



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

Δίκτυα δημόσιας χρήσης και διασύνδεση δικτύων

Τίτλος εργασίας:

A.T.M (Asynchronous Transfer Mode)

Όνοματεπώνυμο: Αναστασία Μαρία Καμπύλη

A.M: 6066

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	σελ.4
2. Η ιστορία του ATM.....	σελ.5
3. Το επίπεδο ATM.....	σελ.6
3.1. Δομή κυψελίδων.....	σελ.7
3.2. Δομικά στοιχεία επικεφαλίδας.....	σελ.8
4. ATM μεταγωγή.....	σελ.9
4.1. Νοητό κανάλι.....	σελ.9
4.2. Συνδέσεις Υποθετικών Καναλιών (VCL).....	σελ.9
4.3. Virtual Paths.....	σελ.10
4.4. Virtual Path Connections.....	σελ.10
4.5. Σχέση Νοητών Μονοπατιών-Νοητών Καναλιών.....	σελ.11
4.6. Σύγκριση και συμπεράσματα.....	σελ.11
5. Οριζόντιο επίπεδο προσαρμογής στο ATM (AAL).....	σελ.12
5.1. Τύποι υπηρεσιών στο AAL.....	σελ.12
5.2. Τα χαρακτηριστικά κάθε κλάσης.....	σελ.13
6. Υποεπίπεδα του AAL.....	σελ.14
7. Τύποι του AAL.....	σελ.14
7.1. AAL1.....	σελ.14
7.2. AAL2.....	σελ.15
7.3. AAL3/4.....	σελ.16
7.4. AAL5.....	σελ.17
8. ATM διευθυνσιοδότηση.....	σελ.18
8.1. ATM διευθύνσεις τύπου NSRP.....	σελ.19
9. ATM συνδέσεις.....	σελ.20
10. Έλεγχος κίνησης.....	σελ.21
10.1. Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου.....	σελ.21
10.2. Υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου.....	σελ.22
11. Ποιότητα υπηρεσίας στο ATM.....	σελ.23
12. Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμφόρησης στα ATM δίκτυα.....	σελ.26
12.1. Μορφοποίηση κίνησης.....	σελ.27
13. Χρήσεις ATM.....	σελ.29
13.1. ATM σε LAN.....	σελ.29
13.2. ATM σε WAN.....	σελ.29
13.3. ATM σε MAN.....	σελ.30
13.4. ATM σαν δίκτυο κορμού.....	σελ.30
14. Σύγκριση ATM με άλλα δίκτυα.....	σελ.30
14.1. Μισθωμένες γραμμές (TDM).....	σελ.30
14.2. Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων X.25.....	σελ.31
14.3. Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων Frame Relay.....	σελ.31

14.4. Τεχνολογίες τοπικών δικτύων.....σελ.32
15. Επίλογος.....σελ.32
16. Βιβλιογραφία.....σελ.34

1.Εισαγωγή

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής ασχολήθηκα με τη τεχνολογία του ATM. Τα αρχικά A.T.M. αντιστοιχίζονται στις λέξεις **Asynchronous Transfer Mode** δηλαδή **ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς**. Το ATM αποτελεί μια τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας σε επίπεδο κυψελίδων, επομένως ο όρος ασύγχρονη αναφέρεται στον τρόπο μεταφοράς των κυψελίδων αυτών. Η τεχνολογία του ATM δεν αποτελεί κάτι καινούριο, είναι ήδη γνωστή από το STM που χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά δίκτυα.

Το ATM συνδιάζει τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος, δηλαδή τη διαδικασία πολύπλεξης διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω σε συγκεκριμένες φυσικές γραμμές και τη γρήγορη επεξεργασία των πακέτων-κυψελίδων, αποδίδοντας το ρόλο του ελέγχου και της διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας. Τέλος βασίζεται στην ιδέα ότι το πακέτο μπορεί να μεταφέρει τα χρήσιμα δεδομένα και την επικεφαλίδα και ταυτόχρονα ο συνολικός αριθμός των bytes στο πακέτο να παραμένει μικρός, το οποίο είναι αναγκαίο γιατί σε περίπτωση που χαθεί κάποιο byte να μη επηρεάζεται η ροή δεδομένων και το χαμένο byte να μπορεί να αντικατασταθεί με ειδικούς αλγορίθμους.

2. Η ιστορία του ATM

Το 1988 ο οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) εισήγαγε πρώτος την ATM τεχνολογία στο BISDN. Το καθοριστικό γεγονός όμως στην ανάπτυξή του είναι η δημιουργία του ATM Forum το 1991 από τις εταιρείες Cisco Systems NET/ADAPTIVE, North Telecom and Sprint, που το 1993 το Forum αριθμούσε περί τα 350 μέλη. Σκοπός του ATM Forum είναι να προωθεί την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας βασιζόμενο πάντα στα επίσημα πρότυπα-κανόνες των ITU-T και ANSI.

Η αιτία ανάπτυξης του ATM πρωτοκόλλου ήταν η αντικατάσταση του προυπάρχοντος του, **STM (Synchronous transfer mode)**. Το STM χρησιμοποιείται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα υποδομής (backbone) για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων και φωνής σε μακρινές αποστάσεις. Είναι ένας μηχανισμός μεταγωγής κυκλώματος στον οποίο μια σύνδεση αρχίζει μεταξύ δύο τελικών σημείων, ακολουθεί η μεταφορά δεδομένων και στο τέλος η σύνδεση μεταξύ των δύο αυτών σημείων κλείνει. Κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, το εύρος ζώνης έχει προκαθοριστεί και παραμένει κατειλημμένο καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, ανεξάρτητα με το αν διακινείται ή όχι πληροφορία. Το συνολικό εύρος ζώνης διαιρείται σε **στοιχειώδη κομμάτια χρόνου** (time-slots ή buckets) και τα πακέτα των δεδομένων οργανώνονται σε μια ουρά που περιέχει ένα σταθερό αριθμό πακέτων. Αυτό σημαίνει ότι μια σύνδεση που δεν χρησιμοποιεί όλο το εύρος που της προσφέρεται δεν μπορεί να «δανείσει» το περισσευούμενο εύρος σε μια άλλη σύνδεση που παρουσιάζει συμφόρηση και έχει άμεση ανάγκη από εύρος.

Βλέπουμε λοιπόν ότι μια σύνδεση STM δεν κατανέμει δίκαια το διαθέσιμο εύρος στις συνδέσεις και δεν επιδέχεται πολλές ταυτόχρονες συνδέσεις. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και οι απαιτήσεις που αυξάνονται εξαιτίας αυτής για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ δικτύων που συνεχώς αλλάζουν από από φωνή και μονόδρομα κινούμενη εικόνα σε ένα μίγμα από φωνή, δεδομένα υπολογιστών, video και audio-on-demand, web σελίδες πλούσιες σε γραφικά κ.λ.π., ωθούν στην ανάγκη εύρεσης ενός νέου προτύπου. Το νέο αυτό πρωτόκολλο ήταν το ATM η τεχνολογία του οποίου υποστηρίζει ένα φάσμα διαδικτυακών εφαρμογών όπως:

- Τηλεσυνδιάσκεψη (Video Conferencing)
- Συνδιάσκεψη από γραφείο σε γραφείο (Desktop Conferencing)
- Επικοινωνίες ATM μεγάλης χωρητικότητας με κινητούς κόμβους (συνήθως με δορυφορικές ζεύξεις)
- Εικόνα / Ηχος κατά παραγγελία (Audio/Video On Demand)
- Εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN: Virtual LANs)
- Εικονοτηλέφωνο (Videophone)

Αυτή τη στιγμή, το πιο ενεργό γκρουπ εργασίας πάνω στο ATM είναι το ATM Forum, παρόλο που δεν αποτελεί επίσημο οργανισμό πρωτοτυποποίησης, με πολλές εταιρίες κατασκευής υλικού και παροχής υπηρεσιών. Το ATM είναι ένα πρωτόκολλο με ελάχιστο έλεγχο λαθών και ροής και είναι ακόμα και σήμερα, με τη ραγδαία αναπτυξη της τεχνολογίας, ευραίως χρησιμοποιήσιμο και αξιόπιστο.

3. Το επίπεδο ATM

Το επίπεδο ATM είναι το σημαντικότερο τμήμα της τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς. Δέχεται ενόητες δεδομένων, από το επίπεδο προσαρμογής στο ATM (AAL), έτοιμες για τη διαδικασία ενθυλάκωσης (encapsulation) κυψελίδων (δηλ. δημιουργίας και συνένωσης της επικεφαλίδας με το πεδίο ωφέλιμου φορτίου) και παραδίδει την πληροφορία στο επίπεδο προσαρμογής στο ATM μετά την αποενθυλάκωση (decapsulation) (δηλ. αποκοπή και επεξεργασία της επικεφαλίδας). Η πρωταρχική λειτουργία του επιπέδου ATM είναι η από άκρη-σε-άκρη (end-to-end) σειριακή μεταφορά των ATM - κυψελίδων, σύμφωνα με την πληροφορία πρωτοκόλλου του ATM που περιέχεται στις επικεφαλίδες των κυψελίδων. Το επίπεδο ATM είναι ανεξάρτητο από υπηρεσίες, αφού τα πεδία πληροφορίας των κυψελίδων μεταφέρονται με διαφανή τρόπο και μπορούν να περιέχουν οποιοδήποτε τύπο δεδομένων χρήστη ή πληροφορία δικτύου.

