

UNIVERSITY OF MACEDONIA  
MASTER INFORMATION SYSTEMS  
NETWORKING TECHNOLOGIES  
PROFESSORS: A. A. ECONOMIDIS & A. POMPORTSIS



## EDUCATIONAL PRESENTATION OF ATM PROTOCOLS

NAME: EFOPOULOU ANASTASIA  
DATE: 11/02/2005

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: Α. Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ & Α. ΠΟΜΠΟΡΤΣΗΣ



## ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ATM

ΟΝΟΜΑ: ΕΦΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ  
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 11/02/2005

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ATM (Asynchronous Transfer Mode) .....	5
Η τεχνική μετάδοσης ATM.....	6
Το κελί της ATM.....	7
Μεταγωγή κελιών.....	9
Τεχνικές μεταγωγής κόμβων.....	10
Επίπεδα της ATM .....	11
Το φυσικό επίπεδο.....	11
Επίπεδο ATM.....	12
Τύποι των κελιών .....	12
ATM Adaptation Layer.....	13
Τύποι υπηρεσιών.....	14
Σταθερού ρυθμού (CBR - Constant Bit Rate).....	14
Μεταβλητού ρυθμού (VBR - Variable Bit Rate).....	14
Διαθέσιμου ρυθμού (ABR - Available Bit Rate).....	14
Απροσδιόριστου ρυθμού (UBR - Unspecified Bit Rate).....	15
Κλάσεις ATM.....	15
PNNI.....	16
Γενικά.....	16
Απαιτήσεις PNNI .....	16
Βασικές έννοιες του PNNI.....	17
PNNI routing.....	20
PNNI signaling.....	23
Designated transit lists .....	23
Crankback and alternate routing .....	25
MULTIMEDIA ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ.....	26
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	29

## SUMMARY

Asynchronous Transfer Mode (ATM) is the world's most widely deployed backbone technology. This standards-based transport medium is widely used within the core--at the access and in the edge of telecommunications systems to send data, video and voice at ultra high speeds.

ATM is best known for its easy integration with other technologies and for its sophisticated management features that allow carriers to guarantee quality of service. These features are built into the different layers of ATM, giving the protocol an inherently robust set of controls.

Sometimes referred to as cell relay, ATM uses short, fixed-length packets called cells for transport. Information is divided among these cells, transmitted and then re-assembled at their final destination.

This project presents the basic concepts of ATM technology as well as protocols PNNI routing and PNNI signaling that allow interconnection of ATM switches from different vendors.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Asynchronous Transfer Mode (ATM) είναι η πλέον αναπτυσσόμενη backbone τεχνολογία σήμερα στον κόσμο. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα για την αποστολή δεδομένων, βίντεο και φωνής σε εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες.

Το ATM είναι περισσότερο γνωστό για την εύκολη ολοκλήρωση του με άλλες τεχνολογίες και για το γεγονός ότι μπορεί να εγγυηθεί QoS (Quality of Service). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι δομημένα σε διαφορετικά επίπεδα, δίνοντας στο πρωτόκολλο ένα εγγενώς ισχυρό σύνολο ελέγχων.

Ορισμένες φορές αναφέρεται ως “cell relay”, καθώς χρησιμοποιεί μικρά σταθερού μήκους πακέτα που ονομάζονται cells (κυψελίδες) για την μετάδοση των πληροφοριών. Οι πληροφορίες διαχωρίζονται σε κυψελίδες, μεταδίδονται και στη συνέχεια συναρμολογούνται όταν φτάσουν στον τελικό προορισμό τους.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της τεχνολογίας ATM καθώς και τα πρωτόκολλα PNNI routing και PNNI signaling τα οποία υποστηρίζουν τη διασύνδεση ATM switches που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.

## ATM (Asynchronous Transfer Mode)

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.

## 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).

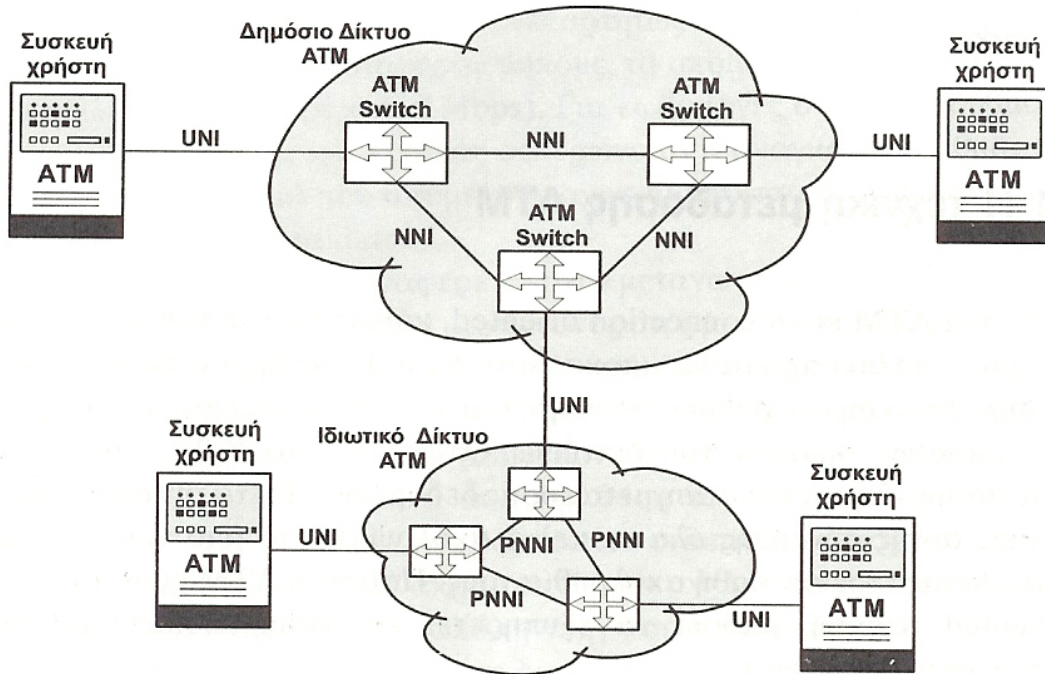
Βασικό τεχνολογικό προτέρημα της ATM είναι η ευελιξία της να δεσμεύει και να παρέχει χωρητικότητα γραμμής ανάλογα με την ζήτηση και το είδος της εφαρμογής. Σημειώνεται εδώ ότι στην ATM δεν περιλαμβάνονται λειτουργίες ελέγχου ροής και ελέγχου σφαλμάτων κατά τη μετάδοση των κελιών από τους κόμβους του 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 1 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.



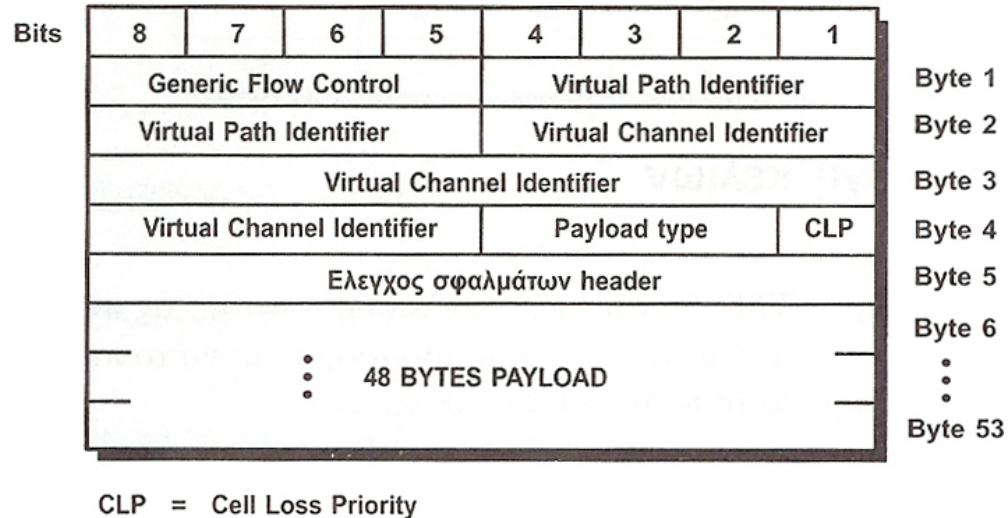
Σχήμα 1 Δίκτυο ATM

## Το κελί της ATM

Στην ATM η πληροφορία τοποθετείται σε πακέτα σταθερού και μικρού ταυτόχρονα μεγέθους. Το μήκος τους είναι 53 byte (οκτάδες) εκ των οποίων 48 προορίζονται για τα data πληροφορίας και 5 byte για τον header. Τα σταθερά αυτά πακέτα ονομάζονται κελιά (cell). Κάθε κελί περιέχει έναν header, που εκπέμπεται πρώτος. Τα bit σε κάθε byte μεταδίδονται ξεκινώντας από το 80 προς το 10, ενώ τα byte εκπέμπονται ξεκινώντας από το πρώτο.

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 2. Ο 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.



Σχήμα 2. Το κελί της ATM

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.



