



**T.E.I.
ΗΠΕΙΡΟΥ**

**τμήμα ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
& ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ, ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΛΗΨΗ ΣΤΑ BROADBAND-ISDN / ATM ΔΙΚΤΥΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΜΑΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΠΗΛΙΟΥΝΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΑΡΤΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2004

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ, ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΣΤΑ BROADBAND-ISDN / ATM ΔΙΚΤΥΑ

Το ATM θεωρείται ως την πολλά υποσχόμενη τεχνική μεταφοράς για την υλοποίηση του B-ISDN, και για τα μελλοντικά υψηλών ταχυτήτων, ευρείας και τοπικής περιοχής δίκτυα.

Τα ATM κύτταρα είναι σταθερού μήκους των 53 οκτάδων το καθένα. Επειδή τα κύτταρα πολυπλέκονται, σε κυτταρική βάση, δεν έχουν μόνιμη καναλική κατασκευή. Έτσι λοιπόν νέες υπηρεσίες μπορούν αμέσως να υλοποιηθούν όπως και παλαιές υπηρεσίες εύκολα να αποσυρθούν. Ένας άλλος συντελεστής που κάνει το ATM χαρισματικό είναι η χρήση στατιστικής πολυπλεξίας που εξυπηρετεί στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας του καναλιού. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος κατά τις καταιγιστικές μεταδόσεις ATM κυττάρων και επιτρέπει περισσότερα κύτταρα να εισέλθουν στο δίκτυο. Παρουσιάζει προκλήσεις προστατεύοντας το δίκτυο και τους χρήστες από συμφόρηση.

Αυτή η εργασία εξετάζει κάποιες προσεγγίσεις για τον έλεγχο συμφόρησης και μεθόδους πρόληψης για την αποφυγή συμφόρησης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ
- ATM WAN
- ATM CELL
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΕΛΙΩΝ
- ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΚΕΛΙΩΝ
- ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ATM
- ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ATM ΚΑΙ ΤΟΥ Β-ISDN
- ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (DATA-VIDEO-AUDIO)
ΚΑΙ ΤΟ ATM CELL RELAY
- ATM CELL RELAY
- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ATM
- ΜΙΑ ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ATM ΔΙΚΤΥΟΥ
- ATM ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
- ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ATM ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
- ATM ΑΔΑΡΤΙΟΝ LAYER
- ΤΥΠΟΙ AAL
- ΤΥΠΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
- ΚΛΑΣΕΙΣ ATM
- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ATM ΑΔΑΡΤΙΟΝ LAYER
- ATM LAYER
- PHYSICAL LAYER
- ΠΩΣ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΟΙ ATM ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ
- ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ATM ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑ
- ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΣΩ ATM ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ
- ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ
- ATM ΜΕΤΑΓΩΓΗ
- ΣΗΜΑΝΣΗ
- ATM ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ
- ΔΟΜΗ ΜΥΝΗΜΑΤΟΣ Q.2931
- ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΟΜΒΩΝ
- VIRTUAL CHANNELS ΚΑΙ VIRTUAL CHANNEL CONNECTIONS
- VIRTUAL PATHS ΚΑΙ VIRTUAL PATH CONNECTIONS
- ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ATM
- ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ATM ΔΙΚΤΥΟΥ
- ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ATM ΔΙΚΤΥΟΥ
- ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ (QoS)
- ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΟΥ ATM
- LAN EMULATION
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ FUNI ΚΑΙ DXI
- ATM ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕ FUNI
- NATIVE MODE ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ
- ΜΡΟΑ-MULTIPROTOCOL OVER ATM
- ΕΠΙΛΟΓΟΣ
 - ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ATM
 - Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΑΓΟΡΑ
 - Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ATM ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Σε πολλές εφαρμογές όπως κινούμενης ή ακίνητης εικόνας υψηλής ανάλυσης ή χρήσης πληροφοριών αποθηκευμένων σε πολύ μεγάλες μνήμες κ. τ. λ. τα 64 Kbps του narrow - band ISDN προκαλούν μεγάλους χρόνους αναμονής.

Για αυτόν τον λόγο σήμερα άλλα LAN (Local Area Networks) εργάζονται στα 10 Mbps και καμιά φορά και στα 100 Mbps. Ειδικότερα παρατηρούμε ότι σε επαγγελματικές εφαρμογές κινούμενης και σταθερής εικόνας, ακόμα και με την μεγαλύτερη συμπίεση σήματος απαιτούνται 1 έως 30 Mbps. Για τηλεόραση επίσης υψηλής ευκρίνειας (high definition TV) απαιτούνται 50 έως 30 Mbps. Άλλη απαίτηση στα νέα εξελιγμένα δίκτυα εκτός από την ταχύτητα είναι ένας χρήστης με ένα σημείο πρόσβασης στο δίκτυο να μπορεί ταυτόχρονα να διεκπεραιώνει πολλές συνδέσεις διάφορων ταχυτήτων.

Παρατηρούμε ότι ιδεώδες για τις ανάγκες των χρηστών δίκτυο είναι "το δίκτυο για κάθε ταχύτητα και κάθε συνδιασμό ταχύτητας". Το δίκτυο αυτό πρέπει να μπορεί να εξυπηρετεί όλες τις υπηρεσίες με το είδος των πληροφοριών τους, με την βέλτιστη για κάθε περίπτωση ταχύτητα. Με το ιδεώδες δίκτυο δεν θα απαιτούνται τότε εξιδικευμένα για διάφορες εφαρμογές ή διάφορες ταχύτητες δίκτυα. Το B - ISDN που στηρίζεται στο ATM είναι το προδιαγραφέν ήδη από την CCITT δίκτυο.

Τα τελευταία χρόνια υπήρξαν δύο άξονες στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των Τηλεπικοινωνιών. Τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Από πλευράς εφαρμογών οι εφαρμογές μετάδοσης φωνής και εικόνας ικανοποιούνται άριστα από τις τεχνικές μεταγωγής κυκλώματος, ενώ εφαρμογές data κυρίως από τεχνικές μεταγωγής πακέτων.

Σε ένα σύστημα μεταγωγής κυκλώματος, το εύρος ζώνης διατίθεται εξ ολοκλήρου και σταθερά στο συγκεκριμένο κάθε φορά κανάλι. Αυτό έχει σαν πλεονέκτημα υψηλή διαμετακομιστική ικανότητα (throughput), ελάχιστες καθυστερήσεις και κυρίως διαφάνεια στη μετάδοση. Το μεγάλο μειονέκτημα είναι η κακή εκμετάλλευση της χωρητικότητας των γραμμών, που παραμένει δεσμευμένη έστω και όταν δεν υπάρχει μετάδοση. Μειονέκτημα είναι επίσης η δύσκολη αναδρομολόγηση σε περιπτώσεις προβλημάτων της γραμμής.

Οι εφαρμογές data αντίθετα με της φωνής, δεν είναι τόσο ευαίσθητες στις καθυστερήσεις, πράγμα που επέτρεψε την ανάπτυξη της τεχνικής μεταγωγής πακέτων, με το πλεονέκτημα της καλύτερης εκμετάλλευσης του εύρους ζώνης, καθώς η γραμμή μοιράζεται με δυναμικό και στατιστικό τρόπο σε πολλούς χρήστες.

Οι σύγχρονες απαιτήσεις ταυτόχρονης μετάδοσης φωνής, εικόνας, data (multimedia), επιβάλλουν την ύπαρξη μιας νέας τεχνικής που θα συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων. Αυτά ήταν τα κίνητρα ανάπτυξης της ATM (Asynchronous Transfer Mode), η οποία συνδυάζει υψηλή διαμετακομιστική

ικανότητα (throughput), μικρές καθυστερήσεις, διαφάνεια και πολύ καλή εκμετάλλευση της γραμμής.

Με την ATM η πληροφορία ανεξαρτήτως μορφής (φωνή, data, κλπ) τεμαχίζεται σε μικρά κελιά σταθερού μήκους, τα οποία πολυπλέκονται σε δίκτυα πολύ υψηλών ταχυτήτων (π.χ. 155 Mbps). Για εφαρμογές σταθερού ρυθμού όπως είναι η μεταφορά φωνής και εικόνας αφιερώνεται ο αναγκαίος αριθμός κελιών, ενώ ταυτόχρονα τα κελιά που απομένουν αχρησιμοποίητα διατίθενται για άλλου είδους μεταφορές όπως τα data.

Ο όρος «Transfer mode» αναφέρεται στην μεταγωγή και την πολύπλεξη, ενώ ο όρος «Asynchronous» αναφέρεται στο γεγονός ότι η μετάδοση γίνεται με κελιά των οποίων η συχνότητα μετάδοσης και η απόσταση μεταξύ τους είναι μεταβλητή, ενώ ο αποδέκτης της πληροφορίας προσδιορίζεται με την «ετικέτα» που ευρίσκεται στον header κάθε κελιού. Η ATM είναι ασύγχρονη με την έννοια ότι ο ιδιοκτήτης της πληροφορίας δεν προσδιορίζεται από την θέση της αλλά από τον header που υπάρχει σε κάθε κελί. Η ATM είναι connection oriented τεχνική που αποκαθιστά ένα δρόμο (νοητό κύκλωμα) απ' άκρου εις άκρον του δικτύου, πάνω από τον οποίο τα κελιά μπορούν να ταξιδεύουν από την πηγή στον προορισμό.

Η ATM θεωρείται ως η καλύτερη διαθέσιμη λύση για τα μελλοντικά δίκτυα υψηλής απόδοσης καθώς είναι απλή και ταχύτατη. Μερικά από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της ATM είναι:

- Η ATM σχεδιάστηκε εξ αρχής για να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα διαφορετικές εφαρμογές όπως φωνή, data, και video.
- Είναι ανεξάρτητη αποστάσεων καθώς καλύπτει τόσο τα τοπικά δίκτυα όσο και τα δίκτυα ευρείας περιοχής, σε αντίθεση με τις άλλες τεχνολογίες που υπήρχαν έως τώρα. Η ευελιξία επέκτασης σε διαφορετικές αποστάσεις είναι ένα ισχυρό σημείο της τεχνολογίας ATM.
- Είναι ανεξάρτητη πρωτοκόλλου. Μπορεί να μεταφέρει όλους τους τύπους πρωτοκόλλων π.χ. X.25, Frame Relay, SNA, TCP/IP κ.λ.π. προσφέροντας έτσι πλήρη διαφάνεια στους χρήστες.
- Είναι εξαιρετικά επεκτάσιμη σε διαφορετικές ταχύτητες. Η ίδια ακριβώς τεχνολογία χρησιμοποιείται τόσο σε ταχύτητες 25 Mbps για τοπικά δίκτυα όσο και σε ταχύτητες 622 Mbps για κορμούς τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Καλύπτει τις ανάγκες για πολύ υψηλές ταχύτητες που έχουν οι σύγχρονες εφαρμογές multimedia.
- Έχει σχεδιαστεί με την ικανότητα να μπορεί να προσφέρει μια ενιαία και ολοκληρωμένη λύση. Με τον τρόπο αυτό οδηγεί στην απλοποίηση των επικοινωνιών περιορίζοντας την χρήση πολλών διαφορετικών και ετερογενών πρωτοκόλλων και τεχνολογιών δικτύου.

Είναι αποδεκτή παγκοσμίως από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι η πρώτη ίσως φορά που οι τηλεπικοινωνιακοί οίκοι, οι εταιρίες υπολογιστών, οι εταιρίες επικοινωνιών data, οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί και οι παροχείς υπηρεσιών, συνεργάζονται μεταξύ τους σε διεθνή κλίμακα.

Τα BISDN δίκτυα παρουσιάστηκαν στην αγορά στα μέσα της δεκαετίας του '90. Έπρεπε να παρέχουν υποστήριξη για ασύγχρονη μετάδοση δεδομένων και σύγχρονη διακίνηση σε πραγματικό χρόνο σε ολοκληρωμένα δίκτυα δυναμικής μετάδοσης. Οι αναμενόμενες εφαρμογές περιλαμβάνουν video telephony ευρείας ζώνης, video conferencing, ψηφιακή μετάδοση πληροφοριών σε υψηλές ταχύτητες, telefax, υπηρεσία ανάκτησης video/εγγράφων και τηλεοπτική διανομή και μετάδοση. Για να υποστηριχτούν αυτές οι υπηρεσίες ήταν απαραίτητο τα BISDN δίκτυα να παρέχουν υποστήριξη για αλληλεπιδραστικές και διανεμητικές υπηρεσίες, ρυθμούς

ευρείας και περιορισμένης ζώνης, δυναμική και συνεχόμενη διακίνηση, επικοινωνία από σημείο σε σημείο (point to point) και εκπεμπόμενη.

Είναι φανερό ότι τα ATM υιοθετούνται από τη διεθνή συμβουλευτική κοινότητα για τηλεφωνία και τηλεγραφία ως μέθοδος μετάδοσης για τα BISDN δίκτυα. Τα κελιά των ATM είναι φτιαγμένα από 53 bytes το καθένα. Εφόσον οι κλήσεις είναι πολλαπλές, σε επίπεδο κελιού τα ATM έχουν ευέλικτες δομές καναλιού. Νέες υπηρεσίες μπορούν άμεσα να προσαρμοστούν και παλιές μπορούν να διακοπούν εφόσον το εύρος καναλιού κατανέμεται σύμφωνα με τη ζήτηση.

Ένας άλλος παράγοντας που υποστηρίζει τα ATM είναι η αναμενόμενη αύξηση των κλήσεων και η αλλαγή της φύσης αυτών. Το ξέσπασμα αυτό δημιουργεί κίνηση σε υψηλούς βαθμούς για μικρές χρονικές περιόδους και σε χαμηλούς βαθμούς σε άλλες χρονικές περιόδους. Στα ATM οι κλήσεις είναι στατιστικά πολυπλεγμένες. Σε κάθε κλήση εκχωρείται κάποιο εύρος, χαμηλότερο από το μέγιστο ρυθμό ψηφίων (bit rate). Στατιστικά η πολυπλεξία δίνει αποδοτικότερο εύρος και επιτρέπει την αύξηση των κλήσεων μέσα στο δίκτυο. Ωστόσο παρουσιάζει πρόκληση στην προστασία του δικτύου και των χρηστών από συμφόρηση.

ATM WAN

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980, άρχισε να γίνεται φανερή η ανάγκη ενός δικτύου που να μπορεί να ολοκληρώσει όλα τα είδη ψηφιακών υπηρεσιών, από την χαμηλής ταχύτητας τηλεφωνία μέχρι τις επικοινωνίες πολύ υψηλής ταχύτητας. Το δίκτυο αυτό ονομάστηκε Broadband Integrated Digital Network (B-ISDN).

Για το B-ISDN επιλέχθηκε η ATM μετάδοση αντί για την STM. Ο κύριος λόγος ήταν για να επιτραπεί η καλύτερη αξιοποίηση της χωρητικότητας των γραμμών, αφού η τεχνολογία ATM μεταδίδει, όπως έχουμε πει, πακέτα. Το ATM μπορεί να βασιστεί σε μια PDH ιεραρχία ή και στην πιο πρόσφατη SDH. Το ATM μπορεί να συνυπάρξει και με αναλογικές μεταδόσεις. Υπάρχει μια πρόταση που στηρίζεται σε οπτικές ίνες και υλοποιεί ένα αναλογικό κανάλι για μετάδοση τηλεοπτικού σήματος και ένα ψηφιακό που προσφέρει ATM ψηφιακές υπηρεσίες. Τα δύο κανάλια μεταδίδονται μέσω της ίδιας ίνας, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικό μήκος κύματος (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται ATM over passive για εφαρμογές optical network και μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως η interactive τηλεόραση, η τηλεδιάσκεψη και το video-on-demand.

Τα δυνατά σημεία του ATM είναι η μεγάλη ποικιλία των προσφερομένων υπηρεσιών και η μεγάλη ταχύτητα (μέχρι και 622Mbps). Υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες υπηρεσιών:

- **Class A:** Εξομοιώνει τη λειτουργία κυκλωμάτων και προσφέρει εγγυημένο αλλά σταθερό ρυθμό μετάδοσης.
- **Class B:** Αυτή είναι μια καινούργια υπηρεσία που προσφέρει μόνο το ATM. Εξασφαλίζεται ο ρυθμός της σύνδεσης, ο οποίος όμως μπορεί και να μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Αυτή η υπηρεσία είναι ιδανική για τη μετάδοση συμπιεσμένου video, η οποία δεν έχει σταθερή ταχύτητα.
- **Class C:** Σε αντίθεση με τις δυο προηγούμενες κατηγορίες, εδώ δεν υπάρχει κάποιου είδους συγχρονισμός μεταξύ πομπού και δέκτη της πληροφορίας. Ο ρυθμός μεταφοράς είναι μεταβλητός. Η διαφορά με τις αντίστοιχες υπηρεσίες δεδομένων που υπάρχουν ήδη, είναι ότι κατά την αρχικοποίηση της σύνδεσης, μπορεί να καθορισθεί η απαιτούμενη ποιότητα σύνδεσης. Η ποιότητα αφορά τόσο τις κορυφές (peaks) του

ρυθμού μεταφοράς που πρέπει να μπορούν να εξυπηρετηθούν και το άνω όριο της καθυστέρησης μεταφοράς.

- **Class D:** Όπως η Class C, αλλά γίνεται εξομοίωση υπηρεσίας χωρίς σύνδεση. Φαίνεται παράξενο γιατί να γίνεται μια τέτοια εξομοίωση σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί επικοινωνία με σύνδεση. Ο στόχος αυτής της υπηρεσίας είναι η συμβατότητα με υπάρχοντα δίκτυα, τα οποία λειτουργούν χωρίς σύνδεση.

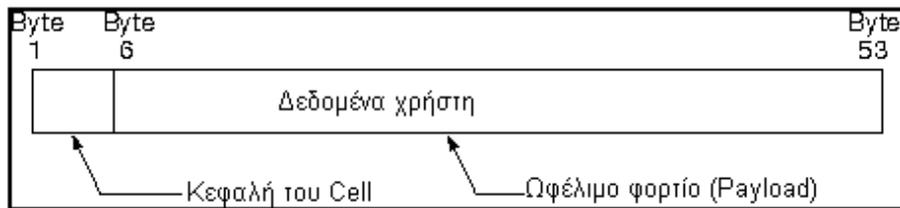
Θεωρητικά, το ATM αποτελεί την καλύτερη πλατφόρμα για δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων, σύγχρονες και ασύγχρονες. Υπάρχουν όμως και δύο προβλήματα. Το πρώτο είναι καθαρά τεχνολογικό. Το ATM μπορεί να παρουσιάσει συμφορήσεις (congestions) όταν πολλές "εκρήξεις" στη μετάδοση της πληροφορίας παρουσιαστούν ταυτόχρονα σε συγκεκριμένα κομμάτια του δικτύου. Σημαντική ερευνητική εργασία γίνεται για την επίλυση αυτού του προβλήματος. Το άλλο πρόβλημα αφορά τις στρατηγικές προώθησης του στην αγορά, που θα ακολουθήσουν οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών. Αρκετές από τις υπηρεσίες που προσφέρει το ATM ανταγωνίζονται τις ήδη υπάρχουσες, παλιές και νέες, υπηρεσίες που προσφέρουν οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών. Είναι, συνεπώς, αβέβαιο κατά πόσο θα γίνει πλήρης στροφή στο ATM και θα προσφερθούν όλες οι υπηρεσίες του, ή θα ακολουθηθεί μια μέση λύση, για να μην εγκαταλειφθεί η υπάρχουσα υποδομή.

Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) γεννήθηκε στα εργαστήρια της A.T&T στη πόλη Νάπερβιλ του Ιλλινόις των ΗΠΑ το 1980, σαν μία τεχνική μεταγωγής η οποία θα εξυπηρετούσε τη μετάδοση φωνής και δεδομένων με τη μορφή πακέτου. Το 1988 ο οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) σε ένα συνέδριο στη Σεούλ της Ν.Κορέας εισήγαγε την ATM τεχνολογία στο BISDN. Το καθοριστικό γεγονός όμως στην ανάπτυξή του είναι η δημιουργία του ATM Forum το 1991, το οποίο αποτελούνταν στην αρχή από Cisco Systems NET/ADAPTIVE, North Telecom and Sprint. Το ATM Forum προωθεί την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας βασιζόμενο πάντα στα επίσημα πρότυπα-κανόνες των ITU-T και ANSI. Το ATM είναι μια ενιαία μέθοδος για μεταφορά, πολυπλεξία και μεταγωγή (switching) πληροφορίας πολλών ειδών (data, video, audio) με υψηλές ταχύτητες μέσω ενός απλού μηχανισμού μετάδοσης και μεταγωγής (switching). Το βασικό του χαρακτηριστικό που το κάνει να διαφέρει από τις άλλες τεχνολογίες που διαχειρίζονται δεδομένα (data) είναι η επεκτασιμότητά του από τα τοπικά δίκτυα LAN στα δίκτυα ευρείας περιοχής WAN καθώς και από τη backbone υποδομή ενός δικτύου στο desktop. Το ATM Forum προωθεί το ATM σαν το επόμενο βήμα στις Επικοινωνίες Δεδομένων (Data Communications) και στις Τηλεπικοινωνίες (video - voice communications). Για να διαπιστώσουμε όμως τι παραπάνω προσφέρει το ATM έναντι των Επικοινωνιών Δεδομένων και των Τηλεπικοινωνιών (ήχου, εικόνας) πρέπει πρώτα να γνωρίζουμε τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Γι αυτό το λόγο στη παρακάτω ενότητα παραθέτονται οι βασικές αρχές αυτών των τεχνολογιών.

ATM Cell

Πρωταρχικό στοιχείο του ATM οικοδομήματος είναι το ATM Cell. Πριν αναλύσουμε διεξοδικά την ροή της πληροφορίας στο ATM δίκτυο θα κάνουμε την παρουσίασή του.

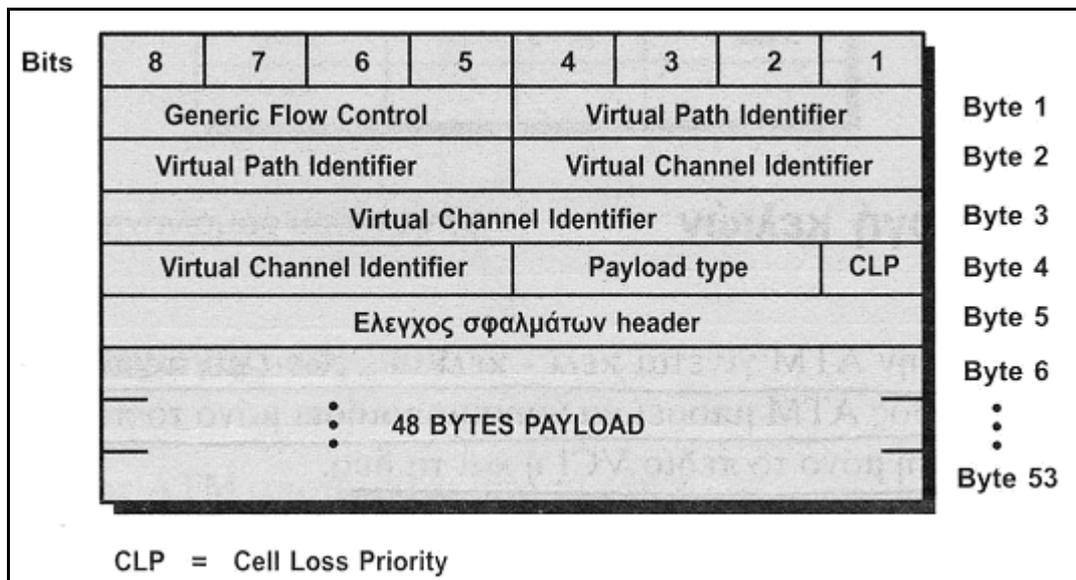
Το ATM cell είναι η πρότυπη μονάδα μετάδοσης για όλες τις cell relay υπηρεσίες στο ATM δίκτυο. Είναι σταθερού μήκους και αποτελείται από δύο μέρη, την κεφαλή (header) μήκους 5 byte και το κυρίως μέρος (payload) μήκους 48.



Η κεφαλή περιέχει απαραίτητη πληροφορία για την δρομολόγηση του cell μέσα στο δίκτυο και του εξασφαλίζει την άφιξη στο προορισμό του. Τα 5 πρώτα bytes είναι και αυτά χωρισμένα σε περιοχές που περιέχουν πληροφορία αναγνώρισης, ελέγχου, προτεραιότητας και δρομολόγησης. Τα υπόλοιπα 48 περιέχουν την ωφέλιμη πληροφορία του ATM cell. Τα ATM cells μεταδίδονται σειριακά μέσα στο δίκτυο, αρχίζοντας από το όγδοο bit στο πρώτο byte της κεφαλής του cell.

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι το μέγεθος των 48 byte επιλέχθηκε σαν αποτέλεσμα συμβιβασμού μεταξύ των εφαρμογών φωνής και data. Οι εφαρμογές φωνής και ζωντανής εικόνας video, ευνοούνται από πακέτα μικρότερου μεγέθους, που υπόκεινται σε χαμηλότερες καθυστερήσεις. Από την άλλη πλευρά, οι εφαρμογές data ευνοούνται από πακέτα μεγαλύτερου μεγέθους, έχουν καλύτερη αναλογία header προς data και έτσι επιτυγχάνουν μεγαλύτερη διαμετακομιστική ικανότητα (throughput).

