

A T M

asynchronous transfer mode



Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Θέματα που καλύπτονται:

- Εισαγωγή
- Βασικές Έννοιες
- ATM Standards
- ATM Switching
- Switching networks
- Ζητήματα Απόδοσης
- User-Network Interfaces & Πρωτόκολλα
- ATM Σηματοδότηση
- ATM Networking
- Έλεγχος Κίνησης
- Έλεγχος Συμφόρησης
- ATM Internetworking
- ATM Εφαρμογές

Εισαγωγή

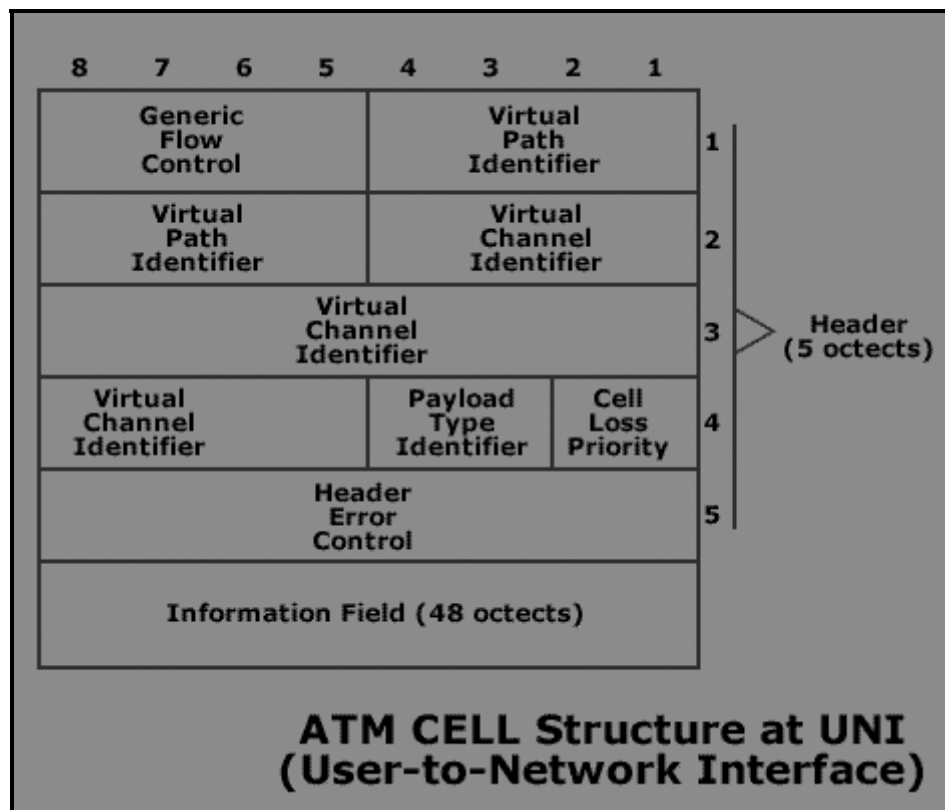
Η Asynchronous Transfer Mode (ATM) μεταφορά έγινε παγκοσμίως αποδεκτή ως ο τρόπος μεταφοράς που επελέγη από το Broadband Integrated Services Digital Networks (B-ISDN). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά οποιασδήποτε μορφής πληροφορίας π.χ. φωνή, δεδομένα, εικόνα, κείμενο και video. Παρέχει ένα ευέλικτο εύρος ζώνης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά τόσο για desktop computers όσο και για τοπικά ή ευρύτερης περιοχής δίκτυα. Η ATM είναι μια «connection- oriented packet switching technique» στην οποία όλα τα πακέτα είναι προκαθορισμένου μήκους π.χ. 53 bytes (5 bytes για header και 48 bytes πληροφορία). Σε ένα ATM cell δεν γίνεται καμία επεξεργασία όπως π.χ. έλεγχος ασφαλιτών στο πεδίο της πληροφορίας και τα πακέτα μεταφέρονται «ξεκάθαρα» πάνω από το δίκτυο.

Η ATM σε ένα B-ISDN network έχει τους παρακάτω σκοπούς:

- 1) Υποστηρίζει όλες τις υπάρχουσες υπηρεσίες με δυνατότητα επέκτασης αυτών των υπηρεσιών στο μέλλον.
- 2) Διαχειρίζεται τους πόρους του δικτύου πολύ αποδοτικά.
- 3) Ελαχιστοποιεί την switching πολυπλοκότητα.
- 4) Ελαχιστοποιεί τον χρόνο επεξεργασίας σε ενδιάμεσους κόμβους και υποστηρίζει μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς.
- 5) Ελαχιστοποιεί το πλήθος των buffers που απαιτούνται στους ενδιάμεσους κόμβους ώστε να περιορίσει τις καθυστερήσεις και την πολυπλοκότητα στην διαχείριση.
- 6) Εγγυάται υψηλές αποδόσεις στην εκτέλεση υπάρχοντων και αναδυόμενων εφαρμογών.

Βασικές Έννοιες στα ATM δίκτυα

Μεταφορά Πληροφορίας: η ATM αποτελεί μια τεχνική στραμμένη στην γρήγορη μεταφορά πακέτων και βασισμένη σε asynchronous time division multiplexing χρησιμοποιώντας προκαθορισμένου μήκους ATM cells 53 bytes: 5 byte αποτελούν τον header ενώ 48 byte αποτελούν την πληροφορία. Ο header χρησιμοποιείται για την αναγνώριση εκείνων των ATM cells που ανήκουν στο ίδιο virtual channel ώστε να χρησιμοποιηθούν στο κατάλληλο routing. Η ακεραιότητα της ακολουθίας των ATM cells εξασφαλίζεται σε κάθε virtual channel. Τα ATM Adaptation Layers (AAL) χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών και συναρτήσεων. Η AAL πληροφορία περιέχεται στο πεδίο της πληροφορίας μέσα σε ένα ATM cell. Η βασική δομή ενός ATM cell φαίνεται παρακάτω:



Routing: Η τεχνική ATM είναι connection oriented. Οι τιμές των headers (VCI,VPI κ.τ.λ.) ανατίθενται κατά την διάρκεια της φάσης της σύνδεσης και μεταφράζονται κατά την εναλλαγή από ένα section σε ένα άλλο. Οι πληροφορίες σηματοδότησης μεταφέρονται σε διαφορετικά virtual channels από την πληροφορία. Στο routing υπάρχουν δύο τύποι σύνδεσης:

Virtual Channel Connection (VCC)

Virtual Path Connection (VPC)

Μια VPC είναι ένα συνοθύλευμα από VCCs. Η εναλλαγή των cells γίνεται πρώτα στο VPC και μετά στο VCC.

Πόροι ATM: Η αναγνώριση της σύνδεσης στην ATM περιλαμβάνει τον εντοπισμό ενός Virtual Channel Identifier ή/και ενός Virtual Path Identifier, καθώς επίσης και των απαραίτητων πόρων για την πρόσβαση του χρήστη και των πόρων του δικτύου. Αυτοί οι πόροι εκφρασμένοι σε όρους τελικού αποτελέσματος και ποιότητας εξυπηρέτησης μπορούν να διαπραγματευτούν μεταξύ χρήστη και δικτύου, είτε πριν το call-setup είτε κατά την διάρκεια.