Στα πλαίσια ανάλυσης του επιπέδου ATM, θα παρουσιάσουμε τη δομή των κυψελίδων ATM και το μηχανισμό δημιουργίας και μεταγωγής νοητών μονοπατιών και καναλιών στο ATM.

3.1 Δομη κυψελίδων

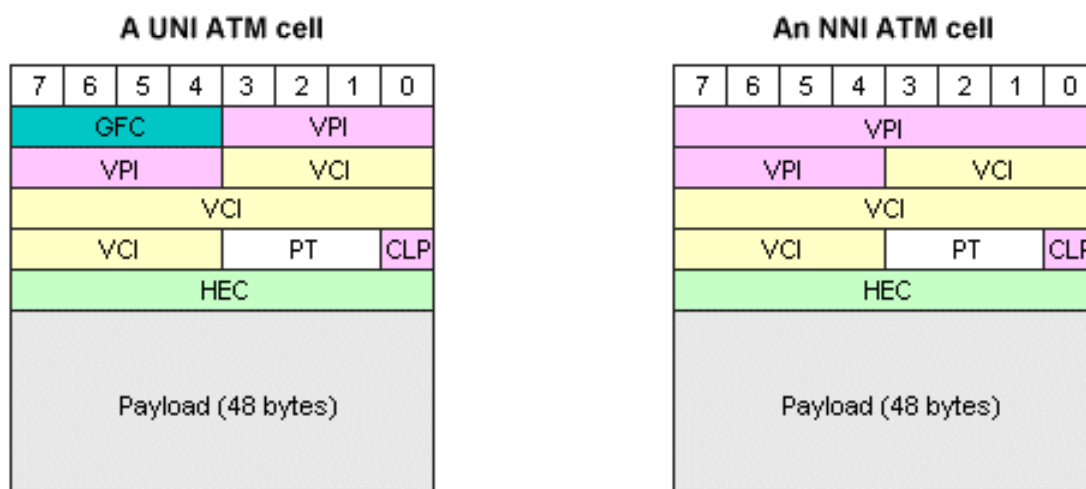
Η βασική μονάδα στο ATM είναι η κυψελίδα (cell), αφού είναι η βασική μονάδα μεταφοράς πληροφορίας. Οι κυψελίδες είναι πλαίσια αυστηρά σταθερού μεγέθους, για τη μεταφορά πληροφορίας, ώστε να γίνεται ταχύτερη μεταγωγή για το χειρισμό φωνής και δεδομένων.

Κάθε πλαίσιο αποτελείται από 53 bytes από τα οποία τα 48 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας του χρήστη (user information), ενώ τα υπόλοιπα 5 bytes αποτελούν την κεφαλή (header) του ATM cell.

Υπάρχουν δύο τυποποιημένες δομές για τις κυψελίδες του ATM:

- για το User to Network Interface – UNI
- για το Network to Network Interface – NNI

και παρουσιάζουν διαφορές ως προς τον τρόπο δόμησης της κεφαλίδας της ATM κυψελίδας.



Διάγραμμα κυψελίδας τύπου UNI και ATM style

<https://www.technologyuk.net/telecommunications/communication-technologies/asynchronous-transfer-mode.shtml>

3.2 Δομικά στοιχεία επικεφαλίδας

Τα δομικά στοιχεία της επικεφαλίδας είναι τα εξής:

- **Γενικός έλεγχος ροής (GFC)** που αποτελείται από 4 δυαδικά ψηφία και έχει ως σκοπό την υποστήριξη απλών υλοποιήσεων πολυπλεξίας (π.χ. επιτρέπει σε έναν πολυπλέκτη να ελέγξει τον ρυθμό ενός τερματικού ATM). Για το γενικό έλεγχο ροής έχουν προταθεί δύο μηχανισμοί: ο δακτύλιος ATM (**ATM Ring - ATMR**) και το **Distributed Queue Dual Bus - DQDB**.
- **Κωδικοί Αναγνώρισης Νοητού Μονοπατιού και Κυκλώματος (VPI/VCI)** που αποτελούν το λεγόμενο πεδίο δρομολόγησης. Η δρομολόγηση μιας κυψελίδας γίνεται σύμφωνα με τις τιμές των πεδίων VPI και VCI, που υπάρχουν στην επικεφαλίδα της. Η διαδικασία δρομολόγησης περιλαμβάνει τη μετάφραση της τιμής VPI στους κόμβους μεταγωγής νοητών μονοπατιών και τη μετάφραση τόσο του VPI όσο και του VCI στους κόμβους μεταγωγής νοητών καναλιών. Σύμφωνα με τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων των δύο πεδίων, το πεδίο VCI με τα 16 δυαδικά ψηφία του παρέχει την δυνατότητα υποστήριξης 216 νοητών καναλιών σε ένα νοητό μονοπάτι, 28 νοητών μονοπατιών σε ένα UNI και 212 νοητών μονοπατιών σε ένα NNI. Ορισμένες τιμές VPI/VCI έχουν κρατηθεί για ειδικές χρήσεις. Οι κωδικοί αναγνώρισης (ταυτοποιητές) νοητού μονοπατιού (VPI) και νοητού κυκλώματος (VCI) έχουν μόνο τοπική σημασία και καθορίζουν τον προορισμό.
- **Τύπος πεδίου πληροφορίας (PT)** που δείχνει εάν η κυψελίδα περιέχει δεδομένα χρήστη, δεδομένα σηματοδοσίας ή λειτουργικές πληροφορίες.
- **Τύπος πεδίου πληροφορίας** που δείχνει εάν η κυψελίδα περιέχει δεδομένα χρήστη, δεδομένα σηματοδοσίας ή λειτουργικές πληροφορίες.
- **Έλεγχος Σφάλματος επικεφαλίδας (HEC)** που ανιχνεύει και διορθώνει τυχόν λάθη της. Σε αντίθεση με την επικεφαλίδα, το πεδίο πληροφορίας δεν υπόκειται σε διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης λαθών. Το έργο αυτό ανατίθεται σε ανώτερα στρώματα.

4. ATM μεταγωγή

Οι ATM τεχνικές μεταγωγής βασίζονται στα δύο πεδία που περιέχει η κεφαλή του ATM cell, δηλαδή στο **VPI (Virtual Path Identifier)** και **VCI (Virtual Channel Identifier)**. Αυτά τα πεδία παρέχουν την απαραίτητη πληροφορία για τη δημιουργία της σύνδεσης και για τη δρομολόγηση δεδομένων έτσι ώστε τα ATM cells να μεταφέρονται διαμέσου αρκετών κόμβων του δικτύου στο τελικό προορισμό.

4.1 Νοητό Κανάλι

Βασικό όρο αποτελεί το *νοητό κανάλι (VC)* που περιγράφει την μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα που παρέχεται στις κυψελίδες ATM. Η επικεφαλίδα κάθε κυψελίδας περιέχει μια "ετικέτα" (label) που καθορίζει επακριβώς το νοητό κανάλι στο οποίο αυτή ανήκει. Η "ετικέτα" αυτή περιλαμβάνει τον *κωδικό αναγνώρισης (ταυτοποιητή) νοητού καναλιού (VCI)* και τον *κωδικό αναγνώρισης (ταυτοποιητή) νοητού μονοπατιού (VPI)*. Τόσο η τιμή του VPI όσο και η τιμή του VCI είναι απαραίτητες για τον καθορισμό κάθε νοητού κυκλώματος και αυτό γιατί οι τιμές του ταυτοποιητή νοητού καναλιού, που χρησιμοποιούνται σε ένα νοητό μονοπάτι, χρησιμοποιούνται και σε άλλα μονοπάτια. Κάθε φορά που ένα νοητό κανάλι μετάγεται, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή του ταυτοποιητή νοητού καναλιού.

4.2 Συνδέσεις Υποθετικών Καναλιών (VCL)

Τα VCC (Virtual Channel Connections) δημιουργούνται από τη συνένωση νοητών καναλιών (VCs) και έχουν τα άκρα τους στα σημεία εκείνα του δικτύου στα οποία το κομμάτι του cell που περιέχει την πληροφορία του χρήστη περνάει από το ATM επίπεδο στο AAL επίπεδο ή αντίστροφα. Η *γραμμή νοητού* περιγράφει την μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς κυψελίδων ATM μεταξύ δύο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή του Ταυτοποιητή Νοητού Καναλιού. Οι συνδέσεις αυτές γίνονται στα ιδιωτικά δίκτυα όταν απευθύνονται ενώ στα δημόσια έχουν οριστεί προκαταβολικά ποιές συνδέσεις θα απαιτηθούν συχνότερα. Η σύνδεση αυτή προστατεύει τη σειρά μεταξύ των ATM κυψελίδων κατά την μεταφορά τους και εγγυάται κάποιο βαθμό ποιότητας υπηρεσίας (QoS).