Η δομή ενός κελιού ATM φαίνεται στο σχήμα παρακάτω. Η προμετωπίδα (header) του κελιού περιέχει διάφορα πεδία, μεταξύ οποίων το **VPI** (Virtual Path Identifier), το **VCI** (Virtual Channel Identifier) και το πεδίο ελέγχου σφαλμάτων του header. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι έλεγχος σφαλμάτων γίνεται μόνο στον header και όχι και στα υπόλοιπα data πληροφορίας.



Τα πεδία του header είναι:

Generic Flow Control (GFC). Το πεδίο αυτό είναι μήκους 4 bit και χρησιμοποιείται για έλεγχο ροής στο UNI Interface ώστε να αποφεύγονται πρόσκαιρες υπερφορτώσεις. Σε συνδέσεις NNI μεταξύ κόμβων το GFC χρησιμοποιείται ως VPI.

Virtual Path Identifier (VPI). Είναι πεδίο των 8 bit και προσδιορίζει τη νοητή σύνδεση (virtual path) μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Τα 8 αυτά bit στο UNI γίνονται 12 στην περίπτωση του NNI με την κατάληψη των bit του GFC.

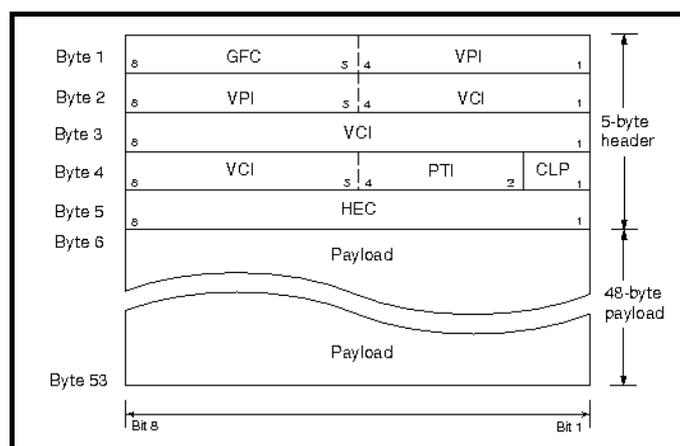
Virtual Channel Identifier (VCI). Είναι πεδίο των 16 bit που προσδιορίζει ένα από τα 65K νοητά κανάλια (virtual channels) που μπορούν να υπάρχουν σε μια νοητή σύνδεση (virtual path). Κάθε λογική σύνδεση στην ATM, προσδιορίζεται σαφώς από τα πεδία VPI/VCI, κατ' αντιστοιχία με τα LCN της X.25.

Payload Type (PT). Έχει μήκος 3 bit και χρησιμοποιείται για να διακρίνει το κατά πόσον τα data του κελιού είναι πληροφορίες του χρήστη ή πληροφορίες διαχείρισης που αφορούν το δίκτυο. Χρησιμοποιείται επίσης για επισήμανση υπερφόρτισης.

Cell Loss Priority (CLP). Πεδίο του ενός bit, που όταν είναι 1 δηλώνει στο δίκτυο ότι το κελί μπορεί να απορριφθεί κάτω από ορισμένες συνθήκες (π.χ. σε περίπτωση συμφόρησης). Όταν είναι 0 δηλώνει ότι το κελί έχει υψηλή προτεραιότητα.

Header Error Control. Πεδίο των 8 bit που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση σφαλμάτων πολλαπλών bit στον header αλλά και για διόρθωση όταν πρόκειται για σφάλμα ενός bit. Στην πρώτη περίπτωση το κελί απορρίπτεται. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι η γνωστή μας CRC. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πεδίο αυτό προστατεύει μόνο τον header του κελιού και όχι τα χρήσιμα data, τα οποία επαφίενται στους τελικούς χρήστες εκτός του δικτύου ATM.

Παρακάτω εικονίζεται η κεφαλή ενός UNI ATM cell.



Βάζοντας τα δεδομένα σε σταθερού μήκους cells γίνεται εφικτή η χρήση μέσω μεταδόσης υψηλών ταχυτήτων (όπως T3, E3 και OC3 trunk), γιατί τα σταθερού μήκους cells μπορούν να επεξεργασθούν hardware μειώνοντας ή εξαλείφοντας έτσι την καθυστέρηση στη μετάδοσή τους.

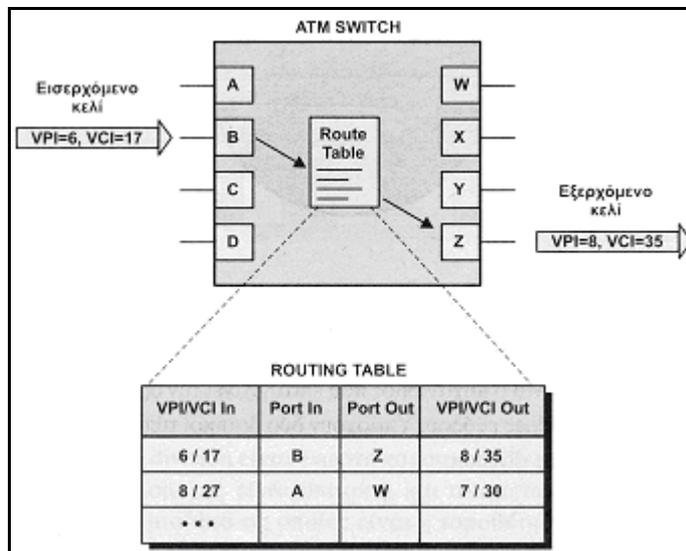
Ένα άλλο πλεονέκτημα που έρχεται από την χρήση σταθερού μήκους cell για την διαχείριση δεδομένων όσον αφορά τη μετάδοσή τους είναι ότι ένα ATM δίκτυο μπορεί να αντιμετωπίσει την ταυτόχρονη μετάδοση πληροφορίας ευαίσθητη στην καθυστέρηση με πληροφορία που έχει ξεσπάσματα στη ροή της. Μπορεί δηλαδή να παρέχει στον ίδιο χρόνο υπηρεσία μετάδοσης σε οποιοδήποτε τύπου πληροφορίας.

Η δομή ενός ATM Cell είναι η ίδια για όλο το δίκτυο εκτός μια μικρής παραλλαγής στη κεφαλή μεταξύ του ATM UNI cell και ATM NNI cell.

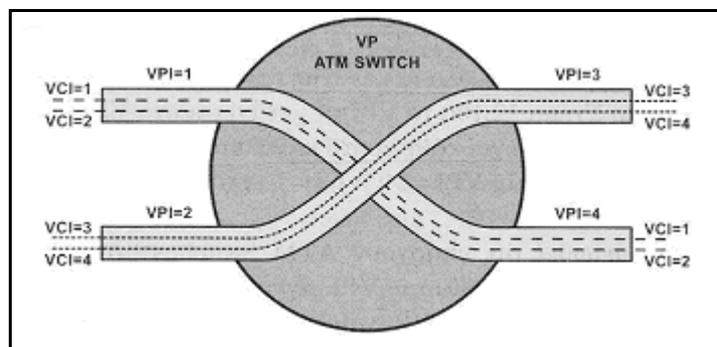
Μεταγωγή κελιών

Η μεταγωγή στην ATM γίνεται κελί - κελί σύμφωνα με τις πληροφορίες του header. Ένας κόμβος ATM μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο το πεδίο VPI για να προωθήσει το κελί ή μόνο το πεδίο VCI ή και τα δύο.

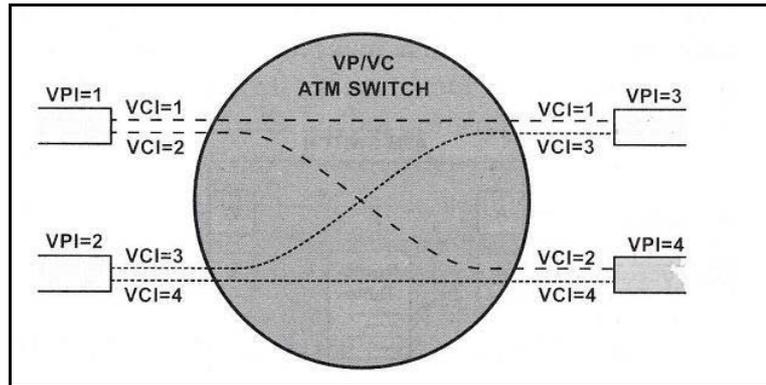
Στο σχήμα φαίνεται παραστατικά ο μηχανισμός μεταγωγής. Ο κόμβος λαμβάνει ένα κελί σε μια συγκεκριμένη θύρα εισόδου B , διαβάζει τα VPI / VCI πεδία, τον header και το προσδιορίζει έτσι σε ποιο λογικό κύκλωμα ανήκει. Ο κόμβος εξετάζει τον πίνακα δρομολόγησης που έχει και αποφασίζει αφ' ενός σε ποια θύρα εξόδου θα το προωθήσει και αφ' ετέρου τι τιμές θα δώσει στα πεδία VPI/VCI.



Η μεταγωγή VP δρομολογεί όλα τα κελιά με το ίδιο VPI στην ίδια θύρα εξόδου, για παράδειγμα στο σχήμα το VPI = 1 μεταγεται στο VPI=4.



Η μεταγωγή VC δρομολογεί κάθε νοητό κανάλι ανεξάρτητα. Για παράδειγμα στο σχήμα το κανάλι VPI=1 / VCI=2 μεταγεται στο κανάλι VPI=4 / VCI = 33.



Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ATM Switches που μεταγουν κελιά, εξετάζοντας μόνο την πληροφορία του VPI, αγνοώντας το περιεχόμενο του VCI. Οι κόμβοι αυτοί είναι γνωστοί ως VP switch (cross connect). Οι υπόλοιποι που είναι και οι περισσότεροι ονομάζονται VP/VC switches και εξετάζουν και τα δύο πεδία VPI και VCI.

Τύποι των κελιών

Το κελί της ATM έχει ήδη περιγραφεί παραπάνω. Τα κελιά διαιρούνται σε UNI για συνδέσεις μεταξύ χρήστη και δικτύου και σε NNI κελιά για συνδέσεις μεταξύ κόμβων του δικτύου. Επιπλέον διακρίνονται σε:

- **Κενά κελιά (idle cell).** Είναι κελιά που εκπέμπονται χωρίς περιεχόμενο πάνω στη γραμμή για να καλύψουν τα κενά μετάδοσης στο φυσικό μέσο. Τα κελιά αυτά παραμένουν στο φυσικό επίπεδο και δεν φθάνουν στο επίπεδο ATM.
- **Απροσδιόριστα (unassigned) κελιά** είναι επίσης κενά περιεχομένου αλλά διαθέτουν συγκεκριμένη τιμή στα πεδία VPI, VCI. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα τα κελιά αυτά φθάνουν στο επίπεδο ATM.
- **Κελιά διαχείρισης φυσικού επιπέδου.** Στις περιπτώσεις απευθείας μετάδοσης κελιών ATM όπως στα τοπικά δίκτυα, κάθε 27ο κελί χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες διαχείρισης και ελέγχου του φυσικού επιπέδου. Τα κελιά αυτά παραμένουν στο φυσικό επίπεδο και δεν φθάνουν στο επίπεδο ATM.
- **Κελιά VP/VC.** Είναι κελιά που χρησιμοποιούνται για μεταφορά πληροφορίας και εν γένει ανήκουν σε συγκεκριμένα νοητά κυκλώματα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα κελιά που μεταφέρουν σήμανση ή πληροφορίες διαχείρισης των νοητών αυτών κυκλωμάτων.

Η τεχνική μετάδοσης ATM

Τα δίκτυα ATM είναι connection oriented, καθώς πριν μεταδοθούν τα κελιά πληροφορίας, πρέπει πρώτα να αποκατασταθεί η σύνδεση μεταξύ των χρηστών. Πρέπει δηλαδή να δημιουργηθεί ένα νοητό (virtual) κύκλωμα επικοινωνίας μεταξύ των δυο ακραίων σημείων του δικτύου. Όπως και στο X.25, υπάρχει φάση αποκατάστασης κλήσης και φάση μεταφοράς δεδομένων. Μετά την αποκατάσταση της λογικής αυτής σύνδεσης όλα τα κελιά ακολουθούν το ίδιο νοητό κύκλωμα, εξασφαλίζοντας έτσι την ορθή ακολουθία τους. Παρότι η ATM είναι μια connection oriented τεχνική, μπορεί να εξυπηρετεί και connectionless μεταφορές μηνυμάτων (π.χ. datagram).

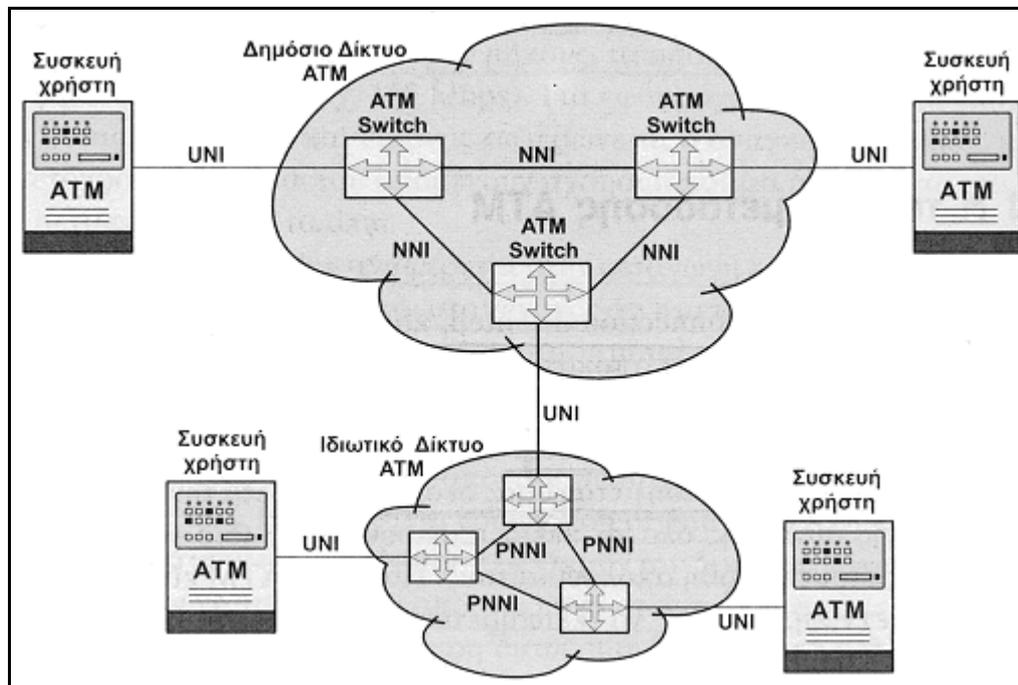
Βασικό τεχνολογικό προτέρημα της ATM είναι η ευελιξία της να δεσμεύει και να παρέχει χωρητικότητα γραμμής ανάλογα με την ζήτηση και το είδος της εφαρμογής.

Σημειώνεται εδώ ότι στην ATM δεν περιλαμβάνονται λειτουργίες ελέγχου ροής και ελέγχου σφαλμάτων κατά τη μετάδοση των κελιών από τους κόμβους του δικτύου. Οι λειτουργίες αυτές επαφίενται στους ακραίους σταθμούς και εκτελούνται με πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων, γεγονός που ελαχιστοποιεί την επεξεργασία στους κόμβους. Επίσης καθώς το κελί έχει σταθερό μέγεθος η μεταγωγή του στους κόμβους υλοποιείται εύκολα σε επίπεδο hardware, επιτυγχάνοντας έτσι ένα δίκτυο με κόμβους υψηλών ταχυτήτων.

Στην βασική λογική της θα έλεγε κανείς ότι η ATM είναι μια τεχνική packet switching, με τις παρακάτω ιδιομορφίες:

- Τα κελιά έχουν σταθερό και μικρό μήκος 53 byte, σε αντίθεση με τα πακέτα του packet switching που συνήθως είναι 128 ή 256 bytes.
- Ο header του κελιού παρέχει μερικές μόνο από τις υπηρεσίες του επιπέδου 2.
- Δεν γίνεται κανένας έλεγχος ροής μεταξύ των διπλανών κόμβων στο δίκτυο.
- Δεν γίνεται έλεγχος σφαλμάτων της μετάδοσης μεταξύ διπλανών κόμβων στο δίκτυο.

Στο σχήμα παρακάτω παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο δίκτυο ATM όπου φαίνονται οι συνδέσεις των χρηστών με το δίκτυο (UNI User Network Interface) και οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων του δικτύου (NNI Network to Network Interface). Οι κόμβοι είναι το θεμελιακό στοιχείο κάθε δικτύου ATM. Ο κόμβος επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες: Προσδιορίζει το περιεχόμενο των πεδίων δρομολόγησης **VPI / VCI** κάθε κελιού και μεταφέρει το κάθε κελί από μια θύρα εισόδου προς μια θύρα εξόδου.



Δομή του Δικτύου ATM και του B - ISDN

Διακρίνουμε νοητές οδούς VP (virtual paths) και νοητά κανάλια VC (virtual channels). Ένα νοητό κανάλι θα ανήκει σε μια νοητή οδό. Στο ATM έχουμε διατάξεις διασύνδεσης νοητών οδών PH (path handlers) και διατάξεις διασύνδεσης νοητών καναλιών CH (channel handlers).

Σε μία διάταξη διασύνδεσης νοητών οδών καταλήγουν ένα ή περισσότερα συστήματα SDH. Έτσι στη διάταξη PH έχουμε διασυνδέσεις νοητών οδών που υπάγονται στους φορείς SDH και καταλήγουν σε αυτή. Η διασύνδεση νοητών οδών στη διάταξη PH ελέγχεται συνήθως από το σύστημα διαχείρισης TMN (telecommunication management network). Ως διατάξεις PH όπου διασυνδέονται νοητές οδοί χρησιμοποιούνται διατάξεις όπως οι ATM - CROSS CONNECT (ATM - CC) και οι ATM - MULTIPLEXERS (ATM - MX).

Στη διάταξη διασύνδεσης νοητών καναλιών CH διασυνδέονται νοητά κανάλια νοητών οδών. Η διασύνδεση των νοητών καναλιών γίνεται είτε με σηματοδότηση των χρηστών είτε με σηματοδότηση του συστήματος διαχείρισης TMN (telecommunication management network). Με τις διασυνδέσεις νοητών καναλιών επιτυγχάνεται η διασύνδεση των χρηστών και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους. Η διασύνδεση επίσης καναλιών απαιτείται για σηματοδότηση μεταξύ χρηστών και του συστήματος δικτύου ATM. Χαρακτηριστικές διατάξεις CH είναι τα κέντρα ATM και οι συγκεντρωτές ATM (ATM - CONCENTRATORS).

Σε περίπτωση ύπαρξης σε ένα σημείο ανάγκης για διασύνδεση και νοητών οδών και νοητών καναλιών χρησιμοποιούνται διατάξεις με συνδυασμένη λειτουργία PH, CH. Διατάξεις με συνδυασμένη λειτουργία PH και CH είναι τα κέντρα ATM και οι απομακρυσμένες διατάξεις RU (remote units) των κέντρων ATM.

Μέχρι πρόσφατα το τηλεφωνικό δίκτυο (σύστημα διασυνδεμένων κέντρων) αποτελείτο από πολλές ιεραρχικές βαθμίδες όπως πρωτεύοντα κέντρα, κύρια κέντρα, κομβικά κέντρα και τερματικά κέντρα. Ανεξάρτητα από το ATM, ήδη υπάρχει η τάση για λόγους εύκολης λειτουργίας και διαχείρισης και γενικότερους οικονομικούς λόγους το δίκτυο αυτό να αποτελείται από δύο μόνο ιεραρχικές βαθμίδες, από το δίκτυο κορμού (κέντρα και μετάδοση, back bone network) και από το δίκτυο πρόσβασης (access network).

Το δίκτυο κορμού αποτελείται από συνδεδεμένα μεταξύ τους διαβιβαστικά κέντρα TE (tandem exchanges) και χρησιμεύει για διασύνδεση μεταξύ τους των τερματικών κέντρων LE (local exchanges). Το δίκτυο πρόσβασης αποτελείται από τερματικά κέντρα και τις RU. Το σύστημα ATM όπως εξηγήσαμε έχει μεγάλη δυνατότητα ως προς την ταχύτητα (bit rate), το μέγεθος των νοητών κυκλωμάτων, την ευελιξία, το μέγεθος των κέντρων κ.τ.λ. Έτσι το δίκτυο ATM για οικονομία και εύκολη διαχείριση συμφέρει να αποτελείται από μία ή το πολύ δύο ιεραρχικές βαθμίδες.

Οι βασικές τεχνολογίες μετάδοσης πληροφορίας (data - video - audio) και το ATM cell relay

Οι Επικοινωνίες Δεδομένων (Data Communication), που συνήθως εμπεριέχουν το Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25 και το Frame Relay, χρησιμοποιούν μεταβλητού μεγέθους "πακέτα" με δεδομένα (data) για μετάδοση. Τα μεταβλητού μεγέθους πακέτα εκμεταλλεύονται καλύτερα τα κανάλια επικοινωνίας απ'ότι το TDM που ανήκει στις τηλεπικοινωνίες (θα το συναντήσουμε παρακάτω).

Η packet switching τεχνολογία χρησιμοποιεί connectionless LAN πρωτόκολλα τα οποία συνήθως παράγουν κίνηση πληροφορίας με ξεσπάσματα σε άτακτα χρονικά διαστήματα. Σε μία connectionless υπηρεσία, δεν υπάρχει προκαθορισμένη πορεία ή εγκατεστημένη σύνδεση πάνω στην οποία να μεταφέρεται η πληροφορία. Συνήθως τα πακέτα από μόνα τους περιέχουν την αναγκαία πληροφορία διευθυνσιοδότησης ώστε να φτάσουν στο προορισμό τους χωρίς προηγούμενα να έχει δημιουργηθεί σύνδεση μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη.

Οι κόμβοι (nodes) απλά μεταδίδουν δεδομένα (data) πάνω στο δίκτυο όποτε είναι απαιτούμενο, χωρίς να έχουν πρώτα εγκαταστήσει συγκεκριμένες συνδέσεις ή δρόμους με τον κόμβο παραλήπτη.

Αυτή η τακτική προσδίδει απροσδιόριστη καθυστέρηση ή λανθάνουσες καταστάσεις (latencies) στη διαδικασία μετάδοσης δεδομένων (data), γεγονός που χαρακτηρίζει τις τεχνολογίες data communication.

Οι τεχνολογίες των τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούν συνήθως circuit switching και μικρά με συγκεκριμένο μέγεθος frames για να μεταφέρουν φωνητική πληροφορία.

Η τεχνολογία TDM χρησιμοποιείται πιο συχνά για τη μετάδοση φωνητικής πληροφορίας. Η TDM εμπεριέχει τηλεπικοινωνιακά κανάλια τα οποία είναι τεμαχισμένα σε συγκεκριμένες περιόδους χρόνου, τα frames (πλαίσια).

Αυτά τα πλαίσια είναι χωρισμένα ακόμα περισσότερο σε μικρά ίσα κομμάτια τα slots. Σε κάθε χρήστη παραχωρούνται συγκεκριμένα slots ενός frame. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι σ'ένα χρήστη μπορεί να ανήκουν περισσότερα από ένα slot στο ίδιο frame.

Τα slot που ανήκουν στο κάθε χρήστη παρουσιάζονται ακριβώς στον ίδιο συγκεκριμένο χρόνο σε κάθε frame. Επειδή λοιπόν τα slots είναι συγχρονισμένα το TDM αναφέρεται και ως Synchronous Transfer Mode. (STM)

Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στο TDM τηλεπικοινωνιακό κανάλι μόνο όταν τα συγκεκριμένα slots που τους αναλογούν είναι διαθέσιμα. Έτσι όταν slot που αναλογεί στο χρήστη είναι διαθέσιμο τότε και μόνο τότε ο χρήστης θα στείλει πληροφορία, εάν αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει πληροφορία τότε το slot μένει αχρησιμοποίητο, καθώς επίσης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπλέον slot εάν το μέγεθος της πληροφορίας δεν χωρέσει, ακόμα και εάν αυτά είναι άδεια. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι κάποια καθυστέρηση μέχρι η πληροφορία που απόμεινε να μεταφερθεί πάνω στο δίκτυο.

Με την εξέλιξη οι αναλογικοί μεταγωγείς αντικαταστάθηκαν από ψηφιακούς και με την ευρεία παρουσία των οπτικών ινών σαν μέσα μεταφοράς η απόδοση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων αυξήθηκε δραματικά.

Παρ' όλη όμως αυτή την βελτίωση αυτού του είδους τα δίκτυα είναι αναποτελεσματικά για την μεταφορά μη φωνητικής πληροφορίας (πολύ μεγάλο dedicate bandwidth).