## Μεταγωγή κελιών

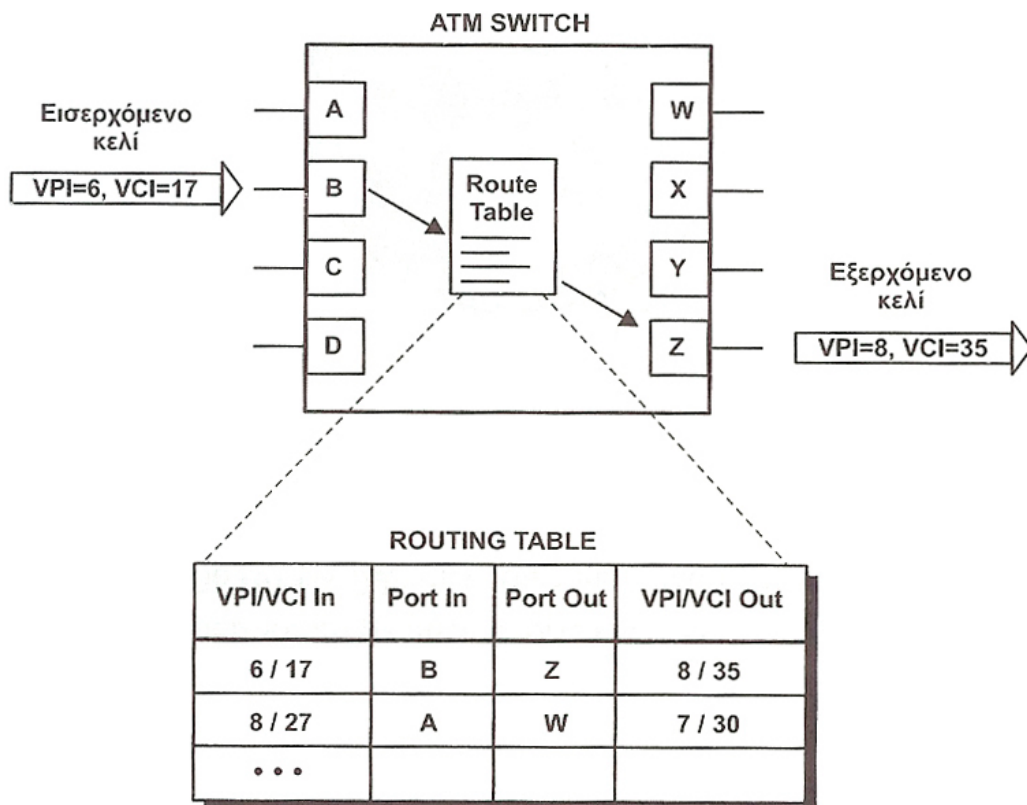
Η μεταγωγή στην ATM γίνεται κελί - κελί σύμφωνα με τις πληροφορίες του header. Ένας κόμβος ATM μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο το πεδίο VPI για να προωθήσει το κελί ή μόνο το πεδίο VPI ή και τα δύο.

Στο σχήμα 3 φαίνεται παραστατικά ο μηχανισμός μεταγωγής. Ο κόμβος λαμβάνει ένα κελί σε μια συγκεκριμένη θύρα εισόδου B, διαβάζει τα VPI/VCI πεδία του 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.

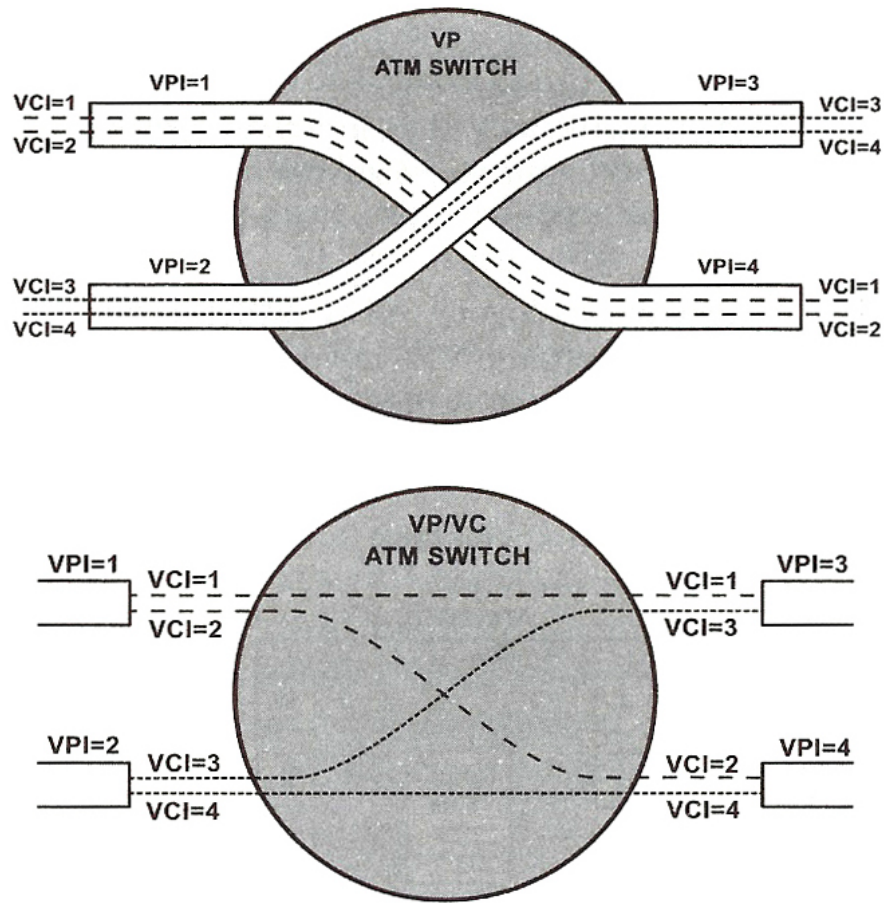
Η μεταγωγή VP δρομολογεί όλα τα κελιά με το ίδιο VPI στην ίδια θύρα εξόδου, για παράδειγμα στο Σχήμα 4 το VPI= 1 μετράγεται στο VPI=4.

Η μεταγωγή VC δρομολογεί κάθε νοητό κανάλι ανεξάρτητα. Για παράδειγμα στο Σχήμα 12.10β το κανάλι VPI=1 / VCI=2 μετράγεται στο κανάλι VPI=4 / VCI=33.

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



Σχήμα 3. Μηχανισμός μεταγωγής



**Σχήμα 4.** VP/VC Switch

### Τεχνικές μεταγωγής κόμβων

Ένας κόμβος ATM αποτελείται από τα εξής:

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

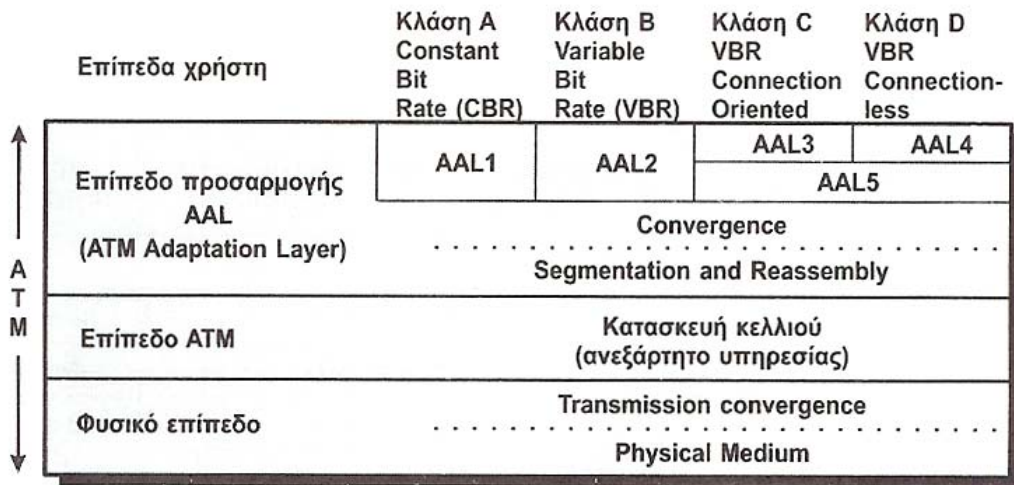
Το ζευκτικό πεδίο είναι ο μηχανισμός που επιτυγχάνει τη δρομολόγηση των κελιών από θύρες εισόδου σε θύρες εξόδου.

## Επίπεδα της ATM

Η ATM είναι κάτι περισσότερο από μια τεχνική απλού τεμαχισμού σε κελιά σταθερού μήκους. Στην ουσία είναι ένα μοντέλο τριών επιπέδων, του φυσικού, του επιπέδου ATM και του επιπέδου προσαρμογής (Adaptation layer), που φαίνονται στο σχήμα 5.

### Το φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση και τον συγχρονισμό των κελιών και διαιρείται σε δύο υποεπίπεδα: Το Transmission Convergence (TC) και το Physical Medium Dependent (PMD). Ο χωρισμός αυτός γίνεται για να διαχωριστεί η μετάδοση από το φυσικό interface.



**Σχήμα 5.** Τα επίπεδα της ATM

Το PMD είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση με το χρησιμοποιούμενο κάθε φορά μέσο (συνεστραμμένα ζεύγη, ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες κ.λ.π.) και για τον χρονισμό των bit.

Το TC είναι υπεύθυνο για:

- Αναγνώριση και εξαγωγή των κελιών από την ακολουθία των bit της γραμμής και αντιστρόφως.
- Περίπλεξη (scrambling) των bit της πληροφορίας των κελιών.
- Προσθήκη κενών κελιών για την κάλυψη των κενών διαστημάτων.
- Δημιουργία του πεδίου ελέγχου (HEC - Header Error Control) του header των κελιών κατά την μετάδοση και έλεγχος του CRC κατά την λήψη.