ATM Cell Identifiers: Οι ATM Cell Identifiers, όπως οι VPI, VCI και Payload Type Identifier (PTI) χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση ενός ATM cell σε ένα φυσικό μέσο μεταφοράς. Τα VPI και VCI είναι το ίδιο για τα cells που ανήκουν στην ίδια virtual connection σε ένα διαμοιραζόμενο μέσο μεταφοράς.

Throughput: Το Peak Cell Rate (PCR) μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια παράμετρος εξόδου η οποία με την σειρά της ορίζεται ως ο αντίστροφος της ελάχιστης τιμής του χρόνου T μεταξύ δυο συνεχόμενων βασικών γεγονότων όπου T είναι η μέγιστη διακοπή εκπομπής σε μια ATM σύνδεση. Το PCR εφαρμόζεται τόσο σε Constant Bit Rate (CBR) όσο και σε Variable Bit Rate (VBR) υπηρεσίες. Είναι ένα άνω όριο του cell rate μιας ATM σύνδεσης. Μια άλλη παράμετρος που επιτρέπει στο ATM δίκτυο να εντοπίζει πόρους πιο αποδοτικά είναι το Sustainable Cell Rate (SCR).

Ποιότητα Υπηρεσιών: Η παράμετρος Quality of Service (QoS) αφορά στην απώλεια διαφόρων cells, στις καθυστερήσεις και στην μεταβολή των καθυστερήσεων αυτών. Οι παράμετροι QoS μπορούν να προσδιοριστούν σαφώς από τον χρήστη είτε ασφώς σχετιζόμενες με διάφορες αιτήσεις υπηρεσιών.

Έλεγχος της Usage Parameter: Στα ATM δίκτυα, η υπερβολική κράτηση πόρων από έναν χρήστη επηρεάζει την κίνηση για άλλους χρήστες. Έτσι πρέπει να ακολουθούνται κάποιοι κανόνες, που θα εφαρμόζονται στο user-network interface. Αυτοί οι κανόνες αποτελούν την Usage Parameter Control λειτουργία, η οποία εξασφαλίζει ότι οι παράμετροι της σύνδεσης ανά VCC ή VPC μεταξύ δικτύου και χρηστών λειτουργεί σωστά. Οι παράμετροι κίνησης, περιγράφουν την επιθυμητή έξοδο και πρέπει να εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο κατά την άφιξη κάθε cell. Το CCITT προτείνει από την άλλη, έναν έλεγχο του PCR (peak cell rate), του high priority cell flow (CLP=0), καθώς και του aggregate cell flow (CLP=0+1), ανά virtual connection.

Έλεγχος Ροής: Για τον έλεγχο της ροής της κίνησης, σε μια ATM σύνδεση, από ένα τερματικό του δικτύου, έχει προταθεί από το CCITT, στο User to Network Interface, ένας Generic Flow Control (GFC) μηχανισμός. Υπάρχει λοιπόν στον ATM cell header, το GFC πεδίο. Αυτό το πεδίο, το επηρεάζουν δυο λειτουργίες: η Uncontrolled Transmission, η οποία χρησιμοποιείται μόνο σε point-to-point configurations και η Controlled Transmission, η οποία χρησιμοποιείται και σε point-to-point και σε shared configurations.

ATM Standards

BISDN Protocol Reference Model (PRM) για ATM:

Το BISDN PRM αποτελείται από 3 επίπεδα:

- ένα επίπεδο χρήστη, για την μετάδοση των πληροφοριών του χρήστη
- ένα επίπεδο ελέγχου, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο κλήσεων και των συναρτήσεων ελέγχου συνδέσεων, και περιέχει κυρίως πληροφορίες σηματοδότησης.
- ένα επίπεδο διαχείρισης το οποίο περιέχει λειτουργίες διαχείρισης του επιπέδου.

Δεν υπάρχει ορισμένη (ή τυποποιημένη) σχέση μεταξύ των επιπέδων του μοντέλου του OSI και των επιπέδων του BISDN-ATM πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά μπορούμε να συμπεράνουμε ορισμένες σχέσεις. Το φυσικό επίπεδο των ATM είναι σχεδόν ισοδύναμο με το επίπεδο 1 του μοντέλου

του OSI και εκτελεί λειτουργίες σε επίπεδο bit. Το ATM επίπεδο, μπορεί να θεωρηθεί ισοδύναμο με το επίπεδο 2 του μοντέλου του OSI, ενώ το ATM Adaptation Layer, εκτελεί ό,τι και τα πρωτόκολλα ανώτερων επιπέδων του OSI. Τα υποεπίπεδα και οι λειτουργίες του BISDN-PRM, φαίνονται παρακάτω:

Convergence		AAL
Segmentation And Reassembly		
Generic Flow Control		ATM
Cell VPI/VCI translation		
Cell multiplex and demultiplex		
Cell header generation/extraction		
Cell rate decoupling	TC	P H Y S I C A L
HEC header sequence generation/extraction		
Cell delineation		
Transmission frame adaptation		
Transmission frame generation/recovery	PM	
Bit Timing		
Physical medium		

Λειτουργίες φυσικού επιπέδου

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, το φυσικό επίπεδο χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα: το **Physical Medium(PM)** και το **Transmission Convergence(TC)**.

Το **PM** υποεπίπεδο, περιέχει μόνο όσες λειτουργίες εξαρτώνται από το φυσικό μέσο. Παρέχει την δυνατότητα για μετάδοση bit καθώς και για bit alignment. Εκτελεί line coding καθώς και ηλεκτρική / οπτική μετατροπή όπου κρίνεται αναγκαίο. Τις περισσότερες φορές το φυσικό μέσο είναι οπτικές ίνες, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και ομοαξονικά αντεστραμμένα καλώδια. Περιέχει επίσης λειτουργίες χρονισμού bit, όπως είναι η δημιουργία ή η λήψη κυματομορφών κατάλληλων για το μέσο, καθώς και εισαγωγή ή εξαγωγή πληροφοριών χρονισμού bit.

Το **TC** υποεπίπεδο, εκτελεί κυρίως πέντε λειτουργίες, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Η πιο «χαμηλή» λειτουργία είναι η δημιουργία ή η ανάκτηση του σχήματος της μετάδοσης. Η επόμενη λειτουργία (transmission frame adaptation), αναλαμβάνει όλες εκείνες τις πράξεις για την προσαρμογή της ροής των cells, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη payload δομή του συστήματος μετάδοσης, προς την κατεύθυνση του παραλήπτη ενώ αποσπά την ροή των cells, από την κατεύθυνση του αποστολέα. Το σχήμα της μετάδοσης μπορεί να είναι ένας Synchronous Digital Hierarchy (SDH) envelope ή ένας envelope ανάλογα με την υπόδειξη του ITU-T G.703

Η λειτουργία **απεικόνισης των cells** επιτρέπει στον παραλήπτη την ανάκτηση των ορίων των cells. Scrambling και Descrambling, πρέπει να γίνουν στο πεδίο της πληροφορίας ενός cell, πριν την μετάδοση και την παραλαβή αντίστοιχα, για να προστατευτεί ο μηχανισμός απεικόνισης των cells.