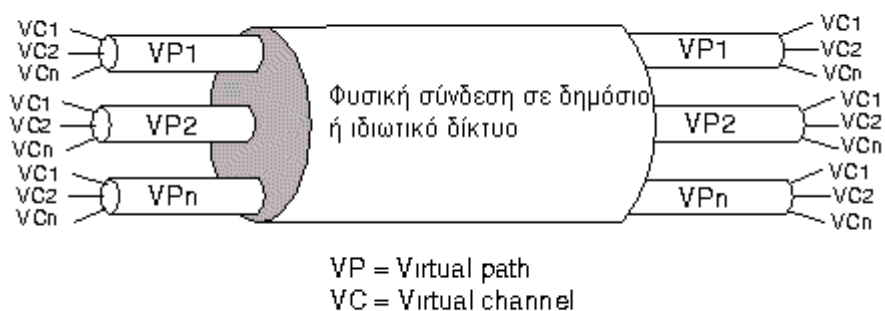
4.3 Virtual paths

Αποτελείται από μία δέσμη νοητών καναλιών η οποία κατευθύνεται σε ένα τελικό σημείο ATM. Το VP είναι σαν ένας αγωγός που περιέχει μία ομάδα από υποθετικές συνδέσεις μεταξύ δύο θέσεων του ATM δικτύου. Το VP προσδιορίζεται μόνο από το VPI πεδίο της κεφαλής του ATM cell, ενώ το VCI πεδίο αγνοείται. Νοητά κανάλια που μοιράζονται το ίδιο νοητό μονοπάτι έχουν το ίδιο VPI και κάθε φορά που ένα νοητό μονοπάτι μετάγεται στο δίκτυο, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή του VPI Ένας κόμβος μεταγωγής που λαμβάνει υπόψη του την τιμή του VPI ονομάζεται κόμβος μεταγωγής νοητών μονοπατιών ή χειριστής νοητών μονοπατιών ή κόμβος διασταυρούμενης σύνδεσης (cross-connect).

4.4 Virtual Path Connections (VPCs)

Οι συνδέσεις νοητών μονοπατιών (VPLs) δημιουργούνται από τη συνένωση νοητών μονοπατιών (VPs) και έχουν άκρα τους τα σημεία εκείνα που αποτελούν άκρα των VCLs αλλά και τα σημεία όπου τα νοητά κανάλια (VCs) του μονοπατιού οδηγούνται σε διαφορετικά νοητά μονοπάτια λόγω ύπαρξης μεταγωγέα νοητών καναλιών.

4.5 Σχέση Νοητών Μονοπατιών – Νοητών Καναλιών



4.6 Σύγκριση και συμπεράσματα

Ο δικτυακός χρήστης (end-user) μπορεί να διαχειριστεί κάποια ATM cells με ένα αποκλειστικό τρόπο ανεξάρτητα του δικτυακού παροχέα υπηρεσιών (service provider).

Στη περίπτωση που ο χρήστης μεταδίδει πληροφορία προς τον ίδιο προορισμό με την χρήση πολλών VCs, ο φόρτος του δικτύου μπορεί να μειωθεί εάν μεταφέρουμε αυτή την πληροφορία σε μία λογική μετάδοση παρά σε πολλές μεταδόσεις. Έτσι το VP εξαλείφει το βάρος της μεταγωγής των πολλών VCs. Το πρακτικό κέρδος της χρήσης VPs σε ένα ATM δίκτυο είναι η δυνατότητα συσσώρευσης των cells πολλών χρηστών για μεταφορά στο δίκτυο μέσα από μία φυσική σύνδεση με σήμα υψηλού ρυθμού (high rate signal). Επομένως τα VPs είναι αποτελεσματικά στη μετάδοση πληροφορίας προς μια κατεύθυνση.

5.Οριζόντιο Επίπεδο Προσαρμογής στο ATM (AAL)

Το AAL του ATM είναι υπεύθυνο για: τη μετατροπή της πληροφορίας που προέρχεται από τον χρήστη σε μια αποδεκτή μορφή από το ATM επίπεδο, την ανίχνευση και τη διόρθωση λαθών μετάδοσης, την επεξεργασία των χαμένων, λανθασμένων και με λάθη στην επικεφαλίδα κυψελίδων, την αποστολή και την αξιοποίηση πληροφορίας συγχρονισμού, τον έλεγχο ροής πληροφορίας για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS).

Το επίπεδο αυτό τοποθετείται μεταξύ του ATM layer και των ανώτερων επιπέδων. Είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της πληροφορίας που προέρχεται από τον χρήστη σε μια μορφή που είναι αποδεκτή από το ATM επίπεδο. Ασχολείται δηλαδή με την μετατροπή της πληροφορίας που έρχεται από τον χρήστη σε 48άδες από bytes που στην συνέχεια θα σχηματίσουν τα ATM cells.

5.1 Τύποι υπηρεσιών στο AAL

Κάθε τύπος του AAL παρέχει συγκεκριμένες υπηρεσίες για συγκεκριμένη κλάση διακίνησης πληροφορίας (Class).

Τα χαρακτηριστικά με τα οποία γίνεται η διάκριση των υπηρεσιών είναι τα εξής:

1. Χρονική σχέση των δύο επικοινωνούντων σημείων

Για παράδειγμα στη 64-Kbps PCM μετάδοση φωνής υπάρχει μία συγκεκριμένη χρονική σχέση μεταξύ της πηγής της πληροφορίας και του προορισμού, με αποτέλεσμα την άμεση μετάδοση πληροφορίας (real time). Αντιθέτως η απλή μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο χρηστών ενός δικτύου δεν βασίζεται σε ειδική χρονική σχέση.

2. Bit rate

Μερικές υπηρεσίες μετάδοσης παρέχουν σταθερό bit rate, ενώ άλλες παρέχουν μεταβλητό.

3. Τρόπος σύνδεσης (Connection Mode)

Η μετάδοση είναι είτε connection oriented είτε connectionless.

5.2 Τα χαρακτηριστικά κάθε κλάσης:

	A CLASS	B CLASS	C CLASS	D CLASS
Συγχρονισμός	Απαιτείται	Απαιτείται	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται
Ροή Bit	σταθερή	μεταβλητή	μεταβλητή	Μεταβλητή
Σύνδεση	Προσανατολισμος στη σύνδεση	Προσανατολισμος στη σύνδεση	Προσανατολισμος στη σύνδεση	Ασύνδετη
Πρωτόκολλο	Τυπος 1	Τύπος 2	Τύπος 3/4 τύπος 5	Τύπος 3/4

Πιο αναλυτικά:

- Η A class είναι υπηρεσία σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (**Constant Bit Rate - CBR**), με χρονισμό μεταξύ των δύο άκρων που επικοινωνούν, προσανατολισμένη προς τη σύνδεση.
- Η B class είναι υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (**Variable Bit Rate - VBR**), με χρονισμό μεταξύ των δύο άκρων που επικοινωνούν, προσανατολισμένη προς την σύνδεση.
- Η C class είναι υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), χωρίς απαίτηση χρονισμού μεταξύ των δύο άκρων που επικοινωνούν, προσανατολισμένη προς τη σύνδεση. Παράδειγμα τυπικής υπηρεσίας που ανήκει στην κλάση αυτή αποτελεί η προσανατολισμένη προς τη σύνδεση μεταφορά δεδομένων.
- Η D class είναι υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), χωρίς απαίτηση χρονισμού μεταξύ των δύο άκρων που επικοινωνούν, χωρίς σύνδεση. Ως τυπικό παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η μεταφορά δεδομένων μεταξύ δυο τοπικών δικτύων υπολογιστών (LANs), χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN).

6.Υπο-επίπεδα του AAL

- **Σύγκλισης (CS – Convergence Layer)**

Το υπο-επίπεδο Σύγκλισης παρέχει λειτουργίες που υποστηρίζουν ορισμένες εφαρμογές που χρησιμοποιούν το επίπεδο προσαρμογής. Κάθε χρήστης του επιπέδου συνδέεται με το επίπεδο στο σημείο πρόσβασης (διεύθυνση της εφαρμογής). Το υποεπίπεδο αυτό είναι εξαρτώμενο από την υπηρεσία.

- **Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης (SAR – Segmentation And Reassembly Layer)**

Το υπο-επίπεδο Κατακερματισμού είναι υπεύθυνο να μαζεύει την πληροφορία που λαμβάνεται από το υπο-επίπεδο σύγκλισης σε κυψελίδες για εκπομπή και να αποσυνθέτει την πληροφορία στο άλλο άκρο.

Περιλαμβάνει κυψελίδες που αποτελούνται από 5 bytes κεφαλίδα και 48 bytes πληροφορία. Το υπο-επίπεδο πρέπει να μαζεύει τις κεφαλίδες του και ό,τι ακολουθεί μαζί με την πληροφορία σύγκλισης σε μπλοκ των 48 bytes.

7.Τύποι του AAL

Όπως αναφεράμε και παραπάνω, υπάρχουν διάφοροι τύποι AAL. Στην συνέχεια περιγράψουμε αυτούς τους τύπους AAL.

