμετώπισης (reactive control). Οι προληπτικοί μηχανισμοί (ή μηχανισμοί ελέγχου κίνησης – traffic control mechanisms) παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να προλάβουν, δηλαδή να αποτρέψουν την συμφόρηση. Αν και η πρόληψη της συμφόρησης θα ήταν η καλύτερη λύση, οι μηχανισμοί αυτοί από μόνοι τους τελικά δεν αρκούν για να αποτρέψουν την συμφόρηση. Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται και οι μηχανισμοί αντίδρασης (ή μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης – congestion control mechanisms), οι οποίοι ελέγχουν την κατάσταση του δικτύου και εφόσον ανιχνεύσουν ότι υπάρχει συμφόρηση, παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε το δίκτυο να αποσυμφορηθεί. Χωρίς τους μηχανισμούς αυτούς το δίκτυο μπορεί να καταρρεύσει τελείως όταν παθαίνει συμφόρηση. Ωστόσο, το πρόβλημα στην περίπτωση αυτών των μηχανισμών είναι ότι, λόγω της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης (propagation delay), μερικές φορές μέχρι να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα είναι ήδη πολύ αργά (όπως για παράδειγμα όταν πρέπει να ειδοποιηθεί η πηγή να μειώσει τον ρυθμό μετάδοσής της).

Συμπερασματικά λοιπόν, η ολοκλήρωση όλων των υπηρεσιών και εφαρμογών μέσω της στατιστικής πολυπλεξίας είναι το μεγάλο πλεονέκτημα των ΑΤΜ δικτύων, ιδιότητα όμως που δημιουργεί μια σειρά από νέα αλλά πολύ σημαντικά προβλήματα, χωρίς την επίλυση των οποίων δεν είναι εφικτή η αποτελεσματική και πλήρη

αξιοποίησή τους. Πρώτιστο μέλημα λοιπόν του ελέγχου της κίνησης και της συμμόρφωσης στα δίκτυα ευρείας ζώνης αποτελεί η προστασία του δικτύου και των χρηστών από την συμμόρφωση έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι αντικειμενικοί στόχοι απόδοσης του δικτύου. Επιπλέον, από την στιγμή που θα εξασφαλιστεί αυτό, πρέπει επιπλέον να προάγεται η αποδοτική διαχείριση των πόρων του δικτύου έτσι ώστε να αυξάνεται η απόδοση του όλου συστήματος.

Για τους λόγους αυτούς προτείνονται οι παρακάτω μηχανισμοί από το ATM Forum και την ITU-T :

- Ο Έλεγχος Αποδοχής Κλήσεων/Συνδέσεων (Call/Connection Admission Control – CAC), ο οποίος είναι υπεύθυνος για να αποφασίσει εάν μια νέα αίτηση σύνδεσης μπορεί να γίνει αποδεκτή ικανοποιώντας τις απαιτήσεις της όσο αφορά τις παραμέτρους Ποιότητα Υπηρεσίας και μη επηρεάζοντας τις ήδη εγκαταστημένες συνδέσεις, ή εάν η αίτηση αυτή πρέπει να απορριφθεί. Στην γενικότερη αυτή διαδικασία συμπεριλαμβάνεται και η διαδικασία δρομολόγησης (routing) της νέας κλήσης.

- Ο Έλεγχος Παραμέτρων Χρήσης (Usage Parameter Control – UPC) ή Έλεγχος Παραμέτρων Δικτύου (Network Parameter Control), ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κίνησης όσο αφορά το προσφερόμενο φορτίο κίνησης από τον χρήστη και την εγκυρότητα της ATM σύνδεσης. Σκοπός του είναι η προστασία των πόρων του δικτύου, και κατ' επέκταση των «νόμιμων» χρηστών, από χρήστες που, εσκεμμένα ή όχι, παραβιάζουν το συμβόλαιο κίνησης (traffic contract) που συμφωνήθηκε κατά την εγκατάσταση της κλήσης. Ο εντοπισμός τέτοιων παραβιάσεων των συμφωνημένων παραμέτρων κίνησης είναι απαραίτητος για να αποφευχθεί ο επηρεασμός των παραμέτρων Ποιότητας Υπηρεσίας των «νόμιμων» χρηστών.

- Η Διαμόρφωση της Κίνησης (Traffic Shaping), ο οποίος χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επιθυμητή διαμόρφωση των χαρακτηριστικών κίνησης ενός χρήστη ή ενός συνόλου συνδέσεων, όποτε αυτό είναι εφικτό και δεν επηρεάζει τις απαιτήσεις σε παραμέτρους Ποιότητας Υπηρεσίας. Ο μηχανισμός αυτός πολλές φορές χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον μηχανισμό Ελέγχου Παραμέτρων Χρήσης.

- Ο Έλεγχος Προτεραιότητας Απώλειας Πακέτων (Cell Loss Priority - CLP – control), ο οποίος χρησιμοποιεί το CLP bit της επικεφαλίδας (header) του ATM

πακέτου για τον καθορισμό (μαρκάρισμα πακέτων - cell tagging), σε περίπτωση συμφόρησης, των πακέτων που θα απορριφθούν από το δίκτυο (*επιλεκτική απόρριψη πακέτων - selective cell discarding*). Το bit αυτό, ανάλογα με την τιμή που έχει, καθορίζει την προτεραιότητα των πακέτων, έτσι ώστε σε πρώτη φάση να απορριφθούν από το δίκτυο τα πακέτα με την χαμηλή προτεραιότητα για να προστατευθούν οι παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας των πακέτων που ανήκουν στην κλάση της υψηλής προτεραιότητας. Και η δυνατότητα αυτή του CLP bit χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλους μηχανισμούς ελέγχου κίνησης, όπως τον UPC μηχανισμό.

- Η Απόρριψη Πλαισίων (Frame Discard), αντί της απόρριψης πακέτων, σε περιπτώσεις που αυτό απαιτείται.

- Οι μηχανισμοί Ελέγχου Ανάδρασης (Feedback controls) που υπάρχουν μεταξύ του δικτύου και των δύο άκρων του έτσι ώστε να ρυθμίζεται η εκπομπή της κίνησης από τους χρήστες σύμφωνα με το φορτίο κίνησης που υπάρχει στο δίκτυο (όπως για παράδειγμα στην ABR υπηρεσία).

- Η Διαχείριση των Πόρων του Δικτύου (Network Resource Management), η οποία επιτρέπει τον λογικό διαχωρισμό των συνδέσεων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών και την κλάση στην οποία ανήκουν οι συνδέσεις (*traffic classification*). Στα πλαίσια αυτής της λειτουργίας χρησιμοποιούνται ο προγραμματισμός κίνησης των πακέτων (*cell scheduling*) και η παροχή των απαραίτητων πόρων (*resource provisioning*) για να επιτύχουν τον απαραίτητο διαχωρισμό και την πρόσβαση στους πόρους. Ειδικότερα, κύριος στόχος του resource provisioning είναι να εξασφαλίζει αποδεκτό επίπεδο της απόδοσης του συστήματος ως προς την πιθανότητα απορρίψεως νέων αιτήσεων κλήσεων. Η χρησιμοποίηση των *Νοητών Μονοπατιών (Virtual Paths)* βοηθάει σημαντικά προς την κατεύθυνση αυτή. Έτσι, ανάλογα με την γενικότερη κίνηση που υπάρχει κατά περιόδους, πρέπει να γίνεται αναπροσαρμογή των πόρων του δικτύου (προσθέτοντας νέους συνδέσμους-links, αυξάνοντας την χωρητικότητα υπάρχοντων συνδέσμων, προσθέτοντας καινούριους κόμβους κτλ). Στα πλαίσια αυτά εντάσσεται και η γενικότερη διαχείριση των Νοητών Μονοπατιών (Virtual Paths) και ο καθορισμός του εύρους ζώνης που αντιστοιχεί σε αυτά, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση των πόρων του δικτύου σε συνδυασμό πάντα με την *κατηγοριοποίηση της κίνησης (traffic classification)* καθώς και την ελαχιστοποίηση της

απαιτούμενης επεξεργασίας στους ενδιάμεσους κόμβους (intermediate nodes) του δικτύου.

- Ο Έλεγχος Ροής Διαθέσιμου Ρυθμού (Available Bit Rate - ABR Flow Control), ο οποίος χρησιμοποιείται στην ABR υπηρεσία για την προσαρμογή εκπομπής κίνησης από τους ανάλογους χρήστες έτσι ώστε να διαμοιράζονται κάθε στιγμή το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με άμεση ειδοποίηση της συμφόρησης προς τα εμπρός/πίσω (explicit forward/backward congestion notification) με την χρησιμοποίηση άμεσης ένδειξης συμφόρησης προς τα εμπρός/πίσω (Explicit Forward/Backward Congestion Indication – EFCI/EBCI), είτε με την χρησιμοποίηση ειδικών πακέτων διαχείρισης πόρων (Resource Management – RM – cells). Στις περιπτώσεις αυτές μιλάμε για rate-based control. Τέλος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μηχανισμοί credit-based control, οι οποίοι βασίζονται σε μηχανισμούς ελέγχου ροής παραθύρου (window flow control), είτε σε επίπεδο συνδέσμων (links) είτε σε επίπεδο *Νοητών Καναλιών (Virtual Channels)*.

- Το πρωτόκολλο Γρήγορης Διαχείρισης Πόρων (Fast Resource Management), το οποίο χρησιμοποιείται για την γρήγορη δέσμευση των απαραίτητων πόρων του δικτύου και την εγκατάσταση της σύνδεσης, λειτουργία πολύ χρήσιμη για κλήσεις που είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση (delay sensitive calls).

Τέλος, οι παραπάνω μηχανισμοί μπορούν επίσης να ταξινομηθούν και με βάση τον τρόπο που ο κάθε μηχανισμός συλλέγει τις απαιτούμενες πληροφορίες. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως:

- Open-loop (ανοιχτού βρόγχου).
- Closed-loop (κλειστού βρόγχου).

Οι ανοιχτού βρόγχου μηχανισμοί ασκούν τον έλεγχό τους και λαμβάνουν τις αποφάσεις τους χωρίς να εξαρτώνται από πληροφορίες που να έρχονται από ανάδραση (feedback) από τα διάφορα σημεία του δικτύου. Δηλαδή, οι μηχανισμοί αυτοί δεν παρακολουθούν δυναμικά την κατάσταση του δικτύου, αλλά αντίθετα, βασίζονται εξολοκλήρου στις δικές του πληροφορίες που έχουν από τους τοπικούς τους κόμβους (όπως το διαθέσιμο εύρος ζώνης των τοπικών συνδέσμων, η πληρότητα των τοπικών ενταμειευτών, κτλ).

Αντίθετα, οι μηχανισμοί κλειστού βρόγχου βασίζουν τις αποφάσεις τους σε πληροφορία που παίρνουν από *ανάδραση (feedback)*. Η ανάδραση αυτή μπορεί να είναι είτε ολική (global) είτε τοπική (local). Ολική σημαίνει ότι η πληροφορία ανάδρασης έρχεται από τον *κόμβο προορισμού (destination node)* στον *κόμβο πηγής (source node)*, δηλαδή διανύει όλη την *διαδρομή (route)*. Γι' αυτόν τον λόγο αναφέρεται επίσης και ως *source-to-destination flow control (έλεγχος ροής από την πηγή στον προορισμό)* ή *end-to-end flow control (έλεγχος ροής από άκρη σε άκρη)*. Συνήθως, αυτός ο έλεγχος ασκείται από το επίπεδο μεταφοράς (transport layer) του μοντέλου αναφοράς των επτά (7) επιπέδων του OSI (7-layer OSI reference model). Αντίθετα, τοπική (local) σημαίνει ότι η πληροφορία ανάδρασης έρχεται μόνο από τους άμεσα γειτονικούς κόμβους. Επίσης, αναφέρεται και ως *node-to-node (από κόμβο σε κόμβο)* ή *switch-to-switch (από μεταγωγέα σε μεταγωγέα)* ή τέλος *hop-by-hop flow control* και ανήκει στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI. Η περίπτωση αυτή της τοπικής ανάδρασης είναι γενικά προτιμητέα στα ΑΤΜ δίκτυα, λόγω του ότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξαιτίας της μεγάλης καθυστέρησης διάδοσης (propagation delay) και του υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, μεγάλοι αριθμός από πακέτα βρίσκονται υπό μετάδοση κάθε χρονική στιγμή (data in flight) μεταξύ δύο ΑΤΜ κόμβων μεταγωγής. Φυσικά, υπάρχουν και οι ενδιάμεσες περιπτώσεις, κατά τις οποίες υπάρχει νοητός χωρισμός της διαδρομής (ή του δικτύου) σε τμήματα και η πληροφορία ανάδρασης έρχεται από ενδιάμεσους στο δίκτυο κόμβους (δηλαδή ούτε από τους άμεσα γειτονικούς, αλλά ούτε και από τους κόμβους προορισμού). Στις περιπτώσεις αυτές κάθε τέτοιος ενδιάμεσος κόμβος συλλέγει την πληροφορία από τους επόμενους κόμβους του δικού του τμήματος, ασκεί τον έλεγχό του στο τμήμα αυτό και στέλνει πληροφορία με τη βοήθεια ανάδρασης στους προηγούμενους επικεφαλείς κόμβους. Ο έλεγχος ροής αυτού του επιπέδου αναφέρεται επίσης και ως *entry-to-exit flow control* λόγω του ότι ελέγχει συγκεκριμένα σημεία-άκρες του δικτύου και ανήκει στο τρίτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι, τα επίπεδα στα οποία ανήκουν αυτοί οι τύποι ελέγχου ροής μπορεί να μεταβάλλονται σύμφωνα με τις ανάγκες των ΑΤΜ δικτύων. Για παράδειγμα, εξαιτίας του ότι οι ΑΤΜ μεταγωγείς πρέπει να είναι τόσο γρήγοροι ώστε να μπορούν να φτάνουν την ταχύτητα εισόδου και εξόδου πακέτων προς και από αυτόν, η υλοποίηση των ελέγχων ροής που προαναφέρθηκαν πρέπει να γίνεται με hardware (υλικό) και όχι με software (λογισμικό). Έτσι, ο από άκρη σε άκρη (end-to-

end) έλεγχος ροής σε δίκτυα ΑΤΜ μπορεί να υλοποιείται στο δεύτερο επίπεδο. Φυσικά, κάθε επίπεδο ελέγχει διαφορετικού μεγέθους κομμάτι (fragment) πληροφορίας δεδομένων, είτε λίγα και μεγάλα κομμάτια, είτε πολλά και μικρά. Η δεύτερη περίπτωση βέβαια (όπως για παράδειγμα ο έλεγχος σε επίπεδο cell) είναι συνήθως πιο δύσκολη, διότι η μεταγωγή και η όλη κίνηση των cell γίνεται γρηγορότερα, οπότε και τα διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών αφίξεων (interarrival time) είναι πολύ μικρά. Βέβαια το πρόβλημα οξύνεται ακόμα παραπάνω λόγω της μεγάλης πληθώρας τύπων πηγών που έχουμε στα ΑΤΜ δίκτυα (όπως αναφέρθηκε παραπάνω), άρα και των πολλών και πολύ διαφορετικών χαρακτηριστικών κίνησής των. Γενικά πάντως, σε όλες αυτές τις προαναφερθέντες περιπτώσεις των μηχανισμών κλειστού βρόγχου, με τη βοήθεια της ανάδρασης οι μηχανισμοί αυτοί μπορούν να παρακολουθούν δυναμικά την απόδοση του δικτύου και έτσι να επεμβαίνουν όποτε χρειάζεται.

Όσο αφορά την πληροφορία της ανάδρασης, αυτή μπορεί να είναι είτε άμεση (explicit) είτε έμμεση (implicit). Στην πρώτη περίπτωση, η πληροφορία της ανάδρασης στέλνεται για παράδειγμα με τη βοήθεια ξεχωριστών (συγκεκριμένων για την περίπτωση αυτή) μηνυμάτων, ενώ στη δεύτερη, γίνεται είτε με τη βοήθεια ειδικών μηχανισμών υπολογισμού χρονικών καθυστερήσεων (time-outs).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΤΜ ΜΕ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

5.1 Ανάγκη Συνδυασμού ΑΤΜ με τα υπάρχοντα LANs

Παλιότερα, ένα δίκτυο που χρησιμοποιούσε κοινό μέσο (shared medium) όπως τα LANs που προαναφέρθηκαν, θεωρούταν αρκετό για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των περισσότερων εφαρμογών. Η ανάπτυξη όμως πιο πολύπλοκων εφαρμογών οι οποίες απαιτούν την ανταλλαγή μεγαλύτερων ποσών δεδομένων πολλά από τα οποία έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (απαιτούν μικρή καθυστέρηση όπως η φωνή) έχει καταστήσει την παραπάνω τεχνολογία ανεπαρκή. Τα δίκτυα ΑΤΜ προσφέρουν μία εναλλακτική λύση για την υποστήριξη των νέων αυτών εφαρμογών.

Η μετάβαση όμως στα δίκτυα ΑΤΜ δεν είναι εύκολη. Αυτό συμβαίνει πρώτον επειδή η απόκτηση του ίδιου του εξοπλισμού ΑΤΜ έχει αρκετά μεγάλο κόστος. Πιο σημαντικά όμως δεν γίνεται να αγνοηθεί έτσι απλά ο ήδη υπάρχον εξοπλισμός και οι εφαρμογές που τρέχουν πάνω σε αυτόν. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά το τελευταίο υπάρχον πάρα πολλές εφαρμογές οι οποίες τρέχουν πολύ καλά με την υπάρχουσα δομή και δεν θα ωφεληθούν ιδιαίτερα από την ύπαρξη ΑΤΜ. Κατά συνέπεια αυτές πρέπει να διατηρηθούν όπως είναι.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οποιαδήποτε νέα λύση πρέπει να εγγυάται την λειτουργία των παλαιότερων εφαρμογών με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό αλλαγών. Για τον σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί οι παρακάτω τεχνολογίες.

Η εξομοίωση LAN (LANE) είναι μια υπηρεσία η οποία έχει σχεδιαστεί για να εξομοιώσει ένα LAN (Ethernet 802.3, Token Ring 802.5) πάνω από ένα δίκτυο ΑΤΜ. Πρακτικά, το πρωτόκολλο LANE κάνει ένα δίκτυο ΑΤΜ να φαίνεται στα ανώτερα επίπεδα και τις εφαρμογές σαν ένα κανονικό LAN (Ethernet ή Token Ring) μόνο πιο γρήγορο. Τα δεδομένα στο LANE στέλνονται διαμέσου του ΑΤΜ αλλά αφότου έχουν ενσωματωθεί στην κατάλληλη μορφή πλαισίου LAN MAC.

Το LANE σχεδιάστηκε για να ικανοποιήσει τις εξής ανάγκες :

- Να επιτρέψει στις υπάρχουσες εφαρμογές και στα υπάρχοντα πρωτόκολλα να δουλέψουν πάνω από δίκτυα ΑΤΜ.

- Να υποστηρίζει την χρήση του ΑΤΜ ως δίκτυο κορμού για την σύνδεση ήδη υπαρχόντων δικτύων.
- Να υποστηρίζει την απευθείας σύνδεση τερματικών συστημάτων ΑΤΜ με άλλα τερματικά συστήματα μέσω συσκευών επιπέδου 2 (γέφυρες) στο ίδιο τμήμα ενός δικτύου. Δηλαδή διευκολύνεται η τοποθέτηση καινούργιου εξοπλισμού ΑΤΜ σε ήδη υπάρχοντα τοπικά δίκτυα.

Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε την πληθώρα εφαρμογών για τα LAN είναι αναγκαίο να ορίσουμε μια διεργασία που εδώ καλείται “εξομοίωση LAN” που εξομοιώνει τις διεργασίες των υπαρχόντων LAN κατά μήκος ενός ΑΤΜ δικτύου και μπορεί να υποστηριχτεί από λογισμικό, τότε συστήματα όπως τερματικά, κεντρικοί υπολογιστές (servers), γέφυρες (bridges) μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο καθώς το λογισμικό συμπεριφέρεται σαν να ήταν συνδεδεμένα πάνω σε ένα παραδοσιακό LAN. Αυτή η διεργασία θα υποστηρίζει και αλληλοσύνδεση μεταξύ ΑΤΜ δικτύων και παραδοσιακών LAN με βάση τις μεθόδους της σημερινής γεφύρωσης. Αυτό θα επιτρέψει και την κοινή λειτουργία λογισμικού που βρίσκεται στα ΑΤΜ συστήματα και στα LANs. Η εξομοίωση του LAN θα είναι σημαντική στην αποδοχή των ΑΤΜ αφού παρέχει απλούς τρόπους να εκτελούνται ήδη υπάρχοντα προγράμματα για LAN στο περιβάλλον του ΑΤΜ.