Η **δημιουργία της HEC ακολουθίας**, γίνεται κατά την διεύθυνση της μετάδοσης και η τιμή της υπολογίζεται και συγκρίνεται ξανά με την παραληφθείσα τιμή και έτσι χρησιμοποιείται για την διόρθωση των header errors. Αν αυτά τα header errors δεν μπορούν να διορθωθούν, τότε το cell θα παραληφθεί.

Η λειτουργία του **Cell Rate Decoupling**, τοποθετεί τα αδρανή cells κατά την κατεύθυνση της μετάδοσης, έτσι ώστε να προσαρμοστεί ο ρυθμός των ATM cells στην χωρητικότητα του payload του συστήματος μετάδοσης. Καταστέλλει όλα τα αδρανή cells στην κατεύθυνση του παραλήπτη. Μόνο assigned και unassigned cells περνάνε από το ATM επίπεδο.

Λειτουργίες ATM Επιπέδου

Αυτό είναι το επίπεδο πάνω από το φυσικό επίπεδο. Εκτελεί τις παρακάτω τέσσερις λειτουργίες.

Cell Header generation/extraction: Μ' αυτήν την λειτουργία προστίθεται ο κατάλληλος cell header (εκτός από την τιμή του HEC) στο πεδίο πληροφορίας του cell που έχει ληφθεί από το AAL στην κατεύθυνση της μετάδοσης. Οι VPI και VCI τιμές λαμβάνονται μετά από μετάφραση από τον SAP identifier. Αυτός κάνει το αντίθετο, δηλαδή αφαιρεί τον cell header κατά την κατεύθυνση του αποστολέα. Μόνο το πεδίο της πληροφορίας του cell περνάει στο AAL.

Cell multiplex and demultiplex: Κατά την λειτουργία αυτή, πολυπλέκονται όλα τα cells από ανεξάρτητα VPs και VCs σε ένα cell stream κατά την κατεύθυνση της μετάδοσης. Αντίθετα, χωρίζει την αφιχθείσα cell stream σε ανεξάρτητα cells (VC ή VP) κατά την κατεύθυνση του παραλήπτη.

VPI και VCI translation: Εκτελείτε κατά το ATM Switching και/ή σε cross-connect κόμβους. Στο VP switch, η τιμή του πεδίου VPI, κάθε εισερχόμενου cell μεταφράζεται σε μια νέα VPI τιμή, αυτή του εξερχόμενου cell. Οι τιμές των VPI και VCI μεταφράζονται σε νέες τιμές σε ένα VC switch.

Generic Flow Control (GFC): Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τον έλεγχο της ροής σε ένα customer network. Ορίζεται από το BISDN User-to-Network Interface (UNI).

Λειτουργίες του ATM Adaptation επιπέδου

Το AAL χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα: το **Segmentation and Reassembly (SAR)** και το **Convergence Sub layer (CS)**.

SAR: Σ' αυτό το επίπεδο εκτελείτε κατάρτηση των πληροφοριών υψηλών επιπέδων, σε μέγεθος κατάλληλο για το payload των ATM cells μιας virtual connection, και στην μεριά του παραλήπτη, συναρμολογεί ξανά το περιεχόμενο των cells μιας virtual connection σε μονάδες δεδομένων που θα ληφθούν από τα υψηλότερα επίπεδα.

CS: Εδώ εκτελούνται λειτουργίες όπως message identification και time/clock recovery. Χωρίζεται με την σειρά του στα Common Part Convergence (CPC) και Service Specific Convergence (SSC) υποεπίπεδα, ώστε να υποστηρίξει μετάδοση δεδομένων σε ATM δίκτυα. Οι AAL service data units, μεταφέρονται από ένα AAL service access point (SAP) σε ένα ή περισσότερα άλλα πάνω από το ATM δίκτυο. Οι χρήστες του AAL μπορούν να επιλέξουν ένα AAL-SAP, σχετιζόμενο με το QOS που απαιτείτε για την μετάδοση του AAL-SDU. Έχουν καθοριστεί πέντε AALs ένα για κάθε τάξη υπηρεσιών. Αυτή η ιεραρχία φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing Relation between source and destination	Required		Not Required	
Bit Rate	Constant	Variable		
Connection Mode	connection oriented			connectionless

Class X: Unrestricted (bit rate variable,connection oriented or connectionless)

ATM Switching

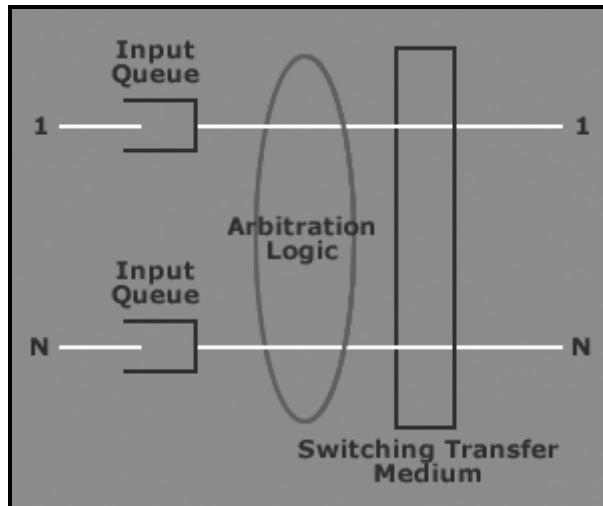
Το ATM switching (διαμεταγωγή) είναι γνωστό ως ένα γρήγορο πακέτο switching.

Μεταφέρει πακέτα πληροφορίας από τις εισερχόμενες στις εξερχόμενες συνδέσεις χρησιμοποιώντας πληροφορίες που περιέχονται στην επικεφαλίδα του κάθε πακέτου και πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε κάθε κόμβο switching που συμμετέχει στη διαδικασία αποκατάστασης της σύνδεσης. Η διαδικασία αποκατάστασης της σύνδεσης επιτυγχάνεται με την εκτέλεση 2 εργασιών από τους συμμετέχοντες κόμβους. 1) Ορισμός ενός μοναδικού κωδικού της εισερχόμενης σύνδεσης, ορισμός κωδικού σύνδεσης, ορισμός ενός μοναδικού κωδικού της εξερχόμενης σύνδεσης. 2) Ορίζονται πίνακες δρομολόγησης σε κάθε κόμβο για να παρέχουν σύνδεση μεταξύ εισερχόμενων και εξερχόμενων πληροφοριών. VPI και VCI ονομάζονται οι 2 κωδικοί που χρησιμοποιούνται στις ATM συναλλαγές.