7.1 AAL1

- **SAR Υποεπίπεδο**

Η λειτουργία του AAL-1 SAR υποεπιπέδου είναι να τεμαχίζει τις CS-PDUs, να προσθέτει ένα header και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο, καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία . Το μέγεθος του ωφέλιμου φορτίου (payload space) της SAR-PDU είναι 47 bytes. Το πεδίο

αύξοντα αριθμού (SN) χρησιμεύει για ανίχνευση χαμένων cells (cell loss) και ανίχνευση cells που έχουν προστεθεί ενδιάμεσα (cell insertion), ενώ το πεδίο προστασίας αύξοντα αριθμού (SNP) χρησιμεύει στην προστασία του SN από λάθη . Τέλος , το πεδίο αύξοντα αριθμού περιέχει ένα bit που δηλώνει την παρουσία ή την μη παρουσία της CS λειτουργίας (CSI bit -CS Indication bit).

- **CS Υποεπίπεδο**

Οι λειτουργίες του AAL-1 CS υποεπιπέδου περιλαμβάνουν τη διόρθωση λαθών για σήματα βίντεο και ήχου υψηλής ποιότητας και ανάλογα με την υπηρεσία , την αποστολή πληροφορίας σχετικής με συγχρονισμό (μέσα από την CS-PDU) και την αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας μέσω μεθόδων όπως η εποπτεία της πλήρωσης του buffer.Τέλος, ασχολείται και με την περίπτωση χαμένων και με λάθη στο header cells (lost and misinserted cells).

7.2 AAL2

- **SAR Υποεπίπεδο**

προσθέτει Η λειτουργία του AAL-2 SAR υποεπιπέδου είναι να τεμαχίζει τις CS-PDUs, να έναν header και ένα trailer και να στέλνει τις SAR- PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο, καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία. Αφού το AAL-2 επίπεδο υποστηρίζει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου (real-time)όπως και το AAL-1 επίπεδο, η δομή της AAL-2 SAR-PDU θα είναι παρόμοια με τη δομή της AAL-1 SAR-PDU.

- **CS Υποεπίπεδο**

Το υποεπίπεδο αυτό, όπως και το AAL-1 CS υποεπίπεδο, παρέχει λειτουργίες διόρθωσης λαθών για σήματα βίντεο και ήχου και λειτουργίες αντιμετώπισης απωλειών cells ή ύπαρξης λαθών στο header (lost and misinserted cells). Όμως ,από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του (από τη στιγμή που τα σήματα που επεξεργάζεται το AAL-2 υποεπίπεδο είναι σήματα μεταβλητού ρυθμού), είναι η αποστολή πληροφορίας σχετικής με το συγχρονισμό πηγής και δέκτη, καθώς και η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας για την επίτευξη συγχρονισμού.

7.3 AAL3/4

Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το AAL-3 επίπεδο χωρίζονται σε υπηρεσίες τύπου μηνύματος (message-mode) και τύπου συρμού (streaming-mode).

Στις πρώτες, μια AAL-SDU περνάει μέσα από τον AAL προσαρμογέα (AAL interface) με ακριβώς μία μονάδα πληροφορίας προσαρμογέα (AAL-IDU –AAL Interface Data Unit), ενώ στις δεύτερες περνάει με μία ή και με περισσότερες AAL-IDUs. Και οι δύο παραπάνω τύποι υποστηρίζουν τόσο τον βέβαιο όσο και τον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας (assured/nonassured operation). Στον βέβαιο τρόπο λειτουργίας, όλες οι SDU μεταδίδονται επακριβώς με τη σειρά με την οποία λαμβάνονται από το ATM επίπεδο, τα χαμένα και τα φθαρμένα (corrupted) cells αναμεταδίδονται, ενώ ο έλεγχος ροής (flow control) αποτελεί αναπόσπαστη λειτουργία. Ο βέβαιος τρόπος λειτουργίας εφαρμόζεται μόνο σε συνδέσεις του ATM επιπέδου από σημείο σε σημείο (point to point ATM layer connections). Στον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας, τα χαμένα και τα φθαρμένα (corrupted) cells δεν αναμεταδίδονται. Όταν παρουσιασθεί ανάγκη, οι φθαρμένες SDUs μεταφέρονται σε ανώτερα επίπεδα, ενώ ο έλεγχος ροής παρέχεται για συνδέσεις από σημείο σε σημείο και όχι για συνδέσεις από σημείο σε πολλά σημεία. Επιπλέον, το AAL3/4 επίπεδο παρέχει τη δυνατότητα να μεταφέρονται οι AAL-SDUs από ένα AAL-SAP (AAL Service Access Point) σε ένα AAL-SAP, ή από ένα AAL-SAP σε πολλά AAL-SAPs.

- SAR Υποεπίπεδο

Η λειτουργία του AAL3/4 SAR υποεπιπέδου είναι να λαμβάνει από το CS υποεπίπεδο τις μεταβλητού μήκους CS-PDUs, να τις τεμαχίζει, να προσθέτει ένα header και ένα trailer και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο, καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία.

- CS Υποεπίπεδο

Το AAL3/4 CS υποεπίπεδο χωρίζεται σε CPCS (Common Part Convergence Sublayer) και SSCS (Service Specific Convergence Sublayer) κομμάτια. Οι λειτουργίες του AAL3/4 CS υποεπιπέδου περιλαμβάνουν τη διάφανη μετάδοση (transparent delivery) των AAL-SDUs, τη δρομολόγηση των AAL-

SAPs (AAL Service Access Points) στις κατάλληλες συνδέσεις του ATM επιπέδου, την ανίχνευση και διόρθωση λαθών, τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων, τη δέσμευση χώρου στον buffer του δέκτη (buffer allocation), καθώς και άλλες ειδικές λειτουργίες σχετικές με τις υπηρεσίες κλάσης C, τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων, τη δέσμευση χώρου στον buffer του δέκτη (buffer allocation), την ανίχνευση και διόρθωση λαθών καθώς και τη δρομολόγηση των AAL-SAPs στις κατάλληλες συνδέσεις του ATM επιπέδου (mapping between ATM-SAPs and the ATM layer connections).

7.4 AAL 5

Το AAL5 είναι ένα απλούστερο σε υλοποίηση επίπεδο, το οποίο όμως υποστηρίζει VBR, connectionless και connection-oriented. Σχεδόν όλα τα υπόλοιπα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν το AAL5 και όχι το AAL3/4 (LAN, IP). Αποτελείται και αυτό από 1 SAR sublayer το οποίο απλά ανιχνεύει το τέλος μιας ακολουθίας cells και 1 CPCS (Common Part Convergence Sublayer).

- CS Υποεπίπεδο
Για να καταλάβει κανείς το AAL 5 ξεκινά από το υποεπίπεδο σύγκλισης. Η μονάδα δεδομένων περιλαμβάνει ένα trailer με τα ακόλουθα πεδία:

Ένδειξη από χρήστη σε χρήστη (1 byte). Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορία από χρήστη σε χρήστη.

Έλεγχος λαθών CRC (4 bytes). Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση λαθών στη μονάδα δεδομένων.

Ένδειξη κοινού μέρους (1 byte). Υποδεικνύει τη μετατροπή των εναπομενόντων πεδίων του trailer της μονάδας δεδομένων. Προς το παρόν μόνο ενός είδους μετατροπή είναι ορισμένη.

Μήκος (2 bytes). Το μήκος του ωφέλιμου φορτίου της μονάδας δεδομένων του υποεπιπέδου σύγκλισης.

Το ωφέλιμο φορτίο από το παραπάνω επίπεδο προσγεμίζεται ώστε η μονάδα δεδομένων του υποεπιπέδου σύγκλισης να είναι πολλαπλάσια 48 bytes.

- SAR Υποεπίπεδο
Η μονάδα δεδομένων του υποεπιπέδου κατακερματισμού και ανασύνθεσης περιλαμβάνει μόνο 48 bytes ωφέλιμου φορτίου. Η απουσία επιπλέον φόρτου του πρωτοκόλλου έχει τα εξής αποτελέσματα:
 - Επειδή δεν υπάρχει καμία ακολουθία αριθμών, ο αποδέκτης πρέπει να υποθέσει ότι όλα τα πακέτα δεδομένων του υποεπιπέδου κατακερματισμού και ανασύνθεσης τα αποδέχεται στη σωστή σειρά για ανασύνθεση. Το πεδίο CRC χρησιμοποιείται για αυτόν ακριβώς το λόγο.
 - Η απουσία του πεδίου αναγνώρισης πολυπλεξίας σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να παρεμβάλει κανείς κυψελίδες από διαφορετικά πακέτα δεδομένων του υποεπιπέδου σύγκλισης. Για το λόγο αυτό κάθε νέο πακέτο δεδομένων ανασύνθεσης περιέχει ένα μέρος του τρέχοντος πακέτου δεδομένων του υποεπιπέδου σύγκλισης ή το πρώτο μπλοκ του επόμενου. Για να μπορεί να διαχωρίζει τις δύο αυτές περιπτώσεις το ATM πεδίο με την ένδειξη από χρήστη σε χρήστη χρησιμοποιείται. Ένα πακέτο δεδομένων σύγκλισης περιλαμβάνει μηδέν ή περισσότερα συνεχόμενα πακέτα δεδομένων ανασύνθεσης με το πεδίο ένδειξης χρήστη σε χρήστη στο μηδέν ακολουθούμενο αμέσως από ένα πακέτο δεδομένων ανασύνθεσης με το ίδιο πεδίο ορισμένο στο ένα.