5.2 Μια Εννοιολογική Προσέγγιση της Εξομοίωσης του LAN

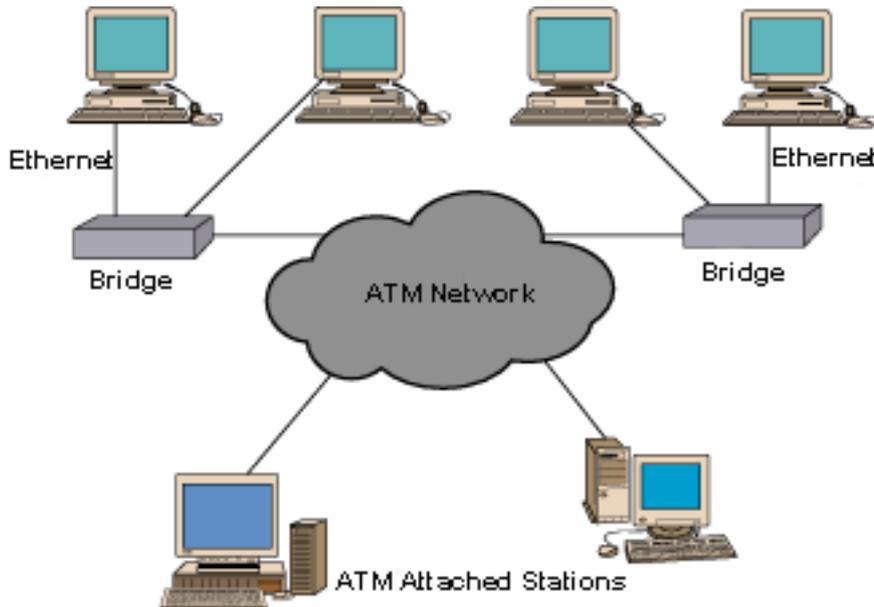
Το LANE παρέχει ένα μεταφραστικό επίπεδο μεταξύ των υψηλών επιπέδων και χαμηλής διασύνδεσης πρωτοκόλλων και των χαμηλού επιπέδου με σύνδεση πρωτοκόλλων ΑΤΜ. Το επίπεδο ΑΤΜ διευθετεί την επικεφαλίδα των 53-byte του φλοιού ΑΤΜ. Δέχεται το ωφέλιμο φορτίο του κελιού από ένα υψηλότερο επίπεδο, προσαρτεί την επικεφαλίδα, και προωθεί το προκύπτον κανονισμένου μεγέθους κελί στο κατώτερο επίπεδο. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως κατάτμηση (segmentation).

5.3 Τι είναι η Εξομοίωση του LAN

Η τωρινή επιχειρηματική κοινότητα έχει πραγματοποιήσει μεγάλες επενδύσεις τόσο στην υποδομή του φυσικού δικτύου (physical networking) όσο και στα πρωτόκολλα και στις εφαρμογές που εκτελούνται σε αυτή την υποδομή. Κάθε νέα τεχνολογία δικτύου πρέπει να έχει, για αυτή τη μαζική επένδυση, την υποστήριξη του λογισμικού και εύκολη μετάβαση στο υλικό.

Το LAN Emulation (LANE) σχεδιάστηκε για να επιτρέψει στις υπαρκτές εφαρμογές δικτύου και στα πρωτόκολλα δικτύου να εκτελούνται σε δίκτυα ATM. Το LANE χρησιμοποιεί τα ATM σαν σπονδυλική στήλη (backbone) για να συνδέσει κληρονομημένα (legacy) δίκτυα. Σχεδιάστηκε επίσης για να υποστηρίξει άμεσα προσαρτημένα (attached) σε ATM τερματικά συστήματα (end systems) καθώς και τερματικά συστήματα προσαρτημένα διαμέσου συσκευών γεφύρωσης του Επιπέδου2. Ακόμα, από τη στιγμή που ένας από τους σκοπούς των ATM είναι να παρέχουν πλήρη παγκόσμια συνδετικότητα, είναι σημαντικό να επιτρέπουν σε πολλαπλά εξομοιωμένα LANs να υπάρχουν στο ίδιο φυσικά διασυνδεδεμένο δίκτυο ATM.

Τα προσαρτημένα σε Ethernet τερματικά συστήματα μπορούν να επικοινωνήσουν με άλλα προσαρτημένα σε Ethernet τερματικά συστήματα διαμέσου γεφυρών (bridges) μέσω του δικτύου ATM σε μια σπονδυλική στήλη της διευθέτησης (configuration). Τα προσαρτημένα σε ATM τερματικά συστήματα μπορούν να επικοινωνήσουν με προσαρτημένους διακομιστές (servers) σε ATM και οι δύο μπορούν να επικοινωνήσουν με προσαρτημένα σε Ethernet τερματικά συστήματα μέσω των γεφυρών. Σημαντικά τμήματα του πρωτοκόλλου του LANE σχεδιάστηκαν ειδικά για να διευθυσιοδοτούν (to address) τα θέματα που σχετίζονται με τις γέφυρες. Η προδιαγραφή αναφέρεται γενικά στις γέφυρες σαν πληρεξούσιες (proxies). Πληρεξούσια είναι κάθε συσκευή ακμής (edge device) που χρειάζεται να προωθήσει την κυκλοφορία του LAN χωρίς να έχει οριστικές πληροφορίες για τους σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στην κληρονομημένη πλευρά.



Σχήμα 7 - Ένα δίκτυο ATM που συνδέει πολλαπλά τμήματα του Ethernet και τερματικά συστήματα προσαρμοσμένα σε ATM

5.4 Απαιτήσεις του δικτυακού περιβάλλοντος

Πριν από κάθε σημαντική σχεδιαστική προσπάθεια, είναι σημαντικό να υπάρξει συμφωνία για τις απαιτήσεις (requirements) του σχεδίου. Το LAN Emulation Sub Working Group ανέπτυξε μια λίστα από απαιτήσεις πριν από τη σχεδίαση του πρωτοκόλλου.

Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου του 1993 όταν οι απαιτήσεις προσχεδιάστηκαν, η τρέχουσα δημιουργία του πρωτοκόλλου Διασύνδεσης Χρήστη-Δικτύου (User to Network Interface (UNI)) με σήματα (signaling protocol) ήταν η 3.0. Από τη στιγμή που ήταν σημαντικό η προδιαγραφή (specification) να μπορεί να τρέχει στην τρέχουσα δημιουργία του UNI και να μην εξαρτάται από τα μελλοντικά, απροσδιόριστα, με σήματα χαρακτηριστικά, οι απαιτήσεις προσδιόρισαν πως η LANE θα τρέχει σε UNI 3.0. Όταν η προδιαγραφή του LANE τέθηκε σε κυκλοφορία στις αρχές του 1995, η τρέχουσα δημιουργία του UNI ήταν η 3.1. Η UNI 3.1 έχει ουσιαστικά τα ίδια χαρακτηριστικά με τη UNI 3.0, αλλά έχει και κάποιες βασικές διαφορές. Η προδιαγραφή του LANE συμπληρώθηκε για να υποστηρίξει και το UNI

3.0 και το 3.1. Η προδιαγραφή του LANE προφανώς θα ενημερωθεί ξανά όταν ολοκληρωθεί το UNI 4.0.

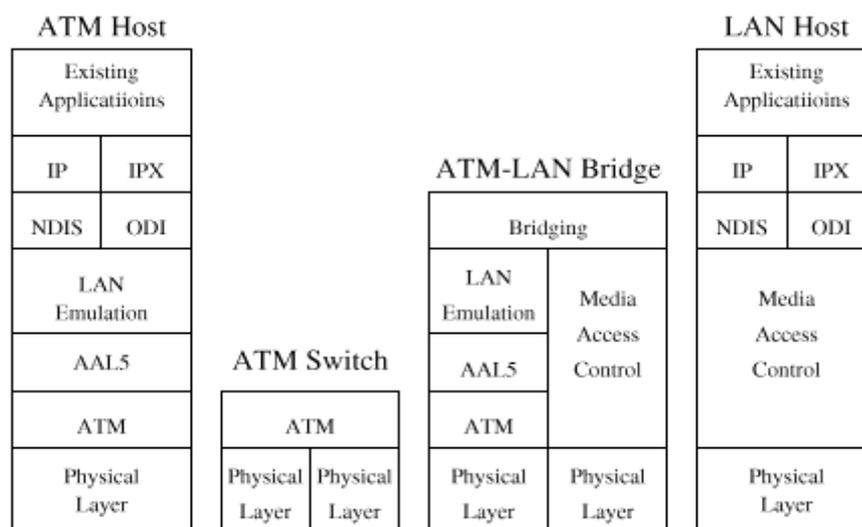
Το σχέδιο δεν πρέπει να απαγορεύει την υψηλή απόδοση και η σπονδυλική στήλη του δικτύου πρέπει να είναι έντονα προσαρμόσιμη στις εφαρμογές. Αυτή η απαίτηση επηρεάζει τη λειτουργικότητα της εφαρμογής του πληρεξούσιου. Το σχέδιο πρέπει ακόμα να επιτρέπει αποδοτική αλληλεπίδραση ανάμεσα στα προσαρτημένα σε ATM τερματικά συστήματα και των προσαρτημένων τερματικών συστημάτων μέσω των πληρεξουσίων στα κληρονομημένα δίκτυα.

Επειδή, υπάρχει μια ποικιλία από πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σήμερα, η προδιαγραφή του LANE πρέπει να είναι ικανή να υποστηρίξει όσο το δυνατόν περισσότερα. Αυτό επιτεύχθηκε αρχικά, καθορίζοντας τη λειτουργικότητα της διασύνδεσης (interface) του LANE στο υποεπίπεδο Ελέγχου Προσπέλασης Μέσου (Media Access Control (MAC)). Αυτό επιτρέπει στο πρωτόκολλο την ανεξάρτητη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε συσκευές προσαρτημένες στο εξομοιωμένο LAN και σε άλλες κληρονομημένα εξαρτημένες συσκευές. Τέλος, από τη στιγμή που τα πρωτόκολλα με σήματα απαιτούν σημαντικές προσπάθειες ανάπτυξης και αποσφαλμάτωσης (debugging), έγινε αντιληπτό πως ήταν σημαντική η υποστήριξη στα βασισμένα δίκτυα σε PVC (Permanent Virtual Circuit, Μόνιμο Εικονικό Κύκλωμα). Καθώς η προδιαγραφή υποστηρίζει και SVC (Switched Virtual Circuit Εικονικό Κύκλωμα Μεταγωγής) και PVC συνδέσεις, η ευθύνη αναλαμβάνεται από τον administrator του δικτύου για να διευθετήσει σωστά τις συνδέσεις PVC.

Σε κάθε σχεδιαστική προσπάθεια είναι σχεδόν τόσο σημαντικό να προσδιοριστεί τι δεν θα υποστηριχθεί όσο και να προσδιοριστεί τι θα υποστηριχθεί. Κάθε υπαρκτό πρόβλημα γεφύρωσης των Ethernet, Token Ring (Δακτύλιος με Κουπόνι), FDDI (Fiber Distributed Data Interface Οπτική Διασύνδεση Κατανεμημένων Δεδομένων) δεν θα λυθεί με την αφαίρεση του παλιού εξοπλισμού και την εγκατάσταση του εξοπλισμού του LANE σε ATM δίκτυα. Αιτήσεις ή πρωτόκολλα που βασίζονται στα ποικίλα πρωτόκολλα MAC που είναι βασισμένα στο μέσο (media dependent) όπως το SMTP/Token Manager (Simple Mail Transfer Protocol Πρωτόκολλο Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου) και το πρωτόκολλο CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Φέροντος και Ανίχνευση Σύγκρουσης) δεν υποστηρίζονται. Αυτά τα ποικίλα πρωτόκολλα σχεδιάστηκαν για να ασχολούνται συγκεκριμένα θέματα μέσω των (media) όπως η

δαιτησία δακτυλίου (ring arbitration) και η ανίχνευση σύγκρουσης (collision detection). Από τη στιγμή που τα δίκτυα ΑΤΜ έχουν μια καθιερωμένη τοπολογία με σύρματα σε μορφή αστέρα (star-wired network topology), αυτά τα ποικίλα πρωτόκολλα δεν εφαρμόζονται. Ακόμα, αφού κάθε σύνδεση (link) μεταφέρει μόνο κυκλοφορία (traffic) που προορίζεται για το μοναδικό σταθμό που είναι προσαρτημένος σε αυτή τη σύνδεση, δεν είναι δυνατό ένας σταθμός να λάβει όλα τα πλαίσια του εξομοιωμένου LAN, όπως θα γινόταν σε ένα δίκτυο μοιραζόμενων μέσων (shared media network), όπως το Ethernet και το Token Ring.

Το σχήμα 8 δείχνει το LANE πρωτόκολλο μιας ιεραρχικής στοίβας. Το σχήμα αποσκοπεί στο να παρουσιάσει αρκετές πλευρές του πρωτοκόλλου. Η πρώτη είναι πως η διασύνδεση ενός τυπικού κεντρικού υπολογιστή (host) είναι διαμέσου μιας ορισμένης από πριν διασύνδεσης του υποεπιπέδου MAC. Κοινά παραδείγματα της διασύνδεσης αυτής είναι το Network Driver Interface Specification (NDIS) από τη Microsoft, το Open Datalink Interface (ODI) από τη Novell και το Data Link Provider Interface (DLPI) από διάφορες Unix εφαρμογές. Ο ολόκληρος σκοπός πίσω από το επίπεδο του LANE είναι να βρίσκεται στις διασυνδέσεις του ψηλότερου υποεπιπέδου MAC και να τους πείθει πως ό,τι βρίσκεται από κάτω είναι ένα πρότυπο Ethernet ή Token Ring δίκτυο. Η μόνη διακριτή διαφορά είναι πως η διασύνδεση φαίνεται να εκτελείται σε ταχύτητες πολύ υψηλότερες από αυτές που θα υποστήριζε το Ethernet ή το Token Ring.



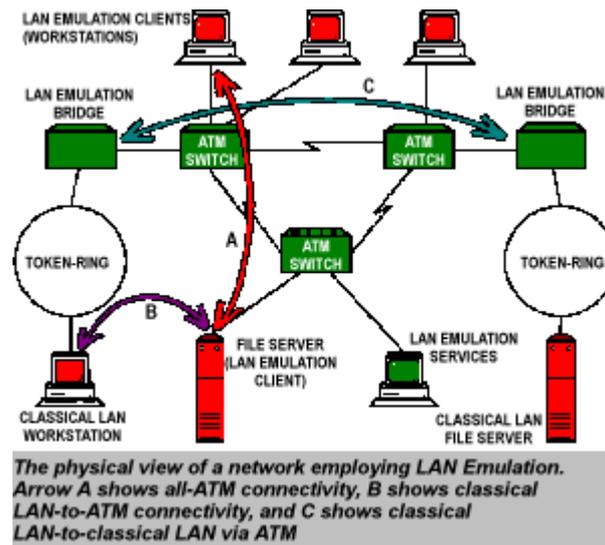
NDIS = Network Driver Interface Specification
 ODI = Open Datalink Interface

Σχήμα 8 - Πρωτόκολλο Στοίβας του LAN Emulation

Όλες οι LANE συνδέσεις χρησιμοποιούν το AAL5 (ATM Adaptation Layer 5 ATM Επίπεδο Προσαρμογής 5) για να κατακερματίσουν τα πλαίσια δεδομένων (data frame) σε ATM κελιά (cells) των 53 bytes. Από αυτό το σημείο, το δίκτυο δεν γνωρίζει πως τα κελιά που μεταφέρονται μέσα στο δίκτυο είναι στην πραγματικότητα κελιά πλαισίου του LANE. Οι ATM μεταγωγοί (ATM switches) απλά μεταφέρουν τα κελιά, όπως θα έκαναν για οποιαδήποτε άλλη σύνδεση.

Η συσκευή ATM-LAN Bridge, που φαίνεται στο σχήμα, εφαρμόζει όχι μόνο τα χαρακτηριστικά του υποεπιπέδου MAC του LANE που είναι παρόμοια με ένα host driver προσαρτημένο σε ATM, αλλά επίσης τα τμήματα του πρωτοκόλλου που είναι σχεδιασμένο για πληρεξούσιες συσκευές (proxy devices). Στην κληρονομημένη πλευρά της γέφυρας, το LAN Host δίνει έμφαση στο γεγονός πως καμία αλλαγή δεν απαιτείται για να υποστηρίξει τη συνδετικότητα (connectivity) με hosts προσαρτημένους σε ATM, που παρέχουν λειτουργικότητα πελάτη-διακομιστή (client-server functionality). Αυτό επιτρέπει να συμβεί μετανάστευση (migration = η διαδικασία της μεταφοράς των εφαρμογών και των δεδομένων ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν σε διαφορετικό υπολογιστή, λειτουργικό σύστημα, δίκτυο κτλ.) του δικτύου, εφαρμόζοντας τα ATM δίκτυα στο εύρος ζώνης (bandwidth) του κρίσιμου τμήματος του δικτύου και επιτρέποντας στους υπαρκτούς κληρονομημένους κόμβους (nodes) να παραμείνουν ανεπηρέαστοι.

Ουσιαστικά υπάρχουν τρία μοντέλα συνεκτικότητας που χρησιμοποιούν Εξομοίωση LAN. Υπάρχει μια ολική σύνδεση με ATM, μια κλασική LAN με ATM σύνδεση και υπάρχει και μια κλασική LAN με μια κλασική LAN σύνδεση που χρησιμοποιεί ATM ως κεντρικό κορμό.



Σχήμα 9: Τύποι της LANE συνεκτικότητας

Η ολική σύνδεση με ATM συμβαίνει όταν, για παράδειγμα, ο workstation και ο server αρχείων είναι φυσικά τοποθετημένοι σε ένα ATM δίκτυο (με ATM προσαρμοστές, κτλ).

Με την κλασική LAN με ATM σύνδεση, ένας σταθμός λειτουργίας (workstation) φυσικά τοποθετημένος σε ένα Token –Ring μπορεί να προσπελαίνει ένα server αρχείου τοποθετημένο σε ένα ATM δίκτυο. Ο workstation στο κλασικό ATM περιέχει ένα κλασικό προσαρμογέα NDIS ή ODI driver, κτλ. Λόγω του αγωγού των 155 Mbps, η συμφόρηση στο server αποφεύγεται.. Τα Token-Ring και ATM δίκτυα συνδέονται χρησιμοποιώντας μια bridge ή έναν router.

Χρησιμοποιώντας ATM ως κεντρικό κορμό, οι κλασικοί-LAN με κλασικούς-LAN Token Ring σταθμοί λειτουργίας σε διαφορετικά Token-Rings μπορούν να επικοινωνούν. Η χρήση των bridges ή των LAN routers επιτρέπει αυτού του είδους τη σύνδεση. Επίσης, μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα για πολλαπλά διακριτά LANS's πάνω στο ίδιο φυσικό ATM δίκτυο

5.5 Τύποι Εξομοιωμένου LAN

Ένα βασικό σημείο της συζήτησης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της προδιαγραφής του LANE ήταν η ασάφεια του ορισμού ενός εξομοιωμένου LAN. Δύο ορισμοί συνήθως δίνονταν:

1. Ένα εξομοιωμένο LAN είναι ένα δίκτυο με γέφυρες (bridged network) ενός δοσμένου τύπου τοπολογίας.
2. Ένα εξομοιωμένο LAN είναι ένα μονό τμήμα ή ένας δακτύλιος ενός δοσμένου τύπου τοπολογίας.

Τελικά επιτεύχθηκε ομοφωνία και ο ορισμός που επιλέχθηκε ήταν ο δεύτερος. Ωστόσο, αφού η τοπολογία ενός δικτύου ΑΤΜ είναι τόσο διαφορετική από αυτή ενός Ethernet ή ενός Token Ring, ένα εξομοιωμένο LAN έχει τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου με γέφυρες. Επίσης, από τη στιγμή που ένα τμήμα έχει απλώς εξομοιωθεί, μόνο κάποιες ιδιότητες μπορούν να αναπαραχθούν. Ειδικά, συγκρούσεις, κουπόνια και πλαίσια-φάροι (beacon frames) δεν είναι παρόντες στο εξομοιωμένο τμήμα.