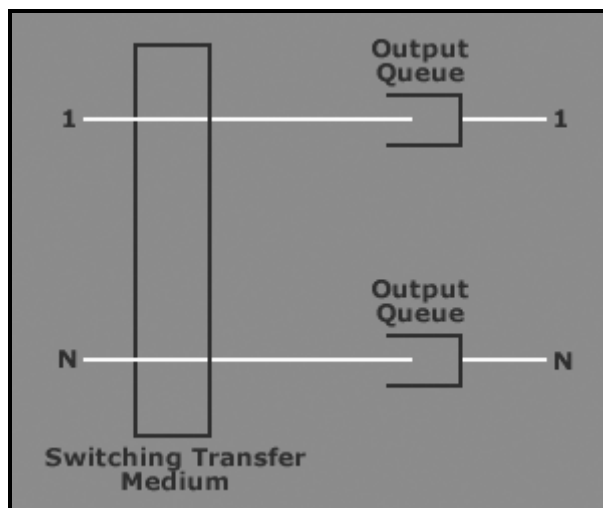
Οι βασικές εργασίες μιας ATM switch μπορούν να ορισθούν ως ακολούθως : **Routing** (space switching) που καθορίζει πως οι πληροφορίες δρομολογούνται εσωτερικά από την είσοδο στην έξοδο. Το **Queuing** που επιλύει συγκρούσεις όταν τα περιεχόμενα 2 ή περισσότερων καναλιών έχουν την ίδια έξοδο. Η τελευταία διεργασία είναι η **Header translation** (μετάφραση επικεφαλίδας) κατά την οποία όλες οι επικεφαλίδες που αντιστοιχούν σε μια είσοδο και έχουν τιμή κ μεταφράζονται κατά την έξοδο σε μια τιμή λ. Υπάρχουν διάφορα δίκτυα switching που διατίθενται από διάφορους κατασκευαστές και ινστιτούτα έρευνας για την ATM switching αρχιτεκτονική.

Αρχές δρομολόγησης : Υπάρχουν 3 διαφορετικές στρατηγικές buffering διαθέσιμες που καθορίζονται από τη φυσική τοποθεσία τους.

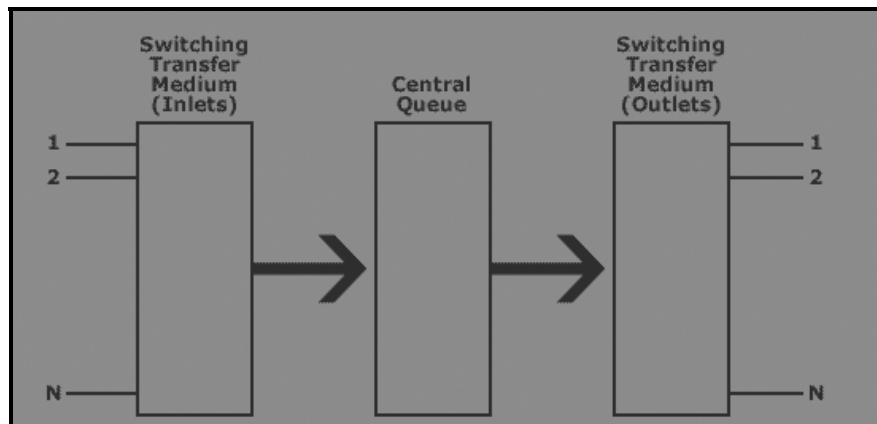
Input queueing: σε αυτή τη περίπτωση η σύγκρουση επιλύεται στο buffer εισόδου κατά την εισαγωγή του αντικειμένου μετάδοσης. Κάθε σημείο εισαγωγής περιέχει έναν buffer που χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει τα εισερχόμενα cells μέχρι ο μηχανισμός επίλυσης συγκρούσεων αποφασίσει να τον εξυπηρετήσει. Τότε ο μηχανισμός μεταφέρει τα ATM cells από τις ουρές εισόδου στην έξοδο και αποφεύγεται μια εσωτερική σύγκρουση. Ο μηχανισμός επίλυσης συγκρούσεων μπορεί να είναι απλώς όπως ο αλγόριθμος round robin ή πιο περίπλοκος εφόσον λαμβάνει υπόψη τον ελεύθερο χώρο στον buffer. Όμως αυτή η μέθοδος προκαλεί και κάποια προβλήματα. Όταν 2 cells διαφορετικών εισόδων απαιτούν την ίδια έξοδο τότε κάποιο από τα 2 καθυστερείται απαγορεύοντας τη είσοδο και στα υπόλοιπα cells της ίδιας εισόδου που προβλέπεται να πάνε σε διαφορετικές εξόδους. Η ιεραρχία δρομολόγησης φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα :



Δρομολόγηση εξόδου: Σε αυτή τη περίπτωση οι ουρές τοποθετούνται σε κάθε έξοδο των στοιχείων μεταφοράς, επιλύοντας έτσι τα προβλήματα συγκρούσεων κατά την έξοδο. Τα κελιά που καταφθάνουν ταυτόχρονα και προορίζονται για τις ίδιες εξόδους τοποθετούνται στον buffer της εξόδου. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι το σύστημα πρέπει κατά την διάρκεια μεταφοράς ενός κελύφους να μπορεί να τοποθετήσει στην ουρά τα υπόλοιπα για την αποφυγή απωλειών. Με αυτό το μηχανισμό δεν απαιτείται κανένας αλγόριθμος επίλυσης συγκρούσεων αφού όλα τα cells τοποθετούνται στην ουρά εξόδου. Τα κελιά εξυπηρετούνται με τη λογική first in first out (FIFO) διατηρώντας την ακεραιότητα μεταφοράς των κελιών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εργασία.



Κεντρική δρομολόγηση : Σε αυτό το μηχανισμό οι buffers δρομολόγησης μοιράζονται μεταξύ των εισόδων και των εξόδων. Όλα τα εισερχόμενα cells τοποθετούνται στην κεντρική ουρά και κάθε έξοδος επιλέγει τα κελιά που προορίζονται για αυτή από τη κύρια μνήμη. Αφού όλα τα cells ανεξαρτήτως εξόδου τοποθετούνται στην ίδια, κεντρική ουρά τότε δεν έχει νόημα να χρησιμοποιηθεί ο FIFO αλγόριθμος για την ανάγνωση και τη δημιουργία της ουράς. Τα cells μπορούν να γραφτούν και να αναγνωστούν σε τυχαίες θέσεις μνήμης γεγονός που απαιτεί ένα σύνθετο σύστημα διαχείρισης μνήμης. Το επόμενο γράφημα δείχνει αυτό το μηχανισμό:



Τα δίκτυα switching μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

Τα **single-stage networks** που χαρακτηρίζονται από ένα μόνο στάδιο μεταγωγής αντικειμένων τα οποία συνδέονται με τις εισόδους και τις εξόδους του δικτύου.

Extended switching-matrix

Funnel-type network .

Shuffle exchange network.

Τα **multi-stage networks** που περιλαμβάνουν διάφορα στάδια τα οποία συνδέονται διαμέσου συγκεκριμένων ,πρότυπων συνδέσεων οι οποίες διαμοιράζονται ως εξής:

Single-path networks.

Multiple-path networks.

Θέματα απόδοσης

Υπάρχουν 5 παράμετροι που χαρακτηρίζουν την απόδοση των συστημάτων ATM switching :

- 1)throughput
- 2)connection blocking probability
- 3)cell loss probability
- 4)switching delay
- 5)jitter on the delay.

Throughput: καθορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο τα cells αναχωρούν δηλαδή ο αριθμός των κελιών που αναχωρούν ανά μονάδα χρόνου. Εξαρτάται κυρίως από την τεχνολογία του ATM switch και τις προοπτικές του. Με την σωστή επιλογή τοποθεσίας το throughput αυξάνεται.