8. ATM Διευθυνσιοδότηση

Στο επίπεδο της διευθυνσιοδότησης υποδικτύων, υπεύθυνο είναι το ATM επίπεδο για την αντιστοίχιση των διευθύνσεων του Επιπέδου Δικτύου σε ATM διευθύνσεις. Έχει οριστεί ένα format διευθυνσιοδότησης βασισμένο στη δομή των OSI Network Service Access Point (NSAP) διευθύνσεων. Αυτό το μοντέλο διαχωρίζει το ATM επίπεδο από κάθε υπάρχον πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου (π.χ. IP) και απαιτεί ένα εξ ολοκλήρου καινούριο σχήμα διευθυνσιοδότησης και πρωτοκόλλου

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

8.1 ATM διευθύνσεις τύπου NSAP

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

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

Όλες οι ATM διευθύνσεις με NSAP format αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

1. τον Authority Format Identifier (AFI),
2. τον Initial Domain Identifier (IDI),
3. τον Domain Specific Part (DSP).

- Το AFI καθορίζει τη σημασία και τη μορφή του IDI, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ερμηνευθεί το περιεχόμενο του IDI που ακολουθεί.

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

-Το DSP περιλαμβάνει την πραγματική πληροφορία δρομολόγησης.

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

9. ATM Συνδέσεις

Το ATM υποστηρίζει τρεις τύπους σύνδεσης:

1. Σημείο προς σημείο
2. Σημείο προς πολλά Σημεία
3. πολλών-Σημείων-προς-πολλά-Σημεία

Η σημείο-προς-σημείο σύνδεση συνδέει δύο ακραία σημεία του ATM δικτύου και μπορεί να είναι μονοκατευθυντήριο (unidirectional) ή δικατευθυντήριο (bidirectional), δηλαδή να υποστηρίζει επικοινωνία δύο κατευθύνσεων. Η “σημείο προς πολλά σημεία” σύνδεση συνδέει ένα απλό σημείο (γνωστό ως “κορυφή”) που αποτελεί την πηγή της πληροφορίας, το σημείο από το ξεκινά η σύνδεση, ταυτόχρονα προς πολλά συστήματα (γνωστά ως “φύλλα”) που βρίσκονται σε άκρα του ATM δικτύου και αποτελούν τους προορισμούς της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Οι συνδέσεις πολλών-σημείων-προς-πολλά-σημεία (multipoint-to-multipoint) είναι ανάλογες των broadcasting και multicasting δυνατοτήτων των τοπικών δικτύων διαμοιραζόμενου φυσικού μέσου (όπως είναι το Ethernet και το Token). Η δυνατότητα για broadcasting είναι εύκολο να υλοποιηθεί σε τοπικά δίκτυα διαμοιραζόμενου φυσικού μέσου, όπου όλοι οι κόμβοι σε ένα segment του τοπικού δικτύου θα πρέπει να αποδέχονται και να επεξεργάζονται όλα τα πακέτα που στέλνονται σ’ αυτό το segment.

Το τελευταίο δεν μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας AAL5, το οποίο είναι το πιο χρησιμοποιημένο AAL για τη μετάδοση δεδομένων πάνω από ένα ATM δίκτυο. Το AAL5 δεν υποστηρίζει multicasting. Αν ένας κόμβος-φύλλο μετέδωσε ένα πακέτο σε μία AAL5 σύνδεση, το πακέτο μπορεί να αναμειχθεί με άλλα πακέτα και να επανασυντεθεί λανθασμένα.

3 είναι οι πιθανές λύσεις που μπορούν να βρεθούν:

- VP multicasting
- multicast server
- overlaid point-to-multipoint σύνδεση

10. Έλεγχος κίνησης

Το ATM Forum έχει χωρίσει τις υπηρεσίες στις εξής κατηγορίες:

- Real Time Services
- Non-real time services

Οι Real Time Services απαιτούν αυστηρό περιορισμό στην καθυστέρηση και μεταβολή στην καθυστέρηση . Ο ρυθμός ροής των κελιών είναι συνεχής και εάν ένα κελί χαθεί ή η ροή διακοπεί για κάποιο λόγο, τότε διαβάλλει την ποιότητα της υπηρεσίας (*Quality of Service/QoS*). Αντίθετα στις Non – real time services υπάρχει ευελιξία στον περιορισμό της καθυστέρησης . Έτσι αυτές οι υπηρεσίες έχουν μεγαλύτερο βαθμό στατιστικής πολυπλεξίας και χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά τις πηγές του δικτύου.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δύο άνωθεν κατηγορίες.

10.1 Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου

- Υπηρεσίες σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (CBR)

Η υπηρεσία διασφαλίζει σταθερή ροή των δυαδικών ψηφίων σε όλη τη διάρκεια μετάδοσης, χωρίς έλεγχο λάθους, ροής ή άλλης διαδικασίας.

- Μεταβλητός Ρυθμός δυαδικών Ψηφίων σε Πραγματικό Χρόνο (Real Time Variable Bit Rate –VBR)

Ο ρυθμός μεταφοράς δυαδικών ψηφίων μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με τις απαιτήσεις και των άλλων χρηστών στο δίκτυο. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης.

10.2 Υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου

- Μεταβλητός Ρυθμός Δυαδικών Ψηφίων σε Μη Πραγματικό Χρόνο (Non Real Time Variable Bit Rate–VBR)

Αν εμφανιστεί καθυστέρηση μετάδοσης κάποιων κελιών, αντιμετωπίζεται έγκαιρα, προτού ο παραλήπτης εμφανίσει την πληροφορία στο σημείο προορισμού .

- Διαθέσιμος Ρυθμός Δυαδικών Ψηφίων (Available Bit Rate/ABR)
Η μεταφορά των κελιών γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Απαιτείται εγγύηση για τον ελάχιστο ρυθμό πληροφορίας.
- Αδιευκρίνιστος Ρυθμός Δυαδικών ψηφίων (Unspecified Bit Rate/UBR)
Η μόνη κατηγορία που δεν έχει εγγύηση για το ποια δεδομένα μεταδίδει κι αν μεταδοθούν με ποιο ρυθμό.

11. Ποιότητα Υπηρεσίας στο ATM

Οι απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών του B-ISDN παρουσιάζουν σημαντική ποικιλία. Κάποιες υπηρεσιές είναι ευαίσθητες στις καθυστερήσεις, άλλες είναι ευαίσθητες στις απώλειες, ενώ κάποιες άλλες στη διακύμανση της καθυστέρησης (delay variation, jitter). Για το λόγο αυτό η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS- Quality of service) γίνεται ένα όλο και πιο σημαντικό θέμα στον τομέα των τηλεπικοινωνιών.

Με τον όρο ποιότητα υπηρεσίας (QoS) εννοούμε τον βαθμό ικανοποίησης του χρήστη για μια υπηρεσία, όπως αυτός διαμορφώθηκε από την απόδοση της υπηρεσίας σε όλη τη διάρκειά της. Η ποιότητα υπηρεσίας είναι ένα σημαντικό θέμα για τα ATM δίκτυα, εξαιτίας του ότι χρησιμοποιούνται για μεταφορά πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο όπως ο ήχος και το βίντεο. Όταν ένα νοητό κύκλωμα εγκαθίσταται, τότε το στρώμα μεταφοράς και το ATM στρώμα πρέπει να συμφωνήσουν σε ένα συμβόλαιο το οποίο να ορίζει τις υπηρεσίες. Το συμβόλαιο αυτό ονομάζεται συμβόλαιο κίνησης. Στην περίπτωση ενός δημοσίου δικτύου, αυτό το συμβόλαιο πρέπει να έχει νομότυπες διαδικασίες. Έτσι για παράδειγμα, εάν ο μεταφορέας συμφωνήσει σε απώλεια μιας κυψελίδας σε μεταφορά πλήθους ενός δισεκατομμυρίου κυψελίδων, τότε αν χαθούν δύο από αυτές, έχουμε καταπάτηση του συμβολαίου. Το συμβόλαιο ανάμεσα στα δύο άκρα μεταφοράς σε ένα δίκτυο απαρτίζεται από τρία τμήματα:

- Δείκτες κίνησης: χαρακτηρίζει το φορτίο που μπορεί να εξυπηρετηθεί στο δίκτυο.
- QoS απαιτήσεις: καθορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών.
- Κατηγορία υπηρεσίας: δηλώνει την κατηγορία της υπηρεσίας που έχουμε και εξαρτάται από τα δύο προηγούμενα μέρη του συμβολαίου.