## Επίπεδο ATM

Το επίπεδο ATM είναι αρμόδιο για τις λειτουργίες που συνδέονται με τη δρομολόγηση των κελιών μέσα στο δίκτυο. Είναι το επίπεδο που προσθέτει τον header των 5 byte σε κάθε κελί και στη συνέχεια τον χρησιμοποιεί για την μεταγωγή των κελιών στα νοητά κυκλώματα. Εδώ γίνεται ο έλεγχος σφαλμάτων του header και ο πιθανός έλεγχος ροής.

Οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου ATM είναι:

- Πολύπλεξη και απόπλεξη των κελιών στις γραμμές μέσω των πεδίων VPI, VCI.
- Μετάφραση και αντικατάσταση των τιμών των πεδίων VCI, VPI στους διάφορους κόμβους όταν απαιτείται.
- Προσθήκη του header πριν την εκπομπή και απομάκρυνσή του κατά τη λήψη.
- Υλοποίηση του μηχανισμού ελέγχου ροής στην πλευρά του χρήστη (UNI) με τη βοήθεια των bit του πεδίου GFC του header.

Δύο ακραίοι κόμβοι σε ένα δίκτυο ATM επικοινωνούν ανταλλάσσοντας κελιά πάνω στο φυσικό επίπεδο της γραμμής. Όταν δεν υπάρχουν data προς αποστολή δημιουργούνται επί τούτου κενά (idle) κελιά, αντιθέτως όταν υπάρχει πληροφορία προς αποστολή το επίπεδο ATM δημιουργεί κελιά προσθέτοντας τον header στο payload που του παραδίδει το υπερκείμενο επίπεδο AAL.

Στον header τοποθετούνται οι τιμές των πεδίων VPI, VCI για την δρομολόγηση προς τον τελικό αποδέκτη καθώς επίσης και ενδείξεις συμφόρησης εφόσον υπάρχουν, με την βοήθεια του πεδίου PT.

Μια από τις σημαντικές λειτουργίες του επιπέδου ATM είναι να φροντίζει για την εξασφάλιση της ποιότητας της σύνδεσης (Quality of Service - QoS) έννοια που εμφανίζεται για πρώτη φορά στα δίκτυα ATM. Το QoS είναι διαπραγματεύσιμο από τον χρήστη κατά την έναρξη της σύνδεσής του, όμως ο κόμβος δύναται να αρνηθεί τη συγκεκριμένη απαίτηση εάν οι πόροι του δικτύου δεν είναι επαρκείς να εξασφαλίσουν την ζητούμενη ποιότητα.

Όταν ο κόμβος ATM δεχθεί ένα κελί σε μια πόρτα του το επίπεδο ATM θα προσδιορίσει από τις τιμές των πεδίων VPI, VCI και του εσωτερικού πίνακα δρομολόγησης, την πόρτα στην οποία το κελί πρέπει να οδηγηθεί καθώς και τις νέες τιμές που πρέπει να πάρουν τα πεδία VPI, VCI, επαναπροσδιορίζοντας ταυτόχρονα και την νέα τιμή του πεδίου HEC του header. Κατ' αυτή την έννοια το επίπεδο ATM είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των συνδέσεων.

Εφ' όσον υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο, το επίπεδο ATM θα θέσει τις κατάλληλες τιμές στα bit του πεδίου PT. Επίσης εξασφαλίζεται ότι διαδοχικά κελιά δεν χάνουν τη σειρά τους και ότι ικανοποιούνται κάποιοι μέγιστοι επιθυμητοί χρόνοι μετάδοσης.

## 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 270 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.

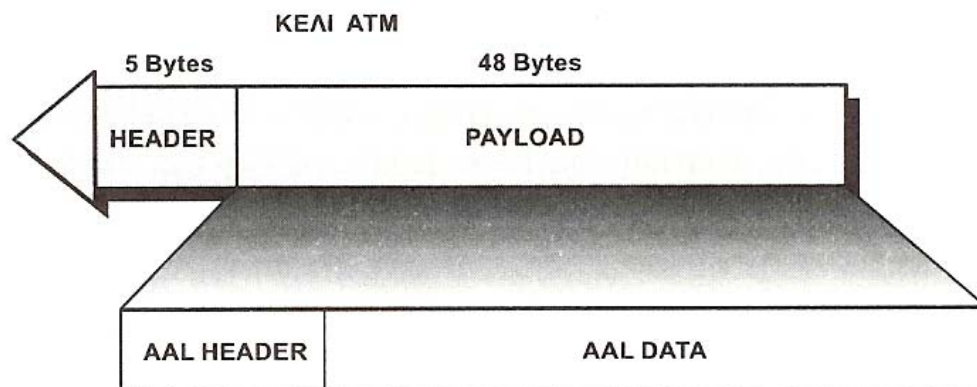
## ATM Adaptation Layer

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).



Σχήμα 6. Adaptation Layer

Το υποεπίπεδο SAR είναι υπεύθυνο, για τον τεμαχισμό της πληροφορίας σε κελιά γι' αυτό στον header του περιλαμβάνει απαριθμητή των τεμαχίων που βοηθά στην ορθή επανασυγκόλληση. Το υποεπίπεδο CS είναι αρμόδιο για άλλες απαραίτητες λειτουργίες όπως, χειρισμός χαμένων κελιών, ο έλεγχος σφαλμάτων του πακέτου δεδομένων πριν τον τεμαχισμό του, ο χειρισμός των καθυστερήσεων κλπ.

## **Τύποι υπηρεσιών**

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

- Σταθερού ρυθμού (CBR - Constant Bit Rate)
- Μεταβλητού ρυθμού (VBR - Variable Bit Rate)
- Διαθέσιμου ρυθμού (ABR - Available Bit Rate)
- 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 κλπ. Οι εφαρμογές αυτές δεν ανέχονται καθυστερήσεις και στη ουσία απαιτούν από το δίκτυο την πλήρη δέσμευση το 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 off line εφαρμογές, διασυνδέσεις δικτύων TCP/IP κλπ. 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 χρησιμοποιείτο 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.

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)

# PNNI

## Γενικά

Το PNNI είναι ένα πρωτόκολλο switch-to-switch που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ATM Forum για να υποστηρίξει την αποδοτική και δυναμική δρομολόγηση των αιτημάτων SVC (Switched Virtual Connections) σε ένα ιδιωτικό περιβάλλον ATM όπου τα στοιχεία του δικτύου προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Το PNNI phase I αποτελείται από δύο πρωτόκολλα: routing (δρομολόγηση) και signaling (σηματοδότηση).

Το PNNI routing χρησιμοποιεί ένα ιεραρχικό πρωτόκολλο με βάση την τοπολογία (topology-state) για να μεταδώσει τις πληροφορίες τοπολογίας και των πόρων μεταξύ των συμμετεχόντων switches ή groups από switches.

Το PNNI signaling χρησιμοποιεί τις πληροφορίες τοπολογίας και πόρων που είναι διαθέσιμες σε κάθε switch για να κατασκευάσει έναν κατάλογο διέλευσης που καθορίζει την πορεία που το αίτημα SVC θα ακολουθήσει για να επιτύχει τους ζητούμενους στόχους QoS και να ολοκληρώσει τη σύνδεση.

## Απαιτήσεις PNNI

Το ATM Forum αναγνώρισε τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στη διαχείριση ενός δικτύου ATM αν τα switches προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και έτσι αποφάσισε ότι είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δυναμικού «interswitch» πρωτοκόλλου.

Το πρωτόκολλο θα επέτρεπε τα ATM switches να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία του δικτύου, τους διαθέσιμους πόρους και τις ικανότητες QoS. Αυτό το interswitch πρωτόκολλο θα πρέπει να κατέχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

**Να είναι κλιμακούμενο (scalable):** Πρέπει να υποστηρίζει από μικρά ως πολύ μεγάλα δίκτυα.

**Απλότητα στην εγκατάσταση και τη διαμόρφωση:** Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα μικρά δίκτυα. Μόλις δύο switches συνδέονται, πρέπει να ανταλλάξουν τις πληροφορίες τοπολογίας και να είναι σε θέση έπειτα να δρομολογήσουν τα αιτήματα SVC με ελάχιστη ή καθόλου διαμόρφωση.

**Να παρέχει αποδοτική δρομολόγηση των αιτημάτων SVC μέσω του δικτύου υποστηρίζοντας QoS:** Πρέπει πρώτα να υπολογίζεται η καλύτερη πορεία (path) που επιτυγχάνει τους στόχους QoS για το αίτημα SVC, και μετά να μεταφέρεται το αίτημα SVC κατά μήκος εκείνης της πορείας.

**Να επιτρέπει τη διαχείριση των πολιτικών πηγής και διέλευσης (source and transit policies).** Τα διαφορετικά switch domains μπορεί να έχουν διαφορετικές πολιτικές στην ασφάλεια, χρήση, τύπους κυκλοφορίας, κ.α.

**Υποστήριξη από πολλαπλούς κατασκευαστές:** Το πρωτόκολλο πρέπει να υποστηρίζεται από ένα δίκτυο switches διαφορετικών κατασκευαστών αλλά πρέπει να επιτρέπει σε μεμονωμένα switches να εκτελούν ορισμένες λειτουργίες (π.χ., εύρεση διαδρομών, CAC<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> CAC (Connection Admission Control), είναι η λειτουργία που εκτελείται από τα ATM switches που καθορίζει εάν ένα αίτημα σύνδεσης μπορεί να γίνει αποδεκτό ή όχι.