Ένα έντονα αμφισβητούμενο θέμα ήταν ποιες μορφές (formats) πλαισίου πρέπει να υποστηριχθούν. Η διαφωνία αυτή χώρισε τους ειδικούς σε δύο ομάδες: σε αυτούς που πίστευαν πως η μετάφραση (translation) πρέπει να γίνεται στα τερματικά συστήματα και σε αυτούς που ισχυρίζονταν πως η μετάφραση πρέπει να συμβαίνει στις συσκευές ακμής (edge devices). Αφού υπάρχουν πολλά διαφορετικές διασυνδέσεις στο υποεπίπεδο MAC, για να μπορούν οι κεντρικοί υπολογιστές (hosts), που είναι προσαρτημένοι σε ΑΤΜ, να επικοινωνήσουν με κάθε κληρονομημένο LAN, πρέπει να υποστηρίζουν κάθε ενδεχόμενο υποεπίπεδο MAC, συμπεριλαμβανομένων και των μελλοντικών MAC υποεπιπέδων. Αυτό απλοποιεί την εργασία των συσκευών ακμής, αφού τους επιτρέπει απλά να περνούν αμετάβλητα μέσα από τα πλαίσια. Ωστόσο, κάνει πολύ πιο πολύπλοκη την εργασία των προσαρτημένων host σε ΑΤΜ. Ο συμβιβασμός που επιτεύχθηκε ήταν να επιλεγούν δύο μορφές, μία για το Ethernet/802.3 και μία για το Token Ring/802.5, εξαιτίας της πλειοψηφίας του μεριδίου της αγοράς που κρατούσαν αυτές οι δύο μορφές. Έτσι, οι τερματικές συσκευές θα είχαν να υποστηρίζουν μέχρι δύο διαφορετικές μορφές MAC και οι συσκευές ακμής θα είχαν μόνο να μεταφράσουν αυτές που ήταν διαφορετικές.

Οι δύο μορφές φαίνονται στο σχήμα 10:

LAN Emulation Header	LAN Emulation Header
LECID (2 Bytes)	LECID (2 Bytes)
802.3 Ethernet Frame	802.5 Token Ring Frame
<ul style="list-style-type: none"> • Destination MAC Address • Source MAC Address 	<ul style="list-style-type: none"> • Frame Control • Destination MAC Address

Σχήμα 10 - Μορφές Πακέτων για την Κυκλοφορία στο LAN Emulation

Μία επέκταση έγινε στη μορφή του Ethernet/802.3 για να υποστηρίξει πλαίσια μεγαλύτερου μεγέθους. Επειδή το πεδίο Type/Length (Τύπος/Μήκος) είναι υπερφορτωμένο στις δύο μορφές, αν ένα τερματικό σύστημα περίμενε πλαίσια του Ethernet και ένα πλαίσιο 802.3 λαμβανόταν με ένα μήκος μεγαλύτερο από 0x600, ο λήπτης θα πέρναγε το πλαίσιο για Ethernet αντί για 802.3. Η προδιαγραφή ορίζει ότι πως τα πλαίσια που έχουν μήκος μεγαλύτερα από 0x600 θα κωδικοποιούνται με ένα μήκος 0 και πως το πραγματικό μήκος θα εξάγεται από το δείκτη μήκους AAL5. Εξαιτίας αυτής της αλλαγής (και του πλαισίου μεγαλύτερου μεγέθους που υποστηρίζεται από το Token Ring), είναι τώρα εφικτό να τρέχουν τα ATM εξομοιωμένα LANs με πολύ μεγάλα μεγέθη πλαισίου (πάνω από 18K σε μήκος). Ωστόσο, αν ένα εξομοιωμένο LAN τρέχει με ένα μη σταθερό (non-standard) μέγεθος πλαισίου, οι συσκευές ακμής πρέπει τώρα να είναι δρομολογητές (routers) αντί για γέφυρες, γιατί διαφορετικά πρωτόκολλα παρέχουν υπηρεσίες κατακερματισμού (fragmentation services) χρησιμοποιώντας διαφορετικούς μηχανισμούς.

Το πεδίο LECID (LAN Emulation Client Identifier Αναγνωριστής του Πελάτη της LANE) χρησιμοποιείται για να παρέχει κάποιο φιλτράρισμα στις πληρεξούσιες συσκευές. Όταν μία γέφυρα λάβει πλαίσια που δεν μπορούν απ' ευθείας να προωθηθούν στη γνωστή σύνδεση που περικλείει η διεύθυνση του προορισμού (destination address), προωθεί τα πλαίσια σε όλες τις συνδέσεις. Για την ATM πλευρά

της γέφυρας, αυτά τα πλαίσια στέλνονται στο BUS (Broadcast and Unknown Server Εκπομπή και Άγνωστος Διακομιστής). Η δουλειά του BUS είναι να προωθεί όλα τα πλαίσια σε όλους τους σταθμούς που είναι προσαρτημένοι στο εξομοιωμένο LAN καθώς και στις γέφυρες. Αν μια γέφυρα δεν είχε κάποιο τρόπο για να διακρίνει τα γνήσια πλαίσια για προώθηση από αυτά που προέρχονται άλλους σταθμούς, θα συνέχιζε να προωθεί τα ίδια πλαίσια χωρίς να απορρίπτει αυτά που φτάνουν από άλλους σταθμούς. Το LECID παρέχει αυτό το μηχανισμό φιλτραρίσματος.

5.6 Απαιτήσεις του LANE σε Routers και Switches

Πρέπει χειρονακτικά να διαμορφώσεις μόνιμες εικονικού καναλιού συνδέσεις (PVCCs) για Signaling ATM Adaptation Layer (SAAL) και ILM1 σε routers και edge LAN switches για να τρέχει το LANE. Ωστόσο, αυτές οι signaling PVCCs διαμορφώνονται αυτόματα στο ATM switch router.

Τουλάχιστον ένας ATM switch router απαιτείται για να τρέξει το LANE. Για παράδειγμα, δεν μπορεί να τρέξει το LANE on routers συνδεδεμένους back-to-back.

5.7 Εξομοίωση LAN σε bridges και LAN switches.

Η εξομοίωση χρησιμοποιείται σε ενδιάμεσα συστήματα όπως bridges και switches για να ενεργοποιήσει το φυσικό δίκτυο ή τα τμήματα του Token Ring για να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τα διάφορα τερματικά κατά μήκος του δικτύου. Αυτές οι συσκευές μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα ειδικό κομμάτι τερματικών που αναπαριστά ένα αριθμό MAC διευθύνσεων – τις διευθύνσεις των σταθμών που είναι συνδεδεμένοι σε τμήματα του LAN.

Τα switches και τα bridges σαν σκέψη εκτελούν την λειτουργία του να μεταφέρουν πακέτα από ένα τμήμα σε άλλο σε συνδυασμό με την διεύθυνση MAC του προορισμού ή την πληροφορία διαδρομής-πορείας του πακέτου.

Όταν ένα φυσικό τμήμα LAN συνδέεται με το ATM εξομοιωμένο η γέφυρα με τις δύο διασυνδέσεις (την εξομοίωση του ATM και το φυσικό LAN) είναι απαραίτητη. Τότε λαμβάνει πακέτα από το φυσικό δίκτυο και προσθέτει στοιχεία για το αν θα δρομολογηθούν. Αν ένα πακέτο πρέπει να δρομολογηθεί τότε ο μηχανισμός MAC

διεύθυνση σε VCC χρησιμοποιείται και η περαιτέρω επεξεργασία του πακέτου παραμένει ίδια.

5.8 Πλεονεκτήματα της LAN εξομοίωσης

Παρακάτω συμπεριλαμβάνονται δυνατά πλεονεκτήματα του LANE :

- Υποστηρίζει και Ethernet και Token Ring legacy LANs χωρίς τροποποιήσεις σε πρωτόκολλα ή εφαρμογές ανώτερων επιπέδων.
- Παρέχει multicast και broadcast για υποστήριξη των εφαρμογών του LAN οι οποίες απαιτούν αυτή την ικανότητα.
- Ο σχεδιασμός επιτρέπει για σχετικά εύκολη κλιμάκωση.

5.9 Περιορισμοί της LAN εξομοίωσης

Δυνατοί περιορισμοί για το LANE είναι οι παρακάτω :

- Συγκρινόμενο με τα RFC 1577 και το RFC 1483 πρωτόκολλα, το LANE είναι σχετικά σύνθετο να διαμορφωθεί.
- Ο πλεονασμός είναι προβληματικός δια μέσου των πωλητών. Ακόμα με πλεονασμό, υπάρχει μια αντίδραση χρόνου σε πλήρη μεταστροφή.
- Μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν και να λυθούν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.
- Δεν παρέχει υποστήριξη ποιότητας υπηρεσίας (QoS).
- Η επιβάρυνση στις LANE υπηρεσίες, όπως ο αριθμός των κόμβων σε ένα προσομοιωμένο LAN και ο συνολικός αριθμός των προσομοιωμένων LAN, πρέπει να παρακολουθείται και να ελέγχεται. Υπερβολικά υψηλή ζήτηση μπορεί να υποβαθμίσει την απόδοση του δικτύου.

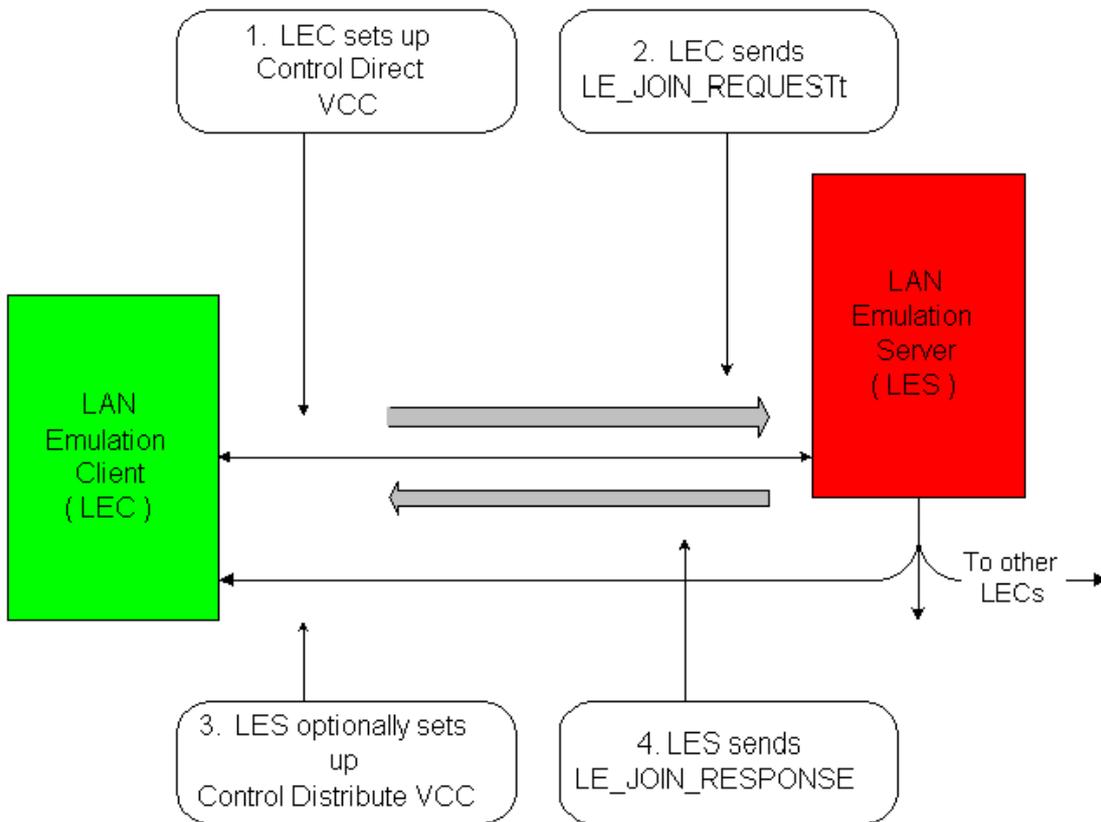
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

6.1 Τύποι Πακέτων στην LAN Εξομοίωση

Τα packet formats δεδομένων LANE πρέπει να συμμορφώνονται σε ένα ή δύο διαφορετικά formats. Αυτά τα formats είναι το IEEE 802.3 (Ethernet) και το IEEE 802.5 (Token-Ring). Για την έκδοση που βασίζεται στο IEEE 802.3, το ελάχιστο μήκος για την LAN Εξομοίωση του ATM στο Επίπεδο Προσαρμογής (AAL5) Μονάδα υπηρεσίας δεδομένων (Service Data Unit : SDU) για πλαίσια δεδομένων είναι 62 octets. Το δεύτερο πακέτο format βασίζεται στο IEEE 802.5 (Token-Ring). Το ελάχιστο μήκος για την LAN Εξομοίωση του ATM στο Επίπεδο Προσαρμογής (AAL5) Μονάδα υπηρεσίας δεδομένων (Service Data Unit : SDU) για πλαίσια δεδομένων είναι 16 octets για αυτή την έκδοση.

6.2 Ενθυλάκωση



Σχήμα 11: AAL5 Frame Format

Υπάρχουν ουσιαστικά δύο τρόποι με τους οποίους δικτυακή χωρίς σύνδεση αλληλοσυνδεδεμένης κυκλοφορία, δρομολογημένο και με γέφυρες Πρωτόκολλο Μονάδων Δεδομένων (PDU's) μεταφέρουν δεδομένα πάνω σε ένα δίκτυο ATM. Η πρώτη από αυτές τις δύο μεθόδους επιτρέπει πολύπλεξη πολλαπλών πρωτοκόλλων πάνω σε ένα μοναδικό εικονικό κύκλωμα ATM. Ο δεύτερος τρόπος υποθέτει ότι κάθε πρωτόκολλο εκτελείται πάνω σε ένα ξεχωριστό εικονικό κύκλωμα. Οι μέθοδοι αυτοί είναι γνωστοί ως LLC Ενθυλάκωση (Encapsulation) και VC Βασισμένη Ενθυλάκωση, αντιστοίχως.

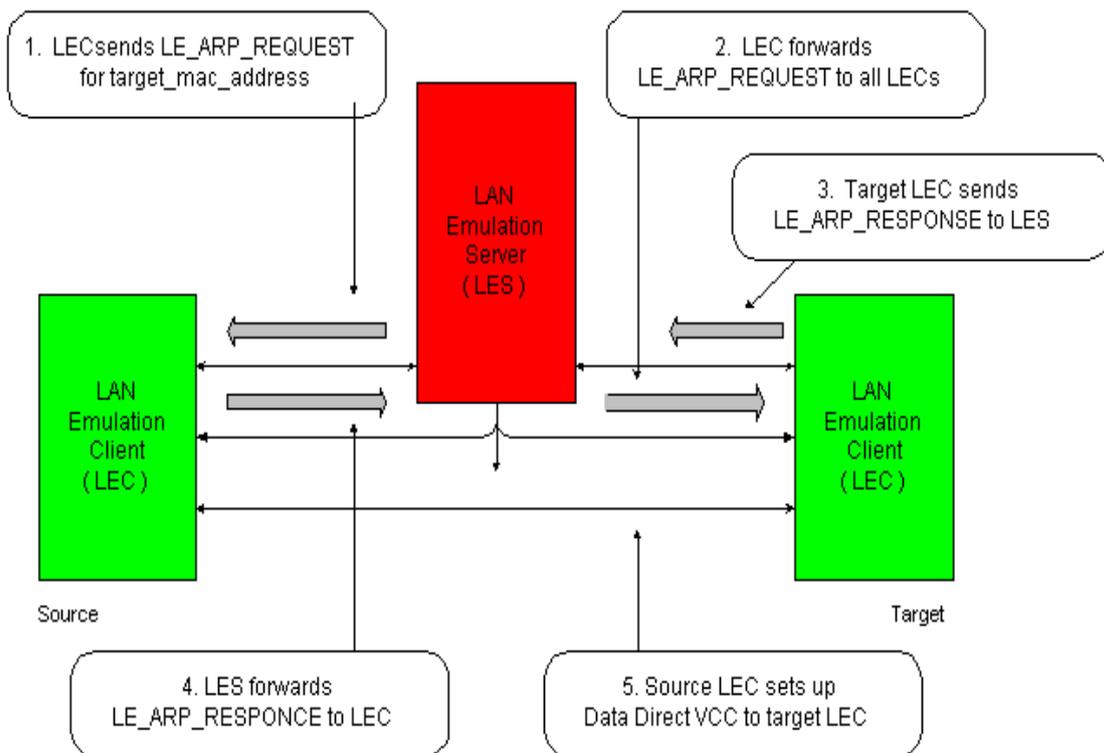
Το ATM είναι ένα καθορισμένο cell βασισμένο στο μοντέλο μεταφοράς, που απαιτεί μεταβλητό μήκος πληροφορίας από τον χρήστη. Επίσης στο ATM η πληροφορία αυτή του χρήστη τμηματοποιείται και ανασυγκροτείται για τον σχηματισμό μικρών και καθορισμένου μήκους formats. Τα PDU's μεταφέρονται στο

πεδίο Common Part Convergence Sublayer (CPCS) PDU του ATM Επιπέδου Προσαρμογής τύπου 5 (AAL5). Αυτό ισχύει και για τους δύο τύπους των μεθόδων πολυπλεξής που επιλέχτηκαν.

Το format του AAL5 CPCS-PDU είναι αυτό που ακολουθεί:

Το πεδίο Ωφέλιμου Φορτίου (Payload Field) περιέχει πληροφορίες για τον χρήστη πάνω από $2^{16} - 1$ octets. Το PAD γεμίζει το CPCS-PDU έτσι ώστε να ταιριάζει εντελώς στο cell ATM έτσι ώστε των τελευταίων 48 octets το ωφέλιμο φορτίο του cell να έχει το δικαιολογημένο δικαίωμα CPCS-PDU Trailer στο cell. Το CPCS-UU πεδίο δεν χρησιμοποιείται στο ATM και είναι δυνατόν να τεθεί σε κάθε τιμή.

Ο Κοινός Δείκτης Τμήματος (Common Part Indicator : CPI) προσαρμόζει στο CPCS-PDU trailer σε 8 octets. Το πεδίο Μήκους δηλώνει το μήκος του Ωφέλιμου Φορτίου. Το μέγιστο είναι 65535 octets. Το CRC πεδίο χρησιμοποιείται για να προστατεύσει το CPCS-PDU εκτός από το ίδιο το CRC πεδίο.



Σχήμα 12 : Payload Format for Routed IP PDU's

6.3 Ενθυλάκωση για Routed Πρωτόκολλα

Σε αυτό το τύπο της ενθυλάκωσης, το πρωτόκολλο του δρομολογημένου PDU καθορίζεται από μία IEEE 802.2 LLC επικεφαλίδα. Αυτή η επικεφαλίδα μπορεί να ακολουθείται από μια IEEE 802.1a SubNetwork Attachment Point (SNAP) επικεφαλίδα. Η LLC επικεφαλίδα συντίθεται από three one octets πεδία. Επίσης, η SNAP επικεφαλίδα περιέχει των τριών octets Organizationally Unique Identifier (OUI) και ενός δύο octets Προσδιοριστή Πρωτοκόλλου (Protocol Identifier : PID). Συγκεντρώνοντας αυτά τα πέντε octets προσδιορίζεται ένα διακριτό δρομολογημένο ή γεφυρωμένο πρωτόκολλο. Σύμφωνα με αυτό το IP PDU θα ήταν των 2^{16-9} octets.

6.4 Ενθυλάκωση πρωτοκόλλων και κλασσικών IP σε δίκτυα ATM

Πολλά πρωτόκολλα είναι σχεδιασμένα να παρέχουν μηχανισμούς και διαδικασίες που απευθύνονται σε ζητήματα εύρεσης διευθύνσεων και ενθυλάκωσης. Δύο πρωτόκολλα συγκεκριμένα παρέχουν τις βασικές αρχές για μετάδοση IP και άλλων πρωτοκόλλων επιπέδων δικτύων σε περιβάλλον ATM.

- Κλασσικά IP και ARP σε ATM (RFC 1577) ορίζουν μια εφαρμογή κλασσικών IP σε ένα ATM δίκτυο χρησιμοποιώντας SVC και PVC και μηχανισμούς για εύρεση διευθύνσεων.
- Ενθυλάκωση πολυπρωτοκόλλων σε ATM επιπέδου προσαρμογής 5 (RFC 1483) ορίζει πως διάφοροι τύποι PDU ενθυλακώνονται για μεταφορά σε ATM.