ATM Cell Relay

Η ATM cell relay τεχνολογία υποστηρίζει και τους τρεις τύπους πληροφορίας (data, φωνή και εικόνα) και απευθύνεται στις ανάγκες χρήσης των δημοσίων αλλά και

ιδιωτικών δικτύων, για ευελιξία στις εφαρμογές των επικοινωνιών, μεγαλύτερη ολοκλήρωση στις δικτυακές υπηρεσίες και προσαρμογή στις ανάγκες του μέλλοντος.

Το ATM είναι μία connection-oriented υπηρεσία μετάδοσης data στην οποία η πληροφορία του χρήστη περνάει πάντα από την ίδια προεγκατεστημένη διαδρομή ή σύνδεση μεταξύ δύο τελικών σημείων του δικτύου. Οι ATM μεταγωγείς έχουν ενσωματωμένες αυτόνομου τύπου τεχνικές δρομολόγησης (self-routing) για όλες τις cell relay λειτουργίες στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι το cell μπορεί να βρίσκει το δρόμο του, μέσα σε δικτυακή δομή από μεταγωγείς, αστραπιαία (on the fly) χρησιμοποιώντας πληροφορία δρομολόγησης που βρίσκεται στη κεφαλή (header) του cell.

Πάντως το γεγονός ότι το ATM είναι connection-oriented τεχνολογία απαιτεί συγκεκριμένα ATM πρωτόκολλα σηματοδότησης (signalling) και δομές διευθυνσιοδότησης όπως επίσης και πρωτόκολλα για δρομολόγηση των ATM αιτήσεων για σύνδεση μέσα στο δίκτυο.

Όμως επειδή τα ATM πρωτόκολλα δεν εξαρτώνται από ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης ή κάποιο φυσικό μέσο μεταφοράς, μια επικοινωνιακή εφαρμογή μπορεί να λειτουργήσει με την υπάρχουσα τεχνολογία του φυσικού επιπέδου (physical layer).

Ακόμα επειδή η μετάδοση των ATM cell είναι ασύγχρονης φύσης, δεδομένα (data) που μπορούν να πάρουν μια καθυστέρηση γίνεται να ανακατευτούν με πληροφορία ευαίσθητη στη καθυστέρηση όπως ήχος και εικόνα.

Το συγκεκριμένο μέγεθος του cell το βοηθά να μετάγεται (switched) διαμέσου του δικτύου με μεγάλες ταχύτητες σε επίπεδο hardware χωρίς να δημιουργεί φόρτο που έχει σχέση με software όπως με τους παραδοσιακούς routers.

Στο ATM η πρόσβαση στο επικοινωνιακό κανάλι είναι πολύ πιο ελαστική απ' ό τι με το TDM. Κάθε ATM χρήστης που χρειάζεται το επικοινωνιακό κανάλι μπορεί να έχει πρόσβαση οποτεδήποτε το κανάλι είναι διαθέσιμο. Επίσης στο ATM δεν υπάρχει συγκεκριμένο χρονικό κομμάτι μέσω του οποίου έχει πρόσβαση ο χρήστης στο κανάλι όπως στο TDM. Το ATM παρέχει "bandwidth on demand".

Και στις τεχνολογίες που βασίζονται στο "πακέτο" (packet) όπως HDLC (High-Level Data Link Control), οποιοσδήποτε χρήστης μπορεί να κερδίσει πρόσβαση στο επικοινωνιακό κανάλι αλλά όταν ένας χρήστης στέλνει μεγάλα μηνύματα μπορεί να εμποδίσει τους άλλους χρήστες να έχουν πρόσβαση μέχρι να σταλεί όλο το μήνυμα.

Στο ATM όμως κάθε μήνυμα είναι χωρισμένο σε πολύ μικρά, συγκεκριμένου μήκους cells τα οποία μπορούν να μεταφερθούν στο δίκτυο οποτεδήποτε ζητηθεί. Δεν γίνεται λοιπόν ένας χρήστης να μονοπωλεί το κανάλι αφήνοντας άλλους χρήστες σε αναμονή.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ATM

Συγκεκριμένα λοιπόν το ATM έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Επάρκεια σε bandwidth Το ATM μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά την αυξανόμενη ζήτηση σε μετάδοση σε ένα δίκτυο με τη διάθεση εύρους ζώνης (bandwidth) όποτε χρειαστεί (bandwidth on demand), σύμφωνα με τις άμεσες ανάγκες του χρήστη.

Επίσης το εύρος ζώνης του δικτύου κλιμακώνεται για τις μελλοντικές ανάγκες σε μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης καθώς και η παροχή εύρους ζώνης πραγματοποιείται χωρίς διαχειριστική παρέμβαση (εξωτερική παρέμβαση από administrator).

Κλιμακωτή τεχνολογία Το ATM προσαρμόζεται σε κάθε επικοινωνιακή εφαρμογή και σε ένα μεγάλο πεδίο από ρυθμούς μετάδοσης. Τα ATM interface πρότυπα υποστηρίζουν από χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 1.5 Mbps έως και υψηλούς της τάξης των 2.4 Gbps.

Ανεξαρτησία στην εφαρμογή (Application transparency) Το μέγεθος ATM cell είναι η συμβιβαστική λύση μεταξύ των μακριών πακέτων των data επικοινωνιών και των μικρών επαναλαμβανόμενων frame των εφαρμογών της φωνής. Λόγω των χαρακτηριστικών της ασύγχρονης μετάδοσης, το ATM μπορεί να υποστηρίξει ρυθμούς μετάδοσης και ξαφνικό φόρτο (degree of burst ness) σύμφωνο με την τρέχουσα εφαρμογή και όχι με τους ρυθμούς μετάδοσης και το βαθμό ξαφνικού φόρτου του δικτύου. Με άλλα λόγια το ATM προσαρμόζει το δίκτυο στις ανάγκες του χρήστη αντί να προσαρμόζει την εφαρμογή του χρήστη στα χαρακτηριστικά του δικτύου.

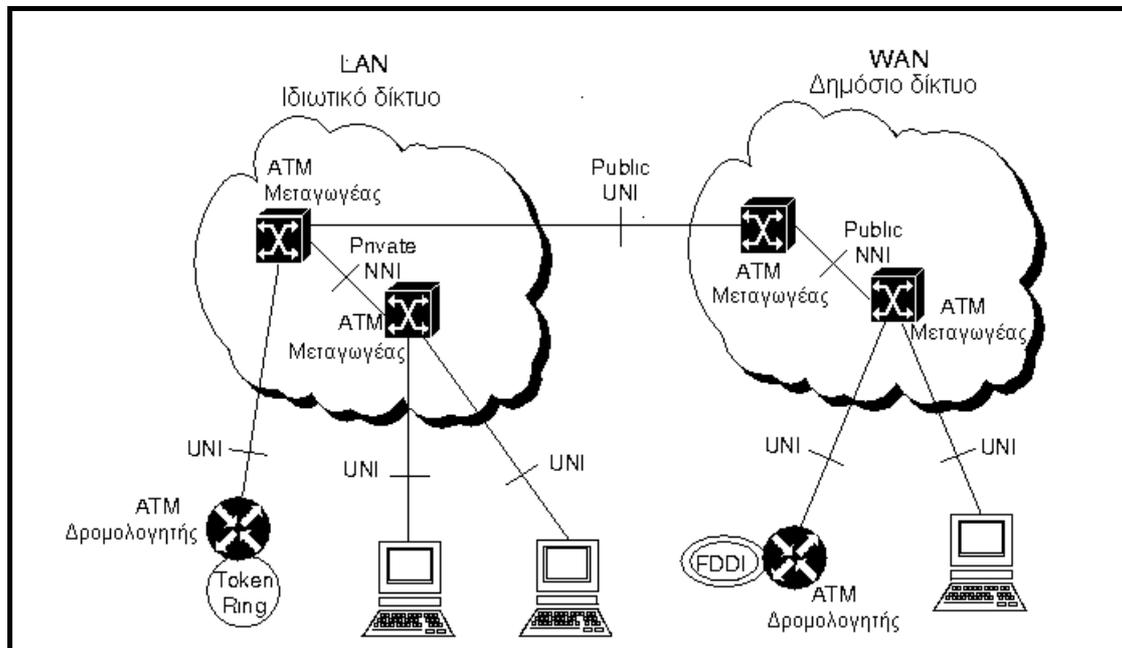
Το ATM είναι αποτελεσματικό για data επικοινωνίες και τηλεπικοινωνίες για τους παρακάτω λόγους :

- Προσφέρει ανεκτό χρόνο πρόσβασης
- Υποστηρίζει τη διακίνηση μικρού ή μεγάλου μηνύματος
- Παρέχει υψηλές ταχύτητες μετάδοσης
- Παρέχει αυτόνομες διαδικασίες δρομολόγησης (self-routing) για διάφορους τύπους πληροφορίας
- Υποστηρίζει νέες εφαρμογές data επικοινωνιών και τηλεπικοινωνιών.
- Παρέχει εγγυημένη πρόσβαση (interval) για ήχο και εικόνα (video).
- Μπορούν οι χρήστες να ορίσουν το επίπεδο και την ποιότητα της υπηρεσίας που θέλουν.
- Παρέχει μηχανισμούς για το δίκτυο ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτωσή του.

Δικτυακά πλεονεκτήματα: Το ATM είναι απλό, γρήγορο, cell-switching τεχνολογία που η ικανότητα δρομολόγησης προέρχεται από την πληροφορία που κουβαλάει από μόνο του το ATM cell.

Γι αυτό το λόγο μέσα στο ATM δίκτυο δεν γίνεται καμία επεξεργασία των δεδομένων (data) πάνω από το επίπεδο του cell απλοποιώντας και αυξάνοντας την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα στη διακίνηση του μηνύματος. Επίσης με την δυνατότητα της αυτόνομης δρομολόγησης (self-routing) θεωρητικά μπορεί να συνδεθούν οποιοσδήποτε αριθμός συσκευών switching σε ένα ATM δίκτυο.

Μια γενική άποψη λειτουργίας του ATM δικτύου



Το ATM δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο ATM μεταγωγών διασυνδεόμενους με point-to-point ATM συνδέσεις ή interfaces.

Οι ATM μεταγωγείς υποστηρίζουν δύο τύπους interfaces: το χρήστη- δίκτυο interface (user-network interface - UNI) και το δίκτυο-δίκτυο interface (network-node ή network-network interface - NNI).

Το UNI συνδέει ATM τελικά-συστήματα (end-systems) όπως δρομολογητές, συσκευές χρηστών, με ένα ATM μεταγωγέα ενώ το NNI συνδέει δύο ATM μεταγωγείς μεταξύ τους.

Θεμελιώδης χαρακτηριστικό του ATM δικτύου είναι connection oriented φύση του. Αυτό σημαίνει ότι ένα υποθετικό (virtual) κύκλωμα πρέπει να οργανωθεί κατά μήκος ενός ATM δικτύου πριν από οποιαδήποτε μεταφορά δεδομένων.

Τα ATM κυκλώματα είναι δύο τύπων:

1. Virtual Paths τα οποία και αναγνωρίζονται από τα virtual path διακριτικά -VPI (βρίσκονται στο header του cell)
2. Virtual Channels τα οποία αναγνωρίζονται από ένα συνδυασμό από VPI και virtual channel διακριτικά -VCI.

Ένα virtual path είναι ένα δέμα από virtual channels τα οποία κατά την μεταγωγή τους μέσα στο δίκτυο παραμένουν αμετάβλητα έχοντας πάντα κοινό το VPI. Όλα όμως τα VCI και VPI έχουν τοπική σημασία σε μια σύνδεση και αλλάζουν κατά το απαιτούμενο σε κάθε μεταγωγέα (switch).

Η βασική λειτουργία ενός ATM μεταγωγέα είναι πολύ απλή και χωρίζεται στα εξής στάδια, πρώτα λαμβάνει το cell από μια σύνδεση γνωστού VCI ή VPI, έπειτα

ελέγχει την τιμή της σύνδεσης στο τοπικό πίνακα (ο οποίος περιέχει αντιστοιχίες τιμών VCI, VPI με πόρτες) εξετάζει την τιμή της πόρτας εξόδου και τα καινούργια VCI, VPI της σύνδεσης και τέλος επαναμεταδίδει το cell με τα καινούργια VCI, VPI.

Η λειτουργία της μεταγωγής είναι τόσο απλή γιατί εξωτερικοί μηχανισμοί οργανώνουν τον πίνακα αντιστοίχισης πριν από την μεταβίβαση δεδομένων (data). Ο τρόπος που φτιάχνονται αυτοί οι πίνακες καθορίζει δύο θεμελιώδης κατηγορίες ATM συνδέσεων:

- Permanent Virtual Connections (PVC): Το PVC είναι μια σύνδεση που πραγματοποιείται από εξωτερικό μηχανισμό, συνήθως network management, κατά τον οποίο ένα σύνολο από μεταξύ της ATM πηγής και του ATM προορισμού έχουν προγραμματισθεί με τα κατάλληλα VCI/VPI. Τα PVC χρειάζονται ρύθμιση δια χειρός και αυτό κάνει άβολη και απαιτητική την χρήση τους.
- Switched Virtual Connections (SVC): Το SVC είναι μια σύνδεση που πραγματοποιείται αυτόματα διαμέσου ενός πρωτοκόλλου σηματοδότησης. Επειδή δεν χρειάζεται ρύθμιση με το χέρι είναι πιο εύχρηστο απ' ό,τι το PVC και προτιμάται περισσότερο.

Όλη όμως αυτή η διαδικασία πραγματοποίησης συνδέσεων βασίζεται και στα πρωτόκολλα σηματοδότησης και εξαρτάται από το είδος των συνδέσεων (point-to-point και point-to-multipoint).

Σε γενικές γραμμές έγινε μία αποτίμηση βασικών λειτουργιών ενός ATM δικτύου. Παρακάτω θα μιλήσουμε αναλυτικά για τα βασικά μέρη και λειτουργίες του ATM δικτύου.

Η λογική με την οποία θα εξετάσουμε το θέμα του ATM δικτύου θα γίνει σε τρία επίπεδα:

- 1) Στη ροή της πληροφορίας από τα πάνω επίπεδα προς τα κάτω (ATM Adaptation layer, ATM layer, Physical layer, Cell)
- 2) Στο τρόπο που γίνονται οι συνδέσεις μέσω της σηματοδότησης και η μεταγωγή της πληροφορίας (ATM signalling, ATM connection Types, ATM Switching, Virtual Channel - Virtual Path, Virtual Connection Switching - Virtual Path Switching, ATM UNI - NNI - PNNI, Addressing Scheme, QoS)
- 3) Στα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την δρομολόγηση των δεδομένων: LANE, Native Protocols, MPOA.

ATM Μοντέλο Αναφοράς

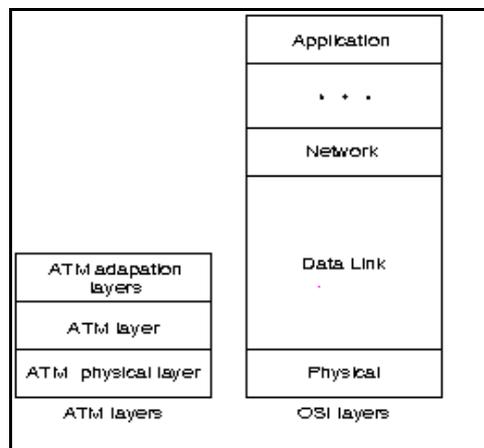
Οι ATM λειτουργίες οριοθετούνται στο επίπεδο 2 (data link layer) του μοντέλου OSI (International Standard Organization) το οποίο καθορίζει επτά επίπεδα.

Το data link επίπεδο ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο.

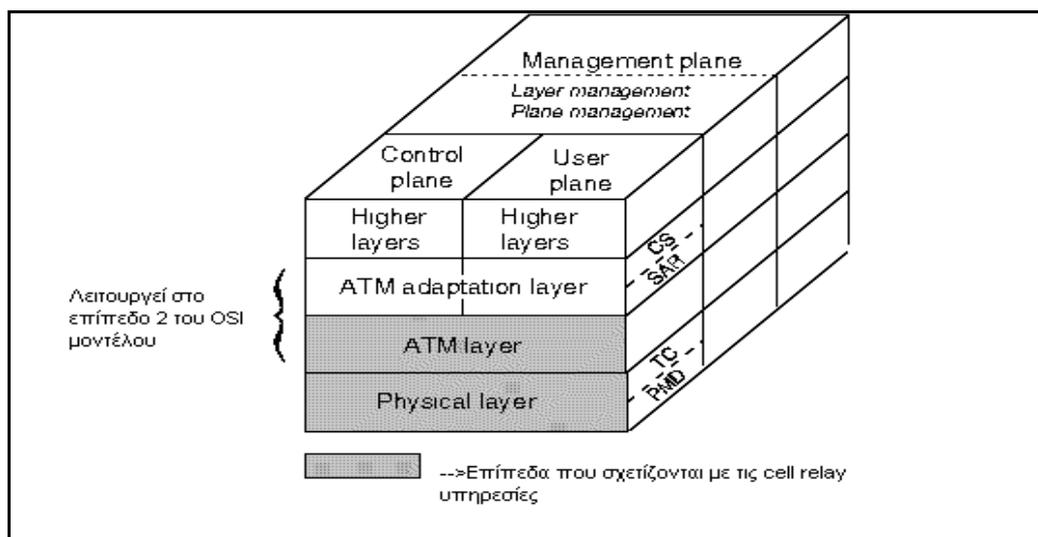
Αυτό το επίπεδο δεν ασχολείται με την μετάδοση όλου του μηνύματος μεταξύ της πηγής και του προορισμού γιατί αυτό είναι δουλειά του επιπέδου 3, μεταφέρει όμως κομμάτια του μηνύματος, τα cells, μεταξύ δύο σημείων. Αυτά τα σημεία δεν είναι απαραίτητο να είναι τελικά σημεία, όπως η πηγή του μηνύματος και ο προορισμός του αλλά μπορεί να είναι ενδιάμεσα σημεία μεταξύ της πηγής και του προορισμού.

Το ATM κατατάσσεται μέχρι το δεύτερο επίπεδο του OSI μοντέλου όμως το ίδιο αποτελείται από τρία επίπεδα λειτουργίας:

- 1) ATM adaptation layer (AAL)
- 2) ATM layer
- 3) ATM physical layer



Το συνολικό όμως μοντέλο αναφοράς πρωτοκόλλων ATM διαφέρει από την φιλοσοφία του OSI γιατί εκτός από τα παράλληλα επίπεδα υπάρχουν και κάθετα σε αυτά. (βλέπε παρακάτω σχήμα)



Οι λειτουργίες των κάθετων επιπέδων συνοψίζονται παρακάτω:

- User plane –Φροντίζει για την μεταφορά πληροφορίας των χρηστών (end -user) διαμέσου του δικτύου. Αυτό το επίπεδο έχει πρώτα από όλα σχέση με το ATM layer και το physical layer, επίπεδα πιο σημαντικά για να πραγματοποιηθούν το cell relay σε ένα ATM δίκτυο. Ασχολείται όμως και με το ATM adaptation layer και με το higher layer protocol.
- Control Plane –Φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδότησης μεταξύ ATM τελικών σημείων (αποστολέα και παραλήπτη ATM δεδομένων) ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση (connection setup). Το Control Plane παρέχει επίσης λειτουργίες βασικές για τις υπηρεσίες μεταγωγής. Μετέχει στις διαδικασίες σηματοδότησης και δρομολόγησης απαραίτητες για τη διευθέτηση (set-up), διαχείριση και την αποδέσμευση συνδέσεων τύπου SVCs (switched virtual connection) μεταξύ δύο σημείων (peer) στο δίκτυο. Ακόμα το Control Plane μοιράζεται με το User Plane τις διευκολύνσεις που παρέχουν το ATM Layer και Physical Layer.
- Management Layer—Έχει λειτουργικό και διαχειριστικό χαρακτήρα και την δυνατότητα να ανταλλάσσει πληροφορία μεταξύ του user plane και control plane. Το management plane πραγματοποιεί δύο βασικές λειτουργίες:

1) layer management, για συγκεκριμένες λειτουργίες όπως η ανίχνευση αποτυχίας και δυσλειτουργίας των πρωτοκόλλων στα layer

2) plane management, για διαχείριση και συντονισμό όλων των λειτουργιών του ATM οικοδομήματος.

Οι λειτουργίες των παράλληλων επιπέδων συνοψίζονται παρακάτω:

- Higher layer application and protocols—Είναι τα επίπεδα πάνω από το ATM adaptation layer (AAL) που έχουν σχέση με συγκεκριμένες επικοινωνιακές εφαρμογές που οι χρήστες έχουν διαλέξει να αναπτύξουν στο δικτυακό περιβάλλον του ATM, όπως TCP/IP, OSI, Advanced Peer-to-Peer Networking APPN κ.α.
- ATM adaptation layer (AAL)—Αυτό το επίπεδο τροποποιεί τα δεδομένα που έρχονται από τα παραπάνω επίπεδα σε ATM cell. Επίσης απομονώνει τα πρωτόκολλα των ανώτερων επιπέδων από τις διεργασίες του ATM.
- ATM layer—Αυτό το επίπεδο παρέχει την ATM cell relay υπηρεσία για το δίκτυο. Επίσης παραδίδει στο φυσικό επίπεδο τα ATM cell για την μεταφορά τους μέσα στο δίκτυο.
- Physical layer—Αυτό το επίπεδο περνάει τα ATM cells που έρχονται από το ATM layer στο φυσικό μέσο μετάδοσης και ανάποδα ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής της πληροφορίας.

Επεξεργασία ATM δεδομένων

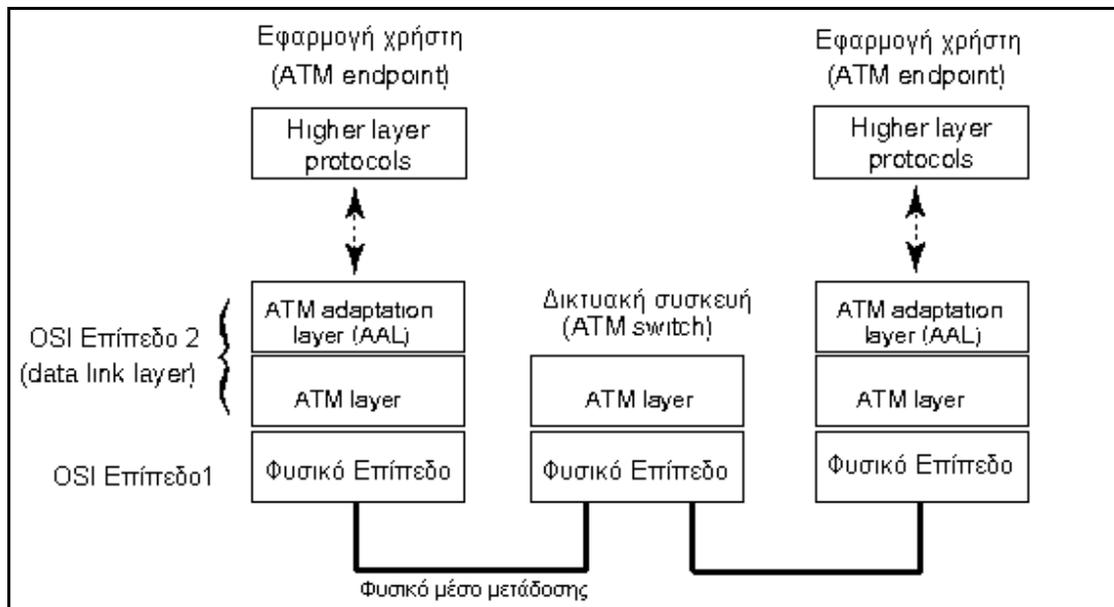
Η μετατροπή των δεδομένων της εφαρμογής (data, video και voice) σε cells και το ανάποδο, πραγματοποιείται στο επίπεδο 2 (data link) του OSI μοντέλου το οποίο στο ATM αποτελείται από δύο επίπεδα:

1) ATM adaptation layer (AAL)

2) ATM layer

Από τη στιγμή που τα δεδομένα έχουν την μορφή ATM cells μεταβιβάζονται στο φυσικό επίπεδο για την μεταφορά τους στο δικτύου η οποία γίνεται από το φυσικό μέσο και τους ATM μεταγωγείς.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει μια απεικόνιση της πορείας που ακολουθούν τα δεδομένα.



ATM Adaptation Layer

Το **ATM Adaptation Layer (AAL)** είναι το επίπεδο που επιτρέπει την διαχείριση διαφορετικών τύπων δεδομένων (φωνή, data, video) σε ένα ενιαίο δίκτυο ATM. Ένας από τους βασικούς στόχους του επιπέδου αυτού είναι να τοποθετήσει τον κατάλληλο header σε κάθε κελί προκειμένου να ενημερώσει τους κόμβους του δικτύου για το είδος της πληροφορίας που μεταφέρει το κάθε κελί, ώστε ο κάθε κόμβος να το μεταχειρισθεί ανάλογα.

Το επίπεδο αυτό παραλαμβάνει δεδομένα από τις πηγές πληροφορίας και φροντίζει για τον τεμαχισμό τους σε κελιά. Ο ρόλος των στρωμάτων προσαρμογής της ATM είναι να αντιστοιχίσουν τους διάφορους τύπους κίνησης (data, φωνή, εικόνα) με το υποκείμενο επίπεδο ATM. Οι λειτουργίες των AAL είναι να τεμαχίσουν τα δεδομένα του χρήστη σε κελιά ATM και να τα επανασυγκολλήσουν στον αποδέκτη. Οι λειτουργίες αυτές γίνονται από τον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη.