Connection blocking probability: Αφού η ATM μεταφορά οριοθετείται από τη σύνδεση, θα υπάρχει μια λογική σύνδεση μεταξύ της λογικής εισόδου και εξόδου κατά τη διάρκεια αποκατάστασης της σύνδεσης. Σε αυτό το στάδιο η πιθανότητα αποτυχίας της σύνδεσης προσδιορίζεται στη περίπτωση που όλοι οι πόροι του συστήματος είναι κατειλημμένοι και δε μπορεί να επιβεβαιωθεί η ποιότητα των υπαρχόντων συνδέσεων καθώς και της καινούργιας.

Cell loss probability: Όταν βρίσκονται σε μια ουρά περισσότερα κελιά από αυτά που αυτή μπορεί να χειριστεί τότε είναι πιθανό να χαθούν κάποια από αυτά .Για να επιτευχθεί η αξιοπιστία της μεταγωγής οι απώλειες πρέπει να περιοριστούν σε κάποια όρια. Υπάρχει επίσης και η πιθανότητα εσωτερικού εκτροχιασμού των κελιών ATM με αποτέλεσμα αυτά να βρεθούν σε άλλα λογικά κανάλια .Η κατάσταση αυτή ονομάζεται εισαγωγή κελύφους .

Switching delay: Πρόκειται για το χρόνο μεταγωγής ενός ATM κελιού μέσω της σύνδεσης. Οι τυπικές τιμές μιας καθυστέρησης switching βρίσκονται ανάμεσα στα 10 με 100 microseconds. Αυτή η καθυστέρηση έχει 2 αιτίες 1) Σταθερή καθυστέρηση που προέρχεται από την εσωτερική μεταφορά των πληροφοριών μέσω του Hardware. 2) Καθυστέρηση δρομολόγησης που προέρχεται από τα δεδομένα που βρίσκονται στις ουρές των buffer προς αποφυγή απωλειών.

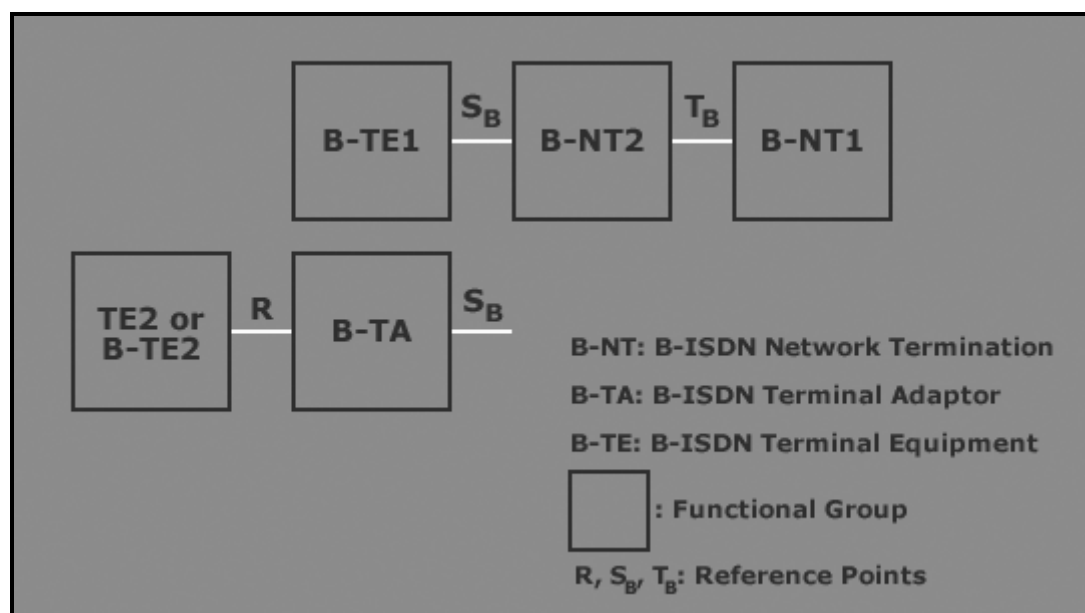
jitter on the delay: Παρατηρείται όταν η καθυστέρηση του switching ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή

User-Network Interface (UNI) & Protocols

B-ISDN UNI αποδεικτική αναφορά:

Δύο στοιχεία περιγράφουν τη πρόσβαση του δικτύου χρήστη στο B-ISDN

1) λειτουργικές ομάδες 2) σημεία αναφοράς. Η εικόνα που ακολουθεί επιβεβαιώνει τα προηγούμενα



Οι B-NT1 συναρτήσεις είναι όμοιες με το επίπεδο 1 (physical layer) του OSI μοντέλου αναφοράς κάποιες από τις οποίες είναι 1) τερματισμός γραμμής μεταφοράς 2) χειρισμός του περιβάλλοντος μεταφοράς 3) OAM συναρτήσεις.

Οι B-NT2 συναρτήσεις είναι όμοιες με αυτές του επιπέδου 1 και άνω του OSI μοντέλου, μερικές από αυτές είναι 1) Συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή διαφορετικών μέσων και τοπολογιών 2) Πολύπλεξη και το αντίστροφο, και συγκέντρωση traffic 3) Buffering των ATM κελιών 4) Προσδιορισμός πόρων και έλεγχος των παραμέτρων χρήσης 5) χειρισμός του πρωτοκόλλου μετάδοσης σημάτων 6) χειρισμός περιβάλλοντος 7) μεταγωγή εσωτερικών συνδέσεων. Τα S_B και T_B υποδηλώνουν σημεία αναφοράς μεταξύ του τερματικού και των B-NT2 και μεταξύ των B-NT2 και B-NT1.

ATM Signaling

Η σηματοδότηση των ATM δικτύων πρέπει να ικανοποιεί τους ακόλουθους παράγοντες :

1)εγκατάσταση ,διατήρηση, και απελευθέρωση ATM εικονικών καναλιών σύνδεσης για μεταφορά πληροφορίας.

2)διαπραγμάτευση των χαρακτηριστικών κίνησης της σύνδεσης

Οι συναρτήσεις σηματοδότησης μπορούν να υποστηρίξουν πολύπλευρες και πολλαπλών καναλιών επικοινωνίες. Οι πολύπλευρες συνδέσεις απαιτούν την ύπαρξη αρκετών συνδέσεων για να αποκατασταθούν επικοινωνίες που απαιτούν διάφορα είδη traffic όπως video, ήχο, εικόνα και δεδομένα. Επίσης έχει τη δυνατότητα όχι μόνο να αφαιρεί μια ή περισσότερες συνδέσεις από την επικοινωνία αλλά να προσθέσει και καινούργιες στις ήδη υπάρχουσες . Ωστόσο το δίκτυο πρέπει να συσχετίζει τις συνδέσεις μιας επικοινωνίας. Μια επικοινωνία πολλαπλών μερών περιλαμβάνει διάφορες συνδέσεις μεταξύ περισσότερων από δύο τελικούς χρήστες όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στις συσκέψεις.