Ο σχεδιασμός ενός πρωτοκόλλου που να καλύπτει αυτές τις απαιτήσεις δεν ήταν ένας εύκολος στόχος. Για το λόγο αυτό η ομάδα PNNI χρειάστηκε δύο χρόνια για ολοκληρώσει την προδιαγραφή.

## Βασικές έννοιες του PNNI

PNNI σημαίνει Private Network Node Interface ή Private Network-to Network Interface. Είναι ένα πρωτόκολλο switch-to-switch που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του φόρουμ ATM για να υποστηρίξει την αποδοτική και δυναμική δρομολόγηση των αιτημάτων SVC (Switched Virtual Connections) σε ένα ιδιωτικό περιβάλλον ATM όπου τα στοιχεία του δικτύου προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Το PNNI phase I αποτελείται από δύο πρωτόκολλα: routing (δρομολόγηση) και signaling (σηματοδότηση).

**Routing:** χρησιμοποιείται για να διανείμει τις πληροφορίες για την τοπολογία του δικτύου ATM μεταξύ των switches (network node) και των groups από switches (network-to-network). Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από το switch που είναι πιο κοντά στον αιτούντα SVC για τον υπολογισμό της πορείας (path) προς τον προορισμό που θα ικανοποιήσει τους στόχους QoS. Το PNNI υποστηρίζει μια ιεραρχική δομή δρομολόγησης που του επιτρέπει να εξελίσσεται σε μεγάλα δίκτυα.

**Signaling:** Οι πληροφορίες τοπολογίας και πόρων που είναι διαθέσιμες σε κάθε switch (node ή κόμβος), χρησιμοποιούνται για να κατασκευάσουν ένα path πηγής-διαδρομής που ονομάζεται *designated transit list* (DTL). Το DTL δημιουργεί μια λίστα με τους κόμβους και τις συνδέσεις που το αίτημα SVC θα διασχίσει για να επιτύχει τους ζητούμενους στόχους QoS και να ολοκληρώσει τη σύνδεση.

Ένα από τα σημαντικά κριτήρια σχεδιασμού του πρωτοκόλλου PNNI ήταν να εφαρμοστούν, υπάρχοντες μηχανισμοί (όπου ήταν δυνατό) για την παροχή μιας επιθυμητής λειτουργίας. Επομένως, το PNNI χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί προηγουμένως σε άλλα πρωτόκολλα δικτύων. Αυτές είναι:

- Link-state routing
- Hierarchical routing
- Source routing

Το σχήμα 10.1 παρουσιάζει την έννοια του Link-state routing στο PNNI.

Κάθε ATM switch ανταλλάσσει πληροφορίες με τα γειτονικά του switches σχετικά με την κατάσταση των συνδέσεων, την κατάσταση και τους πόρους των switches καθώς και την ταυτότητα καθενός από τα γειτονικά του switches. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να χτίσουν μια βάση δεδομένων που περιέχει την τοπολογία ολόκληρου του δικτύου. Κάθε ATM switch στην ομάδα θα έχει ένα ίδιο αντίγραφο της βάσης δεδομένων τοπολογίας. Εάν μια αλλαγή στην τοπολογία εμφανίζεται (π.χ., διακοπή η σύνδεση), τότε μόνο εκείνη η αλλαγή αναμεταδίδεται μεταξύ των switches.

Το PNNI είναι ένα πρωτόκολλο με βάση την τοπολογία (topology-state). Τα ATM switches (κόμβοι) περιλαμβάνουν τις πληροφορίες για τις συνδέσεις και τους κόμβους στα μηνύματα που στέλνονται στα γειτονικά switches. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να περιλάβουν τα στοιχεία σχετικά με τις δυνατότητες των switches, το QoS, και το χρόνο διέλευσης και είναι σημαντικές επειδή τα αιτήματα SVC δρομολογούνται από μια διαδρομή που πρέπει να επιτυγχάνει τους στόχους QoS.

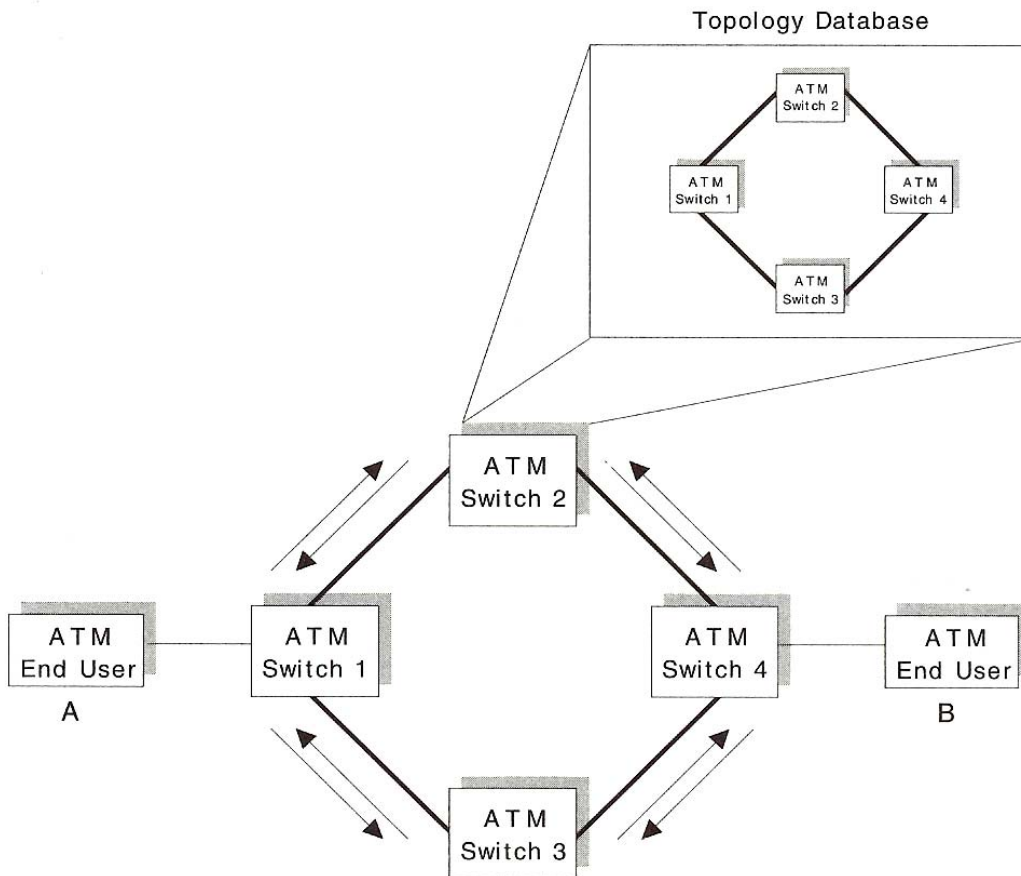


Figure 10.1 Concept of link-state routing.

Το PNNI πρέπει να είναι κλιμακούμενο (scalable) και για να το επιτύχει αυτό εφαρμόζει μια ιεραρχική δομή δρομολόγησης (Hierarchical routing). Στο Hierarchical routing οι πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία και τη διεύθυνση των group από κόμβους συνοψίζονται και παρουσιάζονται σαν ένας ενιαίος κόμβος στο επόμενο επίπεδο επάνω στην ιεραρχία. Ο ενιαίος κόμβος «διαφημίζει» έπειτα τις συνοψισμένες πληροφορίες για την ομάδα κόμβων που αντιπροσωπεύει ένα επίπεδο κάτω. Ο ενιαίος κόμβος συμπεριφέρεται επίσης σαν ήταν ένα ξεχωριστό ATM switch. Αυτό εξυπηρετεί το σκοπό του περιορισμού του ποσού των πληροφοριών για μια ομάδα κόμβων που διαφημίζεται. Εξετάζοντας τον όγκο των πληροφοριών

για τις συνδέσεις σε ένα δίκτυο του ATM, αυτό θα μπορούσε να είναι ογκώδες. Η συνάθροιση τοπολογίας (*topology aggregation*) όπως ονομάζεται αυτή η διαδικασία, μειώνει την πολυπλοκότητα. Αλλά επειδή οι πληροφορίες που διαφημίζονται στο επόμενο επίπεδο συνοψίζονται, κάποιος βαθμός ακρίβειας θυσιάζεται. Η έννοια της ιεραρχίας δρομολόγησης παρουσιάζεται στην εικόνα 10.2.