Το επίπεδο AAL διακρίνεται σε δύο υποεπίπεδα:

- το επίπεδο τεμαχισμού και επανασυγκόλλησης (SAR - Segmentation And Reassembly)
- το επίπεδο σύγκλισης (CS - Convergence Sublayer).

Το υποεπίπεδο SAR είναι υπεύθυνο για τον τεμαχισμό της πληροφορίας σε κελιά και γι' αυτό στον header του περιλαμβάνει απαριθμητή των τεμαχίων που βοηθά στην ορθή επανασυγκόλληση.

Το υποεπίπεδο CS είναι αρμόδιο για άλλες απαραίτητες λειτουργίες όπως ο χειρισμός χαμένων κελιών, ο έλεγχος σφαλμάτων του πακέτου δεδομένων πριν τον τεμαχισμό του, ο χειρισμός των καθυστερήσεων κ.λ.π.

Τύποι AAL

Προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι απαιτήσεις των διαφόρων τύπων υπηρεσιών έχουν προσδιορισθεί πέντε τύποι AAL.

- **AAL1** : Επιτρέπει μια connection oriented σύνδεση για δεδομένα σταθερής ταχύτητας (constant bit rate). Ο τύπος αυτός είναι κατάλληλος για φωνή και ζωντανή εικόνα.
- **AAL2** : Αφορά connection-oriented συνδέσεις για εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας όπως packetized video.
- **AAL3/4**: Κατ' αρχήν ήσαν χωριστοί τύποι, με τον AAL3 να αντιστοιχεί σε connection oriented συνδέσεις και τον AAL4 για connectionless. Επειδή αναγνωρίστηκε ότι δεν υπάρχει ανάγκη ξεχωριστών προδιαγραφών για connection oriented και connectionless συνδέσεις οι AAL3 και AAL4 αποτέλεσαν ενιαίο τύπο τον AAL3/4. Ο τύπος αυτός επιτρέπει κίνηση μεταβλητής ταχύτητας που δεν απαιτεί συγχρονισμό μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Είναι ο κατάλληλος τύπος για μεταφορά data μεταξύ LAN. Επιπρόσθετα προσφέρει και άλλες υπηρεσίες, μεταξύ των οποίων τη δυνατότητα «αξιόπιστης» μεταφοράς data, καθώς χρησιμοποιεί τμήμα του ωφέλιμου φορτίου (48 byte) για αναγνώριση σφαλμάτων.
- **AAL5** : Ο τύπος αυτός επιβλήθηκε από διάφορους κατασκευαστές για να αντικαταστήσει απλούστερα τον AAL3/4.0 AAL5 έχει τα βασικά χαρακτηριστικά του AAL3/4, αλλά δεν προσφέρει τις πρόσθετες υπηρεσίες του προηγούμενου, απλουστεύοντας το και μη καταναλίσκοντας χώρο από το ωφέλιμο φορτίο.

Τύποι υπηρεσιών

Οι διάφορες υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν τα δίκτυα ATM μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες όπως προβλέπει και το ATM Forum:

- ο Σταθερού ρυθμού (CBR - Constant Bit Rate)
 - ο Μεταβλητού ρυθμού (VBR - Variable Bit Rate)
 - ο Διαθέσιμου ρυθμού (ABR - Available Bit Rate)
 - ο Απροσδιόριστου ρυθμού (UBR - Unspecified Bit Rate)
-
- **Σταθερού ρυθμού (CBR - Constant Bit Rate)**. Πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν ισόχρονη μετάδοση πραγματικού χρόνου όπως τηλεφωνία, μετάδοση video κ.λ.π. Οι εφαρμογές αυτές δεν ανέχονται καθυστερήσεις και στη ουσία απαιτούν από το δίκτυο την πλήρη δέσμευση του απαραίτητου bandwidth σε συνεχή βάση. Το δίκτυο ATM είναι υποχρεωμένο να εγγυάται την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας (QoS Quality of Service) στα κελιά αυτής της κατηγορίας.
 - **Μεταβλητού ρυθμού (VBR - Variable Bit Rate)**. Πρόκειται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που όμως δεν απαιτούν ταυτόχρονα αυστηρή ισόχρονη μετάδοση. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η μετάδοση συμπιεσμένου ήχου και video, όπως σε πολλές εφαρμογές video-conference, διασυνδέσεις τοπικών δικτύων LAN, καθώς και κάθε εφαρμογή με σαφώς προβλέψιμα χαρακτηριστικά κίνησης.
 - **Διαθέσιμου ρυθμού (ABR - Available Bit Rate)**. Εξυπηρετεί εφαρμογές που έχουν ανοχές σε καθυστερήσεις και δεν απαιτούν σταθερό και προκαθορισμένο

bandwidth. Τέτοιες εφαρμογές είναι μετάδοση data για offline εφαρμογές, διασυνδέσεις δικτύων TCP/IP κ.λ.π. Χαρακτηριστικό του τύπου αυτού εξυπηρέτησης είναι η δυνατότητα ενημέρωσης των τελικών χρηστών από το δίκτυο ATM για πιθανή συμφόρηση έτσι ώστε οι χρήστες να ελέγχουν την ροή των δεδομένων και να αποφεύγεται η απώλεια κελιών. Το ABR καθορίστηκε από το ATM Forum το 1995 και είναι καρπός της προσπάθειας για εκμετάλλευση του πλεονάζοντος bandwidth των γραμμών του δικτύου που δεν χρησιμοποιείται από τους υπόλοιπους τύπους υπηρεσιών (CBR, VBR).

- **Απροσδιόριστου ρυθμού (UBR - Unspecified Bit Rate).** Εξυπηρετεί εφαρμογές με ελάχιστες απαιτήσεις εξυπηρέτησης όπως για παράδειγμα μεταφορές αρχείων που εκτελούνται στο παρασκήνιο (background) μιας άλλης εφαρμογής.
- Το UBR δεν εγγυάται ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS) και δεν απαιτεί πρότερη γνώση των χαρακτηριστικών κίνησης. Χρησιμοποιείται με την επίγνωση του χρήστη ότι δεν παρέχεται εγγύηση για την καθυστέρηση μετάδοσης (cell transfer delay, cell delay variation) ή ακόμα και για την απώλεια κελιών.

Κλάσεις ATM

Οι παραπάνω υπηρεσίες χαρακτηρίζονται από κάποιες βασικές παραμέτρους που είναι:

- Σταθερός ή μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης
- Σύνδεση connection oriented ή connectionless
- Συγχρονισμός μεταξύ ακραίων τερματικών.

Ανάλογα με τον συνδυασμό των παραμέτρων αυτών οι εφαρμογές έχουν ταξινομηθεί σε κλάσεις όπως (A, B, C, D).

Κλάση A: Σταθερή ταχύτητα, σύνδεση connection oriented και απαίτηση συγχρονισμού μεταξύ των ακραίων σημείων.

Κλάση B: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση connection oriented και απαίτηση συγχρονισμού μεταξύ των ακραίων σημείων.

Κλάση C: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση connectionless, δεν απαιτείται συγχρονισμός.

Κλάση D: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση connection oriented ή connectionless, δεν απαιτείται συγχρονισμός.

	Κλάση A	Κλάση B	Κλάση C	Κλάση D
Bit Rate	Σταθερό (CBR)	Μεταβλητό (VBR)		
Σύνδεση	Connection oriented			Connectionless
Παράδειγμα εφαρμογής	Circuit Emulation	Compressed Video	Connection oriented data transfer	Connectionless data transfer
Τύπος AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3 & AAL 5	AAL 4

Στο σχήμα παραπάνω φαίνεται με σαφήνεια η σχέση των κλάσεων A-D με τις παραμέτρους και τους τύπους που αναφέρονται στη συνέχεια.

Οι παραπάνω κλάσεις A, B, C, D αναφέρονται σε ποιοτικές έννοιες και πρέπει να συνοδεύονται από κάποιες συγκεκριμένες και μετρήσιμες παραμέτρους ποιότητας ώστε να προσδιορίζεται επακριβώς η προσφερόμενη υπηρεσία.

Στην προδιαγραφή ITU Q.293 έχουν προσδιοριστεί οι επτά παρακάτω παράμετροι ποιότητας σε μετάδοση ATM:

- Ρυθμός εσφαλμένων κελιών (Cell Error Rate)
- Ρυθμός εσφαλμένων μπλοκ κελιών (Severely-Errored Cell Block Ratio)
- Ρυθμός χαμένων κελιών (Cell Loss Ratio)
- Ρυθμός λήψης άσχετων κελιών (Cell Misinsertion Rate)
- Καθυστέρηση μετάδοσης κελιών (Cell Transfer Delay)
- Μέση καθυστέρηση μετάδοσης κελιού (Mean Cell Transfer Delay)
- Διασπορά καθυστέρησης μετάδοσης (Cell Delay Variation)

Οι υπηρεσίες που παρέχουν οι τύποι του AAL εξαρτώνται από τα ανώτερα επίπεδα και τις εφαρμογές των χρηστών. Δηλαδή κάθε τύπος του AAL παρέχει συγκεκριμένες υπηρεσίες για συγκεκριμένο είδος διακίνησης πληροφορίας (Class). Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο γιατί πολλές φορές το AAL5 διαχειρίζεται πληροφορία Class B και το AAL1 διαχειρίζεται πληροφορία Class C.

Πίνακας AAL τύποι και τα αντίστοιχα είδη μετάδοσης πληροφορίας

Τύπος AAL	Χρονική Σχέση	Τρόπος σύνδεσης	Bit Rate	Περιγραφή Υπηρεσίας Μετάδοσης
AAL1 (Class A)	Σύγχρονη	Connection-oriented	Σταθερό	Παρέχει circuit emulation και υπηρεσίες video με σταθερό bit rate που ξεκινά από μερικά kilobits και φτάνει στα 10 megabits. Αυτή η υπηρεσία στηρίζεται σε συνεχές αναλογικό σήμα.
Τύπος AAL	Χρονική Σχέση	Τρόπος σύνδεσης	Bit Rate	Περιγραφή Υπηρεσίας Μετάδοσης
AAL2 (Class B)	Σύγχρονη	Connection-oriented	Μεταβλητό	Παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης φωνής/video έχοντας μεταβλητό bit rate. Υπάρχει συγχρονισμός μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη στη μετάδοση δεδομένων.

AAL3/4 (Class C)	Ασύγχρονη	Connection-oriented	Μεταβλητό	Παρέχει point-to-point ή point-to-multipoint ATM cell relay, κάνοντας συνδέσεις "on the fly" μεταξύ αποστολέα-παραλήπτη. Διαχειρίζεται διαφορετικά είδη πληροφορίας (data, voice, video) την οποία μέσω των ATM cell μεταφέρει σε δίκτυα LAN-WAN. Έχει απώλεια σε δεδομένα (data loss) αλλά δεν υπάρχει καθυστέρηση.
AAL5 (Class D)	Ασύγχρονη	Connectionless	Μεταβλητό	Παρέχει πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταγωγή πακέτων, υπηρεσίες μετάδοσης (LAN) ή Frame Relay (WAN) στις οποίες τα packets/frames φέρουν την απαραίτητη πληροφορία διευθυνσιοδότησης για την αποστολή στο προορισμό τους χωρίς προηγουμένως να πραγματοποιηθούν συνδέσεις μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη.

Λειτουργίες του ATM Adaptation Layer

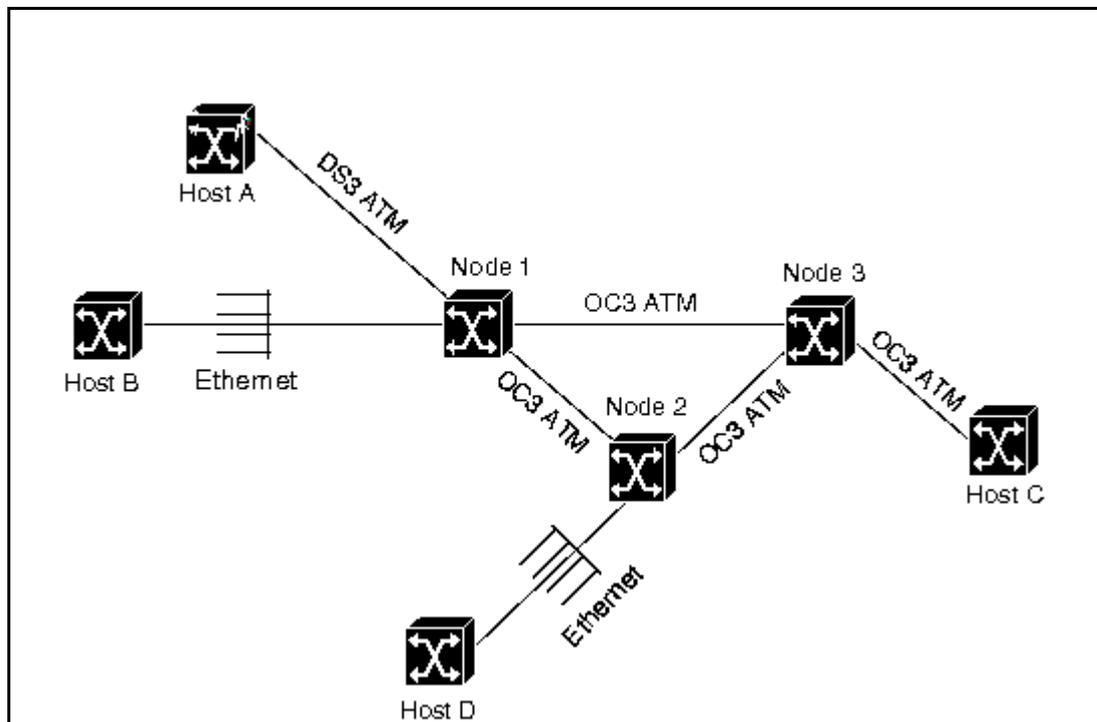
Το ATM adaptation layer αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ των πρωτοκόλλων των ανώτερων επιπέδων και του ATM layer. Η βασική του λειτουργία είναι ο τεμαχισμός και η επανασύσταση των μονάδων δεδομένων (data units) των ανωτέρων επιπέδων καθώς και η αντιστοίχιση τους σε συγκεκριμένου μήκους ωφέλιμο φορτίο (payload) στα ATM cells.

Το AAL μπορεί να χαρακτηριστεί ως ο πιο ουσιαστικός μηχανισμός στην αρχιτεκτονική του ATM. Έχει την ικανότητα να διαχειρίζεται διαφορετικούς τύπους πληροφορίας όπως συνεχής φωνή παραγόμενη από video-conferencing εφαρμογή ή μηνύματα μεγάλου και ξαφνικού φόρτου που παράγονται στα LAN και να τα μετατρέπει στην ίδια μορφή δεδομένων, το ATM cell.

Διαφορετικοί τύποι AAL διαχειρίζονται διαφορετικά είδη πληροφορίας, όλοι όμως καταλήγουν στην ίδια "συσκευασία" των 48-Bytes που αποτελεί και το ωφέλιμο φορτίο του ATM cell.

Σημαντική παρατήρηση είναι ότι το AAL δεν αποτελεί δικτυακή διαδικασία αλλά η λειτουργία του λαμβάνει μέρος στον εξοπλισμό του χρήστη. Συνεπώς το AAL απελευθερώνει το δίκτυο από την εξειδικευμένη διαχείριση των διαφορετικών ειδών πληροφορίας.

Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει την ροή των ATM δεδομένων σ' ένα δίκτυο.



Οι χρήστες A και C είναι συνδεδεμένοι απευθείας στο δίκτυο διαμέσου των ATM interfaces, έτσι κάνουν την AAL επεξεργασία εσωτερικά. Το δίκτυο δεν πραγματοποιεί AAL επεξεργασία για αυτούς τους χρήστες. Όμως για τους χρήστες B και D οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με Ethernet interfaces με τους κόμβους 1 και 2 αντίστοιχα την AAL επεξεργασία την πραγματοποιούν οι κόμβοι. Αυτό συμβαίνει γιατί ουσιαστικά οι χρήστες αυτοί δεν αποτελούν μέρος του ATM δικτύου αλλά επικοινωνούν με αυτό μέσω των ATM interfaces των κόμβων. Παρατηρούμε ότι ο κόμβος 3 που αποτελεί αυθεντικό κομμάτι του ATM δικτύου είναι ανεξάρτητος από AAL διαδικασίες. Το AAL επιτελεί εσωτερικά δύο κύριες λειτουργίες που χαρακτηρίζουν και τα δύο υπό-επίπεδα (sub layers):

- 1) Τη λειτουργία σύγκλισης που ανήκει στο υπό-επίπεδο CS (convergence sub layer)
- 2) Τη λειτουργία τεμαχισμού και επανασύστασης που ανήκει στο υπό-επίπεδο SAR (segmentation and reassembly sub layer).

Ο σκοπός των δύο αυτών υπό-επιπέδων είναι η μετατροπή των δεδομένων του χρήστη σε 48-Bytes ωφέλιμο φορτίο του cell υποστηρίζοντας την ακεραιότητα και την ταυτότητα των δεδομένων του χρήστη.

ATM Layer

Το ATM επίπεδο έχει σχεδιαστεί ώστε να κάνει το ATM δίκτυο πιο αξιόπιστο, πιο προσαρμοστικό και πιο φιλικό στο χρήστη από τους άλλους τύπους δικτύων.

Ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο γειτονικών σημείων, φέρνει στη μορφή των 53-Bytes cell τα δεδομένα και καθορίζει το περιεχόμενο της κεφαλής του ATM cell.

Το ATM Layer εκτελεί τις εξής λειτουργίες:

1)Μεταβιβάζει τα εξερχόμενα ATM cells από το AAL στο φυσικό επίπεδο ώστε να μεταφερθούν μέσω του δικτύου στο τελικό ATM σημείο προορισμού.

2)Μεταβιβάζει τα εισερχόμενα ATM cells από το φυσικό επίπεδο στο AAL κάθε φορά που λαμβάνονται cells από ένα τελικό ATM σημείο "πηγή".

Ουσιαστικά το ATM επίπεδο κάνει cell πολυπλεξία, δημιουργεί την κεφαλή του cell ή την απομακρύνει και μεταφράζει τις τιμές των VPI/VCI. Παρ'όλο που οι ATM λειτουργίες είναι γενικά ομοιόμορφες σ'όλο το δίκτυο ωστόσο εξαρτώνται από το εάν το ATM layer βρίσκεται εντός ενός ATM τελικού σημείου ή εντός ενός ATM switch.

Για παράδειγμα, το ATM layer πρέπει να δημιουργήσει ή να απομακρύνει τις κεφαλές των ATM cells όταν πρόκειται για τελικό σημείο του δικτύου (δηλαδή σημείο προορισμού ή πηγής). Όταν όμως πρόκειται για μεταγωγέα το ATM layer πρέπει συγχρόνως να πολυπλέξει (multiplex/demultiplex) τα ATM cells που ανήκουν σε αρκετές διαφορετικές συνδέσεις και να εξετάσει τα VPI/VCI της κεφαλής ώστε να τα δρομολογήσει στον επόμενο προορισμό.

Σε ένα ATM τελικό σημείο πηγής, το ATM layer ανταλλάσσει μια ροή από cells με το φυσικό επίπεδο, εάν δεν έχει πληροφορία από τα ανώτερα επίπεδα να βάλει τότε εισάγει αδρανή cells ή κενά τα οποία χρειάζονται σύμφωνα με τις QoS (Quality of Service) παραμέτρους. Από τα cells τα οποία εισάγονται μέσω του φυσικού επιπέδου στο ATM επίπεδο, προωθούνται μόνο τα 48-Bytes ωφέλιμο φορτίο του cell στο AAL μαζί με κάποιες παραμέτρους όπως τη PTI (payload type indicator) εάν κατά την πορεία τους τα cells βρέθηκαν σε συνωστισμό και CLP (cell loss priority) εάν τα cells ακολουθούν κάποια κυκλοφοριακή πολιτική (leaky bucket algorithm).

Επίσης το ATM επίπεδο:

- Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης στη κυκλοφορία των cells.
- Έχει μηχανισμούς για επαρκή buffering και αντιμετώπισης των κυκλοφοριακών συμφορήσεων.

Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

Το επόμενο βήμα από την μεταβίβαση των cells από το ATM Layer στο φυσικό τους επίπεδο είναι η τοποθέτησή τους στο φυσικό μέσο μετάδοσης, όπως οι οπτικές ίνες (εάν πρόκειται για μετάδοση σε απόσταση) ή το ομοαξονικό καλώδιο και το UTP (για τοπική μετάδοση). Οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται σε αυτό το βήμα υπάγονται σε δύο υπο-επίπεδα (sublayers) του φυσικού επιπέδου τα οποία

είναι: το TC (transmission convergence) υπο-επίπεδο και το PMD (physical medium dependent) υπο-επίπεδο.

- Το TC υπο-επίπεδο μετατρέπει τη ροή των cells σε ροή πληροφορίας (bits) που μπορεί να μεταφερθεί από το φυσικό μέσο
- Το PMD υπο-επίπεδο είναι ουσιαστικά υπεύθυνο για την πραγματική μετάδοση των δεδομένων στο φυσικό μέσο και γι' αυτό οι λειτουργίες του είναι εξαρτημένες από το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά.

Το φυσικό επίπεδο ουσιαστικά παρέχει στο ATM επίπεδο πρόσβαση στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Όμως το ATM επίπεδο δεν εξαρτάται από κάποιο συγκεκριμένο τύπο φυσικού μέσου μετάδοσης αλλά μπορεί να συνεργαστεί με διάφορα φυσικά interfaces και μέσα μετάδοσης από τα οποία το πιο αξιόλογο είναι η μετάδοση μέσω οπτικών ινών που καθορίζεται από τα πρότυπα του Synchronous Optical Network (SONET).

Πως γίνονται και πως λειτουργούν οι ATM συνδέσεις

Διευθέτηση της σύνδεσης και ATM σηματοδότηση

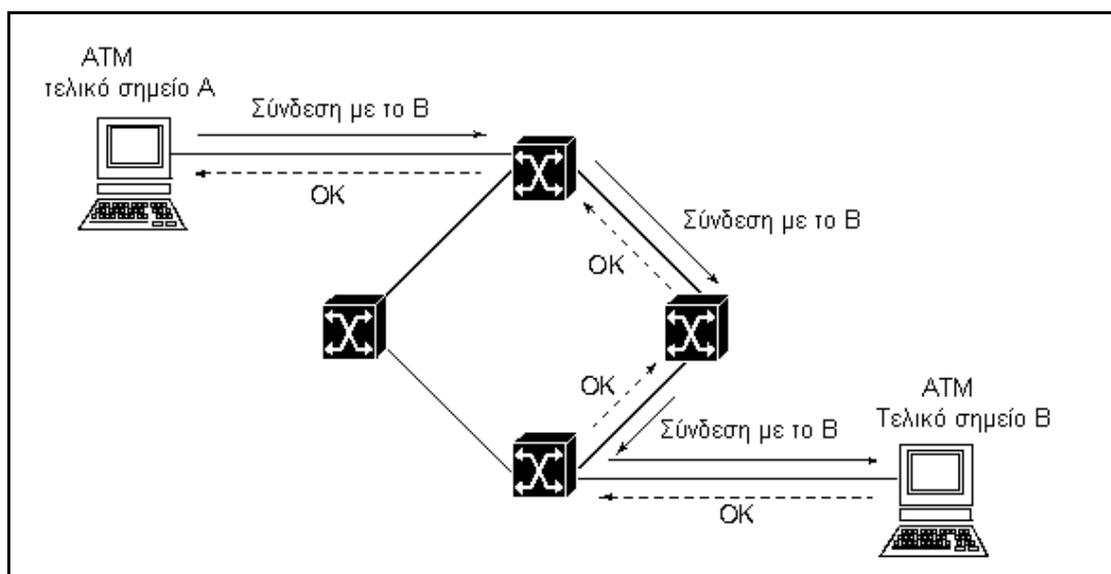
Το ATM είναι connection-oriented cell relay τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων η οποία απαιτεί την πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων πριν την μετάδοση των δεδομένων. Η ATM σηματοδότηση είναι ο μηχανισμός δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ τελικών σημείων διαμέσου του ATM δικτύου.

Για να επιτευχθεί η σύνδεση, πακέτα σηματοδότησης στέλνονται από το σημείο της πηγής στο σημείο προορισμού μέσω ενός virtual channel (υποθετικού καναλιού) το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για διαδικασίες ATM σηματοδότησης.

Όλοι οι μεταγωγείς σε ένα ATM δίκτυο είναι ρυθμισμένοι να δέχονται κάθε πακέτο σηματοδότησης από το αποκλειστικό υποθετικό κανάλι σηματοδότησης. Μόλις λάβουν οι μεταγωγείς τέτοιο πακέτο ξεκινούν μια εσωτερική διαδικασία προώθησης της αίτησης για πραγμάτωση της σύνδεσης διαμέσου του δικτύου.