Τα μηνύματα μεταβιβάζονται εκτός ζώνης σε εικονικά κανάλια ευρέων δικτύων .Υπάρχουν διάφοροι τύποι εικονικών καναλιών σηματοδότησης που μπορούν να προσδιοριστούν από το περιβάλλον χρήστη -δικτύου B-ISDN.Αυτό περιγράφεται ως εξής:

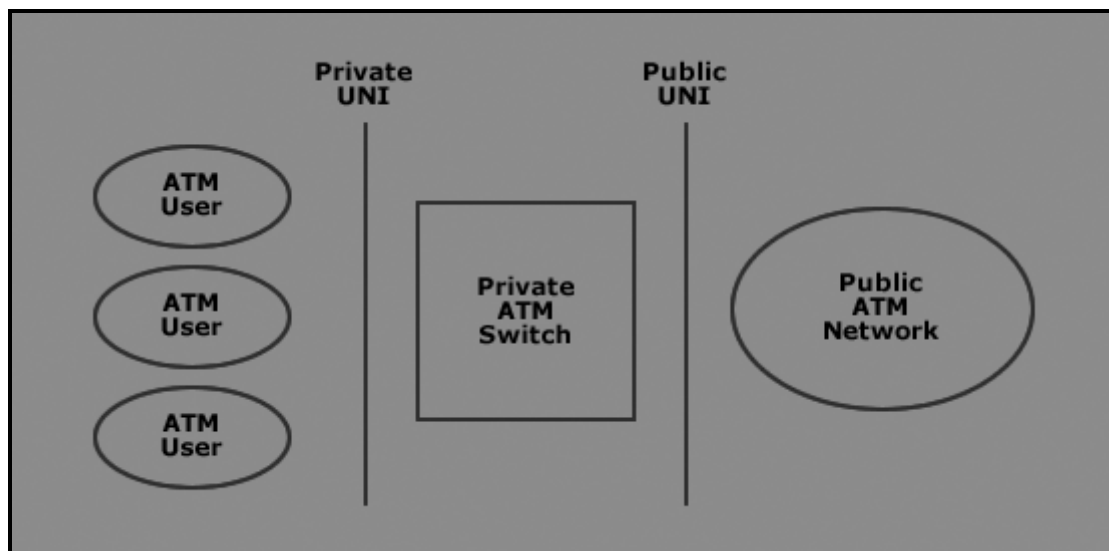
1)Χρησιμοποιείται μετά-σηματοδότηση εικονικού καναλιού για να εξασφαλιστεί, ελεγχθεί και να απελευθερωθεί σημείο προς σημείο η επιλεκτική μετάδοση σηματοδότησης εικονικών καναλιών. Είναι διπλής κατεύθυνσης και μόνιμη.

2) Η point-to-point σηματοδότηση καναλιού διανέμεται στο σημείο τέλους όταν αυτό είναι ενεργό. Αυτά τα κανάλια είναι διπλής κατεύθυνσης και χρησιμοποιούνται για την επικύρωση, τον έλεγχο ,και την απελευθέρωση των VCCs για να μεταφέρει πληροφορίες χρήστη .Κατά τη διαμόρφωση πρόσβασης της σηματοδότηση ενός σημείου σε πολλαπλά απαιτείται μετα-σηματοδότηση για τη διαχείριση εικονικών δικτύων.

ATM Networks

ATM for LANs: Τα παραδοσιακά Local Area Networks (LANs) όπως τα Ethernet, Token Ring και Token Bus έχουν περιορισμένες ταχύτητες (10Mb) και κατά συνέπεια περιορίζονται σε έναν συγκεκριμένο τύπο εφαρμογών, κυρίως δεδομένων. Για πολυμεσικές εφαρμογές οι απαιτήσεις εύρους ζώνης είναι υψηλές και η πληροφορία είναι ένας συνδυασμός φωνής, video και δεδομένων και απαιτεί ένα transfer mode (τρόπο μεταφοράς), ικανό να μεταφέρει και να μεταβάλλει (switch) αυτούς τους συγκεκριμένους τύπους πληροφορίας. Το ATM ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις των LANs ενώ παράλληλα δημιουργήθηκε και η ATM Forum για να καθορίσει τα interfaces για τα ATM LANs. Τα ATM LANs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πολλαπλή διασυνδεδεση δικτύων LAN καθώς και για την σύνδεση ισχυρών workstations και servers.

Η ATM Forum <<http://www.atmforum.com/>> είναι ένας μη-κερδοφόρος οργανισμός που ιδρύθηκε το 1991 και εμπλέκεται ενεργά στον καθορισμό των κανόνων για τα ATM LANs και επίσης στην ενδεχόμενη επέκταση ενός καθολικού B-ISDN δικτύου. Ένα απλό ATM μπορεί να περιγραφεί ως εξής:



Το ATM επιτρέπει ταχύτητες μετάδοσης μέχρι και 622 Mbit/s το οποίο είναι αρκετό για τις περισσότερες LAN εφαρμογές. Τα ATM LANs αναμένονται να είναι κυρίως star configured και να έχουν απλούστερες λειτουργίες διαχείρισης δικτύου. Προσδοκόμενο είναι τελικά, η εξάπλωση των ATM LANs να προκαλέσει και ταχύτερη επέκταση του public B-ISDN.

Traffic Control στα ATM Networks

Προκειμένου να πετύχουμε την επιθυμητή απόδοση των δικτύων ATM, το ITU έχει ορίσει μία ομάδα ικανοτήτων που καθιστούν δυνατό τον έλεγχο του traffic. Ο traffic control (έλεγχος κυκλοφορίας) αναφέρεται στην αναγκαιότητα των ATM networks να παρακολουθούν την κυκλοφορία, τα cells, που εισέρχονται στο δίκτυο και να διασφαλίζει την δυνατότητα του δικτύου να παρέχει στους χρήστες τις υποσχόμενες παραμέτρους για την απόδοση της σύνδεσής τους. Αν κριθεί απαραίτητο, το δίκτυο ATM πρέπει να έχει την ικανότητα να αυξήσει τον ρυθμό με τον οποίο τα cells εισέρχονται στο δίκτυο, ή ακόμη, και να απορρίψει cells που έχουν ήδη μπει στο δίκτυο. Πρέπει να σημειωθεί πως ο traffic control

κάθε δικτύου είναι μια ιδιαίτερα σημαντική λειτουργία για την διαχείριση του δικτύου αυτού.

Είναι πολύ πιο δύσκολο απ'ότι ακούγεται, για τα ATM networks, να "εγκαταστήσουμε" έναν μηχανισμό για τον traffic control. Ο έλεγχος αυτός είναι κατανοητός στα data networks και πολλοί τέτοιοι μηχανισμοί έχουν χρησιμοποιηθεί, αναπτυχθεί και εξελιχθεί στα διάφορα πρωτόκολλα, κατά καιρούς. Παρόλα αυτά, τα ATM networks είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό data network. Ότι χρησιμοποιηθεί για τον traffic control στα ATM θα πρέπει να εξυπηρετεί, όχι μόνο τις συνδέσεις δεδομένων (data connections), αλλά και αυτές με ήχο και video και φυσικά είναι κατανοητό πως είναι δύσκολο να "πούμε" σε μια constant-bit-rate εφαρμογή, όπως ένα μη-συμπίεσμένο video, να μην στέλνει cells για ένα μικρό διάστημα.