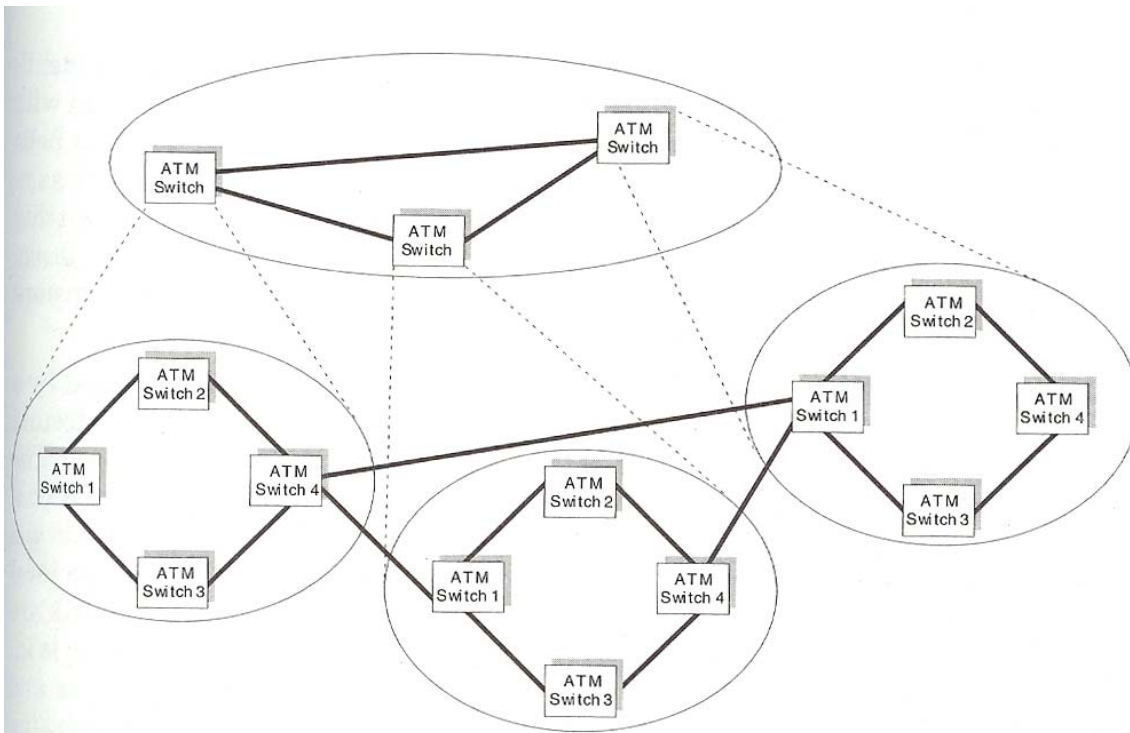


Figure 10.2 Multilevel routing hierarchy.

Η τρίτη τεχνική που χρησιμοποιεί το PNNI είναι το source routing. Το source routing επιτρέπει στο πρώτο switch που βρίσκεται στην πορεία αιτήματος SVC να υπολογίσει ολόκληρη την πορεία, βασισμένο στη γνώση του πάνω στο δίκτυο. Επειδή οι μετρικές QoS «διαφημίζονται» και περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων της τοπολογίας, το πρώτο switch πρέπει να έχει μια αρκετά καλή ιδέα για το ποια πορεία να ακολουθήσει. Τα ενδιάμεσα switches κατά μήκος της πορείας δεν χρειάζεται να εκτελέσουν κανέναν υπολογισμό διαδρομής. Απλά χρειάζεται να εκτελέσουν CAC (Connection Admission Control) και να διαβιβάσουν το αίτημα SVC ακολουθώντας την πληροφορία για την πορεία πηγής-διαδρομής. Και τελικά, το source routing αποτρέπει τους βρόχους (loops). Κάθε πιθανότητα δημιουργίας βρόχου κατά την προσπάθεια ικανοποίησης ενός αιτήματος SVC θα ήταν καταστροφική.

## PNNI routing

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του πρωτοκόλλου PNNI, ένα παράδειγμα routing hierarchy φαίνεται στην εικόνα 10.3.

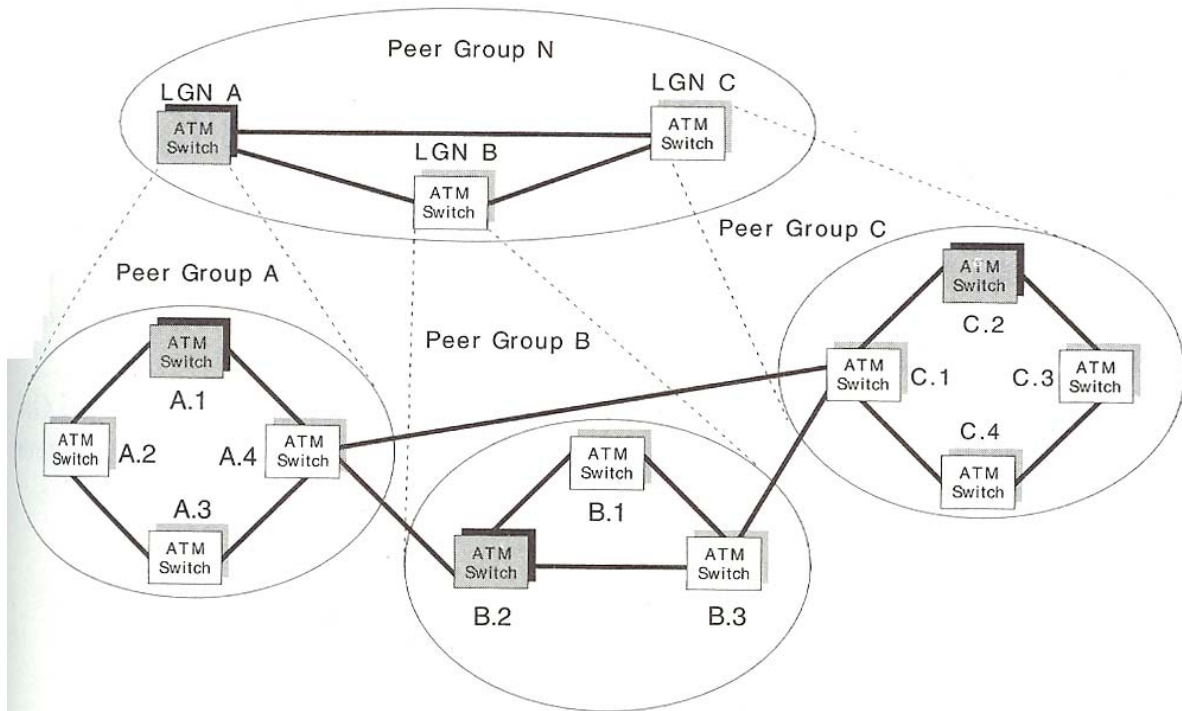


Figure 10.3 PNNI routing hierarchy.

Η προδιαγραφή PNNI καθορίζει τα εξής:

*Peer Group:* Το peer group είναι μια συλλογή κόμβων που διατηρεί μια ίδια τοπολογική βάση δεδομένων και ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες τοπολογίας και πόρων η. Τα μέλη ενός peer group ανακαλύπτουν τους γείτονές τους χρησιμοποιώντας ένα hello πρωτόκολλο. Τέσσερα διαφορετικά peer group: Το A, B, το C, και N απεικονίζονται στο παράδειγμα μας για το routing hierarchy. Τα peer groups A, B, και C αποτελούνται από πραγματικά ATM switches που συνδέονται με φυσικά μέσα σύνδεσης. Το peer group N αποτελείται από τρία logical group nodes (LGN). Τα LGNs είναι οι συνοψισμένες αντιπροσωπεύσεις των peer group των πραγματικών switches που αναπαρίστανται κάτω από αυτούς.

*Peer Group Identifier:* Τα μέλη του ίδιου peer group προσδιορίζονται από ένα κοινό προσδιοριστικό ομάδας (peer group identifier). Το προσδιοριστικό ομάδας προέρχεται από μια, μοναδική ATM διεύθυνση των 20-bytes που διαμορφώνεται manually σε κάθε switch. Το peer group identifier καθορίζει το επίπεδο της ιεραρχίας του peer group.

*Logical node:* Logical node ονομάζεται κάθε switch ή ομάδα switches που τρέχουν το πρωτόκολλο δρομολόγησης PNNI. Για παράδειγμα, όλα τα μέλη του PG A και του κόμβου επάνω από αυτό, LGN A, είναι λογικοί κόμβοι.

*Logical group node (LGN):* Ένα LGN είναι μια λογική αντιπροσώπευση ενός χαμηλότερου επιπέδου peer group για τους σκοπούς της αντιπροσώπευσης αυτού του peer group στο επόμενο υψηλότερο επίπεδο peer group. Στο σχέδιο 10.3 το LGN A αντιπροσωπεύει το PG A, το LGN B αντιπροσωπεύει το PG B, και το LGN C αντιπροσωπεύει το PG C. Ακόμα κι αν ένα LGN δεν είναι ένα πραγματικό switch αλλά μια λογική αντιπροσώπευση μιας ομάδας switches, συμπεριφέρεται σαν να ήταν ένα πραγματικό switch ATM.

*Parent peer group:* Αυτή η ομάδα περιέχει LGNs που αντιπροσωπεύουν peer groups του κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου.

*Child peer group:* Το Child peer group περιέχει έναν κόμβο που είναι μέρος ενός LGN και το οποίο ανήκει σε peer group του αμέσως υψηλότερου ιεραρχικά επιπέδου. Π.χ. τα peer groups A, B, C είναι Child peer groups.

*Peer group leader (PGL):* Μέσα στο peer group, ένα PGL επιλέγεται για να αντιπροσωπεύσει το peer group ως LGN στο αμέσως υψηλότερο επίπεδο peer group. Το PGL είναι αρμόδιο για να συνοψίζει τις πληροφορίες για το peer group και να τις μεταφέρει προς το πάνω επίπεδο, και να περνά τις υψηλότερου επιπέδου πληροφορίες προς τα κάτω. Στο σχέδιο 10.3, κάθε peer group έχει ένα PGL (σκιασμένο με γκριζο).