Το μήνυμα της σηματοδότησης δρομολογείται από μεταγωγέα σε μεταγωγέα κτίζοντας έτσι ένα "διάδρομο" έως ότου φτάσει στο τελικό σημείο του προορισμού. Το τελικό σημείο μπορεί είτε να δεχθεί είτε να απορρίψει την αίτηση σύνδεσης. Εάν η αίτηση σύνδεσης γίνει αποδεκτή τότε αρχίζει ροή δεδομένων από τη πηγή στο προορισμό μέσω του νέο-εγκατεστημένου διαδρόμου. Εάν όμως η αίτηση σύνδεσης απορριφθεί τότε παύει και η ύπαρξη του "διαδρόμου".

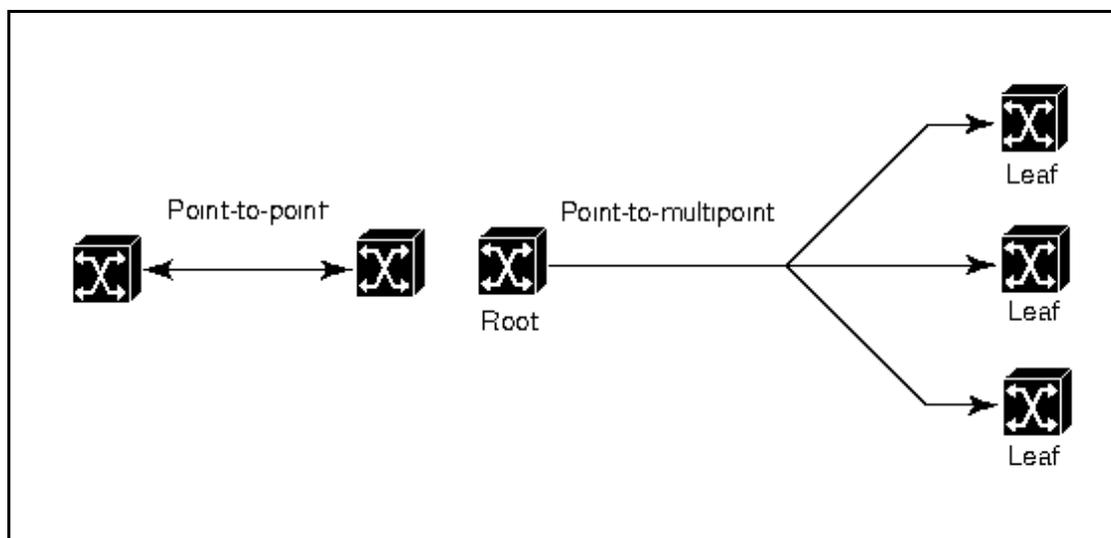
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΣΩ ATM ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ



Τύποι σύνδεσης

Οι τρόποι σύνδεσης μεταξύ σημείων σε ένα ATM δίκτυο είναι δύο ειδών:

- Point-to-point –Συνδέει δύο ATM τελικά σημεία. Τέτοιες συνδέσεις είναι διπλής κατεύθυνσης σε λειτουργία και απαιτούν την πραγματοποίηση δύο υποθετικών καναλιών (virtual channel) για να ολοκληρωθεί ο διάδρομος μετάδοσης μεταξύ των δύο επικοινωνούντων σημείων.
- Point-to-multipoint—Συνδέει ένα ATM τελικό σημείο (το οποίο ονομάζεται root-ρίζα) με πολλά τελικά σημεία (leaves-φύλλα-Τοπολογία δέντρου). Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται από ένα ATM μεταγωγέα σε μία σύνδεση που χωρίζεται σε δύο ή περισσότερους κλάδους. Τέτοιου είδους συνδέσεις είναι μονής κατεύθυνσης επιτρέποντας στη ρίζα να μεταδίδει δεδομένα προς τα φύλλα ενώ τα φύλλα δεν μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα ούτε στη ρίζα αλλά ούτε μεταξύ τους.



ATM Μεταγωγή

Η ATM τεχνολογία χρησιμοποιεί μια τεχνική μεταγωγής για δυναμική δρομολόγηση και μεταφορά του cell στο ATM δίκτυο. Αυτό γίνεται μέσα από την:

1. εγκατάσταση υποθετικών καναλιών VC (virtual channel) και συνδέσεων υποθετικών καναλιών.
2. εγκατάσταση υποθετικών διαδρομών VP (virtual paths) και συνδέσεων υποθετικών διαδρομών.
3. εκτέλεση virtual channel και virtual path μεταγωγή.

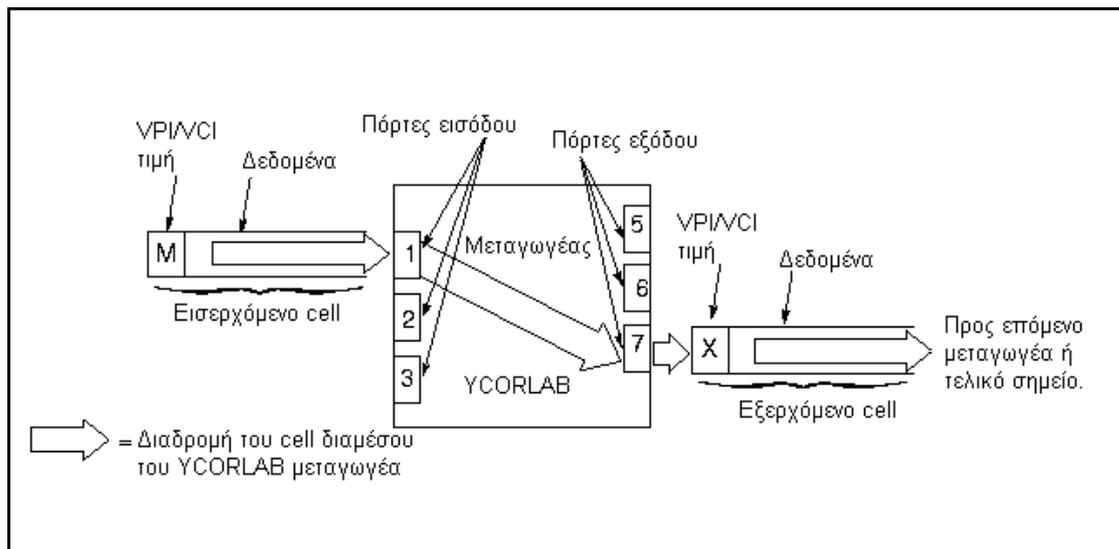
Οι ATM τεχνικές μεταγωγής βασίζονται στα δύο πεδία που περιέχει η κεφαλή του ATM cell, δηλαδή στο VPI (Virtual Path Identifier) και VCI (Virtual Channel Identifier).

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.

Ουσιαστικά το ATM λειτουργεί ως εξής:

1. Ένας μεταγωγέας διαβάζει ένα εισερχόμενο ATM cell που φτάνει σε μία συγκεκριμένη πόρτα και το οποίο έχει σταλεί από έναν άλλο μεταγωγέα του δικτύου. Το εισερχόμενο cell περιέχει πληροφορία δρομολόγησης στα δύο πεδία VCI και VPI.
2. Η συσκευή που δέχεται το cell χρησιμοποιεί το συνδυασμό της πόρτας εισόδου και της πληροφορία των VCI/VPI πεδίων για να καθορίσει ποια θα είναι η επόμενη πορεία του. Ο μεταγωγέας ενεργεί κατά αυτό το τρόπο με βάση τον εσωτερικό του πίνακα όπου περιέχονται οι αντιστοιχίες των ζευγών μεταξύ πορτών εισόδου-πεδία VCI/VPI και πορτών εξόδου-πεδία VPI/VCI.
3. Ο μεταγωγέας αντικαθιστά τα εισερχόμενα VCI/VPI με τα εξερχόμενα VCI/VPI και στέλνει το ATM cell μέσω της πόρτας εξόδου στην επόμενη συσκευή μεταγωγής. Δηλαδή κατά την έξοδο του από ένα μεταγωγέα, το cell έχει καινούργιες τιμές στα πεδία VCI/VPI που χρησιμοποιούνται για λόγους δρομολόγησης της επόμενης ATM σύνδεσης.
4. Ο επόμενος μεταγωγέας που δέχεται το cell το εξετάζει και κάνει την αντιστοίχιση μεταξύ των ζευγών μεταξύ πορτών εισόδου-πεδία VCI/VPI και πορτών εξόδου-πεδία VPI/VCI.
5. Και η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου το ATM cell φτάσει στο τελικό του προορισμό.

Η πορεία ενός ATM cell διαμέσου ενός μεταγωγέα



Η ολοκλήρωση των λειτουργιών της μεταφοράς των cells μέσω της ATM τεχνολογίας βασίζεται στις δικτυακές κατασκευές που ονομάζονται VCCs (Virtual channel Connections) και VPs (Virtual Paths).

Σήμανση

Η σήμανση είναι μια λειτουργία που φροντίζει για την δυναμική αποκατάσταση, την υποστήριξη και την απόλυση μιας σύνδεσης ATM. Όταν αποκαθίσταται μια σύνδεση η σήμανση βοηθά για την διαπραγμάτευση των παραμέτρων της ποιότητας εξυπηρέτησης, των χαρακτηριστικών μετάδοσης κ.λ.π.

Υπάρχει ένα ειδικό AAL που ονομάζεται SAAL (Signaling AAL) και χρησιμοποιείται για τη σήμανση. Η σήμανση για το δημόσιο και ιδιωτικό UNI interface αλλά και για ένα ιδιωτικό NNI Interface υπακούει στην προδιαγραφή Q.2931 της ITU. Η σήμανση για το δημόσιο NNI Interface υπακούει στις προδιαγραφές Q.2761-Q.2764 της ITU.

Τυποποιήσεις

Παραθέτονται οι σημαντικότερες συστάσεις της ITU που σχετίζονται με την ATM.

- I.150 Functions of the ATM
- I.211 B-ISDN service aspects.
- I.361 Specification of the ATM layer.
- I.362 ATM adaptation layer functional description.
- I.363 ATM adaptation layer specification.
- I.371 ATM traffic and congestion control

- I.413 UNI
- I.432 UNI physical layer specification.
- I.610 OAM principles and functions
- I.356 ATM layer cell transfer performance.
- Q.2100 ATM adaptation layer for signalling.
- Q.2931 Digital Subscriber Signalling No 2 (DSS2)

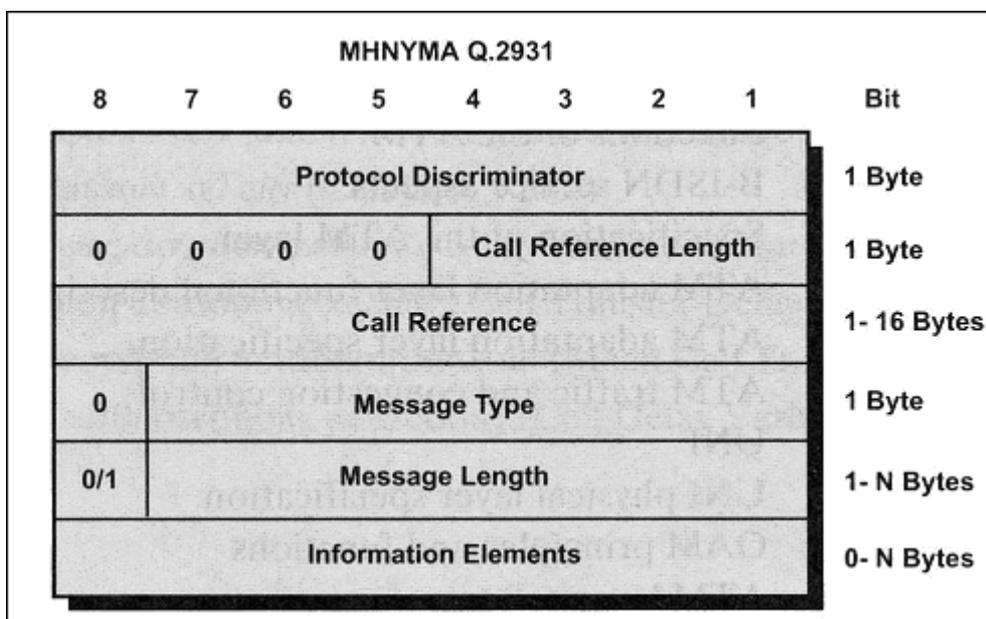
Δομή μηνύματος Q.2931

Ένα τυπικό μήνυμα σήμανσης της προδιαγραφής Q.2931 αποτελείται πέντε μέρη όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω.

Protocol discriminator. Αποτελείται από 8 bit. Είναι το πεδίο που προσδιορίζει τον τύπο του πρωτοκόλλου σήμανσης που χρησιμοποιείται.

Call Reference Length. Είναι πεδίο των τεσσάρων bit και προσδιορίζει το μήκος του πεδίου Call Reference που έπεται σε bytes.

Call Reference. Είναι μεταβλητού μήκους από ένα έως δεκαέξι byte και είναι ένας αριθμός αναφοράς που χαρακτηρίζει μια σύνδεση. Όταν η σύνδεση τερματίζεται ο αριθμός αυτός ακυρώνεται για να χρησιμοποιηθεί πάλι για κάποια άλλη σύνδεση.



Message Type Field. Έχει μήκος ένα byte και χρησιμοποιείται για να υποδείξει ποιο από τα εικοσιένα διαφορετικά μηνύματα σήμανσης αποστέλλεται.

Message Length. Το πεδίο αυτό προσδιορίζει το μήκος σε byte του Q.2931 καθαρού μηνύματος που ακολουθεί. Το όγδοο bit του πεδίου έχει τιμή 1 εκτός αν το πεδίο εκτείνεται και στο επόμενο byte οπότε έχει τιμή 0.

Information Elements. Το πεδίο αυτό είναι μεταβλητού μήκους και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα περιεχόμενα των διαφόρων μηνυμάτων της σήμανσης.

Παράλληλα με το πρωτόκολλο Q.2931 της ITU, το ATM Forum έχει εκδώσει προδιαγραφές για το πρωτόκολλο σήμανσης που είναι ενσωματωμένες στο UNI 3.1 και UNI 4.0. Οι προδιαγραφές UNI 3.1 και UNI 4.0 εκδόθηκαν αργότερα από τις προδιαγραφές Q.2931 και βασίζονται σε αυτές. Μάλιστα η έκδοση 4.0 αναφέρει μόνο τις λίγες διαφορές που υπάρχουν από το Q.2931.

Σε ότι αφορά την σήμανση μεταξύ κόμβων ATM το ATM Forum έχει εκδώσει την προδιαγραφή PNNI (Private NNI) που απαρτίζεται από δύο πρωτόκολλα. Ένα για τον προσδιορισμό της τοπολογίας των κόμβων και ένα για την σήμανση αποκατάστασης σύνδεσης μεταξύ των κόμβων που βασίζεται στη σήμανση UNI.

Τεχνικές μεταγωγής κόμβων

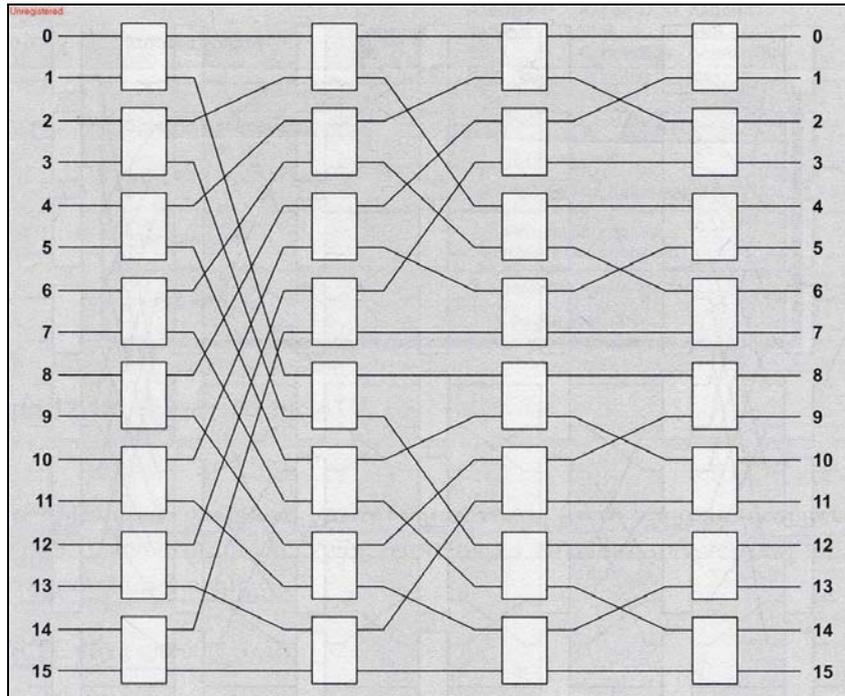
Ένας κόμβος ATM αποτελείται από τα εξής:

- Θύρες εισόδου - εξόδου
- Ζευκτικό πεδίο
- Μονάδα επεξεργασίας, ελέγχου και διαχείρισης

Το ζευκτικό πεδίο είναι ο μηχανισμός που επιτυγχάνει την δρομολόγηση των κελιών από θύρες εισόδου σε θύρες εξόδου. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ζευκτικών πεδίων, οι time division και οι space division.

Time division

Στην τεχνική αυτή τα κελιά μεταφέρονται και μετάγονται ή χρησιμοποιώντας μια κοινή αρτηρία (bus) ή ένα δακτύλιο ή χρησιμοποιώντας ελεγκτές εισόδου και εξόδου σε κοινή μνήμη. Το ζευκτικό πεδίο χαρακτηρίζεται non blocking όταν η διαμετακομιστική του ικανότητα είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των ικανοτήτων της κάθε θύρας. Ο χρόνος διέλευσης των κελιών από ένα τέτοιο κόμβο είναι προβλέψιμος και μικρός. Η τεχνική αυτή διευκολύνει την υποστήριξη ταυτόχρονης αποστολής κελιών σε πολλούς αποδέκτες (multicasting) καθώς δεν απαιτείται η αντιγραφή κελιών σε πολλά αντίτυπα.



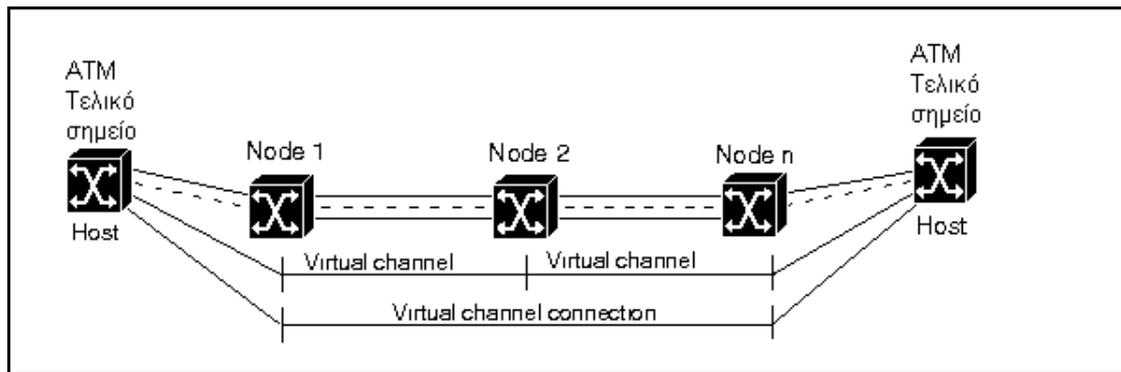
Space division

Η μεταγωγή space division είναι γνωστή και σαν multistage matrix switching. Η πιθανότητα μπλοκαρίσματος είναι υπαρκτή και αντιμετωπίζεται με διάφορους τρόπους και τεχνικές μια από τις οποίες είναι η τοποθέτηση προσωρινής μνήμης (buffer) πριν ή μετά από τις διάφορες βαθμίδες μεταγωγής. Γνωστές αρχιτεκτονικές που υλοποιούν αυτού του είδους τη μεταγωγή είναι η "εκτεταμένου ζευκτικού πεδίου", η Banyan, η Benes, η Parallel Banyan, η Batcher Banyan, η Tandem Banyan κ.λ.π. Ο χρόνος μεταγωγής αυξάνεται λόγω του γεγονότος ότι το κελί έχει να διασχίσει περισσότερες βαθμίδες μεταγωγής ή buffers και συχνά η ακρίβεια πρόβλεψης του είναι μικρή.

Virtual Channels και Virtual Channel Connections

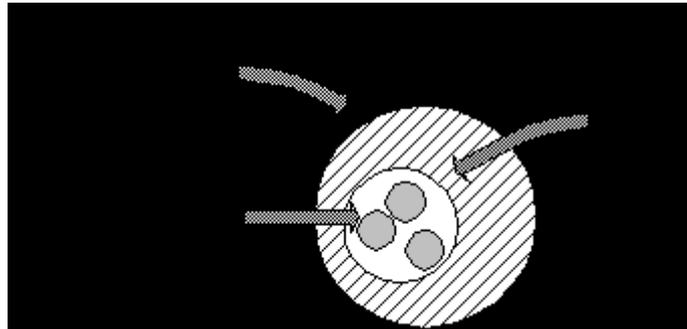
Επειδή η τεχνολογία ATM είναι connection-oriented καμία πληροφορία δεν μπορεί να μεταφερθεί από ένα τελικό σημείο σε ένα άλλο εάν πρώτα δεν έχει δημιουργηθεί μεταξύ τους σύνδεση. Το Virtual Channel (υποθετικό κανάλι) είναι ένα λογικό κύκλωμα που εξασφαλίζει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων σ'ένα ATM δίκτυο. Ένα virtual channel προσδιορίζεται από τον συνδυασμό των πεδίων VPI και VCI της κεφαλής του ATM cell. Το VCC (Virtual Channel Connections) αποτελεί την σύνδεση μεταξύ δύο τελικών κόμβων του δικτύου που έχουν ροή δεδομένων μεταξύ τους. Αυτού του είδους οι συνδέσεις γίνονται όταν χρειάζονται (on demand), γεγονός που είναι σύνηθες για υπηρεσία ATM μεταγωγής σε ένα ιδιωτικό δίκτυο. Στα δημόσια δίκτυα αυτές οι συνδέσεις έχουν προβλεφτεί ποιες θα είναι και συνήθως φτιάχνονται προκαταβολικά.

Όλη η επικοινωνία μεταξύ δύο τελικών σημείων σε ένα ATM δίκτυο μπορεί να πραγματοποιηθεί διαμέσου του VCC. Αυτού του είδους η σύνδεση προστατεύει την σειρά μεταξύ των ATM cells κατά την μεταφορά τους μεταξύ δύο τελικών σημείων και εγγυάται κάποιο βαθμό ποιοτικής υπηρεσίας QoS. Τα ATM cells όμως μπορούν να μεταφερθούν και μέσα σε υποθετικές διαδρομές (virtual paths) VPs.



Virtual Paths και Virtual Path Connections

Ένα virtual path (VP) είναι μία δέσμη από virtual channels η οποία κατευθύνεται σ'ένα ATM τελικό σημείο. Το VP είναι σαν ένας σωλήνας 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, το VCI πεδίο αγνοείται. Από την πλευρά του δικτύου ένα ATM cell μπορεί να είναι είτε VP cell είτε VC cell. Εάν ένα cell που διασχίζει το δίκτυο είναι VP cell, τότε το δίκτυο προσέχει το VPI πεδίο της κεφαλής του cell, ενώ εάν είναι VC cell τότε το δίκτυο προσέχει το VCI πεδίο.

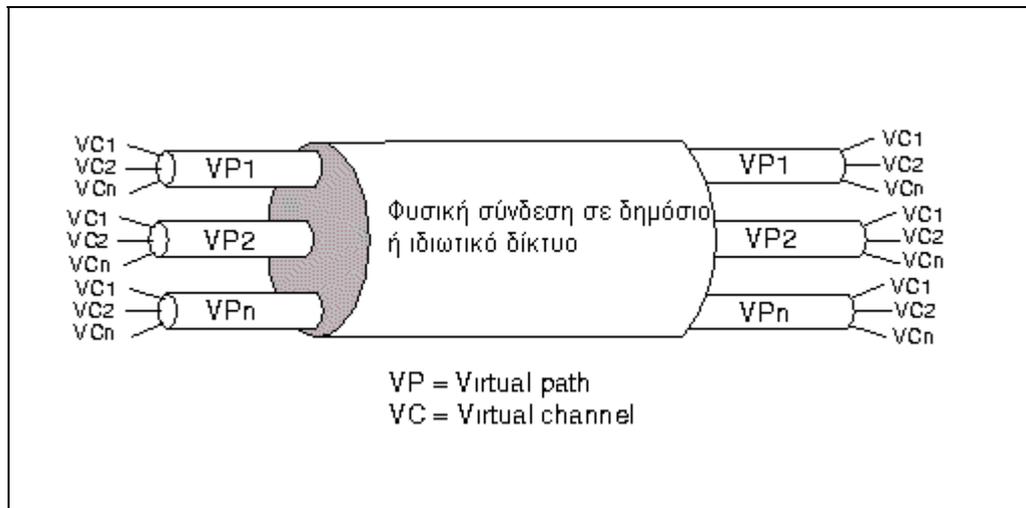
Δύο πλεονεκτήματα προέρχονται από τα VPs στο δίκτυο:

- 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.