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την ποιότητα υπηρεσιών και συνεπώς την απόδοση του δικτύου είναι οι εξής:

- **Λόγος απώλειας κυψελίδας (CLR – Cell Loss Ratio)**
Προσδιορίζεται από το ποσοστό των κυψελίδων που επιτυγχάνουν να μετακινηθούν στο ATM δίκτυο από την πηγή στον προορισμό και προκύπτει από το λόγο των χαμένων κυψελίδων προς τις συνολικές κυψελίδες που διακινήθηκαν. Η απώλεια αυτή των κυψελίδων μπορεί να προκληθεί από σφάλματα μεταφοράς στην σύνδεση, από συμφόρηση, από μη κατευθυνόμενη κίνηση, ή από αποτυχία ενός διακοπτικού στοιχείου. Οι περισσότερες από αυτές τις αιτίες είναι δύσκολο να αποφευχθούν.
Τα πακέτα δεδομένων στα τοπικά δίκτυα τεμαχίζονται σε κυψελίδες προτού διανεμηθούν. Όταν οι κυψελίδες χάνονται σε ένα ATM δίκτυο, ολόκληρο το πακέτο πρέπει να απορριφθεί. Ωστόσο όμως τα πρωτόκολλα στα υψηλότερα στρώματα εντοπίζουν την απώλεια και ζητούν να επαναληφθεί η μετάδοση δεδομένων. Εάν το δίκτυο παραμένει σε μία κατάσταση συμφόρησης, η αναμετάδοση επιβαρύνει την υπάρχουσα συμφόρηση και μπορεί με αυτό τον τρόπο να χαθεί η πληροφορία. Επιπρόσθετα, πολλαπλές πηγές που έχουν χάσει δεδομένα και έχουν ζητήσει την επανάληψη της μετάδοσης μπορούν να συγχρονιστούν εάν τη ζητήσουν ταυτόχρονα. Όταν οι πηγές συγχρονιστούν τότε το δίκτυο φορτώνεται από μία μεγάλη κλίμακα ακαταλαβίστικων on/off πακέτων.
- **Καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδων (CTD – Cell Transfer Delay)**
Ως καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδων ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην είσοδο και στην έξοδο μιας κυψελίδας από δύο σημεία μέτρησης. Το CTD είναι ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για να ταξιδέψει μια κυψελίδα στο δίκτυο από την πηγή στον προορισμό. Όταν το δίκτυο έχει συμφόρηση, οι κυψελίδες αποθηκεύονται στα διακοπτικά στοιχεία. Ακόμη και όταν δεν υπάρχει συμφόρηση στο διακοπτικό στοιχείο, η κυψελίδα θα καθυστερήσει σε αυτό για την επεξεργασία της από την είσοδο ως στην έξοδο από αυτό. Κατόπιν, η απόσταση της φυσικής σύνδεσης προσθέτει καθυστέρηση. Μια πρόσθετη αιτία καθυστέρησης, αποτελεί ο χρόνος που ένας υπολογιστής τεμαχίζει ένα πακέτο σε κυψελίδες προτού το διανείμει σε ένα ATM δίκτυο καθώς και ο χρόνος που απαιτείται από τα διακοπτικά στοιχεία για να κατευθύνουν βέλτιστα την κυψελίδα. Το CTD επιδρά αρνητικά στις αλληλειδρώμενες εφαρμογές βίντεο εξαιτίας της μεγάλης

καθυστερήσης παρακωλύοντας την σημασιολογία μιας συζήτησης. Μεγάλες καθυστερήσεις είναι πιθανές όταν η σύνδεση ανάμεσα σε συμμετέχοντες σε διάσκεψη περνάει από πολλά διακοπτικά στοιχεία και διασταυρώνεται με μεγάλες συνδέσεις σε ευρείας περιοχής δίκτυα (WAN- Wide Area Networks).

Υψηλές τιμές CTD μπορούν επίσης να επηρεάσουν και την επικοινωνία με δεδομένα. Μεγάλη καθυστέρηση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ροή κάποιων ενεργών πρωτοκόλλων εξαιτίας του ότι αυτά τα πρωτόκολλα έχουν αναπτυχθεί να μεταφέρουν δεδομένα και να περιμένουν για επιβεβαίωση λήψης. Το πλήθος των μη αναγνωρίσιμων δεδομένων κατά την μεταφορά υποδηλώνει το μέγεθος του ανοίγματος του καναλιού. Εάν το μέγεθος του ανοίγματος είναι πολύ μικρό τότε τα πρωτόκολλα δεν θα έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν πλήρως τη συχνότητα της σύνδεσης. Η πηγή θα μεταδίδει κατά ριπές και μετά θα περιμένει για την επιβεβαίωση της λήψης. Εάν οι υπολογιστές προσαρμοστούν έτσι ώστε να αντιλαμβάνονται την μεγάλη καθυστέρηση της μεταφοράς, τότε θα προσπαθήσουν να αυξήσουν το μέγεθος του ανοίγματος με σκοπό να διατηρήσουν μια σταθερή μετάδοση δεδομένων. Παρ'όλο που οι καθυστερήσεις είναι αναμενόμενες, μια χαμηλότερη τιμή καθυστέρησης υποδηλώνει υψηλότερη ποιότητα υπηρεσιών.

- **Λόγος εσφαλμένων κυψελίδων (CER – Cell Error –Ratio)**
Ο λόγος αυτός εκφράζεται ως το πηλίκο της διαίρεσης των εσφαλμένων κυψελίδων προς τις κυψελίδες που έχουν μεταφερθεί επιτυχώς καθώς και τις εσφαλμένες κυψελίδες.
- **Ο λόγος κυψελίδων με σοβαρά σφάλματα (SECBR - Severely Error Cell Block Ratio)**
Όταν σε μία ή περισσότερες συνδέσεις μεταδίδεται μια ακολουθία κυψελίδων και στην ακολουθία αυτή διαπιστωθεί ότι ο αριθμός των εσφαλμένων, χαμένων ή λάθος εισαγμένων κυψελίδων ξεπερνάει κάποιο συγκεκριμένο αποδεκτό όριο, τότε η ακολουθία χαρακτηρίζεται συνολικά ως μπλοκ με σοβαρά σφάλματα. Ο λόγος αυτών των μπλοκ προς τον συνολικό αριθμό των μπλοκ που μεταδίδονται εκφράζει το λόγο μπλοκ κυψελίδων με σοβαρά σφάλματα.
- **Η μέση καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδων (MCTD – Mean Cell Transfer Delay)**
Η παράμετρος αυτή δίνει το μέσο όρο ενός συγκεκριμένου αριθμού μετρήσεων καθυστερήσεων για μία ή περισσότερες συνδέσεις.
- **Μεταβολή καθυστερήσεων (CDV – Cell Delay Variation)**
Εκφράζει τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας μιας ομάδας μετρήσεων καθυστέρησης. Η μεταβολή καθυστερήσεων έχει αρνητική επίπτωση στην απόδοση αφού μερικές εφαρμογές δεν προσαρμόζονται καλά στις αλλαγές όπως με τον ρυθμό που παραλαμβάνουν τα δεδομένα. Για παράδειγμα ένας αποκωδικοποιητής video που εμφανίζει βίντεο με 30

πλαίσια το δευτερόλεπτο, θα περιμένει να υπάρχει μια σταθερή ροή δεδομένων από το δίκτυο. Ωστόσο, εάν ο ρυθμός εισαγωγής επιβραδυνθεί, τότε ο αποκωδικοποιητής θα πρέπει να εμφανίσει περισσότερα από 30 πλαίσια το δευτερόλεπτο. Το CDV που επίσης αποκαλείται και jitter, μπορεί να έχει άλλοτε θετική ή αρνητική τιμή. Η θετική τιμή παρουσιάζεται όταν ο χρόνος ανάμεσα στις κυψελίδες ελαττώνεται. Αντιθέτως, η αρνητική τιμή προκύπτει όταν ο χρόνος ανάμεσα στις κυψελίδες αυξάνεται.

12. Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης και συμφόρησης στα ATM δίκτυα

Γενικά στα δίκτυα επικοινωνιών η διαχείριση των πόρων (resource management) και ο έλεγχος της κίνησης (traffic control) και της συμφόρησης (congestion control) είναι απαραίτητη για την σωστή διαχείριση των πόρων του δικτύου, την παρακολούθηση της κίνησης και την ρύθμιση της ροής έτσι ώστε να αποφεύγεται η συμφόρηση και να εγγυούνται οι παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας, ενώ ταυτόχρονα να αυξάνεται η αποδοτικότητα της αξιοποίησης των πόρων του δικτύου. Με τον όρο συμφόρηση (congestion) εννοούμε την κατάσταση εκείνη του δικτύου κατά την οποία η απόδοσή του μειώνεται λόγω κορεσμού (saturation) των πόρων του δικτύου όπως για παράδειγμα των συνδέσμων επικοινωνίας (communication links), των ενταμειευτών (buffers), κτλ. Τα αποτελέσματα της κατάστασης αυτής περιλαμβάνουν μεγάλες καθυστερήσεις στην μετάδοση των πακέτων, μη σωστή αξιοποίηση των πόρων του δικτύου (waste of network resources), μείωση του throughput του δικτύου, πιθανή κατάρρευση του δικτύου (network collapse), κτλ. Για την αποφυγή λοιπόν της συμφόρησης, οι πόροι του δικτύου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται από παραπάνω συνδέσεις από αυτές που πραγματικά μπορούν να εξυπηρετηθούν χωρίς μείωση της Ποιότητας Υπηρεσίας, πρέπει δηλαδή να υπάρχει ένας έλεγχος της χρησιμοποίησης (utilisation) των πόρων του δικτύου.