6.5 RFC 1577 Παροχές

Στο RFC 1577 μοντέλο το ATM αντικαθιστά τις συνδέσεις των τμημάτων του τοπικού LAN που περιέχουν σταθμούς IP και routers που λειτουργούν όπως στα κλασσικά LAN. Αυτά τα τμήματα καλούνται λογικά υποδίκτυα IP (LIS) είναι όμοια σε όλα τα στοιχεία με τα συμβατά υποδίκτυα LAN.

Συστήματα που δουλεύουν σε ΑΤΜ στο ίδιο LIS έχουν τους ίδιους αριθμούς δικτύου και υποδικτύου όπως και σε ένα Ethernet. Δυο ΑΤΜ συνδεδεμένα συστήματα που δεν βρίσκονται στο ίδιο LIS μπορούν να συνδεθούν μόνο δια μέσου ενός router παρότι είναι συνδεδεμένα στο ίδιο φυσικό δίκτυο ΑΤΜ. RFC 1577 επίσης καθορίζει μηχανισμούς για εύρεση διευθύνσεων. Αυτό είναι το ΑΤΜ πρωτόκολλο για καθορισμό και εύρεση διευθύνσεων (ΑΤΜΑΡΡ) και το αντίστροφό του το (In ΑΤΜΑΡΡ).

6.6 Ο μηχανισμός ΑΤΜΑΡΡ

Σε παραδοσιακά δίκτυα η λειτουργία για την εύρεση μιας διεύθυνσης MAC γίνεται από τον μηχανισμό ARP βρίσκει την διεύθυνση MAC που αντιστοιχεί σε μια IP ή σε άλλη διεύθυνση δικτύου και με τον μηχανισμό broadcast που στέλνει ένα πακέτο πάνω στο δίκτυο και το βλέπει κάθε συσκευή σε αυτό το τμήμα. Αυτό δεν γίνεται στα ΑΤΜ γιατί δεν υπάρχει κάποια διεύθυνση broadcast. Επιπλέον το ΑΤΜ είναι τύπου σημείο σε σημείο (point-to-point) έτσι ο μόνος τρόπος να κάνουμε broadcast ένα απλό πακέτο είναι να στείλουμε αντίγραφα του σε κάθε σύνδεση σημείο προς σημείο που απευθύνεται σε μια μοναδική ΑΤΜ διεύθυνση αυτής της συσκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΝΟΣ LAN

7.1 Συστατικά του Υλικού και του Λογισμικού σε ένα LANE

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός LAN είναι η μεγάλη ταχύτητα, η ικανότητα εκπομπής, η ασύρματη υπηρεσία, και η δυνατότητα σύνδεσης και άμεσης λειτουργίας (plug and play operation). Από τη στιγμή που η λειτουργία του ATM πάνω σε οπτικές ίνες και το καθορισμένο μέγεθος των κελιών ταιριάζει καλά στο σχεδιασμό του υλικού, φτάνει ή και υπερβαίνει την απαιτούμενη ταχύτητα των περισσότερων LAN. Μια σημαντική πρόκληση για το LANE είναι να γεφυρώσει τη θεμελιώδη διαφορά ανάμεσα στο πρωτόκολλο του ATM (που είναι με σύνδεση και από σημείο σε σημείο) και στο ενυπάρχον ασύρματο και με δυνατότητα εκπομπής μέσω μοιραζόμενου μέσου LAN (π.χ. το Ethernet και ο Δακτύλιος με Κουπόνι). Έτσι μια βασική λειτουργία στο LANE είναι η εξομοίωση ενός μέσου μετάδοσης. Επειδή, το ποσό της κυκλοφορίας της εκπομπής περιορίζει τη συνολική χωρητικότητα ενός LANE σε αυτή με την αργότερη διασύνδεση (interface), η εκπομπή περιορίζει το συνολικό μέγεθος ενός LANE. Γενικά, δεν είναι καλή ιδέα η δημιουργία πολλών LANE σε ευρεία περιοχή, εξαιτίας του μεγέθους της κυκλοφορίας της εκπομπής.

Η προδιαγραφή LANE 1.0 ορίζει το λογισμικό διασύνδεσης (software interface) για πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου πανομοιότυπο με αυτό των υπαρχόντων LAN που ενθυλακώνουν τα δεδομένα του χρήστη σε ένα Ethernet ή Token Ring πλαίσιο. Το LANE δεν εξομοιώνει το ακριβές πρωτόκολλο υποεπιπέδου Ελέγχου Προσπέλασης Μέσου (MAC) ενός συγκεκριμένου σχετιζόμενου LAN (π.χ. το CSMA/CD για το Ethernet ή η μεταβίβαση κουπονιού για το 802.5). Αντίθετα, το LANE ορίζει τρεις διακομιστές που παρέχουν προσβάσεις σε πελάτες (clients) πάνω σε ένα αριθμό ATM συνδέσεων σχεδιασμένες για συγκεκριμένους σκοπούς ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων. Το LANE 1.0 δεν ορίζει άμεσα υποστήριξη για το FDDI, ωστόσο, οι συσκευές πρόθυμα αντιστοιχίζουν τα FDDI πακέτα σε Ethernet ή Token Ring. Από τη στιγμή που τα δύο νέα πρότυπα LAN των 100-Mbps (Fast Ethernet (100Base-T) και 802.12 (100VG-AnyLAN)) χρησιμοποιούν υπαρκτές μορφές MAC πακέτων, αντιστοιχίζουν άμεσα σε LANE Ethernet ή Token Ring μορφές και διαδικασίες.

Η προδιαγραφή LANE 1.0 του ATM Forum ορίζει λειτουργία πάνω στα ATM δίκτυα, ή σε υπηρεσία UBR παρόμοια με τα υπάρχοντα LAN. Η προδιαγραφή 2.0 προσθέτει εγγύηση για την ποιότητα των υπηρεσιών, δίνοντας στη LANE που είναι βασισμένη σε ATM ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό από τα περισσότερα από τα άλλα πρωτόκολλα LAN.

7.2 Εξομοίωση LAN και τύποι σύνδεσης

Στην προδιαγραφή του LANE, οι συνδέσεις του εικονικού καναλιού αλληλοσυνδέουν τα τέσσερα ακόλουθα λογικά συστατικά:

- Πελάτης του LANE (LAN Emulation Client (LEC))
- Διακομιστής Διευθέτησης του LANE (LAN Emulation Configuration Server (LECS))
- Διακομιστής του LANE (LAN Emulation Server (LES))
- Εκπομπή και Άγνωστος Διακομιστής (Broadcast and Unknown Server (BUS))

Το LEC τρέχει σε κάθε τερματικό και ενδιάμεσο σύστημα του ATM (π.χ. σε κεντρικό υπολογιστή (host), σε διακομιστή (server), σε γέφυρα (bridge), ή σε δρομολογητή (router), που παρέχει μια σταθερή LAN υπηρεσία διασύνδεσης σε διασυνδέσεις υψηλότερου επιπέδου. Ένα LEC εκτελεί προώθηση δεδομένων, συναγωγή (resolution = η διαδικασία της μετάφρασης από μια διεύθυνση ονόματος περιοχής σε μια διεύθυνση IP) διευθύνσεων και άλλες λειτουργίες ελέγχου με αυτό το ρόλο. Η ATM Κάρτα Διασύνδεσης Δικτύου (Network Interface Card (NIC)) σε κεντρικούς υπολογιστές και διακομιστές, όπως και οι διακόπτες θυρών (port on switches), οι γέφυρες και οι δρομολογητές είναι παραδείγματα εφαρμογών του LEC. Μια μοναδική διεύθυνση των ATM αναγνωρίζει κάθε LEC, που συσχετίζει το πρωτόκολλο του LANE με μία ή περισσότερες διευθύνσεις του MAC που είναι προσιτές μέσω της δικής του ATM Διασύνδεσης Χρήστη-Δικτύου (User to Network Interface (UNI)). Ένας διακόπτης ή γέφυρα του LAN, που εφαρμόζει ένα LEC, δυναμικά συσχετίζει όλες τις διευθύνσεις του MAC, που είναι προσιτές μέσω των θυρών του LAN, σε μία διεύθυνση των ATM.

Ένα LEC γίνεται μέλος ενός εξομοιωμένου LAN αφού πρώτα συνδεθεί με το LECS χρησιμοποιώντας ένα ATM SVC (Switched Virtual Circuit Εικονικό Κύκλωμα Μεταγωγής). Μία μοναδική διεύθυνση των ATM αναγνωρίζει το LECS. Η διεύθυνση του LEC είναι είτε προδιαμορφωμένη στο LEC ή δυναμικά αποκαλυπτόμενη μέσω του πρωτοκόλλου Ολοκληρωμένης Τοπικής Διοικητική Διασύνδεση (Integrated Local Management Interface (ILMI)). Το LECS παρέχει στους σταθμούς που ζητούν πρόσβαση (clients) τη διεύθυνση του πιο κατάλληλου LES και διατηρεί μια βάση δεδομένων των τελικών συνδέσεων. Λογικά, ένα LECS εξυπηρετεί όλους τους πελάτες εντός ενός διοικητικού πεδίου (domain). Οι πωλητές (vendors) συχνά χρησιμοποιούν το LECS για να υλοποιήσουν εικονικά (virtual) LAN, μία εξέλιξη όπου ένας administrator ελέγχει τις επιτρεπόμενες διασυνδέσεις του συνόλου των χρηστών των ATM και LAN.

Από μόνο του ένα LES υλοποιεί το μητρώο (registry) διευθύνσεων και τη συναγωγή διευθύνσεων του server για ένα συγκεκριμένο εξομοιωμένο LAN. Ένα LEC για να γίνει μέλος σε ένα εξομοιωμένο LAN, τοποθετεί ένα SVC στο LES και καταχωρεί τη σύνδεση της MAC διεύθυνσής (διευθύνσεων) του με την ATM διεύθυνση του. Το LES δίνει στο LEC τη διεύθυνση ενός συγκεκριμένου BUS. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός εξομοιωμένου LAN, ένα LEC μπορεί να ζητήσει από το LES να ανάγει ένα συγκεκριμένο προσδιορισμό μιας MAC διεύθυνσης στην αντίστοιχη ATM διεύθυνση. Το LES είτε ανταποκρίνεται άμεσα στο ζήτημα της συναγωγής της διεύθυνσης, βασισμένο σε προηγούμενες καταγεγραμμένες πληροφορίες, ή προωθεί το ζήτημα σε άλλα LEC που ίσως να μπορούν να ανταποκριθούν.

Το BUS είναι ένας server πολυεκπομπής (multicast) που πλημμυρίζει την κυκλοφορία διεύθυνσης αγνώστου προορισμού και προωθεί την κυκλοφορία εκπομπής και πολυεκπομπής σε clients μέσω ενός εξομοιωμένου LAN. Ένα εξομοιωμένο LAN μπορεί να έχει πολλαπλά BUS λόγω του ρυθμού εξυπηρέτησης (throughput), αλλά κάθε LEC μεταδίδει πληροφορίες σε ένα μόνο BUS. Τυπικά, η σύνδεση της εκπομπής της MAC διεύθυνσης με το BUS έχει διαμορφωθεί από πριν στο LES. Ένα LEC μπορεί να στείλει πλαίσια στο BUS για μεταφορά στο προορισμό χωρίς να τοποθετήσει ένα SVC. Ωστόσο, η LANE 1.0 προδιαγραφή περιορίζει το ρυθμό με τον οποίο ένα LEC μπορεί να στείλει πλαίσια στο BUS για να εμποδίσει τις εκπομπές καταιγισμού (broadcast storms).

7.2.1 Απόδοση αρχικών τιμών και διευθέτηση (Initialization and Configuration)

Σε μια νέα εγκατάσταση το LEC πρώτα παίρνει τη δική του ATM διεύθυνση. Το LEC παίρνει τη διεύθυνσή του μέσω της ILMI διεύθυνσης που έχει καταχωρηθεί ή έχει από πριν διαμορφωθεί. Το LEC μετά καθορίζει τη διεύθυνση του LECS με μία από τις τρεις μεθόδους που ακολουθούν:

- Χρησιμοποιώντας τη διαδικασία ILMI
- Χρησιμοποιώντας μια γνωστή διεύθυνση του LECS
- Χρησιμοποιώντας μια μόνιμη γνωστή σύνδεση στο LECS (π.χ. VPI=0, VCI=17)

Μετά, το LEC σχηματίζει ένα VCC (Virtual Channel Connection Εικονικό Κανάλι Σύνδεσης) έλεγχο σύνδεσης άμεσης διευθέτησης στο LECS. Το LECS δίνει πληροφορίες στο LEC απαιτούμενες για την είσοδό του στο εξομοιωμένο LAN που έχει στόχο μέσω της χρήσης ενός πρωτοκόλλου διευθέτησης. Αυτές οι πληροφορίες περιέχουν την ATM διεύθυνση του LES, τον τύπο του εξομοιωμένου LAN, μέγιστο μέγεθος πλαισίου και ένα όνομα του εξομοιωμένου LAN. Γενικά, ένας administrator διαμορφώνει το LECS με αυτές τις πληροφορίες. Από τη στιγμή που το LECS μπορεί να ορίσει συγκεκριμένο LEC σε διαφορετικά LES και BUS, καθιστά δυνατή μια βασική εικονική LAN ικανότητα.

7.2.2 Ένταξη και καταχώρηση (Joining and Registration)

Αφού το LEC λάβει τη διεύθυνση του LES από το LECS, μπορεί να σταματήσει την Άμεση Διεύθυνση VCC (Configuration Direct VCC) στο LECS από τη στιγμή που δεν απαιτούνται άλλες πληροφορίες διευθέτησης. Μετά το LEC σχηματίζει έναν Άμεσο Έλεγχο VCC (Control Direct VCC) στο LES χρησιμοποιώντας σταθερές διαδικασίες σήματος (signaling procedures). Το LES ορίζει στο LEC ένα μοναδικό LEC Αναγνωριστή (LEC IDENTIFIER (LECID)). Το LEC καταχωρεί τη MAC διεύθυνσή του και την ATM διεύθυνση μαζί με το LES. Μπορεί προαιρετικά να καταχωρήσει επίσης άλλες MAC διευθύνσεις, για τις οποίες ενεργεί σαν πληρεξούσιος.

Μετά το LES προσθέτει το LEC στο από σημείο σε πολλαπλό σημείο (point-to-multipoint) Κατανεμημένο Έλεγχο VCC (Control Distribute VCC). Το LEC χρησιμοποιεί τον Άμεσο και Κατανεμημένο έλεγχο VCC για το πρωτόκολλο Εξομοίωσης LAN με Συναγωγή Διευθύνσεων (LAN Emulation Address Resolution Protocol (LE_ARP)). Το LE_ARP μήνυμα απάντησης επιστρέφει την ATM διεύθυνση ανάλογη σε μια συγκεκριμένη MAC διεύθυνση. Το LES απαντά άμεσα σε ένα LE_ARP στο LEC αν αναγνωρίσει αυτήν την απεικόνιση, αλλιώς προωθεί την αίτηση στο από σημείο σε πολλαπλό σημείο Κατανεμημένο Έλεγχο VCC για να ζητήσει μία απάντηση από ένα LEC που αναγνωρίζει τη ζητούμενη MAC διεύθυνση. Το LANE χρησιμοποιεί αυτή τη διαδικασία γιατί μπορεί ένα LES να μην είναι ενήμερο για μία συγκεκριμένη MAC διεύθυνση. Αυτό συμβαίνει επειδή η διεύθυνση βρίσκεται “πίσω” από μια MAC γέφυρα που δεν καταχώρησε τη διεύθυνση.

Ένα LEC μπορεί να απαντήσει σε ένα LE_ARP γιατί ενεργεί σαν πληρεξούσιο για αυτήν τη διεύθυνση στο Άμεσο Έλεγχο VCC στο LES. Μετά το LES προωθεί αυτή την απάντηση πίσω στο ίδιο το LEC που κάνει την αίτηση, ή εναλλακτικά στο από σημείο σε σημείο Κατανεμημένο Έλεγχο VCC σε όλα τα LESs. Όταν το LES στείλει τη LE_ARP απάντηση στον Κατανεμημένο Έλεγχο VCC, τότε όλα τα LEC μαθαίνουν και αποθηκεύουν τη συγκεκριμένη απεικόνιση της διεύθυνσης. Αυτή η θέση του πρωτοκόλλου μειώνει σημαντικά τη συναλλαγή φορτίου (transaction load) στο LES.

Ένα LEC χρησιμοποιεί αυτό το μηχανισμό LE_ARP για να προσδιορίσει την ATM διεύθυνση του BUS, στέλνοντας ένα LE_ARP για όλες τις MAC εκπομπές διευθύνσεων στο LES, που απαντούν με την ATM διεύθυνση του BUS. Έπειτα, το LEC χρησιμοποιεί αυτή τη διεύθυνση για να σχηματίσει την από σημείο σε σημείο Multicast Send VCC στο BUS. Το BUS, με τη σειρά του, προσθέτει το LEC στην από σημείο σε πολλαπλό σημείο Multicast Forward VCC.

7.2.3 Τύποι LEC

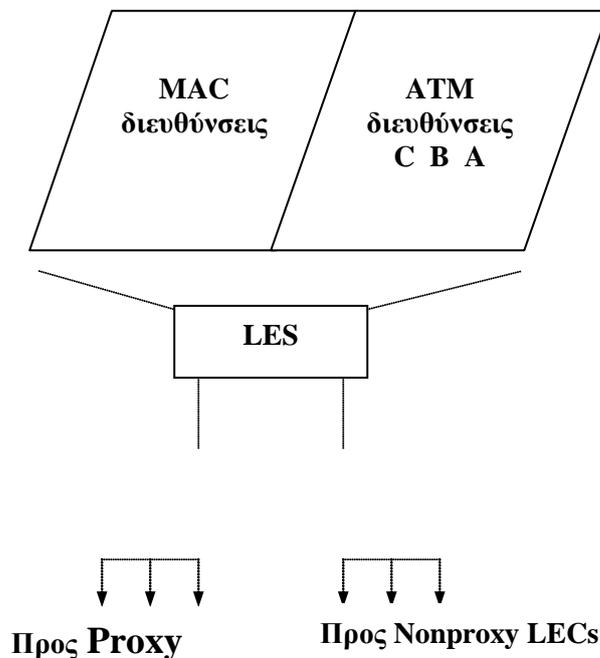
Υπάρχουν δύο τύποι LEC:

- Πληρεξούσιο (proxy) LEC, που αντιπροσωπεύει τις MAC διευθύνσεις άλλων μονάδων.

- Μη πληρεξούσιο (nonproxy) LEC, μια μονάδα που έχει από μόνη της μια μοναδική διεύθυνση MAC.

Η προδιαγραφή 1.0 της LANE επιτρέπει στους servers να διακρίνουν τους τύπους των LECs για επιπρόσθετη αποτελεσματικότητα στη συναγωγή διευθύνσεων. Σε αυτήν την περίπτωση, ο server διατηρεί δύο από σημείο σε πολλαπλό σημείο δέντρα, ένα για τα proxy LECs και ένα για τα nonproxy LECs. Τα LECs αναγνωρίζουν τους εαυτούς τους σαν proxy και nonproxy, όταν γίνονται μέλη του εξομοιωμένου LAN.

Όταν το LE_ARP μήνυμα εισέλθει, το LES ελέγχει τον πίνακα των διευθύνσεων του και αν βρεθεί κάποιο ταίριασμα, απαντά με την κατάλληλη διεύθυνση του ATM. Αν δε βρεθεί κάποιο ταίριασμα, το LES θεωρεί ότι η διεύθυνση του MAC συσχετίζεται με ένα proxy. Μετά, προωθεί την LE_ARP αίτηση σε σταθμούς που είναι στο proxy σημείο προς πολλαπλό σημείο δέντρο για συναγωγή.



Σχήμα 13 - LES με διπλό σημείο προς πολλαπλό σημείο δέντρο

7.3 Μετακίνηση δεδομένων (Data Movement)

Μόλις οι συνδέσεις BUS έχουν εγκατασταθεί, το LEC μπορεί να ξεκινήσει να προωθεί πλαίσια. Όταν ένα πλαίσιο δεδομένων (data frame) παρουσιάζεται για μετάδοση (transmission), ένας εσωτερικός πίνακας εξετάζεται για να φανεί αν μία

σύνδεση υπάρχει ήδη για αυτή διεύθυνση του MAC. Αν ναι, τότε το πλαίσιο μεταδίδεται σε αυτό το VCC. Αλλιώς, το LES ερωτάται για την ATM διεύθυνση που αντιστοιχεί στην διεύθυνση του MAC. Καθώς περιμένουν μία απάντηση και πιθανών και τη δημιουργία μιας άμεσης σύνδεσης δεδομένων (Data Direct connection), τα πλαίσια που προορίζονται για αυτή τη MAC διεύθυνση, μπορούν να προωθηθούν στο BUS. Στην περίπτωση που μια διεύθυνση του MAC ανήκει στη κληρονομημένη πλευρά της γέφυρας και η γέφυρα δεν γνωρίζει για αυτόν το σταθμό, αυτός είναι ο μόνος τρόπος για να λάβει πλαίσια ο κληρονομημένος σταθμός. Μόλις ο κληρονομημένος σταθμός αρχίσει τη μετάδοση, η γέφυρα θα πληροφορηθεί την τοποθεσία του σταθμού και οι μελλοντικές αιτήσεις για την επίλυση της διεύθυνσης θα έχουν ως αποτέλεσμα την απάντηση της γέφυρας με τη δική της ATM διεύθυνση.

Οι συνδέσεις διακόπτονται μετά από περιόδους αδράνειας και από τις δύο κατευθύνσεις. Οι εισοδοί του MAC που λαμβάνονται από πληρεξούσιους, επίσης διακόπτονται και επιβεβαιώνονται πάλι. Αυτό γίνεται για να υποστηριχθεί η μετακίνηση των σταθμών στο κληρονομημένο δίκτυο, όπου οι συσκευές ακμής δεν έχουν οριστική γνώση της δραστηριότητας της μετακίνησης των σταθμών.

7.4 Διευθέτηση των ATM εκπομπών

Όταν ένας LEC λαμβάνει ένα MAC πλαίσιο δεδομένων για μεταφορά, το πρωτεύον bit του προορισμού της διεύθυνσης MAC δείχνει τότε το πακέτο είναι απλή εκπομπή (unicast) ή πολλαπλή εκπομπή (multicast):

- 1 δείχνει μήνυμα multicast
- 0 δείχνει μήνυμα unicast

Οι πληροφορίες πρωτοκόλλου στην επικεφαλίδα κάθε πλαισίου καθορίζουν μονοσήμαντα τον LEC από όπου προέρχεται η εκπομπή προς τον BUS. Αυτή είναι η LECID που ο LES εκχωρεί. Ο μηχανισμός BUS είναι σχεδιασμένος ώστε να χειρίζεται κυκλοφορία χαμηλού επιπέδου εκπομπής, ωστόσο πάσχει από μη αποδοτικότητα όταν αντιμετωπίζει μεγάλες ποσότητες πλαισίων εκπομπής.

7.5 Άμεση εικονική σύνδεση δεδομένων και πλαίσια απλών εκπομπών

Όταν ο LEC λαμβάνει ένα πλαίσιο δεδομένων απλής εκπομπής, πρώτα ελέγχει τους τοπικούς πίνακες για να δει αν γνωρίζει την ATM διεύθυνση που σχετίζεται με την MAC διεύθυνση. Αν όχι, δεν μπορεί να εγκαταστήσει κατευθείαν μια άμεση σύνδεση δεδομένων προς τον προορισμό. Τότε ο LEC έχει τρεις επιλογές:

- απόρριψη του πλαισίου
- να κρατήσει το πλαίσιο μέχρι να διαβάσει την ATM διεύθυνση του προορισμού και να εγκαταστήσει σύνδεση
- μπορεί να προωθήσει το πλαίσιο στο BUS

Ο LEC στέλνει μια LE_ARP απάντηση στον LES προσπαθώντας να συνάγει την άγνωστη MAC διεύθυνση. Ο LES απαντάει μέχρι ο LEC να αναγνωρίσει τη διεύθυνση.

7.6 Πολλαπλά Εξομοιωμένα LANs

Όταν πολλοί LANE τομείς υπάρχουν μεταξύ ενός ή πολλών μεταγωγέων σε ένα δίκτυο, προκύπτει το εικονικό LAN. Τα εικονικά LAN δημιουργούν ασφαλείς ομάδες εργασίας και συνθέτουν προστατευτικά τείχη απέναντι στις καταιγίδες εκπομπών ώστε να γίνει καλύτερη χρήση του υπάρχοντος εύρους ζώνης. Ένα κριτικό στοιχείο της διαχείρισης των εικονικών LAN είναι μια διοικητική εφαρμογή δικτύου που υπεισέρχεται μεταξύ της φυσικής διασύνδεσης για να δείξει πως τα συστήματα διασυνδέονται λογικά κατά μήκος του δικτύου.

Επειδή, οι servers δεν είναι ικανοί να υποστηρίξουν έναν απροσδιόριστο αριθμό εικονικών συνδέσεων VCC, υπάρχει ένα όριο στον αριθμό των τερματικών σταθμών LEC που ένα εξομοιωμένο LAN μπορεί να περιέχει. Για παράδειγμα το όριο για τον μεταγωγέα CoreBuilder 7000 είναι 256 clients.

7.7 Σύγκριση Εικονικού και Εξομοιωμένου LAN

Στην οικογένεια των μεταγωγέων (switches), ένα εικονικό LAN (Virtual LAN (VLAN) είναι μία λογική ομάδα τερματικών σταθμών, ανεξάρτητη από τη φυσική τοποθεσία, με ένα κοινό σύνολο χαρακτηριστικών. Πρόσφατα, οι μεταγωγείς υποστήριξαν μια διευθέτηση κεντρικής θύρας (port-centric) VLAN.

Ένα VLAN αναγνωρίζεται από ένα αριθμό, που είναι μόνο σημαντικός στην οικογένεια των μεταγωγέων. Σε ένα δίκτυο ATM, ένα εξομοιωμένο LAN συμβολίζεται από ένα όνομα. Έτσι, ο αριθμός του VLAN πρέπει να απεικονίζεται στο εξομοιωμένο LAN στο μεταγωγέα. Για να δημιουργηθεί ένα VLAN που περιέχει πολλαπλούς μεταγωγείς σε ένα δίκτυο ATM, πρέπει να οριστεί το VLAN σε κάθε μεταγωγό στο ίδιο εξομοιωμένο LAN. Τα μέλη δύο ή περισσότερων διαφορετικών εξομοιωμένων LAN μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο μέσω ενός δρομολογητή, είτε είναι στον ίδιο ή σε διαφορετικούς μεταγωγούς.

7.8 Το LANE και το Δέντρο Συνδέσεων

Το πρωτόκολλο του LANE υποστηρίζει το IEEE πρωτόκολλο του δέντρου συνδέσεων (spanning tree). Ένας αριθμός πολύπλοκων καταστάσεων δημιουργούνται όταν εξωτερικά δίκτυα συνδέονται σε εξομοιωμένα LANs μέσω των μεταγωγών και των γεφυρών του LAN που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο του δέντρου συνδέσεων. Ακόμα, αυτοί οι εξωτερικοί μεταγωγοί και οι εξωτερικές γέφυρες μπορούν να συνδεθούν σε LANs με μοιραζόμενο μέσο. Έτσι δημιουργούν την πιθανότητα ύπαρξης πολλαπλών μονοπατιών μεταξύ της πηγής και του προορισμού και με αυτό τον τρόπο την πιθανότητα δημιουργίας μοιραίων βρόχων (loops).

Τα LECs που είναι μέσα σε LANs μεταγωγείς ανταλλάσσουν πακέτα δέντρου σύνδεσης γεφυρών (spanning tree bridge packets) πάνω στο BUS. Αν μια συσκευή γεφύρωσης ανιχνεύσει ένα βρόχο μέσω του πρωτοκόλλου του δέντρου σύνδεσης, τότε απενεργοποιεί μία από τις εξωτερικές θύρες που εμπλέκονται στο βρόχο. Από τη στιγμή που το πρωτόκολλο του δέντρου σύνδεσης χρησιμοποιεί εύρος ζώνης σταθμισμένης μετρικής (bandwidth weighted metrics), κλείνει πρώτα τις χαμηλότερης ταχύτητας LAN θύρες, πριν απενεργοποιήσει κάποια υψηλής ταχύτητας ATM θύρα.

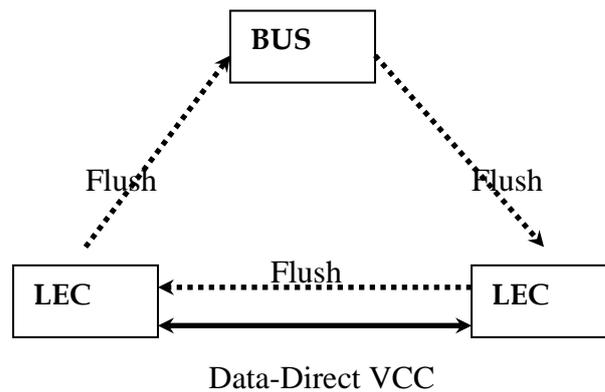
Εντός ενός πολύπλοκου δικτύου γεφυρών που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο του δέντρου σύνδεσης, η εφικτότητα των εξωτερικών διευθύνσεων του MAC, διαμέσου ενός συγκεκριμένου LEC, αλλάζει όταν αλλάζουν οι συνθήκες του δικτύου. Αυτή η δυναμική φύση του πρωτοκόλλου του δέντρου σύνδεσης μπορεί να αλληλεπιδράσει μη ευνοϊκά με το πρωτόκολλο του LANE. Για παράδειγμα, η κρυφή μνήμη (cache) του ARP (Address Resolution Protocol Πρωτόκολλο Συναγωγής Διευθύνσεων), μπορεί να αντιστοιχίσει μία ή και περισσότερες διευθύνσεις του MAC σε μία ATM διεύθυνση του LEC. Η διεύθυνση αυτή δεν είναι πλέον ικανή να φτάσει τη διεύθυνση του MAC, όπως ορίζεται από το πρωτόκολλο του δέντρου σύνδεσης, εξαιτίας της αλλαγής που έγινε στην τοπολογία του κληρονομημένου LAN.

Το πρωτόκολλο του LANE υποστηρίζει τα LE-Topology-Request μηνύματα, για να μειώσει τη διάρκεια των παροδικών λαθών στη συνδετικότητα. Κάθε LEC που εφαρμόζει το πρωτόκολλο του δέντρου σύνδεσης που ανιχνεύει μία αλλαγή στην τοπολογία των γεφυρών, η οποία διεγείρει μία BPDU διευθέτηση ενημερωμένου μηνύματος (configuration update message), πρέπει επίσης να κατανέμει μια LE-Topology-Request μέσω του LES. Μόλις γίνει η λήψη του LE-Topology-Request μηνύματος, όλα τα LECs πρέπει να μειώσουν τη χρονική περίοδο της κρυφής μνήμης ARP. Αυτή η ενέργεια αδειάζει τις πληροφορίες από την κρυφή μνήμη πιο γρήγορα και προκαλεί στα LECs να ανανεώσουν το τις πληροφορίες αντιστοίχισης μέσω του LE_ARP. Τα LECs δεν αποσυνδέουν τις υπαρκτές συνδέσεις άμεσων δεδομένων (data direct). Ωστόσο, οι ενημερωμένες πληροφορίες της κρυφής μνήμης θα προκαλέσουν αδράνεια στο data direct VCC, αναγκάζοντας το τελικά και αυτό να σταματήσει. Έτσι, το εξομοιωμένο LAN “θεραπεύει” τον εαυτό του μέσα σε όχι περισσότερο από λίγα λεπτά.

7.9 Συγχρονισμός απλής εκπομπής πλαισίου (Unicast Frame Synchronization)

Το LEC μπορεί να στείλει unicast πλαίσια στο BUS ενώ αντιστοιχίζει μία διεύθυνση του MAC σε μία του ATM. Μόλις το data-direct VCC εγκατασταθεί, το LEC μπορεί άμεσα να στείλει unicast πλαίσια στο LEC του προορισμού. Ωστόσο, αυτό δημιουργεί την πιθανότητα τα πλαίσια να τεθούν εκτός λειτουργίας, μιας και τα πρώτα πλαίσια που στάλθηκαν από το data-direct VCC μπορεί να φτάσουν πριν από τα πλαίσια που στάλθηκαν μέσω του BUS. Η προδιαγραφή του LANE ορίζει ένα

μηχανισμό που εξασφαλίζει ότι τα unicast πλαίσια θα παραμείνουν σε σειρά κατά τη διάρκεια αυτής της μετάβασης. Όταν το LEC της πηγής εγκαταστήσει το data-direct VCC στο LEC του στόχου, στέλνει ένα τελευταίο μήνυμα εκπομπής, που ονομάζεται Flush Message, μέσω του data-direct VCC στο BUS. Το Flush Message διαδέχεται κάθε δεδομένο που στάλθηκε πριν. Τελικά, φτάνει το LEC του στόχου μέσω κανονικής εκπομπής κατανομής (normal broadcast distribution). Μετά το LEC του στόχου προωθεί το Flush Message πίσω στο LEC της πηγής μέσω του data-direct VCC, συμπληρώνοντας έτσι το τρίγωνο που φαίνεται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14 - Συγχρονισμός του Flush Message

7.10 Εφαρμογές του LANE 1.0

Το πλεονέκτημα του LANE σε δίκτυα ATM είναι πως οι υπαρκτές εφαρμογές και τα υπαρκτά πρωτόκολλα μπορούν να προσαρμοσθούν στα ATM απλά εγκαθιστώντας καινούριες ATM διασυνδέσεις και νέους οδηγούς (drivers). Το μειονέκτημα είναι πως αυτές οι διασυνδέσεις δεν εμφανίζουν κανένα από τα πλεονεκτήματα των ATM, όπως ποιότητα υπηρεσιών, πλήρης διευθυνσιοδότηση ATM και άλλες εφαρμογές σε τύπο πρωτοκόλλου μη τοπικού δικτύου. Για αυτές τις χρήσεις, το ATM Forum αναπτύσσει ένα Native Service Interface (Εγγενής Υπηρεσία Διασύνδεσης), το οποίο θα ορίζει πως οι νέες εφαρμογές θα μπορούν να προσαρμοστούν σε δίκτυα ATM. Αυτό δίνει μια εξελικτική λύση. Οι υπαρκτές εφαρμογές θα συνεχίσουν να λειτουργούν όπως πριν και οι νέες εφαρμογές θα μπορούν να αναπτυχθούν κατάλληλα ώστε να δράττουν τα πλεονεκτήματα των δικτύων ATM. Οι δύο διασυνδέσεις θα μπορούν να συνυπάρχουν στα τερματικά συστήματα.

Στην πράξη οι παράμετροι εφαρμογής των επικοινωνιών client /server του LANE, είναι λιγότερο σύνθετοι από ότι περιγράφονται στο χαρτί για τους εξής λόγους:

- όλη η κίνηση μεταξύ των LANE clients και servers συντελείται πάνω σε ευρείας ζώνης συνδέσεις, συνήθως 155Mbps, και ATM μηχανές μεταγωγής που επιφέρουν ελάχιστη λανθάνουσα κατάσταση.
- Εξαιτίας της μεγάλης δυνατότητας των ATM μεταγωγέων, τα ευμεγέθη ATM δίκτυα μπορούν να δομηθούν χωρίς πολλές αναπηδήσεις (hops).
- Ακόμα και σε μια σπονδυλική στήλη δικτύου αρκετά πλατιά ώστε να έχει τρεις αναπηδήσεις μεταξύ PC και server, η κλήση της εγκατάστασης του LANE, είναι ισοδύναμη συγκρινόμενη με το ίδιο το μεταφερόμενο αρχείο.
- Ο συνδυασμός των μεταγωγέων LAN και μιας σπονδυλικής στήλης ATM, υπερτερεί έναντι οποιουδήποτε άλλου συμβατικού μέσου.

7.11 Κριτική του LANE 1.0

Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα του LANE 1.0 είναι ότι συμπεριφέρεται σε όλη την κίνηση με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή δεν εγγυάται καθόλου QoS για τα διαφορετικά είδη κίνησης που μπορούμε να συναντήσουμε σε ένα δίκτυο ATM. Συγκεκριμένα όλη η κίνηση ενός ELAN στέλνεται ως UBR (*Unspecified Bit Rate*), δηλαδή ως γνωστόν δεν δίνεται καμία εγγύηση μετάδοσης ούτε εύρος ζώνης. Επίσης το LANE 1.0 δεν χειρίζεται αποδοτικά την κίνηση εκπομπής ή πολλαπλής αποστολής. Ουσιαστικά δεν ξεχωρίζονται τα δύο παραπάνω είδη κίνησης και κάθε LEC λαμβάνει όλη την κίνηση από τον BUS είτε ενδιαφέρεται γι' αυτήν είτε όχι. Δεν υπάρχουν δηλαδή ομάδες πολλαπλής αποστολής.

Βέβαια το LANE είναι πολύ μεγάλη βελτίωση σε σχέση με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνταν πριν από αυτό για την σύνδεση LANs και ATM και απαιτούσαν την ύπαρξη ενός PVC μεταξύ του μεταγωγέα και κάθε ATM workstation, εισάγοντας πολλά προβλήματα διαχείρισης και καθόλου ευελιξία στην επέκταση. Το LANE δημιουργεί και καταστρέφει αυτόματα SVC έτσι ώστε να γίνεται αδιαφανώς η κίνηση μεταξύ LANs και ATM.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^Ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ LANE 2.0 Specification

8.1 Γενικά στοιχεία για το νέο πρωτόκολλο

Το πρωτόκολλο LANE 2.0 αναπτύχθηκε από το ATM Forum για να αντιμετωπίσει μερικά από τα μειονεκτήματα του πρωτοκόλλου LANE 1.0.

Στην πραγματικότητα το LANE 2.0 αποτελείται από δύο standards: Το LUNI 2.0 (Lane User-to-Network Interface), το οποίο όπως και στο LANE 1.0 καθορίζει την λειτουργία του LEC και τον τρόπο αλληλεπίδρασης του με τις υπηρεσίες του LANE και με τα άλλα LECs, και το LNNI 1.0 (Lane Network-to-Network Interface) το οποίο επιτρέπει σε πολλά στοιχεία των υπηρεσιών LANE να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσα σε ένα LAN.

Το LUNI 2.0 αναμένεται να προσφέρει τα εξής επιπλέον χαρακτηριστικά:

- ✦ Υποστήριξη QoS (Ποιότητα Υπηρεσιών).
- ✦ Δυνατότητα για πολύπλεξη LLC και διαμοιρασμό VCC.
- ✦ Υποστήριξη PVCs.
- ✦ Βελτιωμένες υπηρεσίες πολλαπλής αποστολής.
- ✦ Συμβατότητα με το LANE 1.0.

Επιπλέον με την χρήση του LNNI ξεπερνιέται το μειονέκτημα του LANE 1.0 που ήθελε ένα εξομοιωμένο LAN να αποτελείται μόνο από ένα LES και από ένα BUS. Έτσι κατανέμονται οι υπηρεσίες του LANE σε πολλές συσκευές, κάτι που επιτρέπει την σημαντική αύξηση του μεγέθους του ELAN. Το πρωτόκολλο LNNI καθορίζει τους κανόνες συνεργασίας των πολλαπλών LES και BUS.

8.2 Περιγραφή του LUNI 2.0

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκαν σε γενικές γραμμές τα καινούρια χαρακτηριστικά του LANE 2.0. Εδώ αυτά θα αναπτυχθούν εκτενέστερα:

8.2.1 Υποστήριξη QoS.

Το LANE 1.0 δεν υποστηρίζει QoS για την επικοινωνία μεταξύ των LECs, καθώς παρέχει μόνο υπηρεσία UBR (Unspecified Bit Rate). Στο LANE 2 διατηρείται αυτή η δυνατότητα. Παρέχονται όμως και δυνατότητες για μετάδοση CBR, για VBR σε πραγματικό και σε μη πραγματικό χρόνο, καθώς επίσης και για ABR μετάδοση. Οι μηχανισμοί QoS για επικοινωνία μεταξύ LECs είναι τοπικοί. Δηλαδή κάθε VCC πρέπει να περιέχει μία ένδειξη για το αν υποστηρίζει QoS και αν μπορεί να την μοιραστεί με μια άλλη εφαρμογή. Κάθε ELAN μπορεί να ρυθμιστεί με 8 επίπεδα QoS. Κατά συνέπεια εάν 2 LECs θέλουν να υποστηρίξουν και τις 8 δυνατότητες θα πρέπει να δημιουργήσουν 8 VCs, το κάθε ένα με διαφορετικό σύνολο παραμέτρων κίνησης. Υπάρχει επίσης δυνατότητα ένα LEC να έχει το δικό του σύνολο παραμέτρων ανεξάρτητα από το ELAN.