Έχει οριστεί μια ομάδα λειτουργιών που εφαρμόζουν όλα τα ATM networks, για να περιγράψουν το φαινόμενο traffic. Οι λειτουργίες αυτές είναι:

I. Connection Admission Control: Η λειτουργία αυτή μπορεί να οριστεί σαν ένα σύνολο ενεργειών που αναλαμβάνει να εκτελέσει το δίκτυο κατά την διάρκεια της κλήσης για να διερευνηθεί κατά πόσο μια VC/VP connection είναι εφικτή. Ένα αίτημα σύνδεσης για μια δεδομένη κλήση μπορεί να γίνει δεκτό μόνο αν είναι διαθέσιμος ένας επαρκής αριθμός από network resources. Έτσι θα επιτευχθεί η σύνδεση εξασφαλίζοντας την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσιών και διατηρώντας, παράλληλα, την ποιότητα των υπηρεσιών των συνδέσεων που έχουν προηγηθεί. Εάν δεν είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ποιότητα, η σύνδεση αυτή δεν θα γίνει δεκτή.

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την source traffic είναι:

ο **average bit rate**, ο μέσος ρυθμός με τον οποίο στέλνει η πηγή τα δεδομένα της και

ο **peak bit rate**, ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο μπορεί να στέλνει η πηγή δεδομένα. Να σημειώσουμε ότι συνήθως οι δύο παραπάνω παράμετροι δεν έχουν την ίδια τιμή και συνδυαζόμενοι μας δίνουν μια σημαντική ένδειξη για τα ATM networks, την **burstiness** (ή **burst ratio**). Η ένδειξη αυτή είναι ο λόγος του peak bit rate προς τον average bit rate. Η τιμή της μπορεί να κυμαίνεται από 1 μέχρι 100 ή 1000 για δεδομένα από φωνή μέχρι συμπίεσμένο video και LAN δεδομένα και είναι σημαντικό να είναι εξαρχής γνωστή.

ο **physical bit rate**, ο φυσικός ρυθμός αποστολής bit που έχει το μέσο που συνδέει τον χρήστη με τον κόμβο του ATM δικτύου.

Οι **average, peak, physical bit rates**, που ο χρήστης δηλώνει ως QOS παράμετρους στο δίκτυο, μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους, ή να έχουν την ίδια τιμή, ή να είναι όλοι μηδέν. Για την τελευταία περίπτωση η ATM Forum έχει ορίσει πως μια τέτοια σύνδεση θα είναι **available-bit-rate (ABR) service**. Αυτό σημαίνει πως το δίκτυο, και όχι ο χρήστης, καθορίζει ανάλογα με τις δυνατότητες που έχει, την δεδομένη στιγμή, τις τιμές των παραμέτρων.

Και τέλος

η **peak duration**, η χρονική διάρκεια για την οποία η πηγή είναι ικανή να διατηρήσει τον **peak bit rate**. Και πάλι, είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστή η τιμή αυτή πριν γίνει δεκτή η σύνδεση. Γνωρίζοντας απ'την αρχή την **peak duration** καθώς και τις τρεις προηγούμενες παραμέτρους, καθιστούμε ικανό το ATM network να καθορίσει τον μέγιστο αριθμό των cells που μπορούν να εισέλθουν στο δίκτυο κατά την διάρκεια κάποιας διακοπής.

II. Usage Parameter Control (UPC) και Network Parameter Control (NPC):

Ακόμα και όταν έχει γίνει δεκτή η σύνδεση, έχει περάσει επιτυχώς, δηλαδή, τον έλεγχο του Connection Admission Control, τα προβλήματα δεν έχουν τελειώσει για το ATM network. Υπάρχει περίπτωση κάποιος χρήστης ισχυριζόμενος πως χρειάζεται έναν χαμηλό bit-rate, να πετύχει να γίνει δεκτή η σύνδεσή του και στη συνέχεια να χρησιμοποιεί έναν

υψηλό bit-rate, είτε ηθελημένα, είτε όχι (software bug). Σ' αυτό το σημείο είναι που κάνουν την εμφάνισή τους οι Usage Parameter Control (UPC) και Network Parameter Control (NPC).

Οι UPC και NPC εκτελούν παρόμοιες λειτουργίες στο User-to Network Interface και στο Network-to-Node Interface, αντίστοιχα. Υποδεικνύουν το σύνολο των πράξεων που πρέπει να εκτελέσει το δίκτυο για να παρακολουθεί και να ελέγχει την κυκλοφορία (traffic) σε μια ATM connection βάσει της cell traffic volume που χρησιμοποιεί ο χρήστης και της εγκυρότητας των VPI/VCI παραμέτρων. Αυτή η λειτουργία είναι επίσης γνωστή ως "Police Function", αναλαμβάνει από εκεί που σταματά ο Connection Control και λαμβάνει χώρα στην φάση εκείνη που γίνεται η μεταφορά δεδομένων. Ο κύριος σκοπός της είναι να προστατεύει τους πόρους του δικτύου από κακόβουλες συνδέσεις και να επιβάλλει την συμμόρφωση κάθε σύνδεσης του ATM στη συμφωνημένη σύμβαση κυκλοφορίας. Αυτό γίνεται είτε απορρίπτοντας, απλά, τα cell που παραβιάζουν την σύμβαση, είτε διακόπτοντας την σύνδεση που αγνοεί κατά συρροή τις συμφωνημένες παραμέτρους.

Ένας ιδανικός UPC/NPC αλγόριθμος ικανοποιεί τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

1. Ικανότητα να αναγνωρίζει κάθε παράνομη περίπτωση traffic.
2. Γρήγορο χρόνο απόκρισης σε παραβιάσεις παραμέτρων.
3. Μικρότερη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερη απλότητα της εφαρμογής

III. Priority Control: Καθώς τα cells μεταφέρονται μέσα στο ATM δίκτυο, δημιουργούνται ουρές ως φυσικό επακόλουθο των καθυστερήσεων διασποράς (πολλά cells στέλνονται σε ένα link εξόδου) και επεξεργασίας. Κάποια από αυτά τα cells, που αποθηκεύονται προσωρινά (buffers), μπορεί να έχουν λανθασμένες QOS παραμέτρους και έτσι να πρέπει να απορριφθούν προς όφελος αυτών, που οι QOS παραμέτρους τους είναι σωστές. Για να είναι εφικτή αυτή η διεργασία, ο cell header έχει ένα bit που ονομάζεται Cell Loss Priority (CLP) bit, το οποίο διαχωρίζει τα cells σε δύο ομάδες. Αυτά που μπορεί να απορριφθούν (χαμηλής προτεραιότητας) και αυτά που είναι νόμιμα (υψηλής προτεραιότητας).