Στα ATM δίκτυα, οι μηχανισμοί ελέγχου 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). Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αυτούς τους μηχανισμούς, ξεκινώντας πρώτα με τους προληπτικούς μηχανισμούς, δηλαδή τους μηχανισμούς ελέγχου κίνησης.

12.1 Μορφοποίηση Κίνησης

Η διαδικασία προσαρμογής της κίνησης ονομάζεται μορφοποίηση κίνησης. Ως σκοπό έχει την διαμόρφωση την διαχείριση των προς αποστολή κελιών, τρόπον τινά ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης συμμόρφωση των προς αποστολή κυψελίδων με τις παραμέτρους που καθορίζει το συμβόλαιο κίνησης. Η μορφοποίηση κίνησης μπορεί να πραγματοποιηθεί από το χρήστη πριν από την είσοδο της κίνησης στο δίκτυο ή από το δίκτυο αμέσως μετά τον μηχανισμό έλεγχου παραμέτρου χρήσης (UPC). Στα πρότυπα, η διαδικασία μορφοποίησης χαρακτηρίζεται ως προαιρετική. Παρά ταύτα, αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την εγγύηση της ποιότητας υπηρεσίας σε ροές κυψελίδων που συμμορφούνται στο συμβόλαιο κίνησης, αλλά και για την διασφάλιση μιας αποδεκτής λειτουργίας, όταν κίνηση προκειμένου να φθάσει στο σημείο προορισμού της, υποβάλλεται από ένα δίκτυο σε ένα άλλο δίκτυο διαφορετικών χαρακτηριστικών μετάδοσης. Στην δεύτερη αυτή περίπτωση, η μορφοποίηση γίνεται από το δίκτυο που υποβάλλει την κίνηση.

Τα υπάρχοντα πρότυπα, αλλά και η βιβλιογραφία, περιλαμβάνουν διάφορες πιθανές υλοποιήσεις της διαδικασίας μορφοποίησης κίνησης, όπως για παράδειγμα:

- **Buffering**
Η ενδιάμεση αποθήκευση (buffering). Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον αλγόριθμο διαρρέοντος κάδου. Αναφέρεται στην ενδιάμεση (προσωρινή) αποθήκευση των κυψελίδων, μέχρι να τους επιτραπεί η είσοδος από τον μηχανισμό που υλοποιεί τον αλγόριθμο του διαρρέοντος κάδου.
- **Spacing**
Η αραιώση των κυψελίδων (spacing), ο προγραμματισμός της αναχώρησής των (scheduling) από τον τερματικό σταθμό, ο περιορισμός του μέγιστου ρυθμού κυψελίδων (peak cell rate reduction), του καταγισμού κίνησης (burst length limiting) ή ο περιορισμός με κάποιο τρόπο του ρυθμού της πηγής (source rate limitation), που αποτελεί έμμεση μέθοδο μορφοποίησης. Όλες οι παραπάνω υλοποιήσεις στοχεύουν στη δημιουργία κίνησης με παραμέτρους μικρότερες από αυτές που αναφέρονται στο συμβόλαιο κίνησης.
- **Priority Queuing**
Η χρήση προτεραιοτήτων αναμονής (priority queuing) στις κυψελίδες έλεγχος προτεραιότητας (priority control) όπως είναι και αλλιώς γνωστή η μέθοδος). Σ μέθοδος στηρίζεται στην υλοποίηση πολλαπλών ουρών αναμονής στα ATM διακοπτικά στοιχεία και στον ορισμό πολιτικών εξυπηρέτησης ανά νοητή σύνδεση (μονοπάτια ή/κα κανάλια), με σκοπό την καλύτερη απόδοση προτεραιοτήτων που αναφέρονται σ καθυστερήσεις, αλλά και απώλειες κυψελίδων.
- **Framing**
Η πλαισίωση (framing), δηλαδή η υπέρθεση μιας σύγχρονης δομής πλαισίων στο ασύγχρονο ρεύμα κυψελίδων. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να προγραμματισθούν με κάποια προτεραιότητα οι αναχωρήσεις κυψελίδων, για τις οποίες απαιτείται έλεγχος στις μεταβολές καθυστέρησης (π.χ η περίπτωση εξομοίωσης κυκλώματος πάνω από δίκτυο ATM, χρησιμοποιώντας το επίπεδο προσαρμογής AAL1).

13. Χρήσεις ATM

Το ATM αποτελεί ένα από τα πλέον πολυσυζητημένα τηλεπικοινωνιακά πρωτόκολλα. Η αρχική ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθεί στα WAN δίκτυα, ωστόσο γρήγορα έγινε αντιληπτό ότι η χρήση του στα LAN θα μπορούσε να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις των LAN δικτύων. Σήμερα λοιπόν μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες χρήσεις των ATM δικτύων :

- **13.1 ATM σε LAN**

Το περιβάλλον ενός τοπικού δικτύου φαίνεται απαλλαγμένο από τα προβλήματα που εμφανίζονται στα μεγαλύτερα δίκτυα όταν εμφανίζονται καταστάσεις μεγάλης κίνησης. Ωστόσο η απόδοση και η ταχύτητα των LANs δεν παύει να είναι ένα σημαντικό θέμα. Η σχέση ανάμεσα στο ATM και τα LAN έκανε πρόσφατα ένα μεγάλο βήμα εξέλιξης όταν αμερικάνικος φορέας ανακοίνωσε μία νέα πατέντα για την επέκταση της ποιότητας υπηρεσιών στα LAN δίκτυα. Η μεγάλη δύναμη της τεχνολογίας αυτής έγκειται στην δυνατότητα να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της αγοράς και να απαντά στις ανάγκες αυτής βασιζόμενη στις εγγυήσεις που παρέχουν οι τεχνολογικοί βιομηχανικοί φορείς που βρίσκονται πίσω από αυτήν.

- **13.2 ATM σε WAN**

Στα WAN δίκτυα οι δυνατότητες επιλογής περιορίζονται στην επιλογή ανάμεσα στο IP πρωτόκολλο, στο Ethernet και στο ATM. Ωστόσο καμία άλλη τεχνολογία δεν μπορεί να αντιγράψει τις ικανότητες που έχει το ATM για αποδοτική διαχείριση και έλεγχο του δικτύου. Οι ενδιαφερόμενοι στρέφονται αναπόφευκτα στην ATM τεχνολογία όταν οι απαιτήσεις αφορούν υψηλές ταχύτητες μεταφοράς και εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών. Η απόσταση είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στην μετάδοση υψηλών ταχυτήτων σε πολλές πλατφόρμες. Ωστόσο το πρόβλημα αυτό δεν αγγίζει το ATM. Η ακεραιότητα του μεταδιδόμενου σήματος εξασφαλίζεται ακόμα και όταν διαφορετικά είδη κίνησης εμφανίζονται στο ίδιο δίκτυο. Τέλος, το ATM μπορεί να προσφέρει διαφορετικές υπηρεσίες σε διάφορες ταχύτητες και πολλά επίπεδα απόδοσης.

- **13.3 ATM σε MAN (Metropolitan Area Networks)**

Τα MANs είναι ένα από τα πλέον αναπτυσσόμενα πεδία πεδία στις τηλεπικοινωνίες και στις επικοινωνίες δεδομένων. Η κίνηση σε ένα MAN δίκτυο περιορίζεται σε αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων, αλλά τα είδη της κίνησης που εμφανίζονται είναι σε μεγάλο βαθμό διαφορετικά μεταξύ τους και προέρχονται από πολλές και διαφορετικές πηγές. Η επιτυχία του ATM σε αυτό τον τομέα έγκειται στο ότι μπορεί να ανταποκρίνεται σε αυτές τις διαφορετικές μεταδόσεις.

- **13.4 ATM σαν δίκτυο κορμού**

Η συντριπτική πλειοψηφία των δικτύων, έχουν υιοθετήσει το ATM σαν δίκτυο κορμού, καθώς είναι σε θέση να υποστηρίξει πολλές διαφορετικές τεχνολογίες συμπεριλαμβάνοντας τεχνολογίες όπως η DSL, το IP Ethernet, την τεχνολογία Frame Relay, το SONET αλλά και πολλές ασύρματες πλατφόρμες. Επίσης είναι σε θέση να “γεφυρώσει” παλαιούς εξοπλισμούς με νέες γενιές πλατφόρμων και λειτουργικών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, η δυνατότητα για κλιμακωτή επέκταση και η ισχύς του ATM επιτρέπει στους σχεδιαστές δικτύων να υλοποιήσουν εξαιρετικά υψηλής χωρητικότητας Δίκτυα Κορμού με πλήθος διασυνδέσεων (mesh τοπολογίες), ενσωματώνοντας μετάδοση δεδομένων, φωνής και video τόσο πάνω σε τοπικά όσο και σε ευρείας περιοχής δίκτυα. Στο επόμενο σχήμα μπορείτε να δείτε μία τέτοια περίπτωση.