8.2.2 Δυνατότητα για πολύπλεξη LLC και διαμοιρασμό VCC.

Στο LANE 1.0, κάθε LEC δημιουργεί ένα data direct VC για κάθε LEC με το οποίο επικοινωνεί σε ένα ELAN. Κατά συνέπεια αν μία συσκευή είχε 5 LECs και κάθε LEC επικοινωνούσε με μία παρόμοια συσκευή διαμέσου πολλών ELANs κάθε LEC θα έπρεπε να είχε το δικό του VC για κάθε ELAN. Εάν δύο συσκευές είχαν 5 LECs θα απαιτούσαν την δημιουργία 5 ξεχωριστών VCs μεταξύ τους.

Το LANE 2.0 επιτρέπει την χρήση ενός data direct VC για πολλαπλά LECs σε μία συσκευή. Κατά συνέπεια οι προαναφερθείσες συσκευές με τα 5 LECs θα απαιτούσαν μόνο ένα VC. Για τον διαχωρισμό της κίνησης κάθε ELAN τα data direct VCs τοποθετούν σε κάθε πακέτο με μια LLC επικεφαλίδα η οποία περιέχει ένα αριθμό ELAN ID για κάθε πακέτο.

Κατά συνέπεια απαιτείται μια νέα μορφή ενθυλάκωσης πλαισίου διαφορετική από αυτή του LANE 1.0. Αυτή απεικονίζεται στο σχήμα 13 και μπορεί να συγκριθεί με την αντίστοιχη του LANE 1.0 .

0	LLC- X”A”A”	LLC-X”A”A”	LLC-X”0”3	OUI-X”00”
4	OUI-X”A0”	OUI-X”3E”	FRAME TYPE	
8	ELAN ID			
12	LE HEADER		DESTINATION ADDRESS	
16	DESTINATION ADDRESS			
20	SOURCE ADDRESS			
24	SOURCE ADDRESS		TYPE/LENGTH	
28 και μετά	INFO			

Σχήμα 15-Μορφή LLC πολυπλεγμένου πλαισίου δεδομένων (IEEE 802.3) -μόνο στο LANE 2.0

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των δύο πλαισίων είναι ότι αυτό του LANE 2.0 έχει το ειδικό πεδίο ELAN-ID. Κατά την πολύπλεξη πολλών LECs σε ένα VC ο παραλήπτης αρκεί να κοιτά μόνο αυτό για να διαπιστώσει σε ποιο LEC πρέπει να παραδώσει το πλαίσιο.

Τα πλεονεκτήματα της πολύπλεξης LLC είναι ότι αφενός κάνει οικονομία σε πόρους VCC και σε χρόνο για προετοιμασία των συνδέσεων σε ένα δίκτυο.

8.2.3 Βελτιωμένες υπηρεσίες πολλαπλής αποστολής.

Στο LANE 1.0 υπάρχει μόνο ένα BUS το οποίο διαχειρίζεται όλη την κίνηση εκπομπής, πολλαπλής αποστολής καθώς επίσης και την άγνωστη κίνηση. Κατά συνέπεια κάθε LEC λαμβάνει όλη την κίνηση είτε την θέλει, είτε όχι. Το LANE 2.0 επιτρέπει την ύπαρξη πολλών ομάδων πολλαπλής αποστολής σε ένα συγκεκριμένο ELAN. Αυτό γίνεται με τον ορισμό Multicast Servers εκτός του τυπικού LANE BUS.

8.3 Περιγραφή του LNNI 1.0

Το πρωτόκολλο LNNI επιτρέπει την κατανομή των υπηρεσιών ενός LANE σε πολλαπλές συσκευές. Δίνει την δυνατότητα δηλαδή ύπαρξης πολλών LESs και BUSs σε ένα ELAN. Το γεγονός αυτό όμως προϋποθέτει την συνεργασία τους. Εδώ ακριβώς είναι που χρησιμοποιείται το LNNI. Είναι υπεύθυνο για τον συγχρονισμό των βάσεων δεδομένων των διαφόρων κατανεμημένων υπηρεσιών LANE.

Κατά την φάση αρχικοποίησης του δικτύου κάθε LES επικοινωνεί με το LECS για να πάρει πληροφορίες ρύθμισης. Μεταξύ άλλων θα περιλαμβάνει και μία λίστα των ομότιμων LES μέσα στο ELAN. Στην συνέχεια κάθε LES θα επικοινωνήσει με τα ομότιμα του και θα ανταλλάξει πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία. Αρχικά θα γίνει ανταλλαγή όλης της βάσης δεδομένων έτσι ώστε κάθε LES να γνωρίζει όλες τις συσκευές που θα συμμετάσχουν. Μετά και καθώς clients εισέρχονται ή εγκαταλείπουν το ELAN θα ανταλλάσσεται μόνο πληροφορία ενημέρωσης.

8.4 Περιγραφή της Λειτουργίας του LANE 2.0

Όπως και στο LANE 1.0, έτσι και LANE 2.0 ένα LEC πρέπει να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό βημάτων πριν να θεωρηθεί ότι λειτουργεί. Τα περισσότερα από τα βήματα είναι ίδια με τα αυτά του LANE 1.0. Παρακάτω επισημαίνονται μόνο οι διαφορές:

- ✚ Κατά την φάση της σύνδεσης το LEC έχει την δυνατότητα να καθορίσει ένα MPOA Type Length Value (TLV). Με τον τρόπο αυτό ενημερώνεται το LECS ότι πρόκειται για *MPOA-aware* LEC που μπορεί να λειτουργήσει και ως MPOA client.
- ✚ Επίσης από την φάση της σύνδεσης έχει αφαιρεθεί η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ένα PVC με VPI=0, VCI=17 καθώς υπάρχει η δυνατότητα να υπάρχουν πολλά ενεργά LECSs σε ένα ELAN.
- ✚ Επίσης σημειώνεται ότι κατά την φάση της σύνδεσης το μέγιστο μήκος πλαισίου διαφέρει από το αντίστοιχο του LANE 1.0 λόγω της επιπρόσθετης πληροφορίας για πολυπλεξία LLC.

8.5 Κριτική του LANE 2.0

Το LANE 2.0 παρά τις σημαντικές βελτιώσεις που έχει έναντι του LANE 1.0, έχει αρκετά μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα παρόλο που υποστηρίζεται QoS από το πρωτόκολλο δεν είναι σίγουρο πως αυτές θα μεταφραστούν και θα υποστηριχθούν όντως στις συσκευές που θα κυκλοφορήσουν. Η υποστήριξη των υπηρεσιών αυτών από δίκτυα που ανταλλάσσουν πλαίσια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα οι μεταγωγείς θα χρειαστεί να ενσωματώσουν εσωτερικές ουρές έτσι ώστε να υποστηρίξουν τα διαφορετικά είδη ποιότητας υπηρεσιών. Επίσης πολλές υπηρεσίες του LANE 2.0 χρειάζονται και δυνατότητες ανωτέρων επιπέδων, όπως για παράδειγμα η πολύπλεξη νοητών κυκλωμάτων. Ακόμα τα παραπάνω πρωτόκολλα καθορίζουν ότι αν πρέπει να επικοινωνήσουν δύο hosts μεταξύ διαφορετικών υποδικτύων πρέπει να χρησιμοποιηθεί δρομολογητής. Αυτός όμως θα πρέπει να συναρμολογήσει τα cells των πακέτων επιπέδου 3 για να κάνει την δρομολόγηση και μετά να τα ξαναδιασπάσει σε cells για προώθηση. Το γεγονός αυτό εισάγει σημαντικές καθυστερήσεις και ο δρομολογητής επιβαρύνει την απόδοση.

Ο γενικός κανόνας που ίσως βρίσκεται πίσω από τα μειονεκτήματα του LANE 2.0 είναι ότι ίσως έχει σχεδιαστεί να δουλέψει σε συνδυασμό με το MPOA το οποίο είναι πρωτόκολλο επιπέδου 3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^Ο

MULTI-PROTOCOL over ATM (ΜΡΟΑ)

9.1 Εισαγωγή - Στόχοι

Το ΜΡΟΑ είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας του ATM Forum και του IETF. Έχει αναπτυχθεί για να αντιμετωπίσει ορισμένα προβλήματα που προκύπτουν σε δίκτυα που χρησιμοποιούν δρομολόγηση. Σε τέτοια δίκτυα υπάρχουν συνήθως δρομολογητές οι οποίοι δέχονται πακέτα (επιπέδου δικτύου) από τους υπολογιστές που βρίσκονται σε ένα υποδίκτυο και τα προωθούν σε άλλους υπολογιστές που βρίσκονται σε άλλο υποδίκτυο. Η παραπάνω λειτουργία του δρομολογητή συνίσταται από επιμέρους επεξεργασίες όπως: ανάλυση διευθύνσεων (*address resolution*), καθορισμός διαδρομής (*route determination*) και φιλτράρισμα πακέτων (*packet filtering*).

Τα προβλήματα προκύπτουν καθώς τα δίκτυα αυξάνουν σε μέγεθος και η καλή διαχείριση απαιτεί ύπαρξη πολλών υποδικτύων. Κατά συνέπεια αυξάνει το ποσό κίνησης μεταξύ υποδικτύων και επιβαρύνεται η διαδικασία εύρεσης διαδρομής. Επίσης η ανάπτυξη των πολυμεσικών εφαρμογών που απαιτούν μετάδοση περισσότερων δεδομένων αλλά και κίνησης που είναι ευαίσθητη στην καθυστέρηση, αυξάνει δραματικά τον αριθμό των πακέτων που πρέπει να επεξεργαστούν οι δρομολογητές. Η καθυστέρηση που συσσωρεύεται έως ότου ένα πακέτο φθάσει στον προορισμό του είναι μη αποδεκτή.

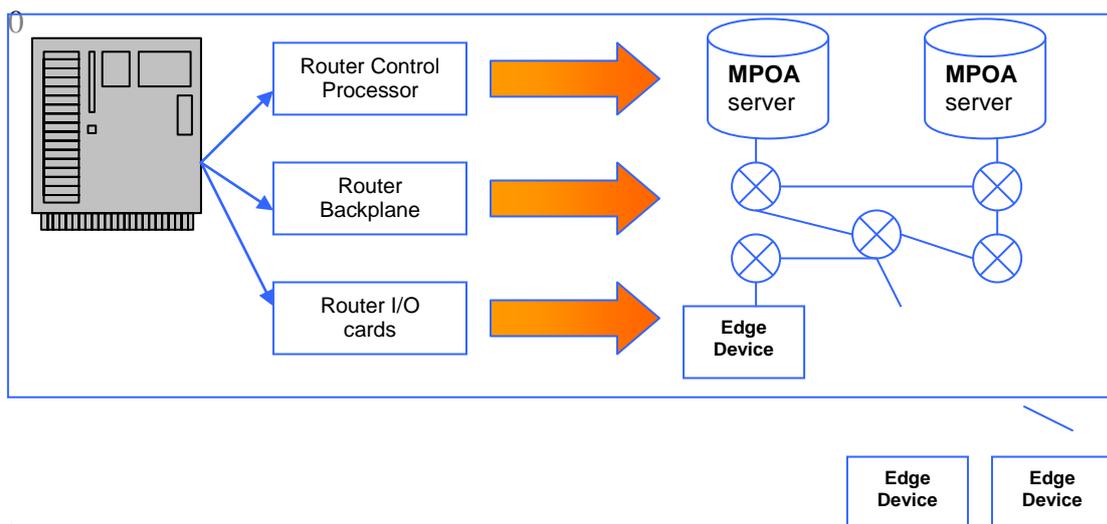
Το ΜΡΟΑ φιλοδοξεί να δώσει μία λύση στα παραπάνω προβλήματα, προσπαθώντας να διοχετεύσει μια συνηθισμένη ροή δεδομένων κατευθείαν σε ένα ATM VC. Κατά συνέπεια ελαχιστοποιείται η κίνηση και η επεξεργασία μεταξύ δρομολογητών (*hop by hop routing*) με την δημιουργία σύντομων δρόμων (*shortcuts*) μεταξύ δύο υπολογιστών ανεξάρτητα από το υποδίκτυο. Γίνεται προσπάθεια να διοχετευθεί η κίνηση κατευθείαν από την πηγή στον προορισμό, ανεξάρτητα από το υποδίκτυο καθενός, χωρίς ενδιάμεση επεξεργασία και δρομολόγηση (“cut-through” ή “zero-hop” routing). Το ΜΡΟΑ βασίζεται στην ιδέα ότι συνήθως η μεταφορά δεδομένων γίνεται με μια σχετικά σταθερή ροή. Δηλαδή είναι πολύ πιθανόν διαδοχικά πακέτα να πρέπει να μεταδοθούν στον ίδιο προορισμό οπότε δεν υπάρχει λόγος για εκ

νέου δρομολόγηση. Η παρατήρηση αυτή έχει τεραστία επίδραση σε steady stream transmissions πχ. μετάδοση video.

9.2 Αρχιτεκτονική θεώρηση του ΜΡΟΑ

Για να πραγματοποιήσει την προαναφερθείσα λειτουργία το ΜΡΟΑ χρησιμοποιεί τρεις γνωστές τεχνικές:

- LAN Emulation (LANE): Πραγματοποιεί την επικοινωνία μέσα σε ένα υποδίκτυο. Χρησιμοποιείται το LANE 2.0 που αναλύθηκε νωρίτερα.
- Next Hop Resolution Protocol (NHRP) : Επιτρέπει στην ουσία την ‘παρακάμψη’ των ενδιάμεσων δρομολογητών και την δημιουργία ATM SVCs μεταξύ υποδικτύων.
- Virtual Router: Το ΜΡΟΑ ορίζει την έννοια του *νοητού δρομολογητή*, ο οποίος θα κατανέμει τις διαφορετικές λειτουργίες του δρομολογητή, δηλαδή προώθηση δεδομένων (data forwarding), μεταγωγή (switching) και διαχείριση και έλεγχο δρομολόγησης σε διάφορα στοιχεία. Ένας παραδοσιακός δρομολογητής υλοποιεί τις παραπάνω λειτουργίες σε μία μηχανή, με αποτέλεσμα ο επεξεργαστής πολλές φορές να παρουσιάζει πρόβλημα. Η αντιστοιχία αυτή φαίνεται παρακάτω :



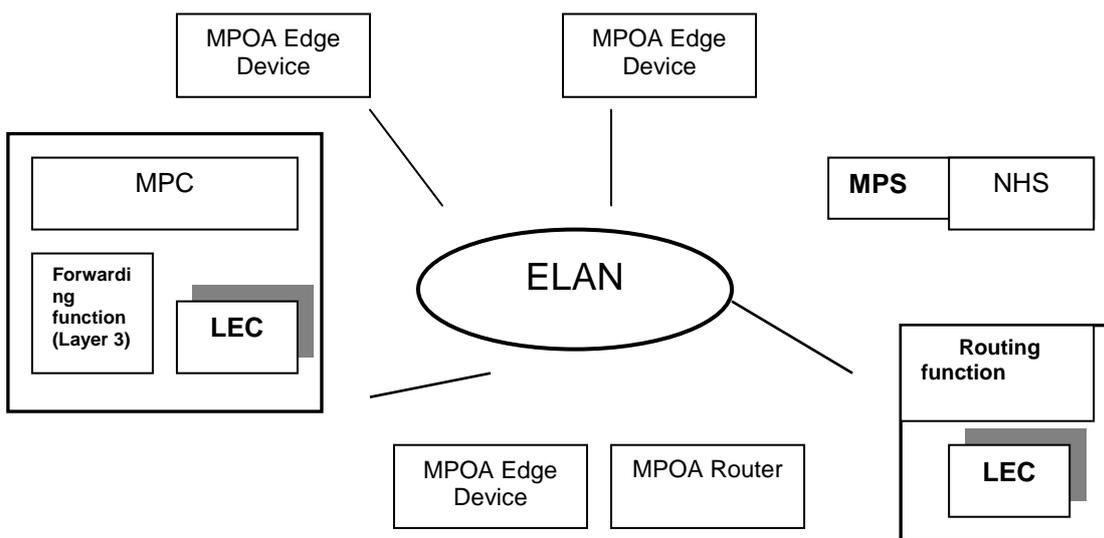
Σχήμα 16. Αντιστοιχία πραγματικού και νοητού δρομολογητή.

9.3 Συστατικά ΜΡΟΑ

Ένα δίκτυο ΜΡΟΑ αποτελείται από 2 στοιχεία: συσκευές άκρης ή hosts (*edge devices*) και δρομολογήτες ΜΡΟΑ (*MPOA capable routers*). Ένας ΜΡΟΑ host περιέχει ένα LEC, ένα MPC (MPOa Client) και μία λειτουργία προώθησης επιπέδου 3. Συνήθως βρίσκονται στην περιφέρεια ενός δικτύου ΑΤΜ , το οποίο συνήθως θα υποστηρίζει πολλαπλά LANs (*Ethernet,Token Ring*). Μπορεί να είναι μέρος ενός νοητού LAN. Δεν συμμετέχουν στην δρομολόγηση. Το MPC λειτουργεί ως σημείο εισόδου και εξόδου σε κίνηση δηλαδή προωθεί τα διάφορα πακέτα. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ενός ΜΡΟΑ Server, με το οποίο υπάρχει επικοινωνία.Τα αποτελέσματα της επικοινωνίας αποθηκεύονται (*caching*) έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν σε μετέπειτα ροές πακέτων.

Ένας δρομολογητής ΜΡΟΑ περιέχει έναν ΜΡΟΑ Server (MPS),ο οποίος περιέχει μία λειτουργία δρομολόγησης (*routing function*) και μία λειτουργία ΝΗΡP ΝΗS (Next Hop Resolution Protocol Next Hop Server). Η λειτουργία του δρομολογητή είναι να παρέχει πληροφορία επιπέδου 3 για την προώθηση στα MPCs. Το MPS του δρομολογητή αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα στοιχεία του έτσι ώστε βρει μία διαδρομή για την διεύθυνση ΑΤΜ του προορισμού και να την στείλει στο ΜΑC. Σχηματικά τα συστατικά ενός δικτύου ΜΡΟΑ είναι:

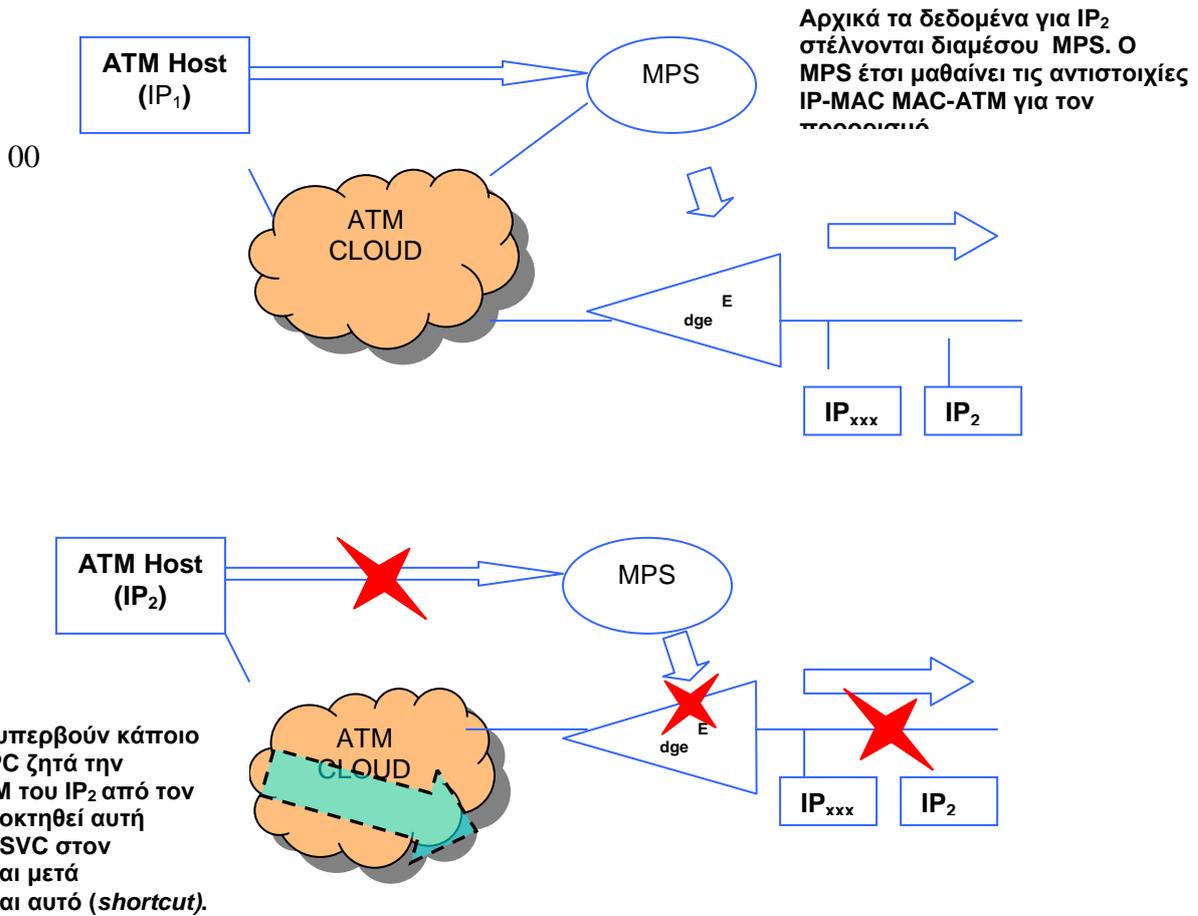
Σχήμα 17: Δομή ΜΡΟΑ.



9.4 Περιγραφή της λειτουργίας του ΜΡΟΑ

Το ΜΡΟΑ δουλεύει στο επίπεδο 3 έτσι ώστε να αναγνωρίσει την έναρξη μιας μεταφοράς δεδομένων. Ο στόχος του είναι να παρέχει μία διεύθυνση προορισμού στην ροή αυτή.

Αρχικά καθώς τα MPCs λαμβάνουν πακέτα εξετάζουν την διεύθυνση προορισμού τους. Τα πακέτα που πρέπει να δρομολογηθούν θα περιέχουν μια διεύθυνση για το επίπεδο δικτύου του προορισμού. Το MPC θα προσπαθήσει να την μετατρέψει σε μια διεύθυνση ΑΤΜ. Για τον σκοπό αυτόν θα ελέγξει τις αποθηκευμένες πληροφορίες που έχει. Αν αυτές δεν επαρκούν θα επικοινωνήσει με το κατάλληλο MPS για να λάβει την πληροφορία. Αυτό αν την έχει αποθηκευμένη θα την μεταδώσει. Αλλιώς είτε θα επικοινωνήσει με άλλα MPS είτε θα την βρει επιτόπου χρησιμοποιώντας ΝΗΡΡ. Όταν το MPC λάβει διεύθυνση προορισμού ΑΤΜ θα δημιουργήσει ένα SVC προς αυτήν την διεύθυνση και θα αρχίσει να στέλνει πακέτα. Αν ένα πακέτο προορίζεται για κάποιον υπολογιστή στο ίδιο υποδίκτυο η διεύθυνση ΑΤΜ για τον προορισμό θα ευρεθεί με χρήση ΛΑΝΕ. Όλα τα παραπάνω περιγράφουν την κανονική λειτουργία του ΜΡΟΑ. Στην πραγματικότητα όμως τα πρώτα πακέτα μιας ροής δεδομένων ακολουθούν την κανονική διαδρομή (με χρήση δρομολόγησης). Το MPC μετρά τα πακέτα που στέλνει και διατηρεί κάποιο όριο της μορφής X πακέτα σε Y δευτερόλεπτα. Αν η ροή υπερβεί αυτό το όριο τότε ο MPC στέλνει την ερώτηση στον MPS η απάντηση της οποίας θα είναι η διεύθυνση ΑΤΜ του προορισμού με την οποία θα δημιουργηθεί το SVC. Από αυτό το σημείο και μετά θα χρησιμοποιηθεί το SVC. Το MPC εξόδου μπορεί να είναι ή κάποιος υπολογιστής ΑΤΜ είτε κάποια συσκευή άκρης η οποία θα συνδέεται με ένα τοπικό δίκτυο. Όταν ένα πακέτο φθάσει εκεί διαμέσου του SVC τότε αυτό μεταφέρεται ακολουθώντας το πρωτόκολλο του συγκεκριμένου LAN. Η διαδικασία αυτή μπορεί να απεικονιστεί σχηματικά ως εξής:



Σχήμα 18. Λειτουργία του MPOA

9.5 Παρατηρήσεις και κριτική του MPOA

Το MPOA παρέχει μία πολύ αποδοτική λύση σε χρήστες με μεγάλα ELANs καθώς εγγυάται την ικανότητα συνεργασίας των δικτύων ATM με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα τα οποία υποστηρίζουν πολλά πρωτόκολλα. Μπορεί μάλιστα να χρησιμοποιηθεί και σε συνεργασία με συστήματα που δεν το υποστηρίζουν καθώς η επικοινωνία με των MPC με εξωτερικούς routers γίνεται με τα συμβατά πρωτόκολλα RIP, OSPF. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι οι δρομολογητές που συμμετέχουν σε ένα σύστημα MPOA παρέχουν και τις γνωστές λειτουργίες ενός δρομολογητή.

Το MPOA επιτρέπει τον φυσικό διαχωρισμό του υπολογισμού της διαδρομής στο επίπεδο δικτύου και της προώθησης των πακέτων. Η τεχνική αυτή έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- υποστηρίζει αποδοτική επικοινωνία μεταξύ υποδικτύων, εκτελώντας μόνο προώθηση για την πλειοψηφία της κίνησης και ελαχιστοποιώντας την επεξεργασία στον δρομολογητή.
- μειώνει τον αριθμό συσκευών διαδικτύου που χρειάζονται ρύθμιση.
- αυξάνει την δυνατότητα επέκτασης μειώνοντας τον αριθμό των κόμβων που χρειάζονται δρομολόγηση επίπεδου διαδικτύου.
- μειώνει την πολυπλοκότητα των συσκευών άκρων παραλείποντας την ανάγκη για δρομολόγηση επίπεδου διαδικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

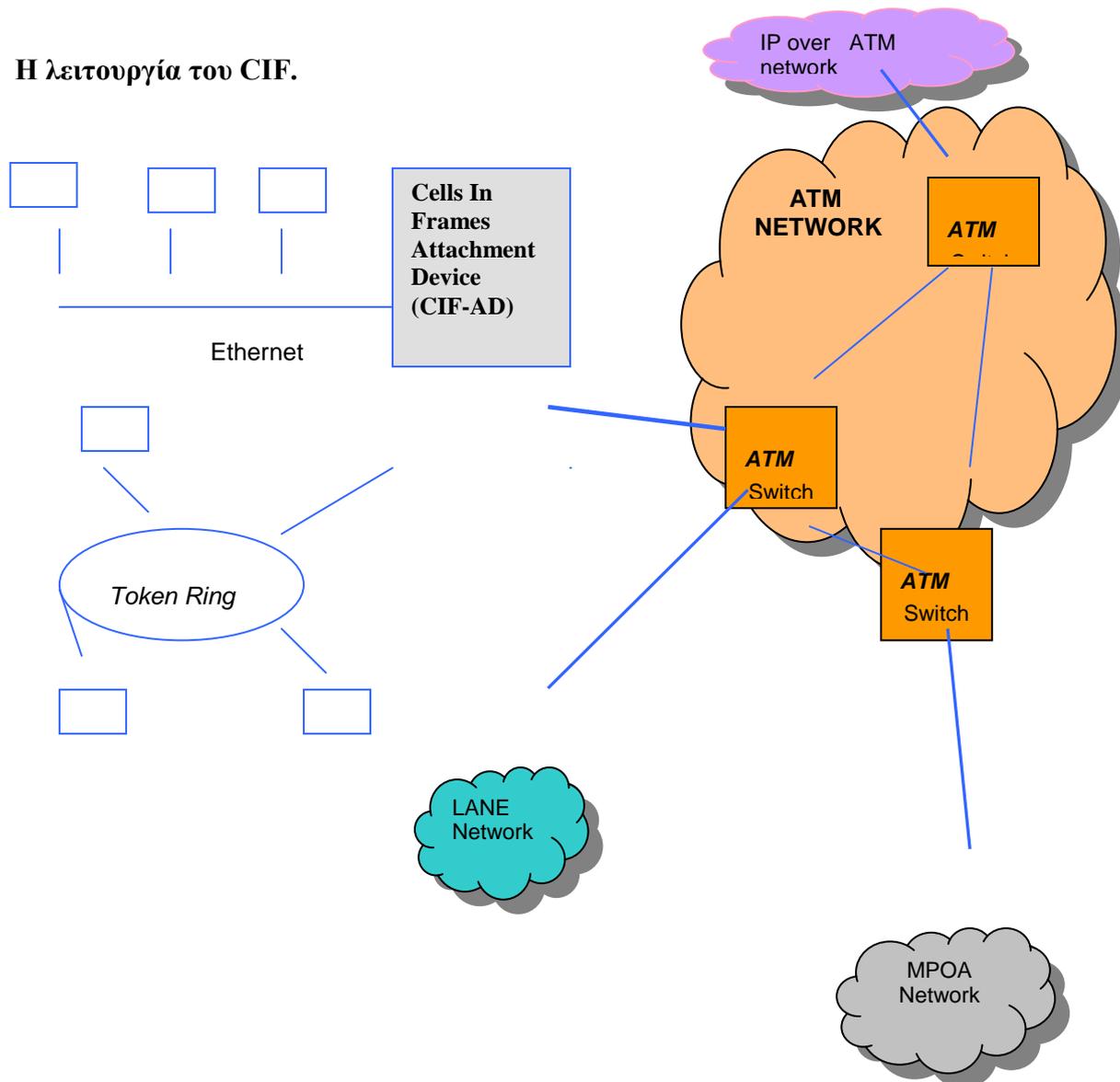
CELLS IN FRAMES: ΜΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

10.1 Εισαγωγή - Στόχοι

Το πρωτόκολλο CIF (Cells In Frames) αποτελεί μια εναλλακτική προσέγγιση στην χρήση ΑΤΜ πάνω σε τοπικά δίκτυα (και όχι μόνο). Η βασική ιδέα πίσω από το CIF είναι ότι μπορεί να διατηρηθεί ο υπάρχον εξοπλισμός LAN και παρ' όλα αυτά να παρέχονται υπηρεσίες ΑΤΜ. Αυτό μπορεί να γίνει με την ενσωμάτωση ΑΤΜ cells στα πλαίσια LAN. Η ενσωμάτωση αυτή μπορεί να γίνει με λογισμικό, αφαιρώντας έτσι την ανάγκη για αντικατάσταση ή απόκτηση νέου εξοπλισμού. Τα πλαίσια προωθούνται σε μία ξεχωριστή συσκευή την CIF-AD (Attachment Device), η οποία συνορεύει με φυσικά ΑΤΜ δίκτυα. Το CIF παρέχει όλα τα πλεονεκτήματα του ΑΤΜ όπως QoS, μικρές και προβλέψιμες καθυστερήσεις και ενσωμάτωση φωνής, video, και δεδομένων. Επιπλέον το CIF μπορεί να βελτιώσει το ΑΤΜ σε μερικές περιπτώσεις. Για την εξέλιξη και προώθηση του CIF, έχει σχηματιστεί η CIF – Alliance (<http://cif.cornell.edu>). Μεταξύ των στόχων της είναι και οι παρακάτω:

- Ευκολία ανάπτυξης δικτύων που βασίζονται στο ΑΤΜ.
- Πιο οικονομική μετάβαση στο ΑΤΜ με επαναχρησιμοποίηση του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- Καθορισμός specifications για λειτουργία ΑΤΜ πάνω από την υπάρχουσα δομή LAN.
- Βελτίωση των εφαρμογών με την εισαγωγή δικτυακών μεθόδων που παρέχουν QoS.

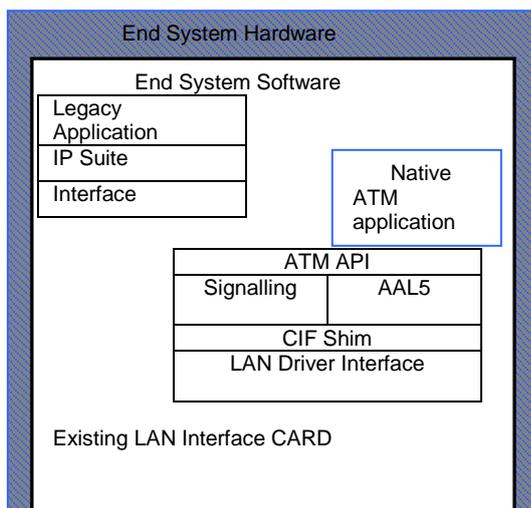
10.2 Η λειτουργία του CIF.



Σχήμα 19. Αρχιτεκτονική δικτύου CIF.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται σε γενικές γραμμές το περιβάλλον λειτουργίας ενός CIF. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχοντα τοπικά δίκτυα θα συνδέονται διαμέσου του CIF-AD με ένα δίκτυο ATM. Οι σταθμοί των δικτύων αυτών εξακολουθούν να παράγουν Ethernet ή Token Ring πλαίσια. Σε υψηλότερα επίπεδα όμως θα εκτελούνται εφαρμογές που υποστηρίζουν ένα ATM – API, και οι οποίες θα χρησιμοποιούν όλες τις υπηρεσίες του ATM, χωρίς να γνωρίζουν ότι στην ουσία η επικοινωνία γίνεται με τυπικά πλαίσια. Βέβαια τα πλαίσια αυτά θα περιέχουν μία επικεφαλίδα ATM, καθώς επίσης και το φορτίο ως και 31 ATM cells από το ίδιο νοητό κύκλωμα ATM. Όταν τα πλαίσια αυτά φθάσουν στην CIF-AD είτε θα μεταδοθούν σε έναν άλλο CIF μεταγωγέα χωρίς να πειραχθούν, είτε θα καταταμηθούν στα κελιά από τα οποία αποτελούνται και θα προωθηθούν σε ένα δίκτυο ATM.

10.3 CIF Workstation



Η αρχιτεκτονική ενός CIF workstation παραμένει βασικά ίδια. Μπορεί να εκτελεί ATM λογισμικό αλλά και άλλα πρωτόκολλα. Οι μόνες επιπλέον προσθήκες είναι για λογισμικό σηματοδοσίας ATM καθώς επίσης ένα ενδιάμεσο λογισμικό μεταξύ του NIC και του NDIS (Network Device Interface Specification). Το ενδιάμεσο αυτό μέρος θα προσθέτει μία επικεφαλίδα CIF στα πλαίσια πριν μεταδοθούν ή θα την αφαιρεί αφότου ληφθούν. Επίσης θα υλοποιεί το ATM QoS θέτοντας τα δεδομένα σε πολλαπλές ουρές και θα πραγματοποιεί έλεγχο ροής.

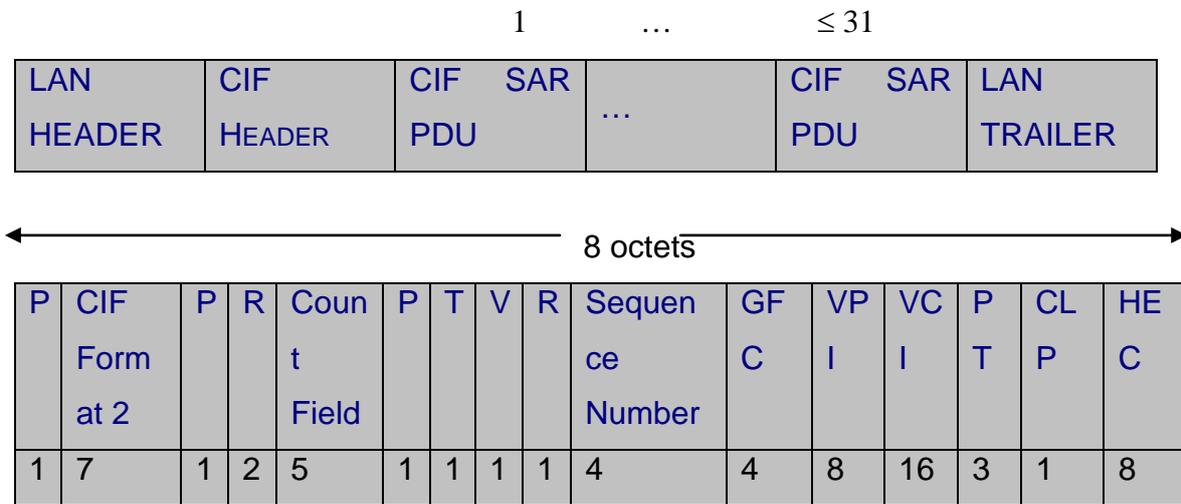
Σχήμα 20. Αρχιτεκτονική CIF Workstation

10.4 CIF Switch

Η αρχιτεκτονική ενός μεταγωγέα CIF παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες. Συγκεκριμένα διαφέρει από έναν μεταγωγέα Ethernet σε τέσσερα σημεία. Αυτά είναι:

- Εκτός από άλλα πρωτόκολλα, ερμηνεύει και την επικεφαλίδα CIF καθώς επίσης και VP/VC πληροφορία για ATM.
- Υποστηρίζει QoS με πολλαπλές ουρές και διαχειρίζεται την καθυστέρηση.
- Χειρίζεται την συμφόρηση.
- Υποστηρίζει σηματοδοσία ATM.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μορφή ενός πλαισίου CIF.



Σχήμα 21. CIF Protocol Data Unit

Παρακάτω θα περιγράψει πιο αναλυτικά η μορφή του πλαισίου. Αρχικά παρατηρούμε ότι το πλαίσιο περικλείεται από μία επικεφαλίδα και μία κατακλείδα για το LAN. Το ίδιο το πλαίσιο τώρα αποτελείται από μία ή περισσότερες επικεφαλίδες CIF και ένα ή περισσότερα CIF SAR-PDU (Cells In Frames Segment And Reassembly Protocol Data Unit) τα οποία είναι στην ουσία τα ATM cells των 48 octets. Μπορούν να υπάρχουν έως και 31 SAR-PDUs έτσι ώστε να μην ξεπεραστούν οι περιορισμοί για τμήματα Ethernet. Τα PDUs αυτά μπορούν να περιέχουν πληροφορίες σχετικά με οποιοδήποτε AAL (ATM Adaptation Layer) και όχι μόνο για το AAL5.

Τα σημαντικότερα πεδία στην CIF header είναι:

- ✘ **Count Field:** Περιέχει τον αριθμό των SAR-PDUs που αφορούν την τρέχουσα επικεφαλίδα. Η τελευταία CIF Header θα έχει στο συγκεκριμένο πεδίο την τιμή 0.
- ✘ **Sequence Number:** Χρησιμοποιείται έτσι ώστε να μπορεί να καταταμηθεί ένα μεγάλο AAL-PDU σε πολλά μικρότερα καθώς ένα PDU AAL(4 ή 5) μπορεί να είναι μεγαλύτερο από ένα LAN Frame. Αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την επανασυναρμολόγηση των ALL-PDUs.
- ✘ **GFC, VPI, VPC, PT, CLP, HEC:** Για όλα τα AAL εκτός από το 5^ο το CIF-AD παίρνει τα SAR-PDUs και τα τοποθετεί σε ATM cells βάζοντας στην επικεφαλίδα καθενός τις τιμές των παραπάνω πεδίων.

- ✘ V: Δείχνει εάν το AAL5 CRC είναι σωστό σε ότι αφορά το τελευταίο SAR-PDU για την τρέχουσα header. Αν δεν είναι σωστό το CIF – AD πρέπει να το ξανά-υπολογίσει.
- ✘ T: Το CIF – AD πρέπει να θέσει το AAL_indication bit στην επικεφαλίδα του cell που αντιστοιχεί στο SAR-PDU.

10.5 Κριτική του CIF

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του CIF είναι ότι έχει όλα τα πλεονεκτήματα του ATM σε μία αρκετά χαμηλή τιμή, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για αναβάθμιση του υλικού. Επίσης το CIF πραγματοποιεί ρητό έλεγχο ροής (*explicit flow control*) και μειώνει την επιβάρυνση (*overhead*) που έχει το ATM. Σε ό,τι αφορά τον έλεγχο ροής το CIF έχει υιοθετήσει τον έλεγχο ροής του ATM ο οποίος ενημερώνει την πηγή για συμφόρηση με συγκεκριμένα μηνύματα (Resource Management Cells) πράγμα το οποίο είναι σχεδόν 100 φορές πιο γρήγορο από τον έλεγχο ροής άλλων πρωτοκόλλων όπως το TCP, όπου η πηγή δεν ενημερώνεται άμεσα για συμφόρηση, αλλά πρέπει να το καταλάβει από ορισμένες ενδείξεις. (*implicitly*). Κάτι τέτοιο έχει πολύ μεγάλη σημασία σε ότι αφορά το κόστος σε WAN αλλά και στον αριθμό των χαμένων πακέτων. Σε ότι αφορά το δεύτερο σημείο δηλαδή την επιβάρυνση που υπάρχει στο ATM το CIF προσφέρει αρκετή μείωση. Πρώτα από όλα, όπως προαναφέρθηκε νωρίτερα σε κάθε πλαίσιο CIF υπάρχει μόνο η πληροφορία από 31 ATM cells, και άρα δεν υπάρχουν οι επικεφαλίδες. Επίσης στο CIF υπάρχουν ελάχιστες αναμεταδόσεις.

Παρόλο λοιπόν που το CIF δεν θα προκαλέσει αλλαγή υλικού μπορεί να είναι ασύμβατο ίσως με λογισμικό και θα προκαλέσει έξοδα για την αναβάθμιση του. Ίσως γι' αυτό πολλές εταιρείες δεν το έχουν υιοθετήσει στα προϊόντα τους. Είναι σίγουρο πάντως ότι αρκετές τεχνικές του πρωτοκόλλου αυτού θα υιοθετηθούν από μελλοντικά standards.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

11.1 Εφαρμογή της εξομοίωσης ενός LAN σε ΑΤΜ

Το ΚΕΔ συντονίζει την οριζόντια δράση του Ε.Μ.Π., Πανεπιστημίου Αθηνών και Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την μελέτη, εγκατάσταση και πιλοτική λειτουργία δικτύου υψηλών προδιαγραφών με εφαρμογές στη τηλεεκπαίδευση και τηλεδιάγνωση (400 εκ. δρχ.). Στόχος του έργου, του οποίου η υλοποίηση έχει ξεκινήσει τους τελευταίους μήνες, είναι η υλοποίηση δικτύου υψηλής ταχύτητας και η εγκατάσταση προηγμένων εφαρμογών τηλεματικής, με έμφαση τη τηλε-εκπαίδευση μεταξύ του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.), του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Ε.Κ.Π.Α.) και του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Ο.Π.Α.). Η χωρική γειτνίαση των τριών φορέων, η υψηλής στάθμης τεχνογνωσία τους και η επιτυχής στενή συνεργασία ερευνητικών μονάδων τους σε κοινά έργα Έρευνας & Ανάπτυξης τηλεματικής, σε συνδιασμό με την εγκατεστημένη υποδομή οπτικών ινών του ΟΤΕ (Αττικός Δακτύλιος) επιτρέπει την άμεση και οικονομική διασύνδεση των τριών ΑΕΙ σε ταχύτητες 34 - 155 Mbps. Η ήδη εγκατεστημένη δικτυακή βάση των φορέων υποστηρίζει προηγμένες πιλοτικές εφαρμογές πολυμέσων πάνω σε τοπικά δίκτυα (Local Area Networks - LAN). Με το έργο, οι εφαρμογές αυτές θα ενοποιηθούν σε επίπεδο Μητροπολιτικού Δικτύου (Metropolitan Area Network - MAN) για πρώτη φορά στην χώρα, κατά τα πρότυπα των αντιστοίχων Ακαδημαϊκών - Ερευνητικών δικτύων ευρείας ζώνης (Broadband ISDN) της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι βασικές εφαρμογές που θα υλοποιηθούν επικεντρώνονται στην τηλε-εκπαίδευση, τηλε-εργασία και ιατρική εκπαίδευση και έρευνα με χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας κινούμενης εικόνας (video) υψηλής πιστότητας. Κατά τη διάρκεια του έργου, τα τρία ΑΕΙ θα εγκαταστήσουν πάνω στο μητροπολιτικό δίκτυο ΑΤΜ τις εξής εφαρμογές:

- Προγράμματα συνεταιριστικής διδασκαλίας και έρευνας από απόσταση σε ειδικά διαμορφωμένες και εξοπλισμένες αίθουσες τηλεδιασκέψεων πολυμέσων, με video υψηλής ευκρίνειας (αρχικά μία ανά ΑΕΙ).
- Εφαρμογές πολυμέσων και μετάδοσης αποθηκευμένων πληροφοριών (τύπου video on demand) σε κατάλληλα εξοπλισμένους σταθμούς εργασίας και εξυπηρετητές.
- Μετάδοση και επεξεργασία ιατρικών εικόνων υψηλής ευκρίνειας από Ερευνητικές μονάδες των Πανεπιστημιακών κλινικών του Ε.Κ.Π.Α. (αρχικά του Αρεταίειου, του Αιγινήτειου και του Ευγενίδειου Νοσοκομείου) και των συνεργαζομένων Εργαστηρίων και Εκπαιδευτικών μονάδων των τριών Ιδρυμάτων.

Πέραν των τριών συγκεκριμένων πεδίων εφαρμογών, το έργο θα έχει σημαντικότητα πολλαπλασιαστικά οφέλη, που θα επιτρέψουν στην χώρα να συμπορευτεί με τη διεθνή δυναμική εξέλιξη της Κοινωνίας των Πληροφοριών. Ενδεικτικά:

- Θα επιταχυνθεί η ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών πολυμέσων (multimedia software) και εφαρμογών εικονικών εργαστηριακών μαθημάτων (virtual laboratories), με έμφαση στην επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτικών μονάδων των τριών Ιδρυμάτων.
- Το έργο θα επιτρέψει την ταχύτερη διασύνδεση των υπερ-υπολογιστικών κέντρων των τριών Ιδρυμάτων σε ενιαίο κατανομημένο δίκτυο, υλοποιώντας την πρώτη μητροπολιτική νησίδα High Performance Computing & Networking (HPCN) της χώρας, κατά τα πρότυπα αντιστοίχων έργων των ΗΠΑ (vBNS - very high speed Backbone Network Services) και της Ευρώπης.
- Θα δημιουργηθεί πρότυπη εγκατάσταση υψηλής τεχνολογίας την οποία θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν (σαν εξωτερικοί χρήστες) διεθνείς Κοινοπραξίες έργων Έρευνας & Ανάπτυξης (E&A) της Γενικής Διεύθυνσης XIII της Ευρωπαϊκής Ένωσης για πιλοτικές εφαρμογές τηλεματικής και τηλεπικοινωνιών (National Hosts του Προγράμματος ACTS, Digital Sites του Telematics Applications Programme).

- Η σχετική εμπειρία θα διαχυθεί στον ευρύτερο παραγωγικό τομέα της τηλεματικής και θα υποστηρίξει τα υπό σχεδιασμό έργα του ΟΤΕ για εισαγωγή τεχνολογίας ΑΤΜ στη χώρα .

11.2 Συμπεράσματα

Ο *Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (ΑΤΜ)* αναγνωρίζεται ως θεμελιώδης τεχνική μεταγωγής και πολυπλεξίας για τα μελλοντικά δίκτυα ευρυζωνικού ISDN. Καθώς πάνω σε αυτά τα δίκτυα θα στηρίζονται όλο και περισσότερες υπηρεσίες για την μετάδοση φωνής, δεδομένων και βίντεο, η αξιοπιστία αυτών των δικτύων συνιστά ρόλο-κλειδί.

Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου ΑΤΜ παρέχει τα απαραίτητα συστατικά που απαιτούνται για να υποστηρίξει εφαρμογές πολυμέσων προσφέροντας το κατάλληλο εύρος ζώνης . Η δε καθυστέρηση είναι πολύ μικρή κάτω από κανονικό φορτίο. Πέρα από αυτά το ΑΤΜ παρέχει πολλαπλής εκπομπής (multicast) επικοινωνία και έτσι ανταποκρίνεται στις περισσότερες απαιτήσεις.

Σε αυτά τα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, ένα δίκτυο ή ακόμα και μια αποτυχία κόμβων μπορεί να προκαλέσει μία μεγάλη απώλεια δεδομένων, ακόμα και σε μία μικρή διακοπή. Είναι ως εκ τούτου επιτακτικό να γίνει ο χρόνος διακοπής όσο το δυνατόν πιο μικρός. Οι αυτοθεραπευόμενοι (selfhealing) αλγόριθμοι έχουν προταθεί για να επιτύχουν τη γρήγορη αποκατάσταση μετά από μία αποτυχία, αλλά η επιτυχία τους εξαρτάται κατά πολύ από το πώς η κυκλοφορία διανέμεται και από το πώς η εφεδρική χωρητικότητα κατανέμεται πάνω στο δίκτυο, όταν συμβαίνει η αποτυχία. Προκειμένου να προσφερθεί καλύτερη ικανότητα επιβίωσης (survivability) των δικτύων, είναι πολύ σημαντικό ένας διαχειριστής δικτύων να πραγματοποιεί αποκατάσταση κυκλοφορίας σε απάντηση στη μεταβαλλόμενη ζήτηση κυκλοφορίας και τη δυνατότητα διαμόρφωσης δικτύων. Μεγάλη βαρύτητα δίνεται επίσης στο γεγονός ότι είναι άκρως απαραίτητο να πληρούνται όλες οι λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις, ώστε ένα δίκτυο ΑΤΜ να μπορεί να χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικό σε σφάλματα (fault tolerant) κατά τη φάση διαχείρισης των σφαλμάτων, ώστε να καλυφθούν έτσι και οι απαιτήσεις ενός τοπικού δικτύου, κατά των διάρκειας εξομοίωσης του (LANE), σε περιβάλλον ΑΤΜ.

Τα δίκτυα ΑΤΜ διαφέρουν ως προς τις προηγούμενες λύσεις στο παρελθόν στους εξής παράγοντες :

- ◆ Η αρχιτεκτονική των ΑΤΜ είναι διαφορετική. Προσφέρει ποιότητα υπηρεσιών, στατιστική πολυπλεξία, και κυκλοφορία με προτεραιότητες. Συνεπώς με τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ικανότερη για χρήση video και πολυμεσικών εφαρμογών.
- ◆ Η διαβάθμιση του πλάτους της συχνότητας των ΑΤΜs είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί όλες τις απαιτήσεις των χρηστών σε χωρητικότητα. Έτσι το ΑΤΜ μπορεί να εξυπηρετήσει καλύτερα από τις υπάρχουσες επικοινωνιακές τεχνολογίες τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν οι χρήστες σε έναν εργασιακό χώρο
- ◆ Η μεταφορά πληροφορίας σε ένα δίκτυο ΑΤΜ βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο χαμηλού επιπέδου. Ο έλεγχος ροής και η αντιμετώπιση λαθών και δυσλειτουργιών γίνονται μεταξύ των άκρων που επικοινωνούν. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αύξηση της ταχύτητας και η απόδοση σε μια σύνδεση του επιθυμητού εύρους ζώνης.
- ◆ Η πληροφορία μεταδίδεται με τη μορφή σύντομων και σταθερού μήκους ομάδων δεδομένων που ονομάζονται κελιά ή κυψελίδες. Η απαιτούμενη ευελιξία για την υποστήριξη μεταβαλλόμενων ρυθμών μετάδοσης παρέχεται μέσω της μετάδοσης του απαραίτητου αριθμού κυψελίδων ανά μονάδα χρόνου. Η κυψελίδα αποτελεί τη βασική μονάδα μεταφοράς και μεταγωγής, δηλαδή μεταδίδεται από άκρο σε άκρο χωρίς να απαιτούνται συμπληρωματικά δυαδικά ψηφία ή πεδία και άλλες υποστηρικτικές διαδικασίες.

Η πρώτη έκδοση της προδιαγραφής της Εξομοίωσης του LAN σε δίκτυα ΑΤΜ αναπτύχθηκε από το Emulation Sub Working Group του ATM Forum και εγκρίθηκε το Φεβρουάριο του 1995. Η προδιαγραφή αυτή επιτρέπει σε έναν ευέλικτο, για τα σημερινά κληρονομημένα δίκτυα, μηχανισμό να εξελιχθεί προς τα ΑΤΜ δίκτυα του μέλλοντος, χωρίς να χρειάζεται να τροποποιηθούν τα υπαρκτά πρωτόκολλα, το λογισμικό και το υλικό. Δημιουργώντας πολλαπλά εξομοιωμένα LANs σε ένα δίκτυο ΑΤΜ, οι διαχειριστές των δικτύων (networks managers) μπορούν να δημιουργήσουν εικονικά LANs με μεγαλύτερη ασφάλεια και προσαρμοστικότητα. Όσο, μάλιστα, η προδιαγραφή του LANE ωριμάζει, θα παρέχει μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα και ανθεκτικότητα και θα έχει περισσότερες εφαρμογές. Οι διαχειριστές των δικτύων που

επιλέγουν τις εφαρμογές του LANE σήμερα, έχουν να διανύσουν ένα βατό μονοπάτι, για να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα αυτών των συνεχών βελτιώσεων στο μέλλον.

11.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Όπως γνωρίζουμε, το ATM ολοκληρώνει τους τύπους δεδομένων. Είναι το ίδιο αποτελεσματικό με ισοχρονική κυκλοφορία (με περιορισμούς πραγματικού χρόνου), συνδεδεμένη κυκλοφορία βασισμένη σε υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού αλλά και σε κυκλοφορία χωρίς σύνδεση. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ιδανικά για τα δεδομένα πολυμέσων που ελκύουν χρήστες όλων των ειδών.

Πέρα όμως από αυτά το ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί, χωρίς να ενδιαφέρει η ταχύτητα και η απόσταση, σε δίκτυα που μπορούν να είναι τοπικά ή ευρείας περιοχής.

Το γενικό πρόβλημα, που αποτελεί ανοικτό ερευνητικό αντικείμενο, αναφέρεται στην εξεύρεση και υλοποίηση τεχνικών αυτόματης επιδιόρθωσης που θα παρέχουν υψηλά επίπεδα προστασίας ελαχιστοποιώντας τον απαιτούμενο βαθμό πλεονασμού σε αποδεκτό κόστος.

Τα δίκτυα τηλεφωνίας και δεδομένων ακολουθούσαν μέχρι σήμερα μία σχετικά ανεξάρτητη εξέλιξη. Η εισαγωγή του ATM δίνει όμως σήμερα την δυνατότητα γεφύρωσης της τεχνολογίας. Το ζητούμενο είναι η ολοκλήρωση των επικοινωνιών χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες των υπολογιστών. *Και το ATM προσφέρει με την προσαρμοστικότητα του την βάση για την επιτυχία του εγχειρήματος.*

Υπάρχει όμως η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στο χώρο αυτό. Η τεχνολογία είναι νέα και υπάρχει η δυνατότητα για ακόμα καλύτερη εξασφάλιση πλήρους χρήσης όλων των πόρων ενός συστήματος που θα στηρίζεται στο ATM. Πρέπει να ερευνηθούν οι τρόποι ολοκλήρωσης και 'τελειοποίησης' όλων των δικτύων, είτε τοπικά (Ethernet, Token Ring, FDDI), είτε ευρείας περιοχής (ISDN, B-ISDN) με δίκτυα που θα στηρίζονται στο ATM, και να δημιουργηθούν τα ώριμα, εμπορικά εφαρμόσιμα και αξιόπιστα πρότυπα που θα επιτρέψουν την απρόσκοπτη εξέλιξη δικτύων υψηλών ταχυτήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ‘**ATM Theory and Applications**’, David E.McDysan, Darren L.Spohn, Mc Graw Hill, 1998.
- [2] “**A Measurement-Based Admission Control Algorithm Using Variable-Sized Window in ATM Networks**”, S.Lee, J.Song, Computer Communications, pp.171-177.
- [3] “**Design of a Fuzzy Traffic Controller for ATM Networks**”, R.Cheng, “C.Chang, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.4, no.3, June 1996, pp.460-469.
- [4] “**Asynchronous Transfer Mode Networks. Performance Issues**”, Raif O. Onvural, second edition, Artech House Publishers, 1995.
- [5] “**Quality of Service in Telecommunications Part II: Translation of QoS Parameters into ATM Performance Parameters in B-ISDN**”, J.Jung, vol.34, no.8, August 1996, pp.112-117.
- [6] , “**LAN Emulation Over ATM**”, Emek Sadot, Feldman Alexander, Fraimovich Evgeny, Fruman Yanna και Gertsvolf Mark, Tel Aviv University, 1996.
- [7] “**A Brief Overview of ATM: Protocol Layers, LAN Emulation, and Traffic Management**”, Kai-Yeung και Raj Jain
- [8] “**ATM LAN Emulation, An Inside Look at Version 1.0 of the LANE Specification**”, Klessing Bob, September 1997.
- [9] “**ATM Theory and Applications**”, McDysan και Spohn, MC Graw Hill, Chapter 19, σελ. 523-537, 1998.
- [10] “**Το λεξικό της Πληροφορικής**”, Microsoft Press, Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, Τρίτη Έκδοση, Σεπτέμβριος 1998.
- [11] “**Δίκτυα Υπολογιστών**”, Tanenbaum Andrew S., Prentice Hall Inc., Α. Παπασωτηρίου & ΣΙΑ Ο.Ε., Δεύτερη Έκδοση, 1992.
- [12] “**Δίκτυα Υπολογιστών**”, Tanenbaum Andrew S., Prentice Hall Inc., Α. Παπασωτηρίου & ΣΙΑ Ο.Ε., Τρίτη Έκδοση, 2000.

- [13] *Planning & Managing ATM Networks*, D.Minoli, T. Golway, N.P.Smith, Ed. Manning, 1996.
- [14] *ATM: User-Network Interface Specification*, The ATM-Forum, Prentice Hall, 1993.
- [15] *Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*, Ανδρέα Πομπόρτση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1997.
- [16] *Fiber-Based ATM Computer Network Performance and Survivability Issues Under Soft Failure Conditions*, Igor Kostic, Thesis submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State, Virginia, August 1999.
- [17] *Analyzing Broadband Networks*, Mark A.Miller, McGraw-Hill, 2001.
- [18] *Broadband Networking: ATM, SDH, SONET*, Mike Sexton and Andy Reid, Artech House, Inc., 1997.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [1] <http://www.cabletron.com/white-papers/atm/lan-emulation.html>
Site με πληροφορίες σχετικά με την εξομοίωση ενός τοπικού δικτύου σε ATM
- [2] <http://www.protocols.com/pbook/lane.htm>
Site με πληροφορίες για τα πρωτόκολλα στα οποία στηρίζεται η εξομοίωση ενός LAN σε ATM
- [3] <http://www.data.com/tutorials/qos.html>
Site σχετικό με την ποιότητα υπηρεσιών (QoS) ενός ATM στην εξομοίωση ενός LAN
- [4] <http://www.atmforum.com/aboutatm/sonet.html>
Το επίσημο site του ATM forum που περιέχει πληθώρα πληροφοριών σχετικά με ό,τι αφορά τα δίκτυα ATM. Περιέχει ιστορικά στοιχεία, beginners guide, γλωσσάριο, case studies, standards, πρωτόκολλα, άρθρα, white papers και γενικά ό,τι χρειάζεται κάποιος για να ενημερωθεί επίσημα για το ATM.

[5] <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/atm/12020/2020r211/sysover/atmtech.htm>

Site της Cisco που περιέχει ενδιαφέρουσες πληροφορίες για τη δομή των δικτύων ATM. Το site είναι εμπλουτισμένο με πληθώρα χρήσιμων εικόνων και σχεδίων που συμβάλλουν σημαντικά στην κατανόηση βασικών εννοιών.

[6] http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic11.html

Επίσημο site του International Engineering Consortium που έχει tutorials για το ATM. Το συγκεκριμένο tutorial περιέχει υλικό και εικόνες για κατανόηση ακόμη και βασικών εννοιών.

[7] <http://www.networking.ibm.com/atm/atmnman.html>

Site της IBM που περιέχει πληροφορίες και εικόνες σχετικά με τη δομή, τις λειτουργίες και τη διαχείριση του ATM, με αναφορά σε πρωτόκολλα και άλλα προϊόντα της IBM.

[8] <http://www.data.com/tutorials/cif.html>

Site με πληροφορίες σχετικά με το πρωτόκολλο CIF για τα δίκτυα ATM

[9] <http://www.techguide.com/>

Site με πληροφορίες σχετικά με το πρωτόκολλο MPOA για τα δίκτυα ATM