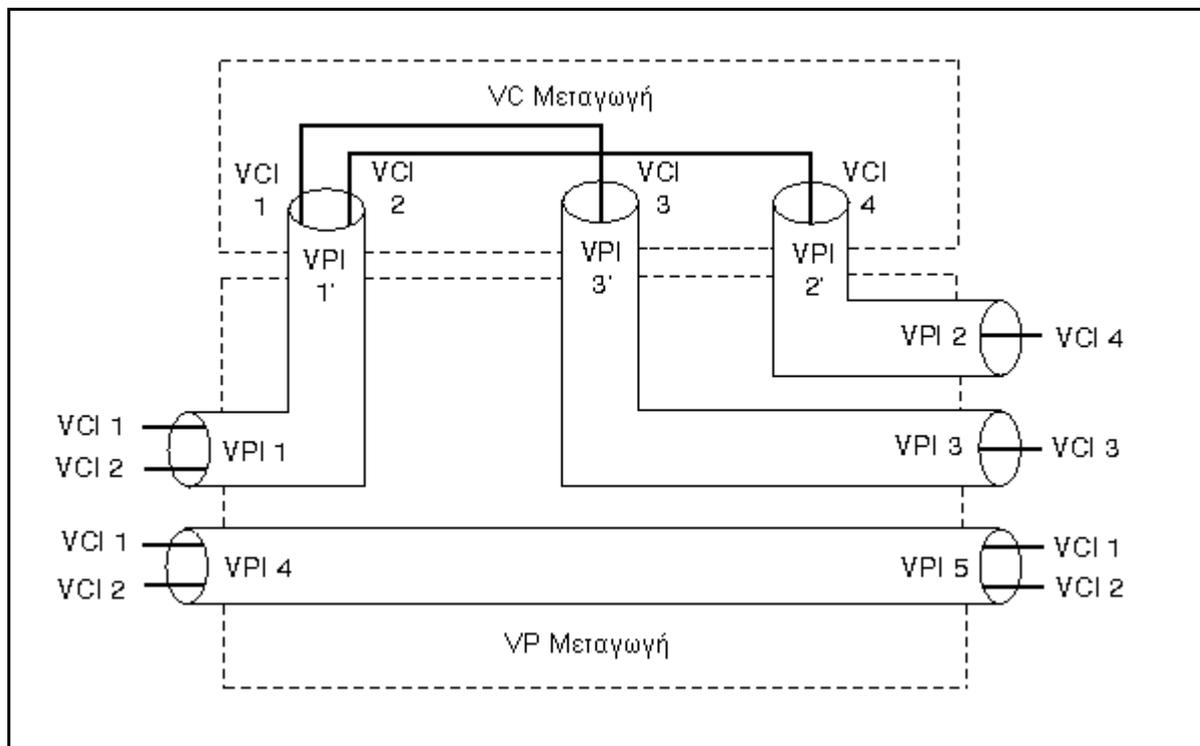
Το πρακτικό κέρδος της χρήσης VPs σε ένα ATM δίκτυο είναι η δυνατότητα συσσώρευσης των cells πολλών χρηστών για μεταφορά στο δίκτυο μέσα από μία φυσική σύνδεση με σήμα υψηλού ρυθμού (high rate signal).

Έτσι τα VPs παρέχουν ένα αποτελεσματικό τρόπο μεταφοράς πληροφορίας που κατευθύνεται στον ίδιο προορισμό. Επίσης τα VPs είναι χρήσιμα για μετάδοση πληροφορίας που απαιτεί σταθερά QoS (καθόλη την διάρκεια -απόσταση).

Virtual channels εντός Virtual paths



Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη ροή της ATM πληροφορίας σ'ένα δίκτυο κατά τη διάρκεια virtual channel μεταγωγής και virtual path μεταγωγής. Στη VC μεταγωγή προσοχή δίνεται στις μεμονωμένες συνδέσεις (καλώδια) και κατευθύνεται η πληροφορία ανάλογα, ενώ στη VP μεταγωγή το δίκτυο προσέχει συνολικά την μετάδοση.



Στη διαδικασία της δημιουργίας μιας σύνδεσης γίνεται απαραίτητη η χρήση των πρωτοκόλλων σηματοδότησης. Παρακάτω θα αναφερθούν οι τύποι των πρωτοκόλλων σηματοδότησης και το σχήμα της διευθυνσιοδότησης που χρησιμοποιείται στη πραγματοποίηση συνδέσεων σ'ένα ATM δίκτυο.

Τα ATM πρωτόκολλα σηματοδότησης διαφέρουν ανάλογα με την σύνδεση την οποία υποστηρίζουν. Για παράδειγμα ένα ATM δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει ένα ιδιωτικό δίκτυο ή ένα δημόσιο δίκτυο ή το συνδυασμό αυτών. Οι συνδέσεις που γίνονται σε τέτοιου είδους δίκτυα διαφέρουν οπότε διαφέρουν και οι μηχανισμοί διασύνδεσης.

Για το λόγο αυτό έχουμε:

1) UNI (User-to-Network Interface)—Το πρότυπο του ATM Forum UNI3.0/3.1 καθορίζει το μηχανισμό διασύνδεσης (interface) μεταξύ μιας ATM συσκευής (host, router) και ενός ATM μεταγωγέα. Αυτός ο μηχανισμός διασύνδεσης χαρακτηρίζεται στα αγγλικά και ως “edge interface”. Μπορεί όμως να συνδέσει και δύο ATM μεταγωγείς. Οι προδιαγραφές του UNI 3.1 βασίζονται στο Q.2931, ένα πρωτόκολλο που έχει αναπτύξει ο οργανισμός ITU-T.

2) NNI(Network-to-Network Interface)—Το NNI αναφέρεται στο μηχανισμό διασύνδεσης μεταξύ δύο ATM μεταγωγέων που βρίσκονται ή σε ιδιωτικό δίκτυο ή σε δημόσιο δίκτυο.

3) P-NNI (Private or Public Network-to-Network Interface)—Το P-NNI έχει σχεδιαστεί ώστε να ικανοποιεί από μικρά δίκτυα με λίγους μεταγωγείς έως μεγάλα δίκτυα με χιλιάδες μεταγωγείς (Global ATM-Internet). Οι προδιαγραφές του ATM Forum καθορίζουν δύο πρωτόκολλα:

- P-NNI πρωτόκολλο σηματοδότησης το οποίο αναμεταδίδει τις UNI αιτήσεις σύνδεσης μεταξύ μιας πηγής και ενός προορισμού. Δηλαδή μεταφράζει την UNI αίτηση σύνδεσης σε NNI για την μετάδοση της διαμέσου του δικτύου.
- P-NNI πρωτόκολλο δρομολόγησης υποθετικού κυκλώματος (virtual circuit routing protocol). Αυτό το πρωτόκολλο δρομολογεί τις αιτήσεις για σύνδεση διαμέσου του ATM δικτύου.

Το πρότυπο του P-NNI παρέχει διασύνδεση και σε ATM μεταγωγείς μεταξύ ιδιωτικού με δημόσιου δικτύου. Γενικά ο σκοπός των ATM πρωτοκόλλων σηματοδότησης είναι η δημιουργία SVCs (Switched Virtual Connections) σ'ένα ATM δίκτυο. Πρέπει ωστόσο να ειπωθεί ότι το ότι η πιο σημαντική συνεισφορά του UNI3.0/3.1 στο ATM δίκτυο είναι η διευθυνσιοδότηση.

Διευθυνσιοδότηση ATM

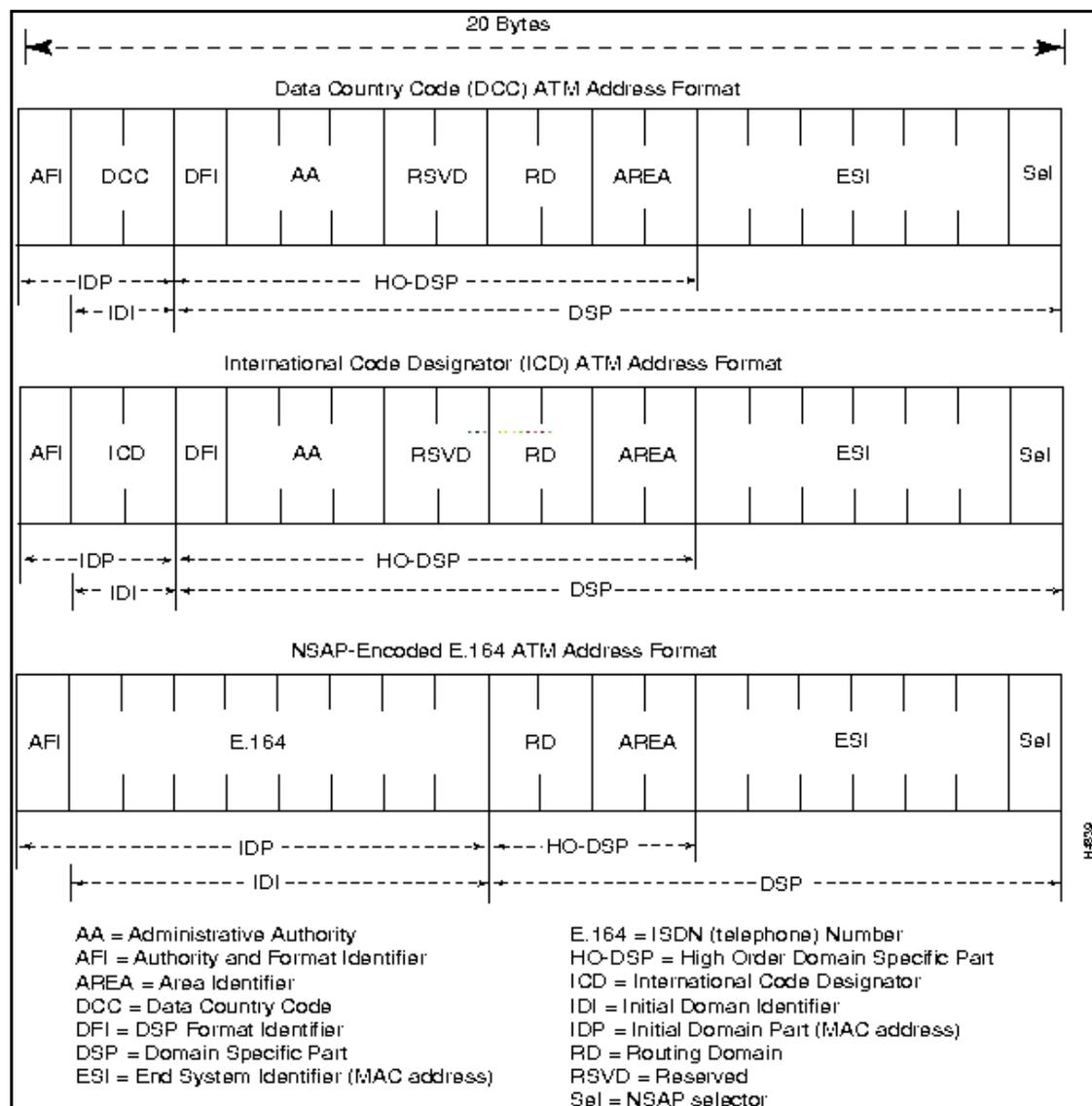
Κάθε πρωτόκολλο σηματοδότησης χρειάζεται ένα σχήμα διευθυνσιοδότησης μέσω του οποίου θα εξακριβώνει την ταυτότητα της πηγής και του προορισμού μιας σύνδεσης. Ο οργανισμός ITU-T είχε καταλήξει στην χρησιμοποίηση του τηλεφωνικού αριθμητικού συστήματος E.164 σαν τη δομή διευθυνσιοδότησης για το δημόσιο δίκτυο B-ISDN. Όμως επειδή το E.164 είναι δημόσιος πόρος και δεν μπορεί να καταναλώνεται για ιδιωτικά δίκτυα το ATM Forum προχώρησε στη δημιουργία διευθύνσεων ιδιωτικής χρήσης. Στη προσπάθεια του UNI3.0/3.1 για ανάπτυξη διευθύνσεων στα ιδιωτικά δίκτυα αξιολογήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα διευθυνσιοδότησης το peer addressing model και το subnetwork or overlay addressing model. Επιλέχθηκε το δεύτερο γιατί δίνει τη δυνατότητα σε κάθε επίπεδο

να αναπτύσσεται ανεξάρτητα των άλλων γεγονόσ πολύ σπουδαίο για την εξέλιξη του ATM στο κατασκευαστικό και εμπορικό τομέα. Με την επιλογή του overlay μοντέλου το ATM Forum καθόρισε τη μορφή των ιδιωτικών διευθύνσεων οι οποίες βασίζονται στη NSAP (Network Service Access Point) διεύθυνση του OSI.

Διευθύνσεις Ιδιωτικού ATM Δικτύου

Αρκετές μορφές διευθύνσεων έχουν οριστεί από το ATM Forum για την χρησιμοποίηση τους στα ιδιωτικά ATM δίκτυα.

Τύποι διευθύνσεων



Όλοι οι τύποι NSAP ATM διευθύνσεων αποτελούνται από τρία συστατικά:

1. AFI (Authority and Format Identifier) - Αναγνωρίζει το τύπο του IDI (Initial Domain Identifier)
2. IDI - Αναγνωρίζει το καταμερισμό των διευθύνσεων και την αρχή διαχείρισης.

3. DSP (Domain Specific Part) - Περιέχει την κυρίως πληροφορία δρομολόγησης.

Οι τρεις τύποι διευθύνσεων περιγράφονται περιληπτικά παρακάτω:

1. DCC (Data Country Code) - Σε αυτό το τύπο το IDI είναι το DCC. Ένα DCC αντιστοιχεί σε κάποια συγκεκριμένη χώρα όπως έχει οριστεί στο ISO 3166. Τα DCC τα διαχειρίζεται το ISO National Member Body για κάθε χώρα.
2. ICD (International Code Designator) - Σε αυτό το τύπο το IDI είναι το ICD. Ένα ICD αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο διεθνή οργανισμό. Τα ICD κατανέμονται σύμφωνα με το ISO 6532.
3. NSAP-Encoded E.164 - Σε αυτό το τύπο το IDI είναι ένας αριθμός E.164 ο οποίος μοιάζει στη λειτουργία με τους κοινούς αριθμούς τηλεφώνου.

Αυτές οι τρεις ιδιωτικές διευθύνσεις μπορούν να είναι συγκεκριμένες τοπικά σε μια χώρα ή μπορεί να είναι παγκοσμίως μοναδικές.

Διευθύνσεις Δημοσίου ATM Δικτύου

Τα δημόσια ATM δίκτυα χρησιμοποιούν E.164 διευθύνσεις όπως έχουν καθοριστεί από τον οργανισμό ITU-T. Τέτοιου είδους διευθύνσεις χρησιμοποιούν τα δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα. Οι E.164 διευθύνσεις συνήθως δεν χρησιμοποιούνται στα ιδιωτικά δίκτυα, όμως μπορεί να ενσωματωθεί μια E.164 διεύθυνση σε μορφή NSAP-Encoded για την χρήση της σε ιδιωτικό δίκτυο.

Ποιοτική Υπηρεσία (QoS)

Μία από τις βασικές λειτουργίες που γίνονται κατά την διάρκεια διευθέτησης της σύνδεσης μέσω των πρωτοκόλλων σηματοδότησης είναι η παροχή ποιοτικής υπηρεσίας QoS. Το ATM δίκτυο παρέχει σε κάθε χρήστη του ποιοτική υπηρεσία εφόσον ο χρήστης κατά την διάρκεια διευθέτησης της σύνδεσης ενημερώσει το δίκτυο για τη φύση της πληροφορίας που θα σταλεί διαμέσου της σύνδεσης καθώς επίσης και για το QoS τύπο που απαιτεί η σύνδεση. Το πρώτο περιγράφεται με ένα σύνολο από παραμέτρους διακίνησης της πληροφορίας ενώ το δεύτερο καθορίζεται από ένα σύνολο με τις απαιτούμενες QoS παραμέτρους. Η πηγή της πληροφορίας πρέπει να ενημερώσει το δίκτυο κατά τη διάρκεια διευθέτησης της σύνδεσης για τη φύση της πληροφορίας και για το QoS τύπο κάθε κατεύθυνση της σύνδεσης (οι παράμετροι μπορεί να είναι διαφορετικοί για κάθε κατεύθυνση). Τα ATM δίκτυα προσφέρουν ένα συγκεκριμένο σύνολο από τάξεις υπηρεσιών και κατά τη διευθέτηση της σύνδεσης ο χρήστης πρέπει να απαιτήσει κάποια συγκεκριμένη τάξη υπηρεσίας από το δίκτυο για τη σύνδεση.

Οι τάξεις QoS όπως έχουν καθοριστεί από το ATM Forum για το πρωτόκολλο UNI 4.0 είναι οι εξής:

1) CBR (Continuous Bit Rate): Τα τελικά συστήματα χρησιμοποιούν CBR τύπου συνδέσεις μεταφέροντας πληροφορία με σταθερό bit rate και σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων. Χρησιμοποιείται συνήθως για circuit emulation.

2) VBR(RT) {Variable Bit Rate—Real Time}: Χρησιμοποιείται σε συνδέσεις που μεταφέρουν πληροφορία με μεταβλητό bit rate στις οποίες όμως υπάρχει σταθερή

χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων. Τέτοιου είδους συνδέσεις γίνονται σε εφαρμογές όπως μεταβλητού bit rate συμπιεσμένου video.

3) VBR(NRT) { Variable Bit Rate—Non Real Time}: Χρησιμοποιείται σε συνδέσεις που μεταφέρουν πληροφορία με μεταβλητό bit rate στις οποίες όμως δεν υπάρχει σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων αλλά υπάρχει ακόμα η απαίτηση για κάποια ποιοτική υπηρεσία. Αυτή η τάξη υπηρεσίας χρησιμοποιείται για το Frame Relay στη περίπτωση αντιστοίχισης του CIR (Committed Information Rate –του Frame Relay) σε εγγύηση για εύρος ζώνης μέσα σε ένα ATM δίκτυο.

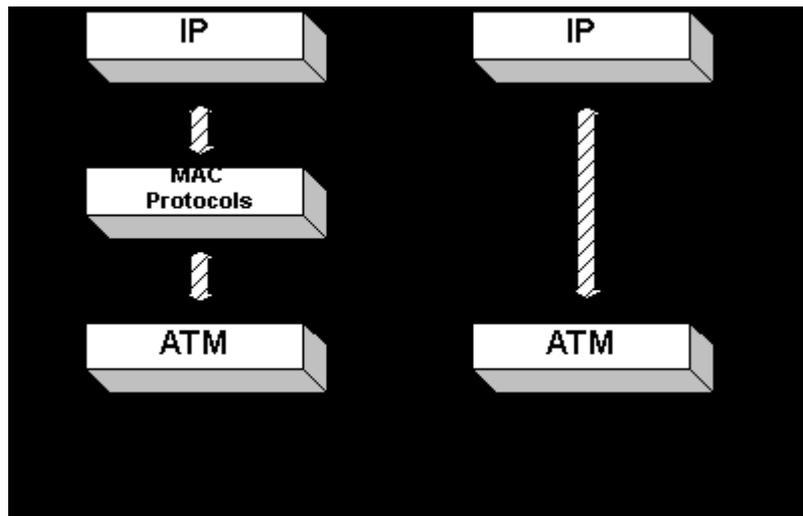
4) ABR (Available Bit Rate): Όπως και η VBR (NRT) υπηρεσία έτσι και η ABR υποστηρίζει μετάδοση πληροφορίας με μεταβλητό bit rate χωρίς να υπάρχει κάποια χρονική σχέση μεταξύ της πηγής και του προορισμού των δεδομένων. Αντίθετα από τη VBR(NRT) υπηρεσία το ABR δεν παρέχει ούτε κάποιο εγγυημένο εύρος ζώνης στο χρήστη. Δίνει τη δυνατότητα όμως στο δίκτυο να παρέχει τη “καλύτερη δυνατή υπηρεσία” (best effort) κατά την οποία χρησιμοποιείται ανατροφοδότηση (μηχανισμοί ελέγχου ροής) για να αυξηθεί το εύρος ζώνης του χρήστη (the Allowed Cell Rate – ACR) όταν δεν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο ή για να μειωθεί το εύρος ζώνης του χρήστη όταν υπάρχει συμφόρηση. Η ABR υπηρεσία σχεδιάστηκε για να μεταφέρει LAN πληροφορία διαμέσου των ATM δικτύων, γιατί τα LAN πρωτόκολλα χρησιμοποιούν όσο το δυνατό περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης αλλά μπορούν να χρησιμοποιήσουν και λιγότερο σε περίπτωση συμφόρησης.

5) UBR (Unspecified Bit Rate): Η UBR υπηρεσία δεν προσφέρει καμία εγγυημένη παροχή. Ο χρήστης μπορεί να στείλει οποιαδήποτε ποσότητα δεδομένων μέχρι ενός καθορισμένου μέγιστου. Το δίκτυο δεν παρέχει καμία εγγύηση για τη καθυστέρηση ή την απώλεια (cell loss rate) η οποία μπορεί να συμβεί κατά την μετάδοση. Το UBR αποτελεί τη λύση για την μεταφορά LAN πληροφορία διαμέσου των ATM δικτύων μέχρι τη στιγμή τελειοποίησης της ABR υπηρεσίας.

Επειδή η UBR υπηρεσία δεν παρέχει κανένα μηχανισμό για έλεγχο της ροής της πληροφορίας ή κάποιο περιορισμό για την συμφόρηση, το βάρος αυτών των λειτουργιών αναλαμβάνεται από τους ATM μεταγωγείς στους οποίους υπάρχουν εγκατεστημένοι μηχανισμοί για έλεγχο της συμφόρησης ή υποστηρίζουν επαρκή αποθήκευση δεδομένων ώστε να μην υπάρχει απώλεια στα ξαφνικά ξεσπάσματα σε ποσότητα πληροφορίας που παρουσιάζει το δικτυακό περιβάλλον ενός LAN.

Εξελιγμένα θέματα του ATM

Ήδη στο χώρο των LAN και WAN δικτύων υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα στο network και link επίπεδο τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα. Κλειδί για την επιτυχία του ATM είναι το κατά πόσο θα μπορέσει να συνεργαστεί με αυτά έτσι ώστε να μην είναι απομονωμένα τα δίκτυα ATM. Η διασύνδεση των δικτύων βασίζεται στη χρήση ίδιων πρωτοκόλλων του network επιπέδου όπως τα IP και IPX, αφού οι λειτουργίες του network επιπέδου παρέχουν στα ανώτερα επίπεδα και στις εφαρμογές μια ομοιόμορφη άποψη του δικτύου. Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις τρόποι για να λειτουργήσει ένα network πρωτόκολλο διαμέσου του ATM δικτύου. Η λειτουργία native mode όπου απαιτείται μηχανισμός αντιστοιχίας των διευθύνσεων του network επιπέδου σε διευθύνσεις ATM και κατόπιν μεταφέρονται τα πακέτα του network επιπέδου διαμέσου του ATM δικτύου και μια εναλλακτική μέθοδος μεταφοράς πακέτων του network επιπέδου διαμέσου του ATM δικτύου είναι η LANE (LAN Emulation).



LAN Emulation

Όραμα της τεχνολογίας ATM είναι η ενιαία αντιμετώπιση και ολοκλήρωση όλων των δικτύων LAN και WAN κάτω από την πλατφόρμα ATM. Σήμερα όμως υπάρχει μια τεράστια εγκατεστημένη βάση τοπικών δικτύων συμβατικής τεχνολογίας Ethernet και Token Ring που δεν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν αλλά αναγκαστικά θα πρέπει να συνεργαστούν με τα δίκτυα ATM. Βεβαίως η φιλοσοφία των σημερινών τοπικών δικτύων είναι εντελώς αντίθετη από αυτή των δικτύων ATM. Τα μεν τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν τεχνική μετάδοσης σε κοινό μέσο με connectionless πρωτόκολλα, ενώ τα δίκτυα ATM χρησιμοποιούν τεχνική αφιερωμένης σύνδεσης με πρωτόκολλο connection oriented.

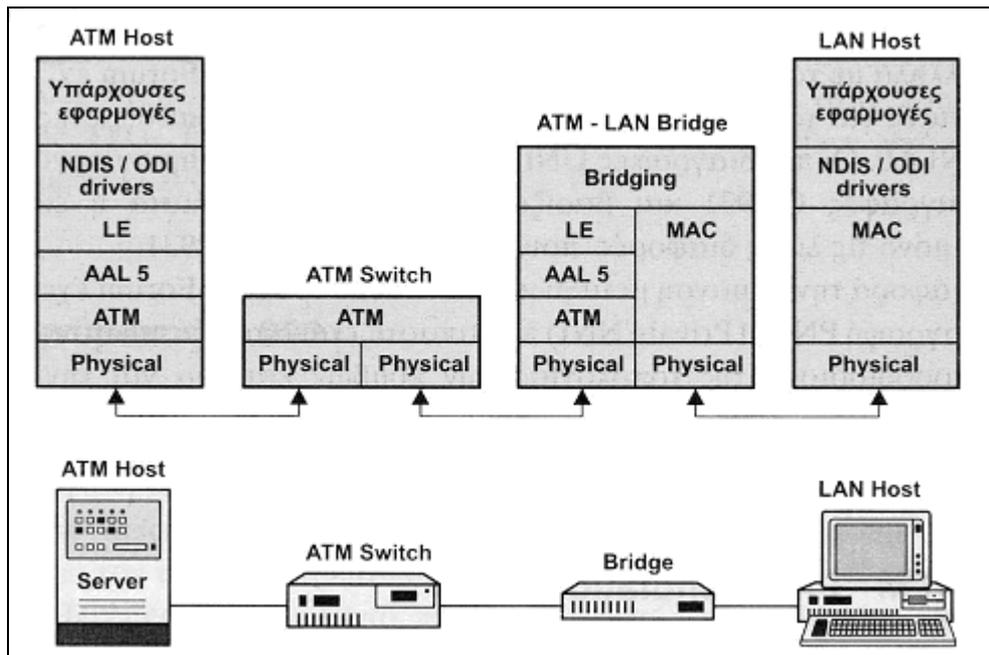
Για την συνεργασία των εκ πρώτης όψεως ασύμβατων αυτών τεχνολογιών χρησιμοποιείται η τεχνική του LAN Emulation.