*Πρωτόκολλο "hello":* Είναι μια τυποποιημένη διαδικασία που χρησιμοποιείται από τους γειτονικούς κόμβους για να ανακαλύψουν την ύπαρξη και την ταυτότητα ο ένας του άλλου.

*Border nodes:* Border node ονομάζεται ο κόμβος που έχει γειτονικό κόμβο που ανήκει σε διαφορετικό peer group. Αυτό επαληθεύεται όταν οι κόμβοι ανταλλάσσουν μεταξύ τους πακέτα hello. Οι συνδέσεις που ενώνουν δύο peer groups καλούνται outside links. Στο σχέδιο 10.3, οι κόμβοι A4, B.2, B.3, και C.1 είναι Border nodes.

*Uplinks:* Uplink είναι μια λογική σύνδεση από ένα border node σε ένα υψηλότερου επιπέδου LGN. Η ύπαρξη uplink απορρέει από την ανταλλαγή hello πακέτων μεταξύ των border nodes. Τα άλλα μέλη του peer group ενημερώνονται έπειτα για την ύπαρξη uplink. Το Uplink χρησιμοποιείται από το PGL για να κατασκευάσει μια λογική σύνδεση μεταξύ LGN στο υψηλότερο επίπεδο peer group. Το σχήμα 10.5 παρουσιάζει δύο uplinks από το PG A σε LGN B και LGN C.

*Logical link:* Logical link είναι μια σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων. Logical links διασυνδέουν τα μέλη του PG N στο σχέδιο 10.3. Τα horizontal links είναι logical links που συνδέουν τους κόμβους μέσα στο ίδιο peer group.

*Routing control channel:* Τα VPI=0, VCI=18 είναι δεσμευμένα ως το VC (Virtual Channel) που χρησιμοποιείται για να ανταλλάξει τις πληροφορίες δρομολόγησης μεταξύ των κόμβων.

*Topology aggregation:* Είναι η διαδικασία της συνάθροισης και της συμπίεσης των πληροφοριών σε ένα peer group για την «διαφήμιση» τους στο επόμενο υψηλότερου επιπέδου peer group. Η διαδικασία topology aggregation εκτελείται από τα PGLs.

*PNNI Topology-state element (PTSE):* Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται από τους κόμβους για να χτίσουν και να συγχρονίσουν μια βάση δεδομένων σχετική με την τοπολογία μέσα στο ίδιο peer group. Τα PTSEs μεταδίδονται μεταξύ των κόμβων σε ένα peer group και προς τα κάτω από ένα LGN προς το peer group που αντιπροσωπεύει. Τα PTSEs περιέχουν τις πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία, τις συνδέσεις και τους κόμβους στο peer group. Οι πληροφορίες αυτές μεταφέρονται σε PNNI topology-state packets (PTSP). Τα PTSPs στέλνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα ή όταν προκαλείται μια σημαντική αλλαγή στην τοπολογία.

*Upward and downward information flow:* Το σχήμα 10.6 παρουσιάζει τη ροή πληροφοριών για το PG A και LGN A. Το PGL (Program Group Leader) στο A, A.1, είναι αρμόδιο για την παραγωγή των πληροφοριών σχετικά με το PG A, τη συνάθροιση τους και έπειτα για την αντιπροσώπευση του PG A ως LGN στο PG N. Αυτή είναι η ανοδική ροή. Προσέξτε ότι δεν γίνεται ροή PTSEs προς τα πάνω. Τα PTSEs ρέουν προς τα κάτω και οριζόντια από το PGL. Αυτό παρέχει στους κόμβους στο PG A ορατότητα και έξω από το peer group τους και τους επιτρέπει να καθοδηγούν έξυπνα τα αιτήματα SVC. Η εξωτερική ορατότητα προς τους κόμβους του peer group περιορίζεται στη γνώση που υπάρχει σχετικά με uplinks προς άλλα LGNs.

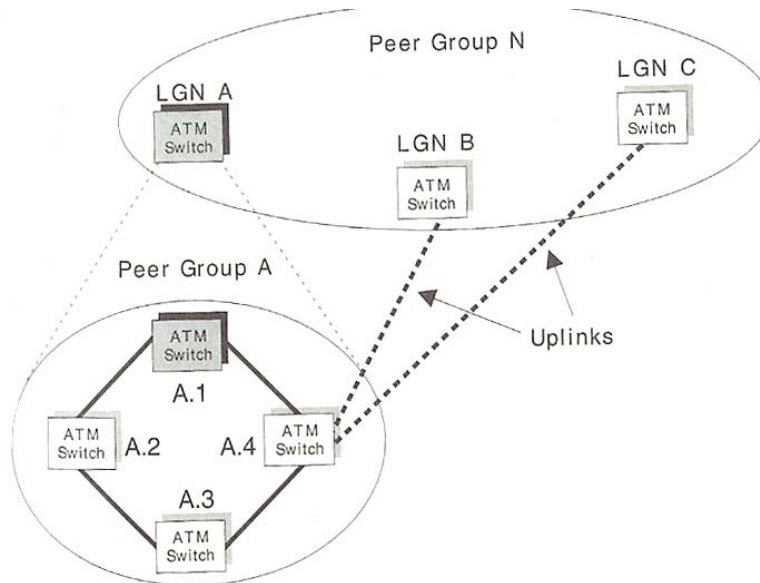


Figure 10.5 PNNI uplinks.

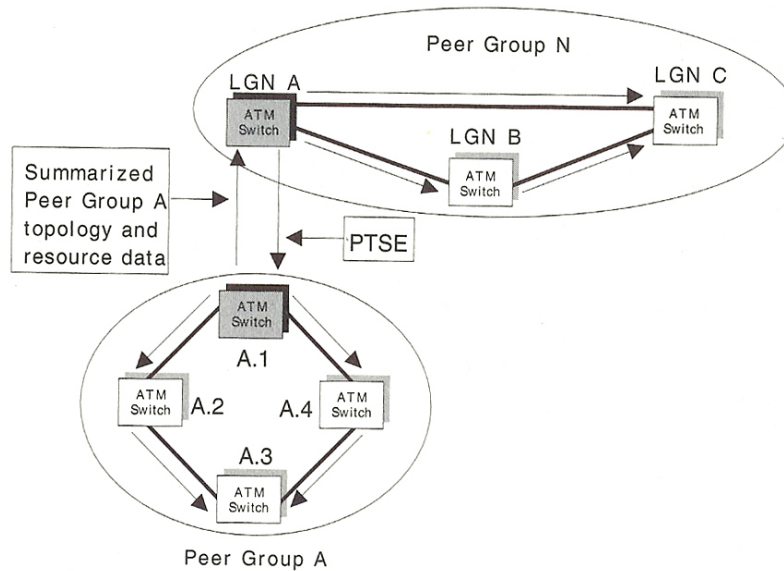


Figure 10.6 PNNI upward/downward information flow.

## PNNI signaling

Το PNNI signaling χρησιμοποιείται για την προώθηση του αιτήματος SVC μέσω του δικτύου των switches έως ότου αυτό φθάνει στον προορισμό του. Το PNNI signaling χρησιμοποιεί πληροφορίες για την τοπολογία του δικτύου, τους πόρους, και την πρόσβασιμότητα, που παρέχονται από το PNNI routing, για να προωθήσει ένα αίτημα SVC μέσω του δικτύου.

Είναι βασισμένο πάνω στο UNI 3.1/4.0 signaling αλλά έχει ενισχυθεί με διάφορες επεκτάσεις συγκεκριμένες για το περιβάλλον PNNI. Το PNNI χρησιμοποιεί δύο άλλες τεχνικές, τις: designated transit lists (DTLs) και crankback with alternate routing, για να ολοκληρώσει επιτυχώς το αίτημα SVC και την εγκατάσταση της σύνδεσης.

### Designated transit lists

Το PNNI χρησιμοποιεί source routing για να διαβιβάσει ένα αίτημα SVC σε ένα ή περισσότερα peer groups σε μια PNNI routing hierarchy. Ο PNNI όρος για το source route διάνυσμα είναι **Designated transit list**. Το DTL είναι ένα διάνυσμα με πληροφορίες που καθορίζουν μια πλήρης διαδρομή (path) από τον κόμβο προέλευσης στον κόμβο προορισμού μέσω ενός peer group στην routing hierarchy. Το DTL υπολογίζεται από τον κόμβο προέλευσης ή από τον πρώτο κόμβο ενός peer group που έλαβε ένα αίτημα SVC. Βασιζόμενο στη γνώση του κόμβου προέλευσης σχετικά με το δίκτυο, υπολογίζει μια διαδρομή προς τον προορισμό που θα ικανοποιεί τα QoS του αιτήματος. Οι κόμβοι στη συνέχεια αποδέχονται το DTL και προωθούν το αίτημα SCV μέσω του δικτύου.

Το DTL εκτελείται ως πληροφοριακό στοιχείο που προστίθεται στα PNNI signaling μηνύματα SETUP και ADD PARTY. Ένα DTL υπολογίζεται για κάθε peer group και περιέχει την πλήρη διαδρομή μέσα στο peer group. Με άλλα λόγια, είναι ένας κατάλογος κόμβων και συνδέσεων που το αίτημα SVC πρέπει να επισκεφτεί στο δρόμο του προς τον προορισμό.

Οι σειρές των DTLs τοποθετούνται σε έναν σωρό (stack) με το χαμηλότερου επιπέδου peer group στην κορυφή του σωρού και το υψηλότερου επιπέδου peer group στο κάτω μέρος.