Διάφοροι μηχανισμοί έχουν προταθεί για βρεθεί ένας αποτελεσματικός τρόπος διαχείρισης των buffers και της όλης αυτής διεργασίας. Ο πιο υποσχόμενος από όλους, μέχρι στιγμής, είναι γνωστός ως **partial buffer sharing**. Στηρίζεται στην στρατηγική που υποδεικνύει πως τα χαμηλής προτεραιότητας cells θα γίνουν αποδεκτά, εφόσον ο buffer είναι λιγότερο γεμάτος από ένα X ποσοστό. Η τιμή του X ορίζεται αρχικά και μπορεί να αλλάξει στη συνέχεια. Καθώς η απόφαση για το κάθε cell μπορεί να παρθεί πριν αυτό μπει στον buffer ο μηχανισμός αυτός αποδεικνύεται απλός και αποτελεσματικός.

IV. Congestion Control: Ο έλεγχος της συμφόρησης παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας στα ATM δίκτυα. Η συμφόρηση είναι μια κατάσταση των στοιχείων του δικτύου στην οποία το δίκτυο δεν μπορεί να εξασφαλίσει την αναμενόμενη ποιότητα υπηρεσιών στις ήδη υπάρχουσες συνδέσεις και στα νέα αιτήματα σύνδεσης. Μπορεί να συμβεί εξαιτίας απρόβλεπτων στατιστικών διακυμάνσεων των ροών της κυκλοφορίας (traffic flows) ή μιας αποτυχίας του δικτύου (network failure). Ο έλεγχος αυτού του φαινομένου (congestion control) είναι ένα μέσο που χρησιμοποιεί το δίκτυο για να μειώσει τις συνέπειές του και να αποτρέψει την εξάπλωσή του. Χρησιμοποιεί τις διαδικασίες CAC ή UPC/NPC για να αποφύγει τις καταστάσεις υπερφόρτωσης. Για να αναφέρουμε ένα παράδειγμα, ο έλεγχος της συμφόρησης μπορεί να ελαττώσει και να παρακολουθεί τον peak bit rate. Ο έλεγχος αυτός, μπορεί επίσης να γίνει, χρησιμοποιώντας explicit forward congestion notification (EFCN) όπως γίνεται στο Frame Relay πρωτόκολο. Ένας κόμβος του δικτύου που βρίσκεται σε κατάσταση συμφόρησης μπορεί να θέσει ένα EFCN bit στο cell header.

Καταλήγοντας στον παραλήπτη, το στοιχείο μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το ενδεικτικό bit για να εφαρμόσει πρωτόκολα, τα οποία θα μειώσουν το cell rate μιας ATM σύνδεσης, στη διάρκεια της συμφόρησης.

V. Network Resource Management: Τα εικονικά μονοπάτια μπορούν να φανούν ένα χρήσιμο και σημαντικό εργαλείο για τον έλεγχο κυκλοφορίας και για την διαχείριση των πόρων ενός ATM δικτύου. Χρησιμοποιούνται για να απλουστεύσουν τον Connection Admission Control και τα Usage/Network parameter control (UPC/NPC) που μπορούν να εφαρμοστούν στην συνολική κυκλοφορία ενός εικονικού μονοπατιού. Ο έλεγχος προτεραιότητας (Priority Control) μπορεί επίσης να εφαρμοστεί με το διαχωρισμό των τύπων κυκλοφορίας που απαιτούν διαφορετικής ποιότητας υπηρεσίες (QOS) μέσω των εικονικών μονοπατιών (virtual paths). Τα VPs μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την διανομή μηνυμάτων σε ότι αφορά την λειτουργία συγκεκριμένων schemes του traffic control όπως η ειδοποίηση συμφόρησης (congestion notification). Τα εικονικά μονοπάτια χρησιμοποιούνται επίσης για στατιστικό multiplexing για να διαχωρίσει τα είδη του traffic ώστε να μην εμπλέκονται π.χ. statistically multiplexed traffic με guaranteed bit rate traffic.

VI. Traffic Shaping: Η διαμόρφωση της κυκλοφορίας αλλάζει τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας ενός stream of cells σε μια VPC ή VCC δημιουργώντας κενά μεταξύ των cells ξεχωριστών ATM συνδέσεων για να μειώσει το peak cell rate και την cell delay variation. Πρέπει επίσης να διατηρεί την ακεραιότητα της ακολουθίας των cells μιας ATM σύνδεσης. Το traffic shaping είναι μια προαιρετική λειτουργία και για τους χειριστές του δικτύου και για τους τελικούς χρήστες. Βοηθά τον χειριστή του δικτύου να χειρίζεται το δίκτυο πιο επικερδώς και να εξασφαλίζει συμμόρφωση στις συμβάσεις κυκλοφορίας στο User-To-Network Interface.

ATM OPERATION and MAINTENANCE

Τα ATM διαθέτουν μια ομάδα λειτουργιών που ελέγχουν κατά πόσο όλα τα μέρη του δικτύου λειτουργούν σωστά. Οι λειτουργίες αυτές είναι γνωστές ως **operations and maintenance (OAM) functions**, ή κάποιες φορές ως **operations, administration and maintenance (και πάλι OAM) functions** και εφαρμόζονται από ειδικά ATM cells που διατρέχουν περιοδικά το δίκτυο. Αντίθετα απ' τα άλλα δίκτυα, στα οποία το τμήμα του network management ορίζεται και προστίθεται μετά την δημιουργία του δικτύου, τα ATM, λόγω τις ιδιαιτερότητάς και πολυπλοκότητάς τους, έχουν ενσωματωμένες τις OAM λειτουργίες τους. Και αυτές είναι:

1. **Performance monitoring:** Εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία με περιοδικούς ελέγχους των οντοτήτων του ATM.
2. **Defect and failure detection:** Η λειτουργία αυτή παράγει τους απαιτούμενους συναγερμούς.
3. **System protection:** Αποκλείει τα προβληματικά μέρη του δικτύου εμποδίζοντας το πρόβλημα να εξαπλωθεί.
4. **Failure or performance information:** Ανταποκρίνεται στις αιτήσεις της διαχείρισης δικτύου και επεξεργάζεται τις ενδείξεις συναγερμού.
5. **Fault localization:** Διεξάγει εσωτερικούς και εξωτερικούς ελέγχους και διαγνώσεις για 'ύποπτα' μέρη του δικτύου.

ATM Applications

Υπάρχουν διάφορες πρακτικές εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται η τεχνολογία των ATM. Τα δίκτυα ATM πρόκειται να γίνουν (Backbone Network) για πολλές broadband εφαρμογές συμπεριλαμβανομένου και του Information SuperHighway. Μερικές απ΄τις πιο σημαντικές εφαρμογές αναφέρονται ακολούθως,

- 1.Video Conferencing
- 2.Desktop Conferencing
- 3.Πολυμεσικές επικοινωνίες
- 4.Δορυφορικές επικοινωνίες μέσω ATM
- 5.Mobile Computing over ATM for wire-less δίκτυα

REFERENCES

http://www.ittc.ukans.edu/Projects/AAI/KU_TCP_over_ATM_Papers/
<http://www.lirmm.fr/atm/articles.html>
http://www.npac.syr.edu/users/mahesh/homepage/atm_tutorial/
http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/atm/atm_intr.htm
<http://www-run.montefiore.ulg.ac.be/publications/papers/papers-list.html>
<http://www.acm.org>
<http://hsi.web.cern.ch/HSI/atm/atm.html>