Το LAN Emulation είναι ένα πρωτόκολλο που έχει προσδιορισθεί από το ATM Forum, υλοποιείται σε δίκτυα ATM και τους επιτρέπει να διασυνδέονται με τοπικά δίκτυα LAN, υποστηρίζοντας τις σημερινές κλασικές εφαρμογές των LAN.

Το LAN Emulation έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει τη δυνατότητα να υποστηρίζει όλες τις υπάρχουσες σε LAN εφαρμογές χωρίς αλλαγές και σε δίκτυα ATM. Επίσης παρέχει την ικανότητα να διασυνδέει συσκευές και δίκτυα ATM σε υπάρχοντα LAN, αλλά και να συνδέει διαφορετικά LAN μέσω ATM δικτύου.

Σε ένα τυπικό δίκτυο ATM οι συνδέσεις των σταθμών εργασίας γίνονται ακτινωτά με ένα ATM Switch που είναι στο κέντρο του δικτύου. Η δυνατότητα σύνδεσης με ένα οποιοδήποτε συμβατικό τοπικό δίκτυο (π.χ. Ethernet) υλοποιείται χρησιμοποιώντας μια ενδιάμεση γέφυρα που μετατρέπει τις MAC διευθύνσεις του LAN σε ATM διευθύνσεις και αντίστροφα.

Το σεν των πρωτοκόλλων σε μια τέτοια σύνδεση φαίνεται στο σχήμα παρακάτω όπου και παρατηρούμε ότι τα ανώτερα επίπεδα των εφαρμογών παραμένουν αναλλοίωτα.



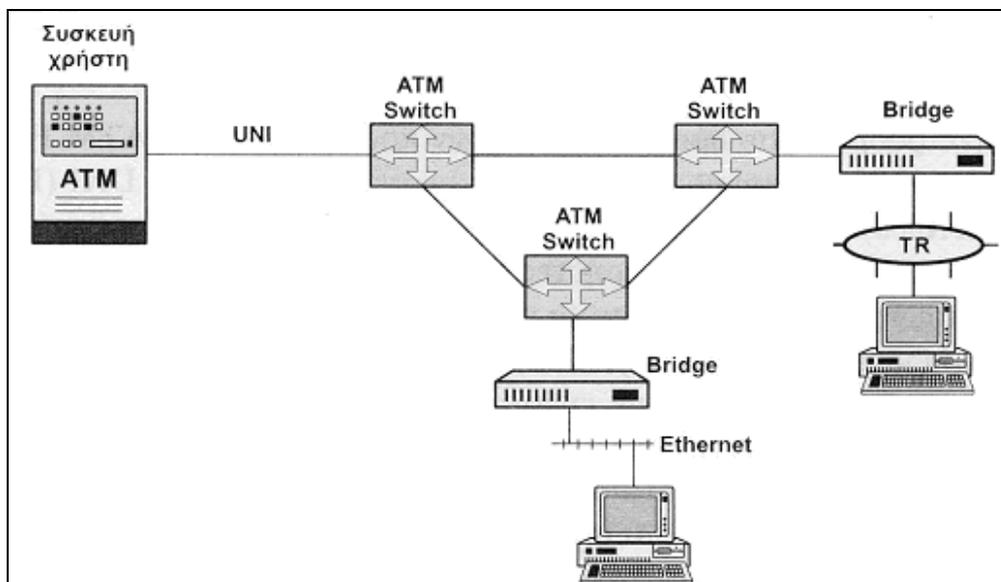
Στο LAN Emulation υπάρχουν οι παρακάτω οντότητες:

- LAN Emulation Client (LEC)
- LAN Emulation Server (LES)
- LAN Emulation Configuration Server (LECS)
- Broadcast and Unknown Server (BUS)

Ο **LEC** είναι ο οποιοσδήποτε σταθμός εργασίας του δικτύου ATM που επιθυμεί να συνδέεται ή να εκμεταλλεύεται τις υπηρεσίες του LAN Emulation. Επίσης LEC είναι και η γέφυρα που συνδέει ένα δίκτυο ATM με ένα κλασικό Ethernet.

Ο **LES** στην πράξη είναι το σημείο όπου καταχωρούνται οι διευθύνσεις τόσο του δικτύου ATM όσο και οι διευθύνσεις MAC του τοπικού δικτύου και διατηρεί τους πίνακες αντιστοίχισης μεταξύ διευθύνσεων ATM και MAC. Κάθε Emulated LAN μπορεί να έχει μόνο ένα LES. Εντούτοις ένα φυσικό LAN μπορεί να εξυπηρετεί διάφορα Emulated LAN το καθένα με το δικό του LES.

Στο σχήμα παρακάτω φαίνεται ένα τυπικό δίκτυο που χρησιμοποιεί τεχνολογία LE και τα συστατικά του στοιχεία.



Ο **LECS** παρέχει πληροφορίες της δομής του δικτύου συμπεριλαμβανομένων των διευθύνσεων του LAN Emulation Server, του τύπου του Emulated LAN και του μέγιστου μεγέθους του πλαισίου. Κάθε δίκτυο μπορεί να έχει μόνο ένα LECS.

Ο **BUS** υλοποιεί όλες τις μεταδόσεις Broadcast και Multicast. Τα πλαίσια αποστέλλονται μέσω του BUS σε δύο περιπτώσεις:

- όταν η πληροφορία αποστέλλεται προς όλους τους σταθμούς (broadcast).
- όταν ένας αποστολέας LEC έχει στείλει μια ερώτηση ARP (Address Resolution Protocol) προς τον LES και ταυτόχρονα δεν επιθυμεί να περιμένει απάντηση από τον LES για να ξεκινήσει την όποια αποστολή data προς τον παραλήπτη.

Σε αυτή την περίπτωση ο αποστολέας LEC εκπέμπει την πληροφορία προς τον BUS ο οποίος με τη σειρά του κάνει broadcast την πληροφορία στο δίκτυο.

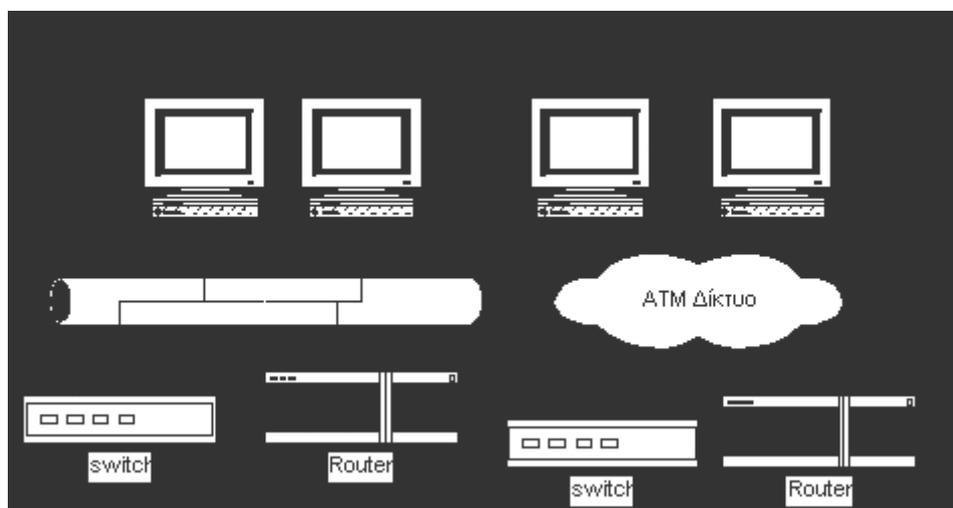
Σε κάθε δίκτυο emulated LAN μπορεί να υπάρχει μόνο ένας BUS.

Το ATM Forum προσδιορίζει ότι υπάρχουν τρία διαφορετικά λογικά στοιχεία (LES, LECS, BUS) αλλά δεν προσδιορίζει το κατά πόσον είναι φυσικά διαχωρισμένα ή ενιαία. Αυτή η επιλογή ανήκει στους κατασκευαστές συσκευών. Πολλοί κατασκευαστές ενοποιούν τα LES, LECS και BUS σε μια φυσική μονάδα. Οι λειτουργίες του LAN emulation τοποθετούνται στους κόμβους ATM ή σε μια εξωτερική συσκευή που συνδέεται στον κόμβο.

Το LAN Emulation υποστηρίζει τους δύο κλασσικούς τύπους τοπικών δικτύων Ethernet και Token Ring. Διατηρεί τα πλαίσια του Ethernet (ή Token Ring) αναλλοίωτα προσθέτοντας για την μετάδοση ένα LEC ID των 2 byte που είναι μοναδικό για κάθε LEC.

Η λειτουργία του LANE πρωτοκόλλου είναι η μίμηση της λειτουργίας ενός τοπικού δικτύου LAN πάνω από ένα ATM δίκτυο. Ειδικότερα το LANE καθορίζει μηχανισμούς μίμησης της λειτουργίας του IEEE 802.3 Ethernet ή του 802.5 Token Ring LAN.

Ουσιαστικά το LANE παρέχει στα ανώτερα επίπεδα την ίδια υπηρεσία που παρέχουν και τα LAN, ενσωματώνοντας τα δεδομένα που μεταφέρονται μέσα από το ATM δίκτυο στη κατάλληλη μορφή των LAN MAC πακέτων. Σε καμία περίπτωση δεν γίνεται προσπάθεια μίμησης του πρωτοκόλλου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης του συγκεκριμένου LAN (CSMA/CD) για το Ethernet ή Token passing για το 802.5)



Αξιοσημείωτο είναι ότι το LANE δεν έχει καμία επίδραση πάνω στους μεταγωγείς, λειτουργεί με τις καθιερωμένες διαδικασίες σηματοδότησης του ATM. Η βασική λειτουργία του LANE πρωτόκολλου είναι η μετατροπή των MAC διευθύνσεων σε ATM διευθύνσεις. Πραγματοποιώντας αυτό ουσιαστικά παρέχεται ένα πρωτόκολλο MAC γέφυρας (bridging) για το ATM σε συνεργασία με τους υπάρχοντες μεταγωγείς. Η κατάληξη είναι ότι όλες οι συσκευές που είναι σε σύνδεση με ένα ELAN (Emulated LAN) να φαίνονται ότι βρίσκονται σε ένα γεφυρωμένο τμήμα (bridged segment). Σε ένα ATM LANE περιβάλλον οι ATM μεταγωγείς διαχειρίζονται την πληροφορία η οποία ανήκει στο ίδιο ELAN ενώ απαραίτητη είναι η χρήση δρομολογητών για την διαχείριση της πληροφορίας μεταξύ των ELAN.

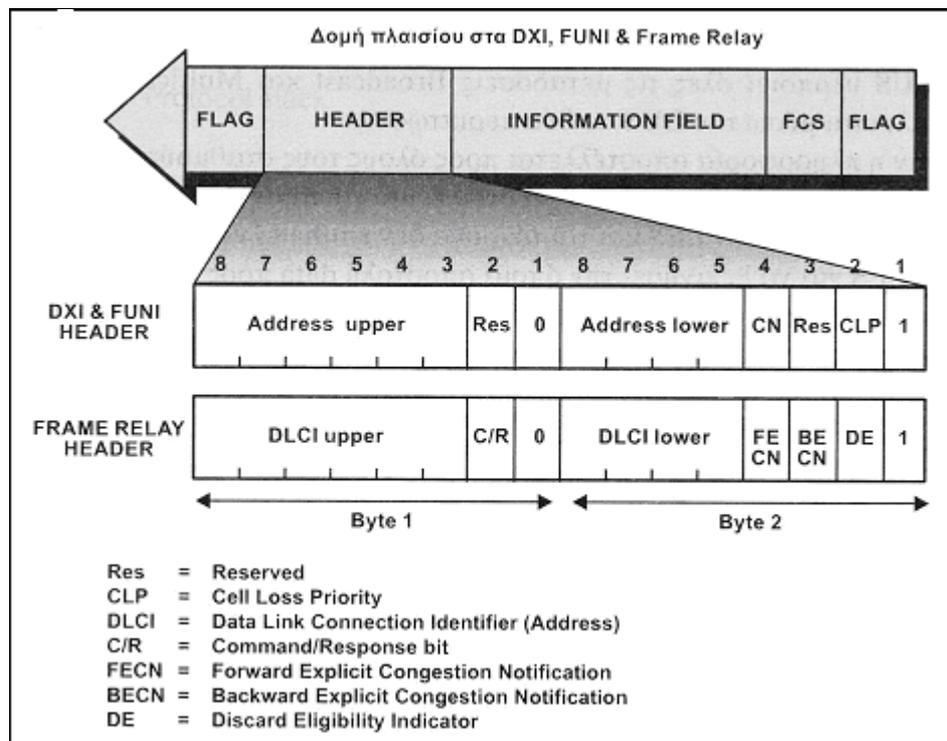
Πρωτόκολλα FUNI & DXI

Για την πρόσβαση σε δίκτυα ATM έχουν προταθεί από το ATM Forum τα πρωτόκολλα FUNI (Frame based User - Network Interface) και DXI (Data eX-change Interface). Τα πρωτόκολλα αυτά αναπτύχθηκαν ώστε να επιτρέπουν την πρόσβαση σε ATM δίκτυα από χρήστες που δεν έχουν ATM συμβατές συσκευές αλλά διαθέτουν μόνο χαμηλού κόστους εξοπλισμό με interfaces που βασίζονται σε μετάδοση frame (π.χ. Frame Relay, X.25, HDLC κ.λ.π.). Τα πρωτόκολλα FUNI και DXI είναι συμβατά και μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν σε συσκευές που διαθέτουν interface σαν αυτά που προαναφέραμε, με απλή προσθήκη λογισμικού χωρίς να απαιτείται έτσι αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού.

Ενώ το πρωτόκολλο Frame Relay επιτρέπει την πρόσβαση με πλαίσια (frame) σε δίκτυα Frame Relay, τα πρωτόκολλα FUNI και DXI επιτρέπουν την πρόσβαση με πλαίσια σε δίκτυα ATM.

Τόσο το Frame Relay όσο και τα FUNI και DXI έχουν παρόμοια δομή πλαισίου όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

Παρατηρούμε ότι η μορφή των πλαισίων (frame) είναι ακριβώς η ίδια για τα FUNI και DXI αλλά διαφέρει από αυτή του Frame Relay στην χρήση των bit ελέγχου. Επίσης βλέπουμε ότι η θέση της διεύθυνσης των πλαισίων των πρωτοκόλλων αυτών συμπίπτει με την θέση της διεύθυνσης (DLCI) των πλαισίων του Frame Relay που έχουμε αναλύσει σε προηγούμενες παραγράφους.

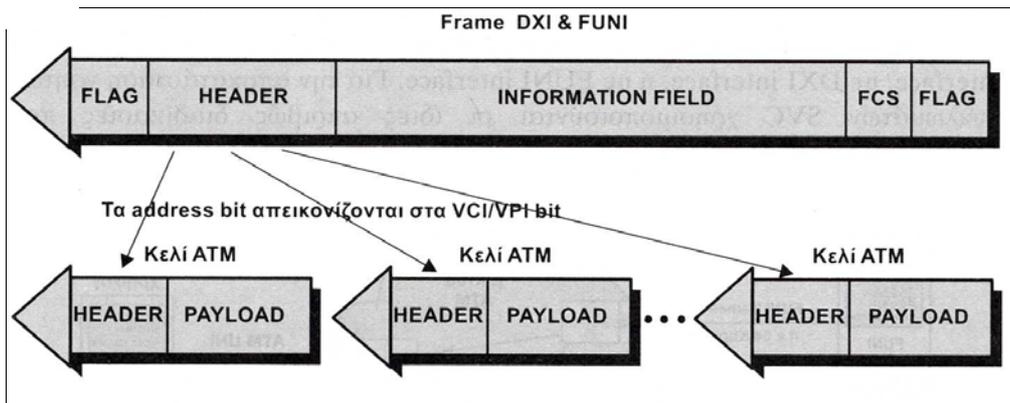


Το bit **CN** (Congestion Notification) εκτελεί την ίδια ακριβώς λειτουργία με το FECN (Forward Explicit Congestion Notification) bit του Frame Relay ενώ δεν υπάρχει αντίστοιχο bit με το BECN. Ας υπενθυμίσουμε εδώ ότι το BECN (Backward Explicit Congestion Notification) bit είναι ειδοποίηση του δικτύου απευθείας προς τον αποστολέα ότι υπάρχει κυκλοφοριακή συμφόρηση, ενώ το FECN είναι ειδοποίηση του δικτύου προς τον παραλήπτη. Στην τελευταία αυτή περίπτωση ο έλεγχος ροής

επαφίεται στα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου του παραλήπτη που θα πρέπει να ενημερώσουν τον αποστολέα ώστε να περιορίσει την εκπομπή του κατάλληλα.

Το bit **CLP** (Cell Loss Priority) εκτελεί την ίδια λειτουργία με το DE (Discard Eligibility) του Frame Relay. Όταν το bit αυτό έχει τιμή 1 το πλαίσιο κινδυνεύει να απορριφθεί σε περιπτώσεις συμφόρησης στο δίκτυο.

Όταν τα πλαίσια των FUNI και DXI φθάνουν στο δίκτυο ATM για μετάδοση θα πρέπει πρώτα να τεμαχιστούν σε κελιά. Κατά το τεμαχισμό των πλαισίων το πεδίο διεύθυνσης τους αντιστοιχίζεται στο πεδίο διεύθυνσης VPI/VCI των κελιών όπως παριστάνεται στο παρακάτω σχήμα.



ATM πρόσβαση με FUNI

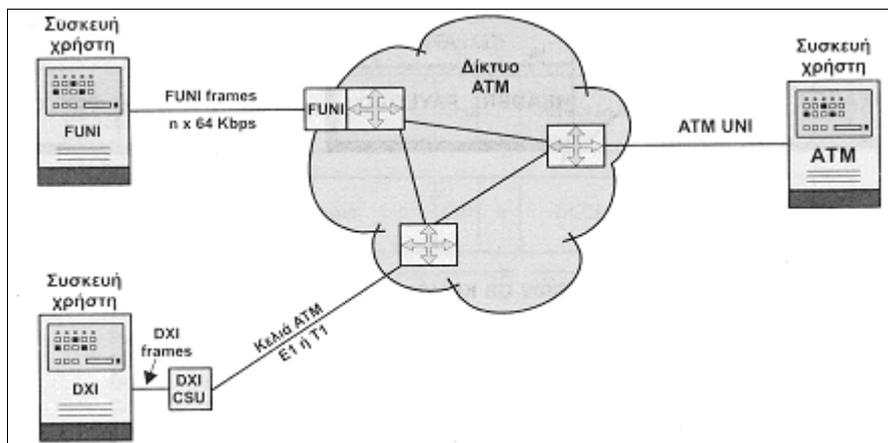
Υπάρχουν δύο διαφορετικές φιλοσοφίες για την σύνδεση με πλαίσια σε δίκτυα ATM. Η πρώτη προσέγγιση είναι να εγκατασταθεί ένα πακέτο λογισμικού στις συσκευές του χρήστη που διαθέτουν frame interfaces τύπου HDLC (High-Level Data Link Control) ώστε να αναβαθμιστούν με το ATM πρωτόκολλο πρόσβασης που ονομάζεται FUNI. Βεβαίως απαιτείται και ένα αντίστοιχο πακέτο στην πλευρά του ATM κόμβου πρόσβασης, που να κάνει τον κόμβο να καταλαβαίνει τα πλαίσια του FUNI.

Τα δεδομένα φθάνουν στο κόμβο σε μορφή FUNI frame μέσα από γραμμές που μπορούν να έχουν ταχύτητες χαμηλότερες και από 2 Mbps όπως NX64 Kbps. Στον κόμβο τα πλαίσια τεμαχίζονται σε κελιά και αποστέλλονται στο δίκτυο ATM. Στην αντίστροφη πορεία τα κελιά που έρχονται από το δίκτυο συναρμολογούνται σε πλαίσια και αποστέλλονται στον χρήστη. Οι εργασίες του τεμαχισμού και της συναρμολόγησης έχουν μεταφερθεί από τον εξοπλισμό του χρήστη στον κόμβο ATM.

Το FUNI παρότι ομοιάζει με το Frame Relay δεν μπορεί να συνεργαστεί με αυτό, ούτε και έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει διασύνδεση μεταξύ χρηστών ATM και χρηστών Frame Relay. Το FUNI περιλαμβάνει και λειτουργίες σήμανσης για ATM SVCs καθώς και SNMP πρωτόκολλο διαχείρισης με την κατάλληλη MIB.

Το γεγονός της μετάδοσης των δεδομένων στο FUNI με πλαίσια περιορίζει και τις υποστηριζόμενες ATM υπηρεσίες. Για παράδειγμα υποστηρίζεται μετάδοση τύπου AAL5 και προαιρετικά AAL3/4 αλλά βεβαίως δεν υποστηρίζεται μετάδοση CBR (Constant Bit Rate).

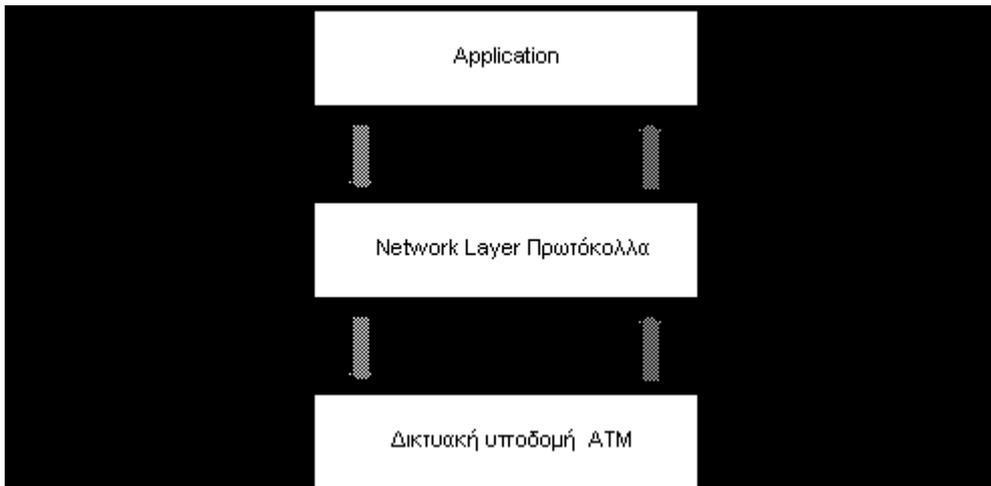
Ένας χρήστης FUNI μπορεί να αποκαταστήσει ένα SVC νοητό κύκλωμα και να επικοινωνήσει διαφανώς με ένα οποιοδήποτε άλλο χρήστη του ATM δικτύου ανεξαρτήτως αν ο αποδέκτης είναι συνδεδεμένος στο ATM δίκτυο με ATM UNI interface, με DXI interface, ή με FUNI interface. Για την αποκατάσταση νοητών κυκλωμάτων SVC χρησιμοποιούνται οι ίδιες ακριβώς διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στο ATM UNI.



Native Mode Πρωτόκολλα

Ένας άλλος τρόπος λειτουργίας των πρωτοκόλλων του network επιπέδου διαμέσου του ATM δικτύου είναι τα native mode πρωτόκολλα. Όλα τα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα του network επιπέδου μπορούν να εξελιχθούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να τρέχουν πάνω από το ATM δίκτυο, αλλά σε αυτό που έχει γίνει εκτενής εργασία σε αυτό το θέμα είναι το IP. Ο κύριος λόγος που έκανε απαραίτητη την χρήση των native mode πρωτοκόλλων αντί του LANE είναι ότι το τελευταίο δεν παρείχε QoS υπηρεσίες. Το LANE σκοπίμως κρύβει το ATM από τα πρωτόκολλα του network επιπέδου και γι' αυτό το λόγο δεν μπορούν να κάνουν χρήση των QoS χαρακτηριστικών του ATM. Ούτως ή άλλως τα σημερινά network πρωτόκολλα δεν έχουν την δυνατότητα να εκμεταλλευτούν τα QoS χαρακτηριστικά του ATM γιατί έχουν σχεδιαστεί να παραδίδουν τα δεδομένα χωρίς εγγυήσεις αλλά με την καλύτερη προσπάθεια (best effort service). Όμως ο οργανισμός IETF έχει αναπτύξει μία ομάδα από εξελίξεις για το IP οι οποίες του δίνουν την δυνατότητα να ανταποκριθεί στις καινούργιες εφαρμογές (υπηρεσίες πολυμέσων). Αυτές οι εξελίξεις είναι πρωτόκολλα όπως το RSVP (Resource Reservation Protocol) ή το PIM (Protocol Independent Multicast) που δίνουν την δυνατότητα στο IP να εκμεταλλευτεί και τα QoS χαρακτηριστικά του ATM. Σοβαρή πρόοδος γίνεται και στην επόμενη γενιά του IP, στο Ipv6 για την λειτουργία του πάνω από το δίκτυο ATM.

Υποστήριξη QoS υπηρεσιών διαμέσου του Network Επιπέδου



MPOA - MULTIPROTOCOL OVER ATM

Παρά την πρόοδο που έχει γίνει στην υποστήριξη του IP πάνω από το ATM (ως native mode πρωτόκολλο) είναι κοινή απαίτηση στο χώρο της παραγωγής η επιτάχυνση της εξέλιξης των native mode πρωτοκόλλων καθώς και η ενσωμάτωση στο ATM και άλλων πρωτοκόλλων εκτός του IP. Για αυτούς τους λόγους το ATM Forum έφτιαξε μια ομάδα εργασίας για την ανάπτυξη των προδιαγραφών του MPOA.

Τρία διαφορετικά μοντέλα παρουσιάστηκαν για την λειτουργία του MPOA:

1) Peer Models: Παρουσιάζει ένα αλγοριθμικό τρόπο αντιστοιχίας των διευθύνσεων του network επιπέδου σε NSAP διευθύνσεις. Με το τρόπο αυτό δεν χρειάζεται κάποιο πρωτόκολλο να κάνει την αντιστοιχία των διευθύνσεων και οι αιτήσεις σηματοδότησης που περιέχουν NSAP διευθύνσεις μπορούν να δρομολογούνται χρησιμοποιώντας το P-NNI πρωτόκολλο.

2) I-PNNI (Integrated P-NNI) Το I-PNNI μοντέλο προτείνει τη χρήση του P-NNI πρωτοκόλλου και για τους ATM μεταγωγείς αλλά και για τους δρομολογητές πακέτων.

3) Κατανεμημένα πρωτόκολλα δρομολόγησης (Distributed Router Protocols)

Μία διαφορετική προσέγγιση για την υλοποίηση του MPOA έγινε στο τρίτο μοντέλο η οποία βασίστηκε στην πρόβλεψη ότι θα δημιουργηθεί καινούργια γενιά υποθετικών (virtual) LAN. Η πρώτη γενιά των υποθετικών LAN κτίστηκε πάνω στους μεταγωγείς που ενεργούσαν μέχρι το δεύτερο επίπεδο του OSI και το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το LANE. Αυτή η υλοποίηση παρουσιάζει δύο σοβαρά προβλήματα. Το ένα είναι ο συνωστισμός της ροής της πληροφορίας που δημιουργείται στο σημείο (το οποίο και το αποτελεί κάποιος router) διασύνδεσης μεταξύ δύο υποθετικών LAN. Το άλλο είναι η ανικανότητα του LANE ως προς την εκμετάλλευση των QoS υπηρεσιών του ATM.

Για την λύση αυτών των προβλημάτων έρχεται επόμενη γενιά των LAN συστημάτων μεταγωγής τα οποία λειτουργούν μέχρι και το επίπεδο 3. Αυτοί οι μεταγωγείς δεν συμπεριφέρονται μόνο σαν απλές γέφυρες (bridges), δηλαδή να κάνουν μεταγωγή σε πακέτα βασιζόμενοι μόνο στη πληροφορία της MAC

διεύθυνσης, αλλά μπορούν να κάνουν μεταγωγή σε πακέτα βασιζόμενοι στις διευθύνσεις του network επιπέδου και άλλης πληροφορίας ανωτέρων επιπέδων. Στην ουσία ένα σύστημα από μεταγωγείς τρίτου επιπέδου αποτελεί ένα κατακεμημένο δρομολογητή (router).

Ακόμα δεν είναι ξεκάθαρο ποιο μοντέλο θα ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του μέλλοντος αφού και τα τρία παρέχουν λύσεις σε διαφορετικά προβλήματα όμως προς το παρόν δίνεται προσοχή στην ανάπτυξη των δύο άλλων μοντέλων εκτός του peer models.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

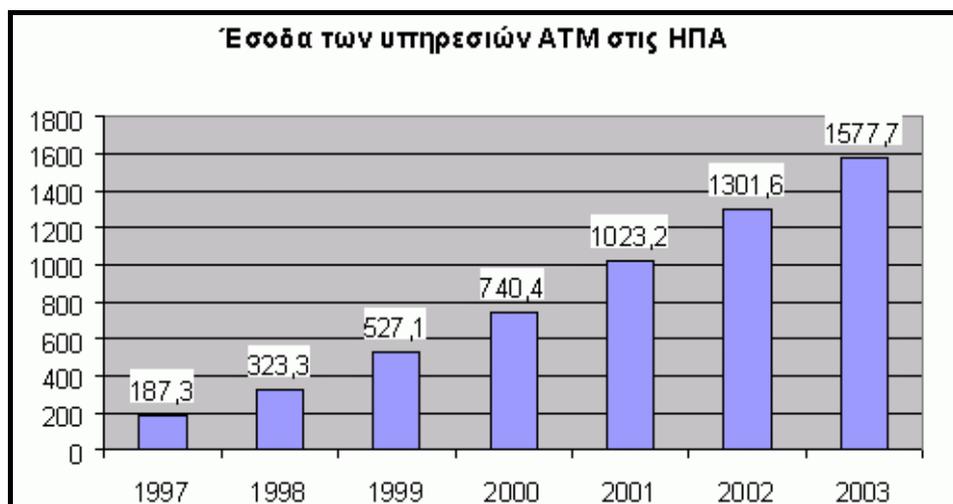
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ATM

Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (ATM, Asynchronous Transfer Mode) έχει επιλεγεί για την υλοποίηση των Ψηφιακών Δικτύων Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης (B-ISDN, Broadband Integrated Services Digital Network), των δικτύων δηλαδή που καλούνται να εκμεταλλευτούν όσο το δυνατόν καλύτερα τις πολύ μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης των σύγχρονων μέσων μετάδοσης (π.χ. οπτικών ινών) μεταδίδοντας ταυτόχρονα φωνή, δεδομένα, video, κλπ. Η τεχνολογία ATM βασίζεται στη στατιστική πολυπλεξία της κίνησης που παράγουν πηγές με διαφορετικά χαρακτηριστικά κίνησης αλλά και διαφορετικές απαιτήσεις όσο αφορά την επιθυμητή ποιότητα παρεχόμενης υπηρεσίας (καθυστέρηση μετάδοσης, πιθανότητα απώλειας δεδομένων, κλπ.). Χρησιμοποιώντας κατάλληλους μηχανισμούς προσπαθεί ανά πάσα στιγμή να μεγιστοποιεί τη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης εγκαθιστώντας όσο το δυνατόν περισσότερες συνδέσεις, και εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας για κάθε μία από αυτές ξεχωριστά. Για την όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου αλλά και την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των χρηστών, τα δίκτυα ATM υποστηρίζουν διάφορες κλάσεις (κατηγορίες) υπηρεσιών, ανάλογα με το αν πρόκειται για συνδέσεις σταθερού ρυθμού (CBR), μεταβλητού ρυθμού (VBR), διαθέσιμου ρυθμού (ABR) ή μη καθοριζόμενου ρυθμού (UBR). Τα ATM δίκτυα υποστηρίζοντας ταχύτητες από 45 Mbit/sec έως 2,488 Gbit/sec (στο μέλλον αναμένεται να υποστηριχθούν και άλλες ταχύτητες) μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την υλοποίηση δικτύων ευρείας γεωγραφικά περιοχής (Wide Area Networks: WAN) όσο και τοπικών δικτύων (Local Area Networks: LAN).

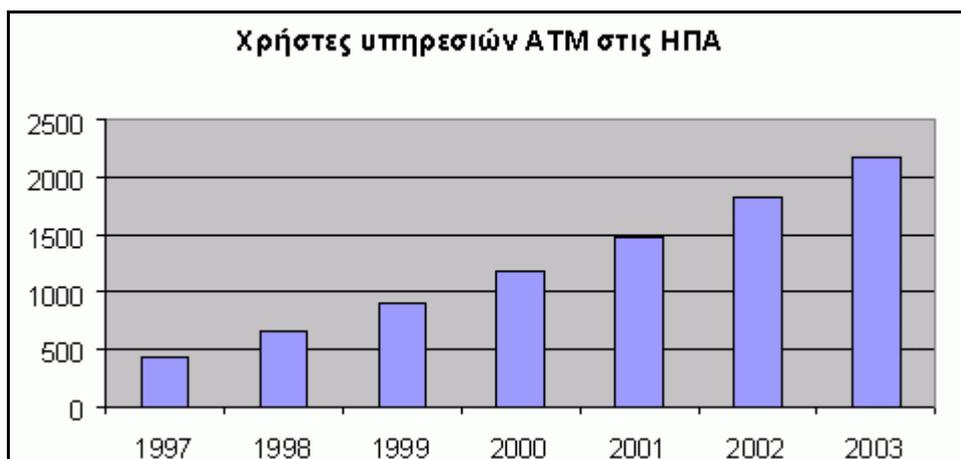
Η παγκόσμια και ευρωπαϊκή αγορά

Ο βασικότερος λόγος που τα δίκτυα ATM δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα, τουλάχιστον όσο ήταν αναμενόμενο (πέρα από το ότι πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία για την οποία δεν προσφέρονται γενικά αποδεκτά πακέτα και εργαλεία διαχείρισης των δικτύων, των υπηρεσιών και του εξοπλισμού), είναι το κόστος τους. Έως ότου οι τιμές των δικτύων ATM (οι οποίες συνήθως δεν είναι δημόσια ανακοινώσιμες) πέσουν σε χαμηλότερα επίπεδα ή αυξηθούν οι ανάγκες των χρηστών για εύρος ζώνης και υψηλή ταχύτητα μετάδοσης, τα δίκτυα Frame Relay ή σε μικρότερη έκταση τα ISDN, θα συνεχίσουν να διαχειρίζονται τις περισσότερες διασυνδέσεις τοπικών δικτύων και τις ανάγκες για μετάδοση δεδομένων σε μεγάλη ταχύτητα. Άλλος ένας παράγοντας καθοριστικός στην εξέλιξη των υπηρεσιών ATM είναι το γεγονός ότι η τεχνολογία ATM έχει ξεφύγει από την αρχική της βασική τοποθέτηση ως λύση για από άκρο σε άκρο δικτύωση σε επιχειρησιακό περιβάλλον, αποτελώντας εναλλακτική λύση για μετάδοση σε WAN δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, και τεχνολογία δικτύων κορμού για την μετάδοση κίνησης άλλων υπηρεσιών όπως frame relay, IP, κλπ. Ωστόσο, οι υποστηρικτές των ATM δηλώνουν ότι τα δίκτυα που βασίζονται στην τεχνολογία αυτή, τα οποία θα μπορούν εξυπηρετήσουν στιγμιαία 100.000 τηλεδιασκέψεις (videoconferencing) από ένα ATM switch, είναι καταλληλότερα για τη διαχείριση κίνησης δεδομένων και φωνής όταν απαιτείται μεγαλύτερη αξιοπιστία και καλύτερη διαχείριση. Παρόλο που η εγκατάσταση ATM δικτύων ως δίκτυα κορμού δεν γίνεται από την μία μέρα στην άλλη, ήδη διάφορες μεγάλες εταιρείες έχουν υλοποιήσει τέτοια δίκτυα. Στις ΗΠΑ και στον Καναδά οι μεγαλύτεροι τηλεπικοινωνιακοί φορείς, τόσο για τις μεγάλες γεωγραφικά αποστάσεις όσο και σε τοπικό επίπεδο προσφέρουν ATM υπηρεσίες για τη διαχείριση διαφόρων τύπων κίνησης. Ανάμεσα σε

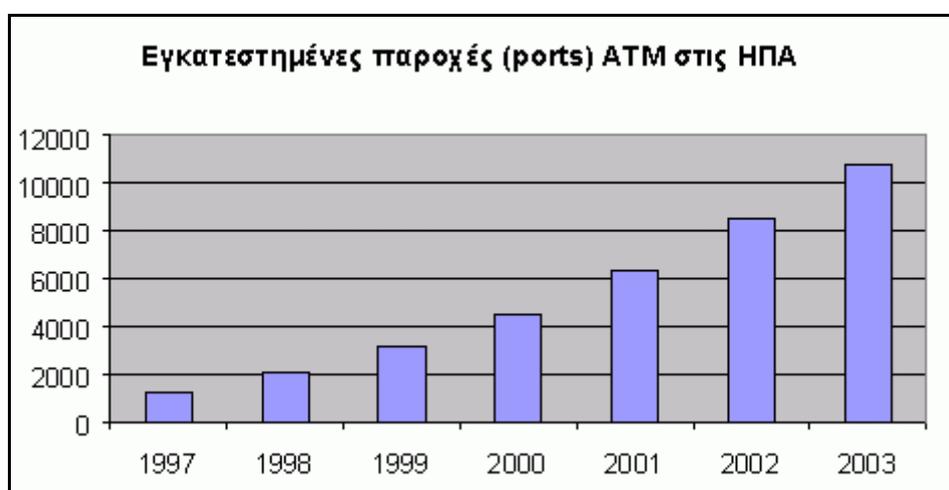
αυτές περιλαμβάνονται οι Sprint, MFS Datanet, Bellsouth Corp., Pacific Bell και LDDS Worldcom. Επίσης, τηλεπικοινωνιακοί φορείς όπως η Bell Atlantic, η Sprint Corp., η AT&T, η Frontier Corp., η IXC Communications Inc., από το 1998 έχουν ανακοινώσει την πρόθεσή τους για την κατασκευή δικτύων κορμού μετάδοσης φωνής-δεδομένων που θα βασίζονται στην τεχνολογία ATM. Αλλά και στην Ευρώπη και στον υπόλοιπο κόσμο, διάφορες εταιρείες είτε προσανατολίζονται προς την κατεύθυνση αυτή, είτε ήδη έχουν κάνει τα πρώτα βήματα, είτε έχουν εγκαταστήσει κάποια πειραματικά ATM δίκτυα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η Cable & Wireless plc (C&W) ανακοίνωσε το σχεδιασμό για τη δημιουργία ενός δικτύου για την μετάδοση φωνής και δεδομένων διασυνδέοντας 40 Ευρωπαϊκές πόλεις και 13 χώρες με τη βοήθεια ενός ATM δικτύου πάνω από SDH (Synchronous Digital Hierarchy) δίκτυο κορμού. Σήμερα οι τιμές των ATM δικτύων ποικίλουν σημαντικά από εταιρεία σε εταιρεία και καταλαμβάνουν ένα μεγάλο φάσμα. Για παράδειγμα, υπάρχουν και εταιρείες, όπως η Telecom Finland's Datanet, που προσφέρουν πραγματικά χαμηλές τιμές. Όσον αφορά τα διαφορετικά τμήματα της αγοράς στα οποία ειδικότερα απευθύνονται οι υπηρεσίες ATM, μπορούμε να αναφέρουμε τα ακόλουθα: Η ανάπτυξη στο τμήμα των επιχειρηματικών χρηστών εμφανίζεται ενισχυμένη από την τάση προς ενοποίηση της κίνησης φωνής και δεδομένων και τις απαιτήσεις για δικτύωση σε υψηλότερες ταχύτητες. Οι παροχές υπηρεσιών Internet αναμένεται να μεταφερθούν προς δίκτυα κορμού βασιζόμενα σε ATM και να παρέχουν πρόσβαση στο Internet πάνω από ATM. Ανάλογη πολιτική αναμένεται να εφαρμοστεί και για άλλες υπηρεσίες, όπως π.χ. τη μετάδοση υπηρεσιών Frame Relay ή μισθωμένων κυκλωμάτων και Virtual Private Networks πάνω από ATM. Τα τμήματα της αγοράς που συσχετίζονται με κρατικές υπηρεσίες και εκπαιδευτικά/ερευνητικά ιδρύματα που αποτέλεσαν τους πρώτους πελάτες που υιοθέτησαν τις υπηρεσίες ATM αναμένεται ότι θα μειωθούν ως ποσοστά στην συνολική αγορά ATM. Συνοπτικά, αναμένεται ότι τμήματα επιχειρησιακών και άλλων τύπων δικτύων θα αποτελέσουν την βάση πελατών για τις υπηρεσίες ATM, ενώ οι ανάγκες και οι αντίστοιχες εφαρμογές οι οποίες θα οδηγήσουν την εξέλιξη της αγοράς υπηρεσιών ATM περιλαμβάνουν εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου, τηλε-εργασίας, επιχειρηματικές, εκπαιδευτικές, ιατρικές εφαρμογές και εφαρμογές ψυχαγωγίας. Όσον αφορά τους δείκτες ανάπτυξης για τις ATM υπηρεσίες, η IDC (International Data Corporation) εκτιμά για την αγορά των Η.Π.Α και για ορίζοντα των επόμενων τριών ετών (μέχρι το 2003), σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 37,3% και η αξία της αγοράς το 2003 θα αγγίξει τα 1,6 δις δολάρια. Οι προβλέψεις της σχετικής ανάλυσης για την εξέλιξη των εσόδων, του αριθμού των χρηστών και των εγκατεστημένων ATM ports απεικονίζονται στα ακόλουθα γραφήματα.



Εξέλιξη εσόδων υπηρεσιών ATM στις ΗΠΑ σε εκατ. δολάρια.



Εξέλιξη χρηστών υπηρεσιών ATM στις ΗΠΑ.



Εξέλιξη εγκατεστημένων παροχών υπηρεσιών ATM (ports) στις ΗΠΑ.

Παρόμοιες εκτιμήσεις γίνονται και από τη Vertical Systems, η οποία προβλέπει ότι οι πωλήσεις εξοπλισμού ATM στους παροχείς τηλεπικοινωνιακών φορέων θα αυξάνεται με σύνθετο ετήσιο ρυθμό (CAGR) 37% για το διάστημα 1997 έως το 2001, ενώ για το ίδιο διάστημα οι αντίστοιχες πωλήσεις προς τους ISPs θα αυξάνονται με σύνθετο ετήσιο ρυθμό 54%. Για την Ευρωπαϊκή αγορά και για το ίδιο χρονικό διάστημα η Vertical Systems προβλέπει ότι οι πωλήσεις εξοπλισμού ATM θα αυξάνονται με σύνθετο ετήσιο ρυθμό 41%. Τέλος, μια άλλη έκθεση της Forrester εκτιμά ότι 80% των τηλεπικοινωνιακών φορέων σκοπεύουν να βασίσουν τα δίκτυα κορμού τους σε ATM, ενώ μόνο το 14% σκοπεύει να τα βασίσει σε IP πλατφόρμα. Ωστόσο, όπως εκτιμάται, το πρότυπο για το IP θα παραμείνει στο προσκήνιο για πολλά χρόνια ακόμη, είτε ως τεχνολογία δικτύων πρόσβασης, είτε ως πρωτόκολλο για το δίκτυο κορμού.

Η προοπτική των υπηρεσιών ATM στην ελληνική αγορά

Η εξέλιξη για τις υπηρεσίες ATM στην ελληνική αγορά αναμένεται ότι ποιοτικά θα ακολουθήσει την πορεία της παγκόσμιας και ευρωπαϊκής αγοράς με καθοριστικούς παράγοντες αυτούς που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Ο ΟΤΕ ήδη υλοποιεί πιλοτική εφαρμογή για δίκτυο ATM ενώ αναμένεται ότι σημαντικός αριθμός από τους ISPs στην Ελλάδα θα προχωρήσει μεσοπρόθεσμα με έντονους ρυθμούς σε αντίστοιχες υλοποιήσεις. Με βάση λοιπόν τις εκτιμήσεις για τη διεθνή και πολύ περισσότερο για την ευρωπαϊκή αγορά, από τη στιγμή εισαγωγής της ATM τεχνολογίας αναμένεται ότι η αύξηση της ανάπτυξης και χρησιμοποίησής της να ανέρχεται μεταξύ 37-41%, με το σημαντικότερο ποσοστό να καταλαμβάνουν οι ISP. Σταδιακά, σε πρώτη φάση αναμένεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ISPs αλλά και των τηλεπικοινωνιακών φορέων θα βασίσουν τα δίκτυα κορμού τους σε τεχνολογία ATM, ενώ η χρησιμοποίησή της σε επίπεδο χρηστών ίσως παρουσιάσει μια χρονική υστέρηση. Συνολικά οι εκτιμήσεις που μπορούν να γίνουν για την εξέλιξη των υπηρεσιών ATM συνοψίζονται παρακάτω:

- Ο ΟΤΕ θα προχωρήσει σε εισαγωγή της υπηρεσίας στο προσεχές μέλλον (π.χ. περί τα μέσα του 2000).
- Άλλοι, ανταγωνιστικοί προς τον ΟΤΕ φορείς, που θα αναπτύξουν δικά τους δίκτυα θα στραφούν σύντομα προς την τεχνολογία ATM καθώς:
 - ο Η ανάπτυξη δικτύων κορμού με χρήση μεταγωγέων ATM είναι σχετικά εύκολη
 - ο Πάνω από το ATM υπάρχει δυνατότητα υλοποίησης κάθε είδους υπηρεσιών.
 - ο Το δίκτυο ATM τους δίνει τη δυνατότητα να επικεντρώσουν τις υπηρεσίες τους προς τους χρήστες του επιχειρηματικού περιβάλλοντος, πράγμα που θα αποτελεί και τον πρώτο τους στρατηγικό στόχο.
 - ο Η υπηρεσία, όπως τουλάχιστον θα διαμορφωθεί από τον ΟΤΕ, αλλά ενδεχομένως και από ανταγωνιστές του, κατά κύριο λόγο απευθύνεται σε επιχειρήσεις με αυξημένες ανάγκες σε κυκλώματα και υπηρεσίες δικτύωσης, χωρητικότητας από 2 Mbps και πάνω.
 - ο Ανταγωνιστικές προς τις υπηρεσίες ATM είναι οι υπηρεσίες Frame Relay, τα μισθωμένα κυκλώματα και το PRA ISDN.
 - ο Οι τιμές του εξοπλισμού για τη διασύνδεση των χρηστών σε δίκτυα ATM θα συνεχίσουν να έχουν πτωτική πορεία.
 - ο Η τιμολόγηση των υπηρεσιών ATM θα γίνει με συμφέροντα τρόπο ως προς τις άλλες ανταγωνιστικές υπηρεσίες, καθώς οι φορείς που προσφέρουν κυκλώματα ATM επωφελούνται από τη δυνατότητα στατιστικής πολυπλεξίας.
 - ο Οι ανάγκες των ISPs, των εταιριών κινητής τηλεφωνίας, των value added service providers και μεγάλων τηλεπικοινωνιακών χρηστών εξυπηρετούνται καλύτερα από τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών ATM (μεγάλο εύρος ζώνης, υποστήριξη ποιότητας υπηρεσιών, ευέλικτη χρέωση με βάση τον όγκο) και επομένως σταδιακά θα προτιμηθούν σε σχέση με άλλες.
 - ο Η ζήτηση πελατών για διεθνή κυκλώματα θα οδηγήσει σε περαιτέρω επένδυση σε τεχνολογία ATM, καθώς οι φορείς άλλων χωρών με τις οποίες υπάρχουν συνδέσεις θα στραφούν προς την τεχνολογία αυτή.
 - ο Αν και μακροπρόθεσμα αναμένεται να υλοποιηθούν τεχνικές πρόσβασης σε υπηρεσίες ευρείας ζώνης και στο οικιακό περιβάλλον, για τα επόμενα πέντε χρόνια τουλάχιστον το ATM θα παραμείνει μια τεχνολογία για λίγους και μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς χρήστες. Έτσι για την περίοδο μέχρι το 2005 η ανάπτυξη της υπηρεσίας αναμένεται αργή, φθάνοντας έναν αριθμό από 500 ως 1000 χρήστες.

Βιβλιογραφία

<http://www.protocols.com/pbook/atm.htm>

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

<http://www.webopedia.com/TERM/A/ATM.html>

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/FAQ/ATM-FAQ/FAQ.html>

http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/

<http://www.atmforum.com/>

<http://www2.rad.com/networks/1994/atm/tutorial.htm>

<http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/atm/>

<http://cne.gmu.edu/modules/atm/Texttut.html>

<http://www.pcc.qub.ac.uk/tec/courses/network/ATM/ATM.html>

<http://www.cyberus.ca/~swanson/>

<http://www.rohde-schwarz.com/atm.html>

<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/S.Bhatti/D51-notes/node41.html>

<http://www.techfest.com/networking/atm/atm.htm>

http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/atm_cong/index.html

<http://www.computerworld.com/networkingtopics/networking/lanwan/story/0,10801,40508,00.html>

<http://www.networkmagazine.com/article/NMG20000727S0016>

<http://noc.pacific.net.sg/memberservices/pdf/Asynchronous%20Transfer%20Mode.pdf>

<http://www.opnet.com/products/library/atm.html>