Επίσης περιέχεται και ένας δείκτης, ο οποίος δείχνει σε ποιόν κόμβο του DTL βρίσκεται κάθε στιγμή το αίτημα SVC. Όταν ο δείκτης φθάνει στο τέλος ενός DTL, το DTL αφαιρείται από το σωρό και το επόμενο DTL στο σωρό επεξεργάζεται. Εάν το αίτημα SVC εισαχθεί σε ένα νέο χαμηλότερου επιπέδου peer group, τότε παράγεται ένα νέο DTL και τοποθετείται στην κορυφή του σωρού DLT για την επεξεργασία.

Για παράδειγμα, υποθέστε ότι ο User A επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον User C όπως φαίνεται στο σχέδιο 10.7, και για λόγους πολιτικών δικτύου το αίτημα SVC μπορεί να περάσει μόνο από τη διαδρομή που παρουσιάζεται. Έτσι το αίτημα SVC στέλνεται στον κόμβο A.2. Ο κόμβος A.2 ξέρει ότι ο User C είναι προσπελάσιμος μόνο μέσω του LGN C και ότι το LGN C είναι προσπελάσιμο μέσω του LGN B. Ο κόμβος A.2 δημιουργεί δύο DTLs, ένα για να παρέχει μια διαδρομή μέσα στο PG A και το δεύτερο για να παρέχει μια διαδρομή μέσα στο PG N. Το αίτημα SVC διαβιβάζεται. Δεν φαίνεται, αλλά συμπεριλαμβάνεται ένας δείκτης που προσδιορίζει σε ποιόν κόμβο του DTL βρίσκεται κάθε στιγμή το αίτημα SVC. Όταν προσπελαίνεται ο τελευταίος κόμβος στο DTL, ο κόμβος A.4, τότε το DTL αφαιρείται από το σωρό και το επόμενο DTL στο σωρό επεξεργάζεται. Όταν το αίτημα SVC φθάνει στον κόμβο B.2, ένα νέο DTL (B.2, B.3) τοποθετείται στην κορυφή του σωρού. Ο κόμβος B.2 απλά προσθέτει ένα νέο DTL που επιτρέπει στο αίτημα SVC να διασχίσει το PG B. Όταν το αίτημα SVC φθάνει στο τέλος του τρέχοντος DTL (B.2, B.3), αφαιρείται και έρχεται η σειρά του επόμενου στο σωρό να επεξεργαστεί. Όταν το αίτημα SVC φθάνει στον κόμβο C.1, ένα νέο DTL (C.1, C.2, C.3) τοποθετείται στην κορυφή του σωρού και το αίτημα SVC διαβιβάζεται στον προορισμό του.

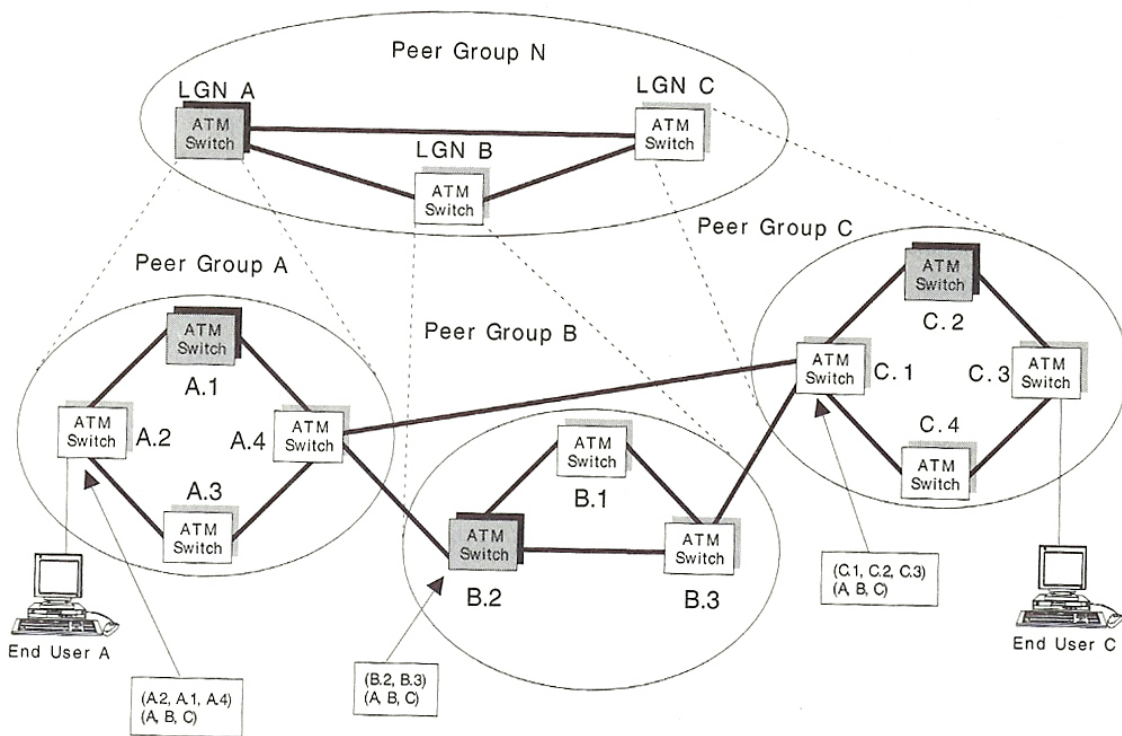


Figure 10.7 Designated transit lists.



## Crankback and alternate routing

Οι κόμβοι που παράγουν DTLs (A.2, B.2, C.1 στο προηγούμενο παράδειγμα) χρησιμοποιούν πληροφορίες τοπολογίας και πόρων που μπορεί να αλλάξουν καθώς το αίτημα SVC διαβιβάζεται. Αυτό μπορεί να αναγκάσει το αίτημα SVC να μπλοκαριστεί.

Για αντιμετωπίσει τέτοιες καταστάσεις το PNNI χρησιμοποιεί μια τεχνική που καλείται *crankback with alternate routing*.

Όταν το αίτημα SVC δεν μπορεί να διαβιβαστεί σύμφωνα με το DTL, στέλνεται πίσω στο δημιουργό του DTL με μια ένδειξη του προβλήματος. Αυτός είναι ο μηχανισμός crankback.

Σε αυτό το σημείο ένα νέο DTL (εναλλακτική διαδρομή) μπορεί να κατασκευαστεί που παρακάμπτει τους κόμβους ή τις συνδέσεις που μπλόκαραν το αίτημα SVC αλλά που πρέπει να ταιριάζει με τα υψηλότερου επιπέδου DTLs τα οποία είναι πιο κάτω στο σωρό. Εάν καμία διαδρομή δεν μπορεί να βρεθεί, τότε το αίτημα στέλνεται πίσω στον προηγούμενο δημιουργό DTL. Εάν ο δημιουργός DTL είναι ο αρχικός κόμβος προέλευσης του αιτήματος SVC, τότε το μήνυμα απορρίπτεται (REJECT) και ο User A πρέπει να προσπαθήσει ξανά να συνδεθεί. Στο παράδειγμά μας, ας υποθέσουμε ότι το port του κόμβου B.3 που ενώνει τον B.3 με τον B.2 έχει πάθει συμφόρηση ενώ το αίτημα SVC διαβιβαζόταν. Ο κόμβος B.3 θα καταλάβει, μετά την εκτέλεση του CAC, ότι το αίτημα SVC δεν μπορεί να περάσει από αυτό το port. Ένα μήνυμα στέλνεται τότε πίσω στον κόμβο B.2 υποδεικνύοντας το πρόβλημα με το συγκεκριμένο port στον κόμβο B.3. Ο κόμβος B.2 θα υπολογίσει ξανά ένα νέο DTL όπως φαίνεται στο σχήμα 10.8 και θα διαβιβάσει από άλλη διαδρομή το αίτημα SVC.

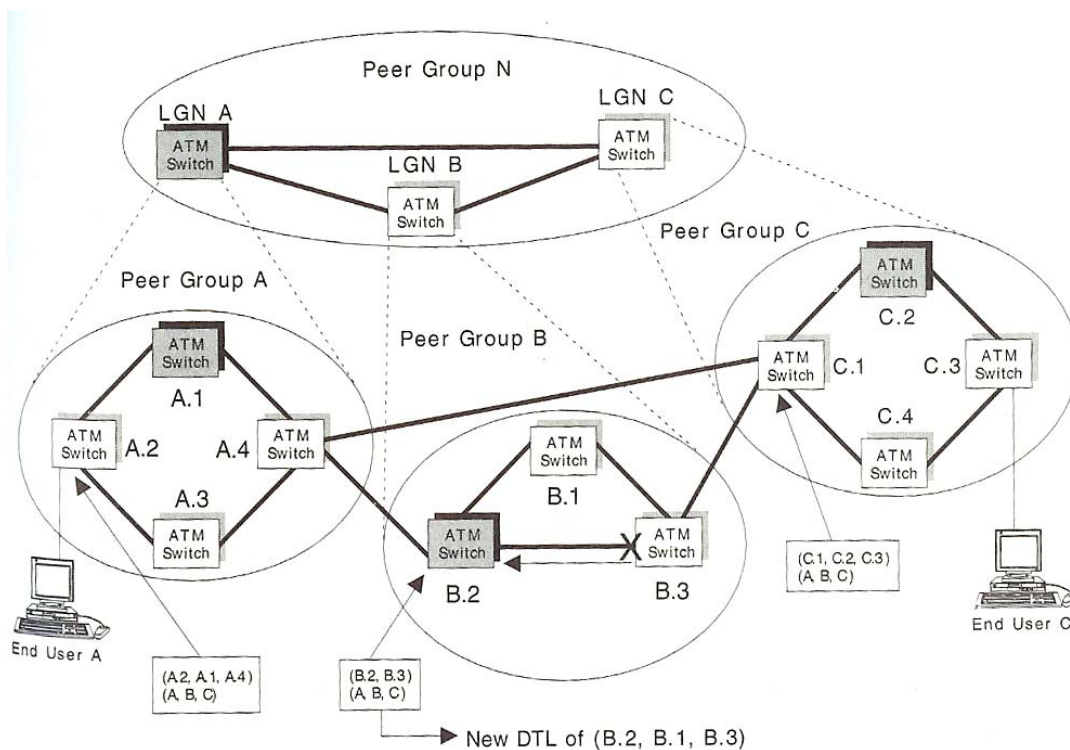
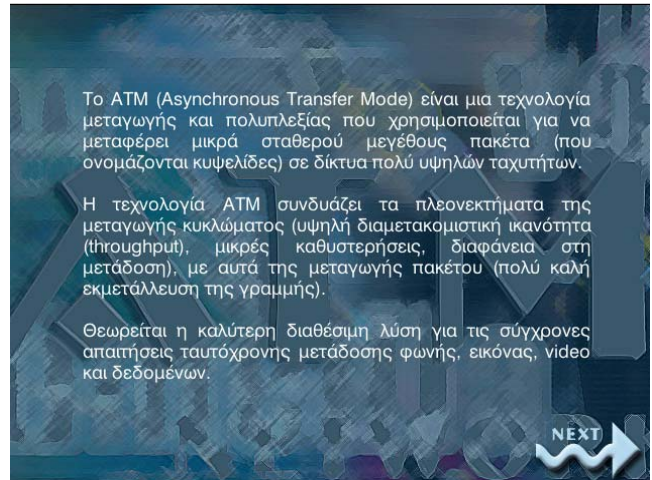


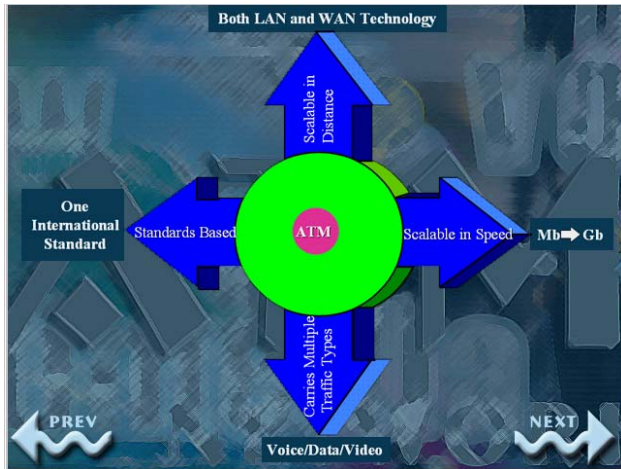
Figure 10.8 Crankback and alternate routing.

## MULTIMEDIA ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Για τη δημιουργία της εκπαιδευτικής παρουσίασης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό δημιουργίας εφαρμογών πολυμέσων Macromedia Director MX.

Παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες οθόνες της εφαρμογής:

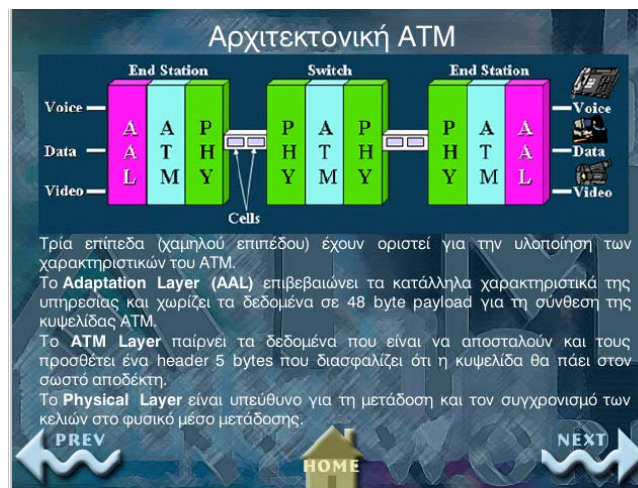
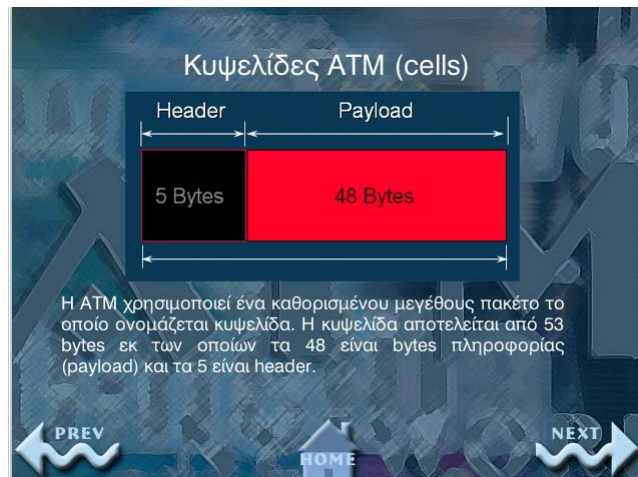




### Connection Oriented

Τα δίκτυα ATM είναι connection oriented. Αυτό σημαίνει ότι πριν μεταδοθούν οι κυψελίδες πληροφορίας, πρέπει πρώτα να αποκατασταθεί η σύνδεση μεταξύ των χρηστών. Πρέπει δηλαδή να δημιουργηθεί ένα νοητό μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ των δυο ακραίων σημείων του δικτύου. Αυτό επίσης σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της σύνδεσης τα δεδομένα θα ακολουθούν το ίδιο μονοπάτι.

Παρότι η ATM είναι μια connection oriented τεχνική, μπορεί να εξυπηρετεί και connectionless μεταφορές μηνυμάτων (π.χ. datagram).



### Αρχιτεκτονική ATM

#### ATM Adaption Layer (AAL)

AAL	Types
1	Circuit Emulation -Constant Bit Rate (CBR)
2	Low Bit Rate Voice (Real Time) -Variable Bit Rate (VBR)
3/4	Time Invariant Data
5	"Simple" Data

48 Bytes

PREV HOME NEXT

### Αρχιτεκτονική ATM

#### ATM Layer

48-Byte Payloads From AAL

5-Byte Header

Header Contains Virtual Path and Channel Identifiers

53-Byte Cell To Physical Layer

PREV HOME NEXT

### Βασικές έννοιες PNNI

#### Τεχνικές που χρησιμοποιούνται

- Link-state routing
- Topology-state
- Hierarchical routing
- Source routing
- PNNI routing
- PNNI signaling

PREV HOME NEXT

### Βασικές έννοιες PNNI

UNI PNNI UNI

OR

UNI ATM Network PNNI ATM Network UNI

- PNNI: Private "Network-Network" or "Network-Node" Interface
- UNI: User Network Interface

PREV HOME NEXT

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΠΗΓΕΣ WWW

[www.atmforum.com](http://www.atmforum.com)

Η σελίδα του ATM-Forum

<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2008.htm#22287>

Αυτή η σελίδα της CISCO περιγράφει τις τρέχουσες τεχνολογίες Asynchronous Transfer Mode (ATM) που οι σχεδιαστές δικτύων μπορούν να χρησιμοποιήσουν στα δίκτυά τους σήμερα.

[www.afc.com/documents/literature\\_library/](http://www.afc.com/documents/literature_library/)

Multiple QoS Routing in Large PNNI ATM Networks with Heavy Traffic

[http://www.afc.com/documents/literature\\_library/PNNI-WHPPR.pdf](http://www.afc.com/documents/literature_library/PNNI-WHPPR.pdf)

Private Network to Network Interface

<http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cise/ftp/doc/lab9.pdf>

PNNI Routing

<http://www.ciscopress.com/articles/>

Chapters & Articles

<http://www.cc.gatech.edu/people/home/kalyan/papers/pnni-wsc97.pdf>

paper

<http://www.verticalsystems.com/articles.html>

Articles / Presentations

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

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

Networking Protocols

<http://safari.informit.com/>

Tech books on-line

## **BIBΛΙΑ**

**George C. Sackett & Christopher Y. Metz** ATM and Multiprotocol Networking, McGraw Hill

**Zbigniew Dziong** ATM Network Resource Management, McGraw Hill

**Λαγόπουλος Α.- Λαγογιάννης Γ.** Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, 1997

**Martin P. Clark** ATM Networks, Wiley-Teubner, 1996

**David McDysan and Darren Spohn** ATM Theory and Applications, McGraw-Hill, 1999

**Rainer Handel, Manfred N. Huber, Stefan Schroder** Δίκτυα ATM Έννοιες, Πρωτόκολλα, Εφαρμογές, ΙΩΝ, 1999

**David Ginsburg**, ATM Solutions for Enterprise Internetworking (2nd Edition), Addison-Wesley, 1998

**David E. McDysan**, Darren L. Spohn, Hands-On ATM, McGraw-Hill, 1998

**Harry G. Perros**, An Introduction to ATM Networks, Wiley, 2001

**M. R. Karim**, ATM Networks Application, Systems and Design, Prentice Hall, 2000