14. Σύγκριση ATM με άλλα δίκτυα

14.1 Μισθωμένες γραμμές(TDM)

Μισθωμένες γραμμές, είναι οι γραμμές που μπορεί να νοικιάσει κάποιες ιδιώτης από την τηλεφωνική εταιρεία (για την Ελλάδα τον ΟΤΕ) και εγκαθιστούνται ανάμεσα σε δύο σταθερά σημεία σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις. Ιστορικά,

μισθωμένες γραμμές χρησιμοποιούνταν για ιδιωτικά δίκτυα φωνής ή δεδομένων μεγάλων εταιρειών. Μέχρι πρόσφατα όλες οι μισθωμένες γραμμές ήταν αναλογικές αλλά σήμερα σχεδόν όλος ο δικτυακός εξοπλισμός είναι ψηφιακός. Οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές είναι πολύ συνηθισμένες και τις συναντούμε καθημερινά.

Οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές βασίζονται σε δίκτυα που χτίζονται πάνω σε πολυπλέκτες που κάνουν πολύπλεξη χρόνου (Time Division Multiplexing) και μεταγωγείς. Τα ATM δίκτυα, επίσης χρησιμοποιούν πολυπλέκτες και μεταγωγείς που έχουν παρόμοιο ρόλο και μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες ισάξιας με τις ψηφιακές μισθωμένες γραμμές.

Η χρήση του ATM προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα αλλά έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος. Με το ATM μπορούμε να δεσμεύσουμε bandwidth π.χ. για τηλεδιάσκεψη ενώ συγχρόνως να στέλνουμε φαχ πάνω από την ίδια γραμμή θέτοντας μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έχουμε ποιότητα υπηρεσιών (Quality of service) και γενικά μπορούμε να διαχειριστούμε το bandwidth πολύ αποδοτικά.

14.2 Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων X.25

Το X.25 ήταν το πρώτο παγκόσμιο σύστημα που συνέδεε όλους τους τύπους των δικτυακών συσκευών σε ένα κοινό δίκτυο μεταγωγής (Switched) δεδομένων. Για χαμηλής ταχύτητας δίκτυα με υψηλά επίπεδα θορύβου τα πακέτα X.25 είναι αρκετά στέρεα και επιβιώνουν ακόμα και από μεγάλα συγκριτικά επίπεδα λαθών. Το πρόβλημα εδώ είναι το κόστος για αυτή την ανοχή στα λάθη και η ανικανότητα εκμετάλλευσης πιο προηγμένων και ποιοτικών γραμμών μεταφοράς.

Έτσι οι μέγιστες ταχύτητες που μπορούν να μεταδώσουν και να λάβουν τα X.25 δίκτυα περιορίζονται στα 64K bits/sec. Παρόλα αυτά το X.25 παραμένει ενεργό κυρίως λόγω της ικανότητάς του για διασύνδεση συσκευών όλων των κατασκευαστών αλλά και λόγω της θέσης που κατείχε τόσα χρόνια στην αγορά.

14.3 Τεχνολογία μεταγωγής πακέτων Frame Relay

Η τεχνολογία Frame Relay έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το X.25. Ο έλεγχος για λάθη και διόρθωση αφαιρέθηκε από τις ενδιάμεσες δικτυακές συσκευές και γίνεται μόνο στα άκρα. Το Frame Relay χειρίζεται συνδέσεις της τάξης των 64K bits/sec και 2M bits/sec. Για δίκτυα που δεν χρειάζονται ταχύτητες πάνω από 2M bits/sec είναι μία πού καλή λύση και είναι πολύ δύσκολο να αντικατασταθεί από το ATM. Το ATM δεν μπορεί να συναγωνιστεί το FR σε αυτές τις ταχύτητες κυρίως λόγω του μεγέθους της κυψελίδας - πακέτου (53 bytes) που δεν μπορεί να είναι αποδοτικό σε τέτοιες ταχύτητες. Η διάρκεια αποστολής μίας

κυψελίδας (cell) στα 512 K bits/sec είναι περίπου 1ms ενώ στα 34 Mbits/sec είναι 12ns. Το ATM θα αντικαταστήσει το Frame Relay σε ταχύτητες υψηλότερες των 2M bits/sec ειδικά σε εφαρμογές με μικρό επίπεδο ανοχής στο θόρυβο (βίντεο). Ωστόσο η συμμαχία ATM/Frame Relay είναι σύνηθες φαινόμενο σε μεγάλα δίκτυα (Χρήση Frame Relay για χαμηλότερες ταχύτητες και ATM για τις υψηλότερες).

14.4 Τεχνολογίες τοπικών δικτύων (Token Ring, Ethernet)

Τα τοπικά δίκτυα Token Ring και Ethernet είναι τα πιο διαδεδομένα στον κόσμο και λειτουργούν με μία ταχύτητα 10M bits/sec. Τα τελευταία χρόνια νέες τεχνολογίες εμφανίστηκαν και αύξησαν την ταχύτητα διασύνδεσης τοπικών δικτύων στα 100M bits/sec (FDDI) αλλά και την σύνδεση με τον τελικό χρήστη στα 100M bits/sec (Fast Ethernet). Το ATM μπορεί να δώσει ταχύτητες 34M bits/sec, 155M bits/sec και 622Mbits/sec. Η τεχνική ATM Lan emulation (LANE) που έχει προταθεί από το ATM Forum και περιγράφηκε προηγουμένως δείχνει ότι το ATM μπορεί να αντικαταστήσει το Ethernet και το Token Ring. Δεν πρέπει βέβαια να μας αφήσει αδιάφορους το κόστος του ATM που είναι σημαντικό.

15. Επίλογος

Η ραγδαία αύξηση της ζήτησης εύρους ζώνης (bandwidth) στα δίκτυα ήταν ο λόγος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας του Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς. Οι προηγούμενες τεχνολογίες για wide area networking (X.25, Frame relay) είναι σίγουρα ανεπαρκείς. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ATM εκτός από τις υψηλές ταχύτητες μεταφοράς είναι η ικανότητά του να δίνει στον χρήστη ακριβώς το bandwidth που του χρειάζεται ή που του αναλογεί. Το ATM μπορεί να δώσει το βέλτιστο bandwidth για οποιαδήποτε εφαρμογή (δεδομένα, βίντεο, εικόνες) ενώ συγχρόνως προσφέρει Quality of Service.

Ένα απο τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του ATM είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με κυψελίδες και δεν απαιτούνται συμπληρωματικά δυαδικά ψηφία ή υποστηρικτικά δίκτυα. Επίσης, μια κυψελίδα μεταάγεται σύμφωνα με την τιμή των κωδικών αναγνώρισης, η οποία δίδεται κατά την φάση εγκατάστασης της σύνδεσης.

Επιπλέον επειδή το κύκλωμα που εγκαθίσταται σε μία σύνδεση είναι εικονικό και αποσυντίθεται αμέσως μετά το τέλος της σύνδεσης, σε συνδιασμό με το γεγονός ότι οι κυψελίδες δεν ακολουθούν συγκεκριμένη διαδρομή, κάνει τις συνδέσεις ασφαλείς και μειώνει στι ελάχιστο την πιθανότητα παρακολούθησής τους.

Τα μειονεκτήματα του εντωπίζονται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει δυνατότητα συμπίεσης του τηλεφωνικού καναλιού των 64 Kbps και δεν υποστηρίζεται silence detection.

Όπως είναι φανερό τα πλεονεκτήματα του υπερτερούν των μειονεκτημάτων του και πέραν αυτού η ανακάλυψη του ATM σε μια εποχή που η ανάπτυξη της τεχνολογίας απαιτούσε γρηγορη και ασφαλή μεταφορά δεδομένων που ξεπερνούσαν τα όρια απλης πληροφορίας (βίντεο, συνδιασμός ήχου και εικόνας) θεωρήθηκε πρωτοπορεία. Με το πέρασμα των χρόνων νακαλύφθηκαν και νέα πρωτόκολλα που είτε βασίστηκαν σε αυτό είτε δημιουργήθηκαν εξ ολοκλήρου νέα, που υποστήριζαν πλήρως τις νέες εφαρμογές. Αδιαμφισβήτητα όμως η ανακάλυψη του ATM ήταν μια απγκόσμια πρωτοπορία.

16. Βιβλιογραφία

Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 5)

Βιβλία:

Data and computer Communications, W. Stallings

ATM Theory and Applications, D. E. McDysan, D. L. Spohn

Διαδίκτυο

1. <http://www.ieee.com/>
2. 'The ATM Forum' <http://www.atmforum.com/>
3. [http://www.islab.demokritos.gr/gr/html/ptixiakes/ATM IPv6 & SecurityConsiderations/kefalaio1.htm](http://www.islab.demokritos.gr/gr/html/ptixiakes/ATM_IPv6_&SecurityConsiderations/kefalaio1.htm)
4. http://users.iit.demokritos.gr/~ntsap/courses/bes04/kaiafasBook/chap2d_4_files/main.htm

Πρότυπα

[https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous Transfer Mode](https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode)