

UNIVERSITY OF MACEDONIA
MASTER INFORMATION SYSTEMS

NETWORKING TECHNOLOGIES

THEME

ADAPTIVE DISTRIBUTED ROUTING AND TRAFFIC
CONTROL IN ATM NETWORKS

PROFESSOR
A.A. ECONOMIDES

MALAMA APHRODITE
R.N. M16101
SEMESTER B'

THESSALONIKI 2002

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ

ΘΕΜΑ
ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ
& ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΤΜ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Α.Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ
ΜΑΛΑΜΑ ΑΦΡΟΔΙΤΗ
Α.Μ.: Μ 16106
Β' ΕΞΑΜΗΝΟ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2002

Contents

Abstract (in English)	pag. 1
Abstract (in Greek)	pag. 2
1. Introduction	pag. 3
2. Routing control	pag. 5
2.1. Routing algorithms	pag. 6
2.1.1. Distance vector routing	pag. 7
2.1.2. Link state routing	pag. 8
3. Traffic control	pag. 10
3.1. ATM service categories	pag. 10
3.1.1. Real time services	pag. 11
3.1.2. Non-real time services	pag. 12
3.2. Traffic attributes	pag. 13
3.2.1. Traffic descriptors	pag. 14
3.2.2. Quality of Service parameters	pag. 15
3.3. Traffic management functions	pag. 15
3.3.1. Connection Admission Control	pag. 17
3.3.2. User Parameter Control	pag. 19
3.3.2.1. Leaky Bucket	pag. 21
3.3.2.2. Traffic policing	pag. 22
3.3.3. CAC-UPC relationship	pag. 23
3.3.4. Traffic Shaping	pag. 23
3.3.5. Frame discard	pag. 24
3.3.6. Multiple classes of service & priority control	pag. 25
3.3.7. Buffer management	pag. 25
3.3.8. Route management	pag. 25
4. Advantages & evaluation of ATM	pag. 26
5. Conclusions	pag. 29
6. References	pag. 31
w.w.w.	pag. 31
Books	pag. 38

Περιεχόμενα

Περίληψη (Αγγλικά)	σελ. 1
Περίληψη (Ελληνικά)	σελ. 2
1. Εισαγωγή	σελ. 3
2. Έλεγχος δρομολόγησης	σελ. 5
2.1. Αλγόριθμοι δρομολόγησης	σελ. 6
2.1.1. Δρομολόγηση διανύσματος αποστάσεων	σελ. 7
2.1.2. Δρομολόγηση κατάστασης ζεύξεων	σελ. 8
3. Έλεγχος κυκλοφορίας	σελ. 10
3.1. Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM	σελ. 10
3.1.1. Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου	σελ. 11
3.1.2. Υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου	σελ. 12
3.2. Γνωρίσματα της κίνησης	σελ. 13
3.2.1. Περιγραφείς κίνησης	σελ. 14
3.2.2. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών	σελ. 15
3.3. Λειτουργίες διαχείρισης κυκλοφορίας	σελ. 15
3.3.1. Έλεγχος αποδοχής κλήσης	σελ. 17
3.3.2. Παράμετροι ελέγχου χρήστη	σελ. 19
3.3.2.1. Αλγόριθμος διαρρέοντος κάδου	σελ. 21
3.3.2.2. Αστυνόμευση κίνησης	σελ. 22
3.3.3. Σχέση CAC – UPC	σελ. 23
3.3.4. Μορφοποίηση κίνησης	σελ. 23
3.3.5. Απώλεια πλαισίου	σελ. 24
3.3.6. Διάφορες τάξεις υπηρεσιών & έλεγχος προτεραιότητας	σελ. 25
3.3.7. Διαχείριση buffer	σελ. 25
3.3.8. Διαχείριση δρομολόγησης	σελ. 25
4. Πλεονεκτήματα & αξιολόγηση του ATM	σελ. 26
5. Συμπεράσματα	σελ. 29
6. Αναφορές	σελ. 31
Ηλεκτρονικές διευθύνσεις	σελ. 31
Βιβλία	σελ. 38

Abstract

Asynchronous Transfer Mode (ATM) has been proposed by ITU-T as the preferred transfer mode to implement Broadband – ISDNs (B – ISDNs). These networks are expected to support a heterogeneous set of services (such as data, voice or video applications), with different traffic parameters and Quality of Service (QOS) requirements, by sharing the network resources as much as possible through statistical multiplexing. However, this promising technique exhibits a number of new congestion problems, which are characterized by buffer overflow, cell losses and excessive delays. Thus, the statistical bandwidth allocation in ATM networks is ineffective without traffic and routing control. Several algorithms have been proposed in the literature for routing and traffic control mechanisms. A number of ATM traffic management functions, defined by the ITU – T and the ATM Forum, support the standard service categories. These functions provide a framework for monitoring and controlling traffic and congestion. They include Connection Admission Control (CAC), User Parameter Control/Network Parameter Control (UPC/NPC), traffic shaping, frame discard (EPD/PPD), multiple classes of service and priority control, buffer management and route management.

Περίληψη

Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης έχει προταθεί από το ITU – T ως το πιο κατάλληλο μοντέλο μετάδοσης για την εφαρμογή του ISDN ευρείας ζώνης. Τα δίκτυα ATM αναμένεται να υποστηρίξουν ένα ετερογενές σύνολο υπηρεσιών (όπως δεδομένα, video ή video εφαρμογές) με διαφορετικές παραμέτρους κίνησης και απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας, μοιράζοντας τις πηγές δικτύου με τη στατιστική πολυπλεξία. Παρ' όλα αυτά, αυτή η ελπιδοφόρα τεχνική μπορεί να προκαλέσει ένα σύνολο νέων προβλημάτων συμφόρησης, τα οποία χαρακτηρίζονται από υπερχειλίση buffer, χάσιμο κελιών και μεγάλες καθυστερήσεις. Έτσι, η στατιστική κατανομή του εύρους ζώνης που γίνεται με τα ATM μπορεί να γίνει μη αποτελεσματική χωρίς τον έλεγχο της δρομολόγησης και της κυκλοφορίας. Διάφοροι αλγόριθμοι έχουν προταθεί για τους μηχανισμούς της δρομολόγησης και κυκλοφορίας. Ένα σύνολο λειτουργιών διαχείρισης της κυκλοφορίας, που καθορίστηκε από το ITU – T και το ATM Forum, υποστηρίζουν τις διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών. Αυτές οι λειτουργίες δημιουργούν τη δομή για επίβλεψη και έλεγχο της κίνησης και της συμφόρησης. Περιλαμβάνουν τον έλεγχο αποδοχής κλίσης, παράμετροι ελέγχου χρήστη/δικτύου, μορφοποίηση κίνησης, απώλεια πλαισίου, διάφορες τάξεις υπηρεσιών και έλεγχος προτεραιότητας, διαχείριση buffer και διαχείριση δρομολόγησης.

1. Εισαγωγή

Το ATM είναι το μοντέλο μετάδοσης που επιλέχθηκε από τη CCITT (ITU) για ενοποίηση των επικοινωνιών ευρείας ζώνης (B – ISDN) στα μέσα του '80. Η βασική ιδέα πίσω από το ATM είναι η μεταφορά της πληροφορίας σε καθορισμένου μήκους πακέτα που ονομάζονται κυψελίδες (*cells*), που έχουν μήκος 53 bytes, εκ των οποίων τα πρώτα 5 bytes είναι η επικεφαλίδα και τα υπόλοιπα 48 bytes το ωφέλιμο φορτίο (*payload*) [1]. Η ταχύτητα του προσαρμογέα χρήστη – δικτύου (*User Network Interface/UNI*) επιλέχθηκε στα 155.520 Mbps, ενώ το πλαίσιο για τη μετάδοση επιλέχθηκε είτε το STM – 1 (*Synchronous Transfer Mode/STM*) πλαίσιο είτε η ATM κυψελίδα [2].

Είναι μια τεχνική μετάδοσης πληροφορίας που επιτυγχάνει την ενοποίηση της μεθόδου μεταγωγής κυκλώματος (*circuit mode transfer method*) και μεταγωγή πακέτων (*packet mode transfer method*), υλοποιώντας σταθερές συνδέσεις (είναι *Connection Oriented*) με τη χρήση νοητών μονοπατιών και καναλιών για τη μετάδοση κυψελίδων [3].

Ονομάστηκε ATM διότι η μετάδοση δεν είναι σύγχρονη, δηλαδή προσδεμένη σε πρωτεύων ρολόι όπως οι περισσότερες υπεραστικές τηλεφωνικές γραμμές [1]. Χρησιμοποιώντας μεταγωγή και στατιστική πολυπλεξία, οι κυψελίδες πολυπλέκονται ασύγχρονα στο χρόνο με αποτέλεσμα την ευέλικτη κατανομή εύρους ζώνης σε διάφορες επικοινωνιακές υπηρεσίες και μεταδίδονται μέσα από τα νοητά μονοπάτια (*virtual paths*) και νοητά κανάλια (*virtual channels*) [4].

Βασικός στόχος των προτύπων ATM αποτελεί η συνένωση των υπάρχοντων δικτύων σε ένα μειώνοντας το συνολικό κόστος και αυξάνοντας την ικανότητα διαχείρισης της υποδομής. Αναμένεται να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών όπως [5]:

- ↪ φωνή
- ↪ video
- ↪ εφαρμογές εικόνας (*imaging*)
- ↪ πακέτα δεδομένων (*SMDS, IP, FR*)
- ↪ διασύνδεση δικτύων

- ↪ διαλογικά πολυμέσα
- ↪ εξομοίωση τοπικών δικτύων

Το ATM έχει το δικό του μοντέλο αναφοράς και είναι τρισδιάστατο. Αποτελείται από 3 στρώματα: το φυσικό, το ATM και το στρώμα προσαρμογής στο ATM, συν οτιδήποτε θα τοποθετήσουν οι χρήστες από πάνω τους.



- Μοντέλο αναφοράς ATM -

Το στρώμα ATM διαχειρίζεται κελιά, συμπεριλαμβανομένου της δημιουργίας και μεταφοράς τους. Αποτελεί μια μίξη από το στρώμα ζεύξης δεδομένων και στρώμα δικτύου του OSI. Διαχειρίζεται νοητά κυκλώματα και διαδρομές [1].

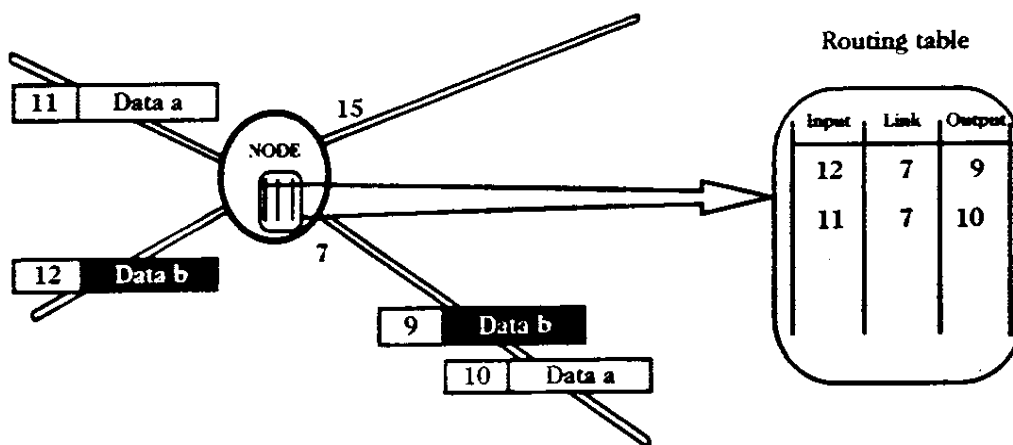
Η βασική ιδέα των νοητών κυκλωμάτων είναι να μην χρειάζεται να επιλεχθεί νέα διαδρομή για κάθε κυψελίδα ATM που στέλνεται, αλλά, όταν εγκαθίσταται σύνδεση επιλέγεται διαδρομή από την αφετηρία στον προορισμό και κρατείται στη μνήμη. Όταν η σύνδεση απολυθεί, το νοητό κύκλωμα τερματίζεται [2].

Η έννοια του νοητού μονοπατιού καθορίζει τη διάκριση μεταξύ φυσικής και λογικής δομής του δικτύου. Αυτό έχει επίδραση σε όλα τα τμήματα του δικτύου, από την πρόσβαση του χρήστη μέχρι τα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων [3].

2. Έλεγχος δρομολόγησης (Routing Control)

Ο σχεδιασμός της δομής του δικτύου αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό της δρομολόγησης. Διαφορετικές ομάδες πελατών μπορούν να ενωθούν με διαφορετικούς τρόπους δρομολόγησης διαλέγοντας μεταξύ των συνδυασμών της ιεραρχίας, star ή mesh δομής, απευθείας ή εναλλακτικές διαδρομές. Ο μέσος όρος και το μέγιστο των γραμμών σύνδεσης μεταξύ των πελατών είναι σημαντικοί παράγοντες για την επίτευξη της βέλτιστης τεχνικής παρουσίασης και οικονομικής μελέτης του δικτύου.

Επειδή το ATM είναι προσανατολισμένο στη σύνδεση, απαιτούνται πίνακες δρομολόγησης στα τμήματα των μεταγωγέων [9].



- Αρχή δρομολόγησης κυψελίδας -

Η δρομολόγηση γίνεται με δύο τύπους σύνδεσης:

- VPC (*Virtual Path Connection*)
- VCC (*Virtual Channel Connection*)

Τα κελιά προχωρούν στη σύνδεση λαμβάνοντας υπόψη τη δραστηριότητα της πηγής και τη διαθεσιμότητα του δικτύου. Υπάρχουν δύο τρόποι για τη σύνδεση:

- ❖ Μόνιμη Νοητή Σύνδεση
 - (*Permanent Virtual Connection/PVC*)
- ❖ Μεταγώγιμη Νοητή Σύνδεση
 - (*Switched Virtual Connection/SVC*)

Στα ATM χρησιμοποιούνται τρεις τεχνικές δρομολόγησης [3]:

1. Εναλλακτική δρομολόγηση (*Alternative routing*). Η κλήση έχει τη δυνατότητα να επιλέξει περισσότερες από 2 διαδρομές.
2. Κατανεμημένη δρομολόγηση (*Adaptive routing*). Επέκταση της πρώτης, αλλά η διαδρομή δεν ορίζεται από την αρχή της σύνδεσης, παρά, εξαρτάται από την κατάσταση της κίνησης τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Απαιτεί μεγαλύτερο έλεγχο και μπορεί να επιφέρει καθυστερήσεις.
3. Δυναμική δρομολόγηση (*Dynamic routing*). Συμπληρωματική των δύο παραπάνω, πιο κοντά στην δεύτερη. Δεν λαμβάνονται τόσο υπόψη οι παράμετροι της κίνησης, αλλά το φορτίο.

Για τη μελέτη της δρομολόγησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- ❖ η δομή, συγκρότηση του δικτύου
- ❖ ο μέγιστος αριθμός των γραμμών σύνδεσης και διακοπών που επιτρέπει η σύνδεση
- ❖ η τεχνική δρομολόγησης που θα επιλεγεί (1, 2, 3)
- ❖ η κοινωνία του ενδιαφέροντος
- ❖ η φυσική και λογική δομή του τοπικού δικτύου ανταλλαγής
- ❖ η σηματοδότηση και μεταγωγή

2.1. Αλγόριθμοι δρομολόγησης

Όταν εγκαθίσταται νέο νοητό κύκλωμα λαμβάνονται οι αποφάσεις δρομολόγησης. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης που επιλέγουν τις διαδρομές και δομές δεδομένων που χρησιμοποιούν, αποτελούν μεγάλο μέρος της σχεδίασης του στρώματος δικτύου. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρέπει να έχουν μερικές ιδιότητες, όπως ορθότητα, απλότητα, σταθερότητα, ανθεκτικότητα, δικαιοσύνη και βελτιστοποίηση.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης διακρίνονται στους προσαρμοστικούς και στους μη προσαρμοστικούς. Στα ATM χρησιμοποιούνται οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι, οι οποίοι ονομάζονται και δυναμικοί, ικανοί

να αλλάζουν τις αποφάσεις τους ανάλογα με την τοπολογία και κυρίως με την κίνηση του δικτύου. Οι δυναμικοί αλγόριθμοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προέλευση των πληροφοριών, το πότε αλλάζουν τις διαδρομές και το κριτήριο που χρησιμοποιούν για τη βελτιστοποίηση. Οι πιο δημοφιλείς αλγόριθμοι δυναμικής δρομολόγησης είναι: η δρομολόγηση διανύσματος αποστάσεων (*distance vector routing*) και η δρομολόγηση κατάστασης ζεύξης (*link state routing*) [1].

2.1.1. Δρομολόγηση διανύσματος αποστάσεων (Distance vector routing)

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης διανύσματος αποστάσεων είναι γνωστός και ως κατανεμημένος αλγόριθμος δρομολόγησης Bellman – Ford ή αλγόριθμος Ford – Fulkerson, από τους ερευνητές που τον ανέπτυξαν. Οι αλγόριθμοι αυτοί αναγκάζουν τον δρομολογητή να διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης, ο οποίος περιέχει μια καταχώρηση για κάθε δρομολογητή το υποδικτύου. Η καταχώρηση αυτή έχει 2 τμήματα: την προτεινόμενη εξερχόμενη γραμμή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον προορισμό και μια εκτίμηση του χρόνου ή της απόστασης για τον προορισμό. Ως μέτρο, χρησιμοποιείται ο αριθμός βημάτων, η καθυστέρηση σε msec, ο συνολικός αριθμός πακέτων κατά μήκος της διαδρομής κ.α.

Ο κάθε δρομολογητής γνωρίζει πόσο απέχουν από τον ίδιο οι γείτονες δρομολογητές. Αν για παράδειγμα, το μέτρο είναι η καθυστέρηση, ο δρομολογητής γνωρίζει την καθυστέρηση για τους γείτονες και στέλνει κάθε T_{msec} κατάλογο με τις εκτιμημένες γι' αυτόν καθυστερήσεις, όπως λαμβάνει έναν παρόμοιο κατάλογο από τους γείτονές του.

Ενώ ο αλγόριθμος δουλεύει καλά στη θεωρία, παρουσιάζει σημαντικό μειονέκτημα στην πράξη: τα καλά νέα προωθούνται γρήγορα, όχι όμως τα άσχημα, δηλαδή αργεί στη σύγκλιση. Τα καλά νέα μεταδίδονται με ρυθμό ένα πήδημα ανά ανταλλαγή μεταξύ των δρομολογητών. Σε υποδίκτυο, όπου η μέγιστη διαδρομή είναι N βήματα

μήκος, μετά από N ανταλλαγές ενημερώνονται όλοι για τις γραμμές και τους δρομολογητές που επανήλθαν σε λειτουργία. Κι αυτό, γιατί κανένας δρομολογητής δεν έχει ποτέ μια τιμή που να είναι περισσότερο από ένα μεγαλύτερη από την ελάχιστη τιμή όλων των υπολοίπων δρομολογητών. Ο απαιτούμενος αριθμός ανταλλαγών εξαρτάται από την τιμή που χρησιμοποιείται ως άπειρο. Το πρόβλημα είναι γνωστό ως μέτρημα προς το άπειρο (*count to infinity*), γιατί όλοι οι δρομολογητές σταδιακά τείνουν προς το άπειρο.. Για το πρόβλημα του μετρήματος προς το άπειρο χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του χωρισμένου ορίζοντα (*split horizon*), που όμως κι αυτός πολλές φορές αποτυχαίνει. Δουλεύει όπως ο αλγόριθμος δρομολόγησης διανύσματος απόστασης, εκτός του ότι, η πληροφορία για την απόσταση μέχρι τον K δρομολογητή δεν χρησιμοποιείται για ενημέρωση στη γραμμή πάνω στην οποία στέλνονται τα πακέτα που προορίζονται για τον K [1].

2.1.2. Δρομολόγηση κατάστασης ζεύξεων (link state routing)

Ο αλγόριθμος κατάστασης ζεύξεων αντικατέστησε τον αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων γιατί ο δεύτερος δεν λάμβανε υπόψη τη χωρητικότητα στην επιλογή των διαδρομών, αλλά και προκαλούσε καθυστέρηση στη σύγκλιση ακόμη και με τεχνικές όπως ο χωρισμένος ορίζων.

Με τη χρήση του αλγορίθμου κατάστασης ζεύξεων ο κάθε δρομολογητής πρέπει:

1. Να ανακαλύπτει τους γείτονές του και τις διευθύνσεις δικτύου των. (Το επιτυγχάνει στέλνοντας ειδικό packet HELLO σε όλες τις γραμμές του. Ο κάθε δρομολογητής έχει μοναδικό όνομα).
2. Να υπολογίσει την καθυστέρηση ή το κόστος για κάθε γείτονά του. (Το επιτυγχάνει με ειδικό packet ECHO και μετρώντας το χρόνο μετάβασης με επιστροφή και διαιρώντας τον με δύο).
3. Να κατασκευάσει πακέτο που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Το πακέτο κατασκευάζεται εύκολα και περιέχει την

ταυτότητα του αποστολέα μετά αύξοντος αριθμού, την ηλικία και όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές. Ο χρόνος όμως κατασκευής των πακέτων δεν καθορίζεται πάντοτε εύκολα (μία λύση: σε τακτά διαστήματα).

4. Να στείλει το πακέτο σε όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές. Αν είναι καινούργιο, προωθείται σε όλες τις γραμμές, εκτός του αποστολέα. Αν έχει αύξοντα αριθμό μικρότερο του μεγαλύτερου που εισήλθε μέχρι τότε απορρίπτεται (όπως κι αν είναι αντίγραφο).
5. Να υπολογίσει τη συντομότερη διαδρομή προς κάθε άλλον δρομολογητή. Χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του Dijkstra που τοπικά ανακαλύπτει τη συντομότερη διαδρομή προς όλες τις κατευθύνσεις [1].

3. Έλεγχος κυκλοφορίας (Traffic Control)

Οι συνδέσεις στα δίκτυα ATM υποστηρίζουν συγχρόνως υπηρεσίες κυκλωμάτων και πακέτων διαφόρων εφαρμογών αλλά και μίγμα πολυμεσικών εφαρμογών. Τα ATM δηλαδή εξυπηρετούν διάφορους τύπους κυκλοφορίας και κάθε ένας από αυτούς υποστηρίζει διαφορετικές εφαρμογές. Η διαχείριση της κυκλοφορίας είναι ένα σύνολο ενεργειών που επιβλέπουν και ελέγχουν τη ροή της κίνησης. Δίνει σε κάθε ρεύμα κυκλοφορίας το επιθυμητό εύρος και έλεγχο για το χάσιμο κελιών, καθυστερήσεις κελιών και μεταβλητότητα καθυστέρησης. Η διαχείριση της κίνησης υποστηρίζει διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη κατηγοριοποίησης των υπηρεσιών ανάλογα με τις ανάγκες τους. Για παράδειγμα η υπηρεσία φωνής απαιτεί συνεχή ρυθμό παράδοσης των κελιών στον προορισμό, ενώ η υπηρεσία των δεδομένων μπορεί να ανεχτεί καθυστέρηση, έτσι ο ρυθμός των κελιών να είναι μεταβλητός [6].

3.1. Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM (Service Categories)

Το ATM Forum έχει χωρίσει τις υπηρεσίες στις εξής κατηγορίες [7]:

Real Time Services

- Constant Bit Rate (CBE)
- Real Time Variable Bit Rate (rt – VBR)

Non – Real Time Services

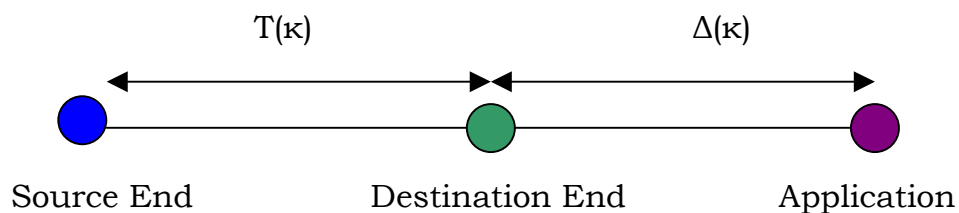
- Non – real Time Variable Bit Rate (nrt – VBR)
- Available Bit Rate (ABR)
- Unspecified Bit Rate (UBR)

Οι Real Time Services απαιτούν αυστηρό περιορισμό στην καθυστέρηση και μεταβολή στην καθυστέρηση. Ο ρυθμός ροής των κελιών είναι συνεχής και εάν ένα κελί καθεί ή η ροή διακοπεί για κάποιο λόγο, τότε διαβάλλει την ποιότητα της υπηρεσίας (*Quality of Service/QoS*). Ενώ στις Non – real time services υπάρχει ευελιξία στον περιορισμό της καθυστέρησης. Έτσι αυτές οι υπηρεσίες έχουν μεγαλύτερο βαθμό στατιστικής πολυπλεξίας και χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά τις πηγές του δικτύου [8].

3.1.1. Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου

↳ Σταθερός Ρυθμός Δυαδικών Ψηφίων (*Constant Bit Rate/CBR*)

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

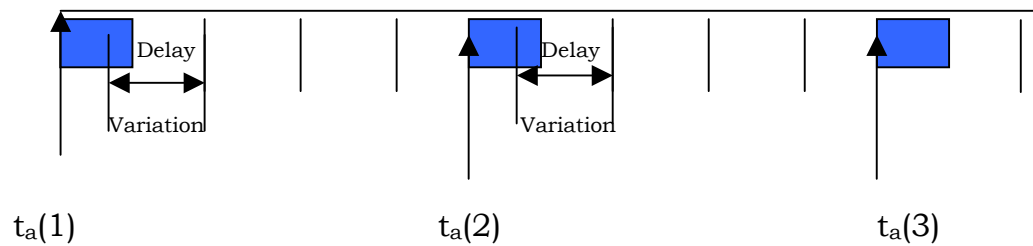


$T(k)$ = χρόνος που χρειάζεται ένα κελί από την πηγή στον προορισμό

$\Delta(k)$ = καθυστέρηση που προστίθεται στον χρόνο άφιξης του κελιού προτού φτάσει στην εφαρμογή

Αν δ = χρόνος μέχρι την άφιξη του επόμενου κελιού, ισχύει

$$T(k+1) + \Delta(k+1) = T(k) + \Delta(k) + \delta$$



$t_a(k)$ = χρόνος άφιξης του κ-κελιού στον προορισμό

↪ Μεταβλητός Ρυθμός Δυαδικών Ψηφίων σε Πραγματικό Χρόνο (Real Time Variable Bit Rate/rt-VBR)

Ο ρυθμός μεταφοράς δυαδικών ψηφίων μεταβάλλεται με το χρόνο σύμφωνα με τις απαιτήσεις και των άλλων χρηστών στο δίκτυο. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεταφοράς διάσκεψης μέσω συμπίεσης video σε real time [9].

3.1.2. Υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου

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

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

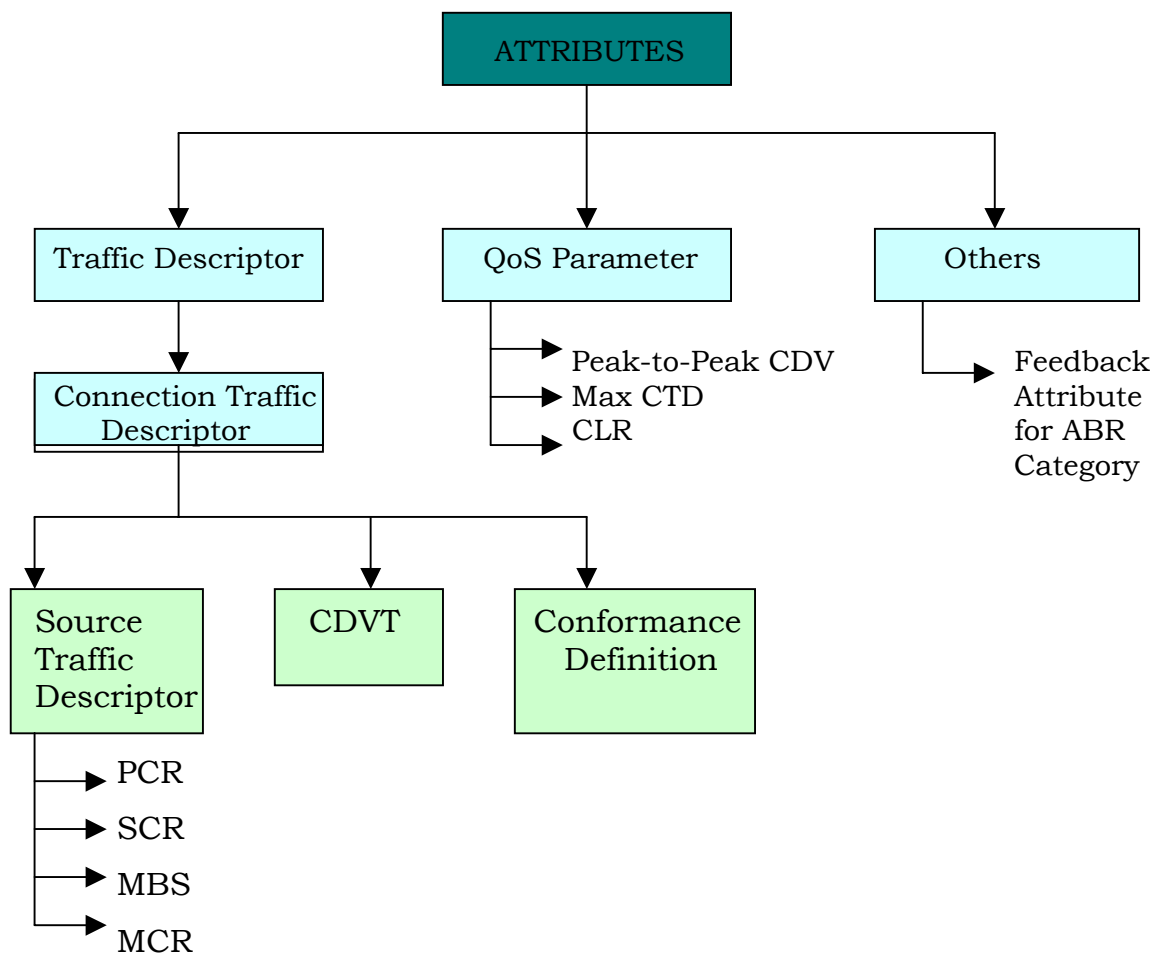
↪ Διαθέσιμος Ρυθμός Δυαδικών Ψηφίων (Available Bit Rate/ABR)

Η μεταφορά των κελιών γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Απαιτείται εγγύηση για τον ελάχιστο ρυθμό πληροφορίας (μπορεί να είναι και 0) [10].

↩ Αδιευκρίνιστος Ρυθμός Διαδικιών ψηφίων (*Unspecified Bit Rate/UBR*)

Η μόνη κατηγορία που δεν έχει εγγύηση για το ποια δεδομένα μεταδίδει κι αν μεταδοθούν με ποιο ρυθμό.

3.2. Γνωρίσματα της κίνησης



3.2.1. Περιγραφείς κίνησης (Traffic Descriptors)

Περιγράφει τα χαρακτηριστικά της κίνησης της πηγής και συγκεκριμένης σύνδεσης. Η κυκλοφορία πρώτα επηρεάζεται από την κίνηση στην πηγή και μετά από το υπόλοιπο δίκτυο. Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την κίνηση στην πηγή UNI (*User Network Interface*), ονομάζονται Source Traffic Descriptors και είναι [5]:

PCR Αν σε μια σύνδεση η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κελιών είναι T , τότε το $PCR = \frac{1}{T}$. Είναι το ανώτερο όριο της σύνδεσης. Για κατηγορίες CBR, VBR και ABR.

SCR Ο αναμενόμενος ή μέσος όρος του ρυθμού κυψελίδων σε μεγάλο χρονικό διάστημα μετάδοσης. Για κατηγορία VBR.

MCR Ο ελάχιστος αριθμός κυψελίδων ανά δευτερόλεπτο όπου ο χρήστης θεωρεί αποδεκτό. Διακόπτεται η σύνδεση αν δεν υπάρχει εγγύηση του λόγου. Για ABR κατηγορίες.

MBS Ο αριθμός των κελιών που κινούνται από άκρη ως άκρη με ρυθμό όμοιο του PCR.

Η σύνδεση σχετίζεται με τις ακόλουθες παραμέτρους [6]:

- ❖ Source Traffic Descriptors
- ❖ Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)
- ❖ Conformance Definition

Όπου CDVT είναι η αναμενόμενη απόκλιση της καθυστέρησης, που επιτρέπει τα κελιά να φτάσουν στον προορισμό τους πριν τη θεωρητική ώρα άφιξης. Η παράμετρος αυτή ελέγχει το πλήθος της αποδεκτής διακύμανσης χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο διαρρέοντος κάδου, ενώ το Conformance Definition χαρακτηρίζει τα κελιά που έχουν συμμορφωθεί ενώ σηματοδοτεί το υπόλοιπα [11].

3.2.2. Παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσιών (QoS Parameters)

Το πρότυπο ATM ορίζει έναν αριθμό από παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας, τις τιμές των οποίων πελάτης και φορέας μπορούν να διαπραγματευτούν. Μερικές από τις παραμέτρους που καθορίζουν την ποιότητα σε δίκτυο ATM περιλαμβάνουν [7]:

- Μέγιστη καθυστέρηση μεταφοράς κελιών (*Max CTD*)
- pp Διακύμανση καθυστέρησης κελιών (*Peak to Peak CDV*)
- Ποσοστό απώλειας κελιών (*CLR*)

Για κάθε παράμετρο ποιότητας υπηρεσίας, προσδιορίζεται η χειρότερη περίπτωση επίδοσης που ο φορέας καλείται να ξεπεράσει. Στην καλύτερη περίπτωση η καθυστέρηση είναι η αναμενόμενη, ενώ στην χειρότερη ισχύει:

$$\text{Max CTD} = \text{fixed delay} + \text{ppCDV} \Rightarrow$$

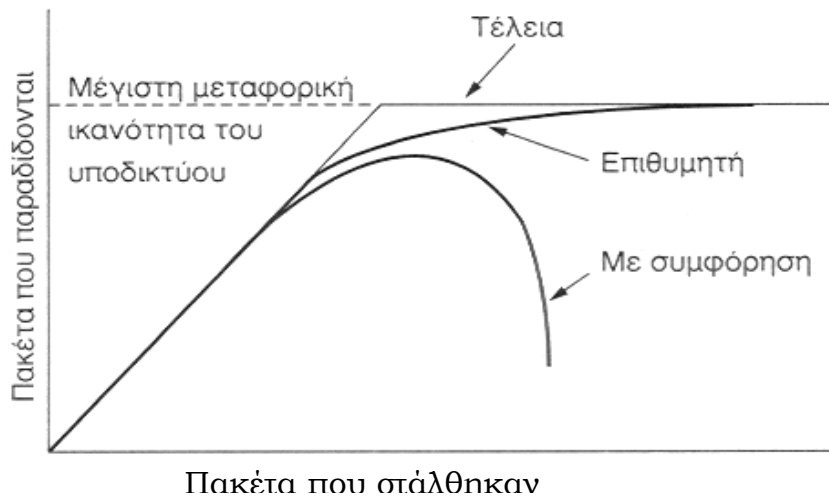
$$\text{pp CDV} = \text{Χειρότερη περίπτωση} - \text{Καλύτερη περίπτωση}$$

$$\text{και CLR} = \frac{\text{Κελιά που χάθηκαν}}{\text{Συνολικός αριθμός μεταφερόμενων κελιών}}$$

Τα κελιά μπορεί να καθούν λόγω συμφόρησης ή από δυσλειτουργία κάποιου κόμβου [12].

3.3. Λειτουργίες διαχείρισης κυκλοφορίας

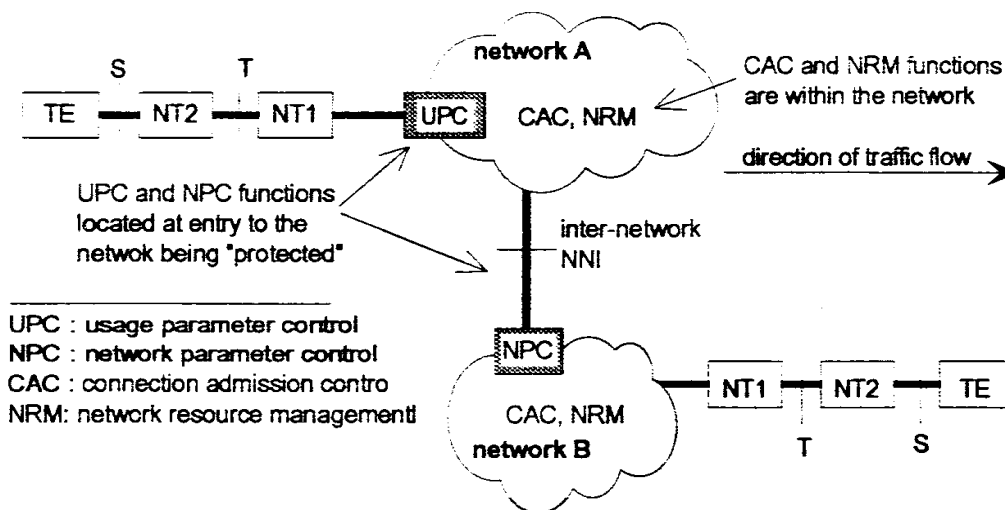
Το ITU – T και το ATM Forum έχουν ορίσει ένα σύνολο λειτουργιών διαχείρισης της κίνησης που υποστηρίζουν τις διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών. Οι λειτουργίες αυτές χρειάζονται για την επίβλεψη και τον έλεγχο της κίνησης και της συμφόρησης. Συμφόρηση (*congestion*) προκαλείται όταν υπάρχει μεγάλη κίνηση πακέτων στο υποδίκτυο και η κυκλοφορία γίνεται δύσκολα [12].



- Όταν η κίνηση είναι μεγάλη, αρχίζει η συμφόρηση και η επίδοση πέφτει -

Οι λειτουργίες διαχείρισης κίνησης, περιλαμβάνουν [13]:

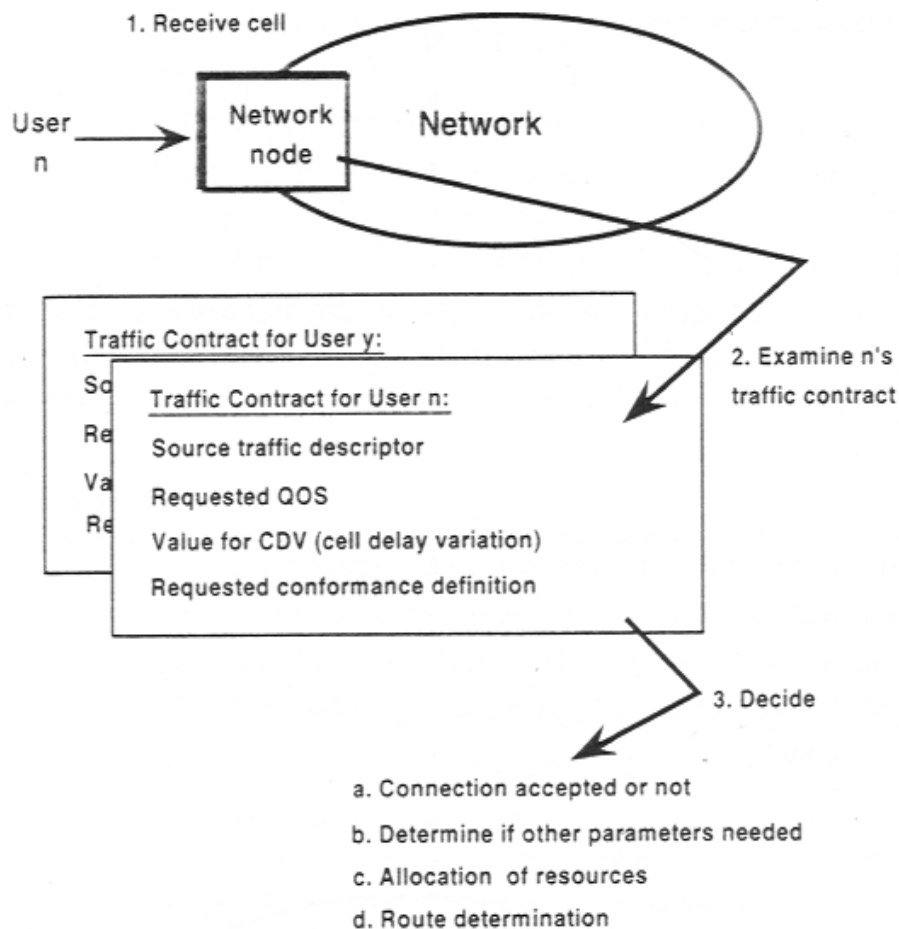
- ✦ Έλεγχος αποδοχής κλήσης (CAC)
- ✦ Παράμετροι ελέγχου χρήστη/δικτύου (UPC/NPC)
- ✦ Μορφοποίηση κίνησης
- ✦ Απώλεια πλαισίου (EPD/PPP)
- ✦ Διάφορες τάξεις υπηρεσιών και έλεγχος προτεραιότητας
- ✦ Διαχείριση buffer
- ✦ Διαχείριση δρομολόγησης



- Θέση των λειτουργιών διαχείρισης κυκλοφορίας -

3.3.1. Έλεγχος αποδοχής κλήσης (CAC)

Είναι το σύνολο των ενεργειών που θα αποφασίσει στη φάση εγκατάστασης (ή ξαναεγκατάστασης) της κλήσης αν το VPC ή VCC θα γίνει δεκτό ή θα απορριφθεί [3]. Το CAC αποδέχεται τη σύνδεση μόνο εάν υπάρχουν διαθέσιμες πηγές για να πραγματοποιήσουν την κλήση και πληρούνται τα Quality Of Services [7].



- CAC -

Το «συμβόλαιο» κίνησης πρέπει να περιέχει πληροφορίες χρήσιμες για την απόφαση της αποδοχής ή απόρριψης της σύνδεσης. Στις πληροφορίες αυτές περιλαμβάνονται [8]:

- ❖ Source Traffic Descriptor, π.χ. Peak Cell Rate, Burst Toleranse κλπ. Μπορεί να διαφέρουν για κάθε σύνδεση.
- ❖ QoS και για τις δυο κατευθύνσεις. Παράμετροι όπως ο Λόγος Λανθασμένων Κυψελίδων (*Cell Error Ratio/CER*), ο Λόγος Απώλειας Κυψελίδας (*Cell Loss Ratio/CLR*) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- ❖ Μεταβολή Καθυστερήσεων (*Cell Delay Variation/CDV*)
- ❖ Requested Conformance Definition – τιμές όπως PCR, SCR με το CLP (*Cell Loss Priority*) bit να είναι 0 ή 1.

Υπάρχει πληθώρα CAC αλγορίθμων. Ο αλγόριθμος πρέπει να είναι απλός, να εγγυάται το αποτέλεσμα και να επιτρέπει τη στατιστική πολυπλεξία [14]. Μερικοί αλγόριθμοι είναι [3]:

- ✧ Convolution
- ✧ Two – moment allocation
- ✧ Linear
- ✧ Two level

Ο Convolution είναι ορθός αλλά με μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας.

Ο Two – moment allocation οδηγεί σε ικανοποιητικό αποτέλεσμα μόνο εάν το PCR κάθε σύνδεσης είναι μικρό συγκρινόμενο με την χωρητικότητα της γραμμής.

Ο Linear είναι απλός αλλά όχι ακριβής.

Ο Two Level συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των αλγορίθμων του 1^{ου} και 2^{ου} επιπέδου.

Προτού τη δημιουργία σύνδεσης, ο CAC αλγόριθμος υπολογίζει το απαραίτητο εύρος ζώνης (*virtual bandwidth/vbw*). Αυτό, αντιπροσωπεύει το ποσοστό του εύρους ζώνης που χρησιμοποιεί η σύνδεση, παρέχοντας τα μεγέθη του buffer και τις απαιτήσεις του QoS. Ο πιο απλός CAC αλγόριθμος, κατανέμει το vbw ισοδύναμα με το PCR, σε κάθε σύνδεση. Για να είναι το CAC αξιόπιστο, απαιτείται μοναδικός αλγόριθμος για κάθε μία από τις εξής πέντε κατηγορίες υπηρεσιών: CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR και UBR.

Ένας αποτελεσματικός CAC αλγόριθμος είναι ο MainStreet Xpress 36170 Run Time CACulator, που λαμβάνει υπ' όψη τα εξής [15]:

- Τις τιμές των παραμέτρων κίνησης στη σύνδεση
 - για CBR σύνδεση, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη είναι: PCR & CDVT
 - για VBR σύνδεση, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη είναι: CDVT, MBS, SCR
 - για ABR & UBR σύνδεση, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη είναι: PCR & MCR
- Το απαιτούμενο QoS
- Το απαιτούμενο UPC
- Τη δρομολόγηση
- Το buffer μέγεθος σε κάθε σημείο του διακόπτη

Για συνδέσεις που απαιτούν μεταβλητό αριθμό bits, χρησιμοποιούνται 3 CAC στρατηγικές με εγγυημένη την ποιότητα των υπηρεσιών. Είναι οι [7][9]:

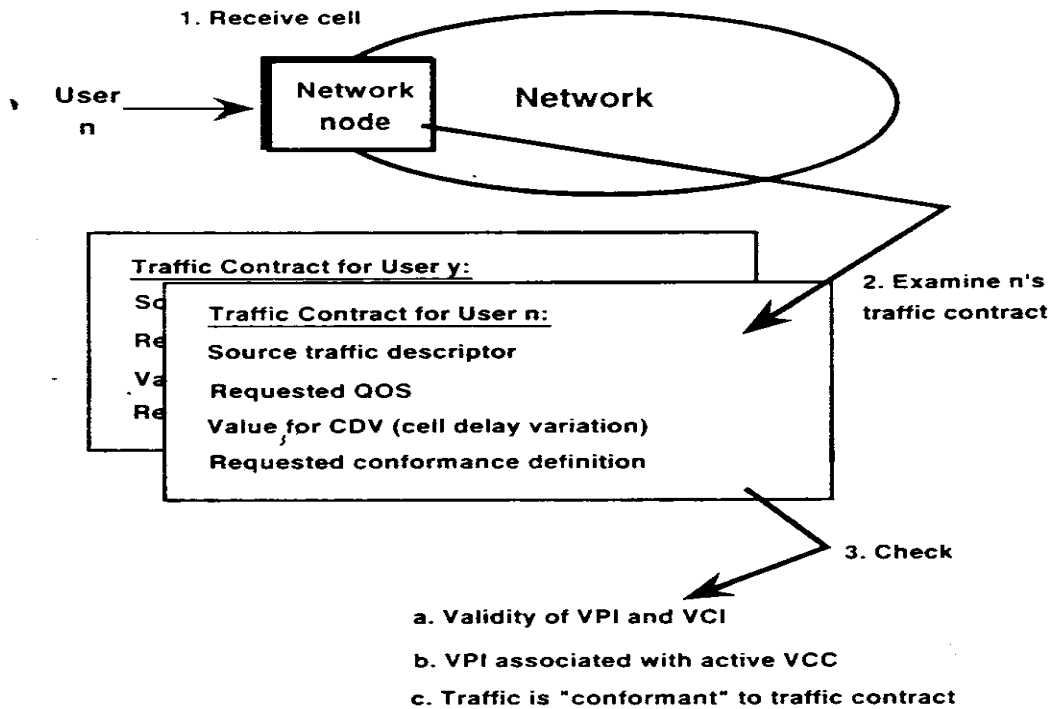
- Complete Sharing (CS)
- Complete Sharing with Equalization (CSE)
- Routes Separation (RS)

3.3.2. Παράμετροι ελέγχου χρήστη (UPC)

Είναι ο μηχανισμός που εξασφαλίζει τη συμμόρφωση του χρήστη με τη συμφωνία κίνησης. Λέγεται και αστυνόμευση. Σχεδιάστηκε για να επιβλέπει την κίνηση και να επιβεβαιώνει ότι μόνο τα έγκαιρα VPIs και VCIs εισέρχονται στο δίκτυο [16]. Το UPC πρέπει [5]:

- ❖ να έχει την ικανότητα να ανακαλύπτει τη μη συμμορφωμένη κίνηση
- ❖ να μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους που ελέγχθηκαν
- ❖ να δίνει γρήγορη απάντηση στους μη συμμορφωμένους χρήστες

- ❖ να υπάρχει διαφάνεια στις λειτουργίες των συμμορφωμένων χρηστών
- ❖ να υπάρχει απλότητα στην παρουσία



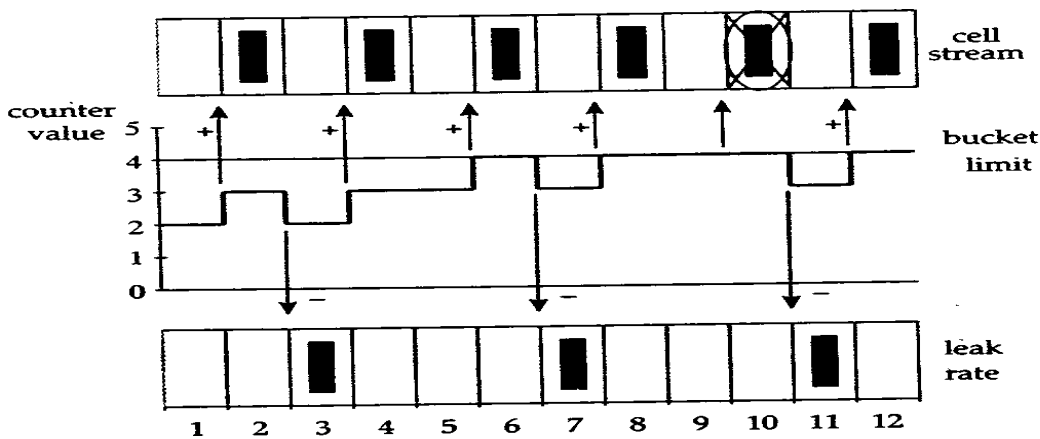
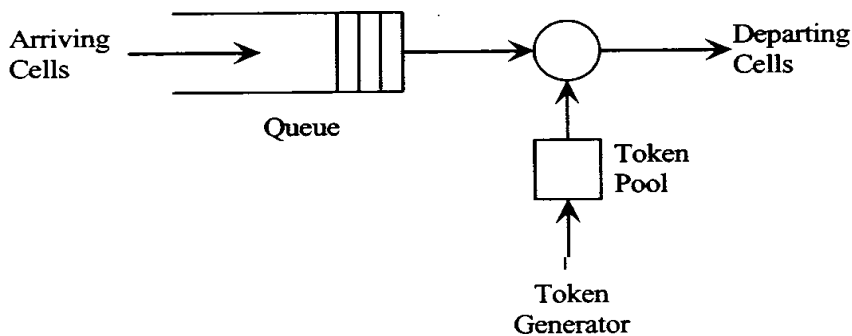
- UPC -

Οι πιο κοινοί UPC αλγόριθμοι περιέχουν 2 βασικούς μηχανισμούς [1]:

- μέθοδος παραθύρου (*window method*), όπου επιλέγεται χρονικό διάστημα και μετριέται ο μέγιστος αριθμός κελιών που γίνονται δέκτες (υπάρχουν και παραλλαγές της μεθόδου, όπως *jumping window* και *moving window*)
- μέθοδος του διαρρέοντος κάδου (*Leaky Bucket*), που έχει καλύτερα αποτελέσματα από τη μέθοδο παραθύρου και είναι εύκολη στην κατανόηση, στην εφαρμογή και ευέλικτη στην παρουσίαση.

3.3.2.1. Αλγόριθμος του διαρρέοντος κάδου (The Leaky Bucket, Turner 1986)

Είναι σύστημα αναμονής μονού εξυπηρετητή με σταθερό χρόνο εξυπηρέτησης. Ο κάθε host συνδέεται με το δίκτυο μέσω διεπαφής που συμπεριλαμβάνει έναν διαρρέοντα κάδο, δηλαδή μια πεπερασμένη εσωτερικά ουρά. Όταν η ουρά είναι γεμάτη και φτάσει ένα πακέτο, απορρίπτεται. Ο host τοποθετεί στο δίκτυο ένα πακέτο ανά ρυθμό ρολογιού. Αυτό το επιβάλλει η κάρτα διεπαφής ή το λειτουργικό σύστημα [1]. Έτσι, ενώ η ροή πακέτων από χρήστη στον host είναι ανομοιογενής, η κίνηση προς το δίκτυο γίνεται ομοιογενής [8].



- Μηχανισμός και λειτουργία Leaky Bucket -

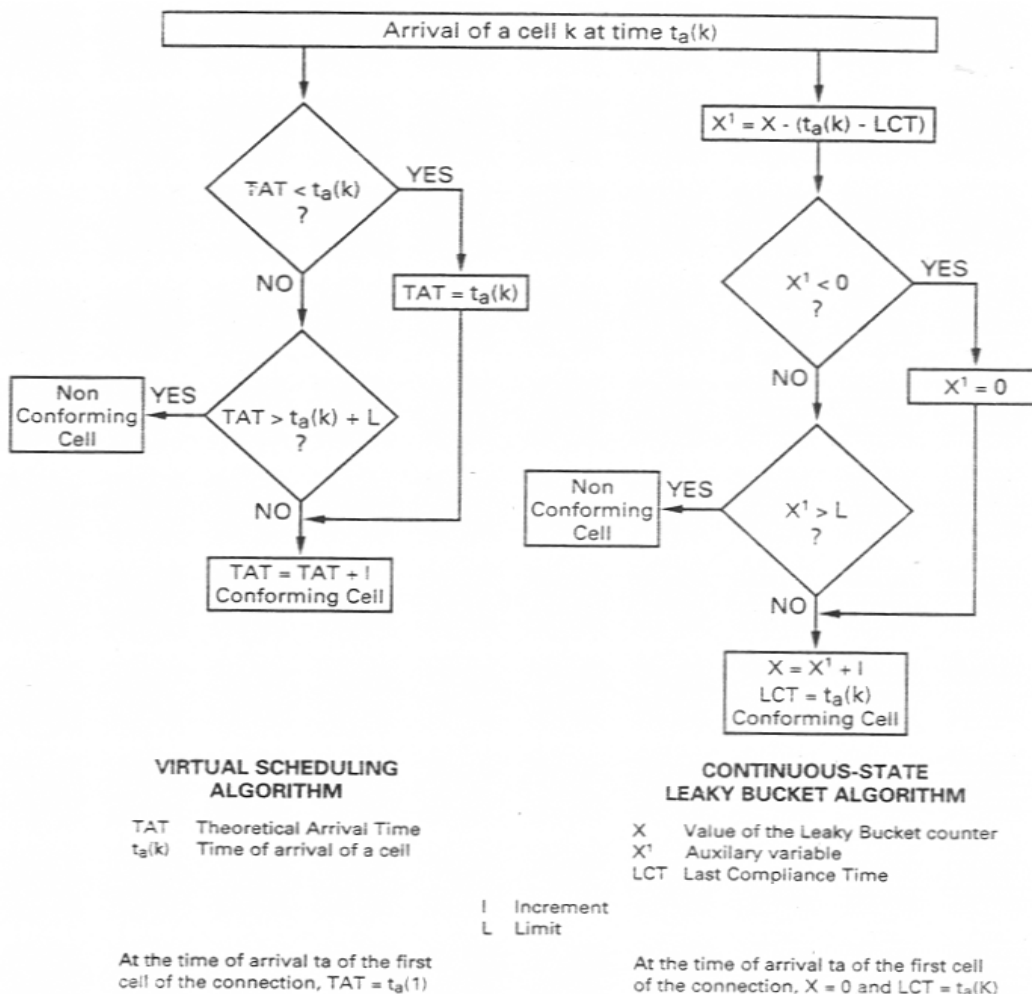
Όταν η κίνηση είναι καταιγιστική, απαιτείται ένας πιο ευέλικτος αλγόριθμος που επιτρέπει την επιτάχυνση του ρυθμού εξόδου. Είναι ο αλγόριθμος κάδου με σκυτάλη (*Token bucket algorithm*).

3.3.2.2. Αστυνόμευση κίνησης (Traffic Policing)

Για να επιβληθούν οι παράμετροι υπηρεσίας χρησιμοποιείται ένας άλλος μηχανισμός, που βασίζεται σε συγκεκριμένο αλγόριθμο γνωστό ως Γενικός Αλγόριθμος Ρυθμού Κελιών (*Generic Cell Rate Algorithm/GCRA*). Ελέγχει κάθε κελί για να δει αν συμμορφώνεται με τις παραμέτρους του νοητού κυκλώματος [10].

Ο GCRA έχει δύο παραμέτρους:

- ❖ την προσαυξημένη παράμετρο (*Increment Parameter*), που αναφέρεται στο αντίστροφο του συμμορφωμένου ρυθμού
- ❖ την παράμετρο ορίου (*Limit Parameter*), που αναφέρεται στον αριθμό των κελιών που σε μεγάλο ρυθμό θα προκαλέσουν συμφόρηση



- Δύο εκδόσεις του GCRA -

3.3.3. Σχέση CAC – UPC

Οι λειτουργίες CAC και UPC πρέπει να εκτελούνται με συνεργασία για να προστατευτεί το δίκτυο από τις συμφορήσεις, ενώ θα πληρούνται οι αναγκαίες προϋποθέσεις για τη σύνδεση. Το CAC χρησιμοποιεί τους περιγραφείς κίνησης για να αναθέσει το νbw, ενώ το UPC επιθεωρεί τις συνδέσεις. Με αυτό τον τρόπο, οι χρήστες είναι απομονωμένοι μεταξύ τους και υπάρχει διαφάνεια στις εργασίες τους [15].

3.3.4. Μορφοποίηση της κίνησης (Traffic Shaping)

Για τον έλεγχο της συμφόρησης, χρησιμοποιείται μια μέθοδος ανοικτού βρόγχου που συντελεί στη μετάδοση των πακέτων με περισσότερο προβλέψιμο ρυθμό. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται μορφοποίηση της κίνησης και ρυθμίζει τον μέσο ρυθμό και την καταιγιστικότητα της μετάδοσης δεδομένων [1].

Για την αντιμετώπιση του συνωστισμού απαιτούνται μηχανισμοί ελέγχου ροής, που στόχο έχουν τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων του δικτύου. Οι μηχανισμοί αυτοί, χωρίζονται σε δύο τύπους. Ο 1^{ος} έχει στόχο την αντιμετώπιση καταστάσεων συνωστισμού αφού αυτός παρουσιαστεί, ενώ ο 2^{ος} στοχεύει στην πρόβλεψη της εμφάνισής του [9].

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των μεθόδων ελέγχου ροής πληροφορίας γίνεται με βάση το επίπεδο όπου εφαρμόζεται ο έλεγχος. Ο έλεγχος είτε γίνεται στο επίπεδο της κυψελίδας, είτε στο επίπεδο κλήσης, οπότε αναφερόμαστε σε μεθόδους ελέγχου αποδοχής κλήσεως (CAC). Όταν ο έλεγχος γίνεται στο επίπεδο κυψελίδας χρησιμοποιούνται οι εξής αλγόριθμοι [17]:

1. Αλγόριθμος Διαχείρισης Πίστωσης (Credit Manager Algorithm/CMA)

Σύμφωνα με τον αλγόριθμο CMA, κάθε πηγή έχει ένα buffer για να αποθηκεύσει τις κυψελίδες και ένα buffer μεγέθους C_{max} που αποθηκεύονται τα credits (κάθε κυψελίδα απαιτεί ένα credit για την μετάδοσή της). Ο CMA χωρίζει το χρόνο σε διαδοχικά πλαίσια

(*themes*) καθένα από τα οποία αποτελείται από κ θέσεις (*slots*). Κάθε slot έχει διάρκεια ίση με το χρόνο μετάδοσης μιας κυψελίδας και τα credits μοιράζονται εξίσου στις πηγές και δεν μπορούν να υπερβούν τον αριθμό των slots του πλαισίου.

2. Αλγόριθμος Δυναμικού Ελέγχου (Dynamic Rate Control/DRC)

Ο αλγόριθμος DRC αντιμετωπίζει τον συνωστισμό στην περίπτωση σημάτων που υπόκεινται σε κωδικοποίηση, με κόστος όμως την προσωρινή υποβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών, όταν τα σήματα κωδικοποιούνται σε χαμηλό ρυθμό.

3. Αλγόριθμος διαχείρισης του buffer

Οι κυψελίδες όταν εισέρχονται σε κόμβο του δικτύου τοποθετούνται σε διαφορετικά buffers ανάλογα με την προτεραιότητά τους. Για την μετάδοσή τους φροντίζει κάποιος αλγόριθμος επιλογής (*polling scheme*) όπου συνήθως μεταδίδεται πρώτα η κυψελίδα με την υψηλότερη προτεραιότητα.

Υπάρχει περίπτωση όμως όλες οι κυψελίδες να αποθηκευτούν σε ένα buffer, ανεξαρτήτου προτεραιότητας κι όταν ο buffer γεμίσει, οι νεοεισερχόμενες κυψελίδες απορρίπτονται αν έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα από τις ήδη υπάρχουσες, αλλιώς απορρίπτονται κάποιες με χαμηλή προτεραιότητα που ήδη βρίσκονται στον buffer.

3.3.5. Απώλεια πλαισίου (Frame Discard)

Όταν μια κυψελίδα για κάποιο λόγο δεν γίνεται δεκτή από μεταγωγέα ATM, τότε μπορεί να χαθεί ολόκληρο το πακέτο. Απαιτείται τότε αναμετάδοση του πακέτου και μπορεί να δημιουργηθεί συμφόρηση. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, χρησιμοποιούνται δύο μηχανισμοί σε βάση πλαισίου: Early Packet Discard (*EPD*) και Partial Packet Discard (*PPD*). Το EPD απορρίπτει ολόκληρο το αφιχθέν πακέτο αν, αφού το εξετάσει διαπιστώσει ότι θα επιφέρει συνωστισμό. Αν το EDP αποτύχει, αναλαμβάνει το PPD και απορρίπτει τα υπόλοιπα κελιά [18].

3.3.6. Διάφορες τάξεις υπηρεσιών και έλεγχος προτεραιότητας (Multiple Classes of Services & Priority Control)

Η υποστήριξη διαφορετικών υπηρεσιών στα δίκτυα ATM δημιουργούν τη δυνατότητα βελτίωσης της ανταλλαγής μεταξύ των απαιτήσεων των εφαρμογών. Κάθε port σε διακόπτη ATM πρέπει να αποφασίσει ποια κυψελίδα στο buffer θα μεταφέρει. Για την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών επιπέδων της ποιότητας της υπηρεσίας, ένας διακόπτης ATM μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές σειρές σε ένα port [8].

3.3.7. Διαχείριση buffer (Buffer Management)

Οι πηγές του δικτύου πρέπει να μοιράζονται δίκαια και σε αυτό συντελούν οι μεταγωγείς ATM, οι οποίοι καθορίζουν την κίνηση με τρεις τρόπους διαχείρισης [19]:

- ✧ FIFO queuing
- ✧ FIFO queuing with per – VC accounting
- ✧ Per – VC queuing

Για τον 1^ο τρόπο διαχείρισης, έχει προταθεί ο αλγόριθμος Dynamically Weighted Priority Scheduling, ο οποίος παρέχει τις προτεραιότητες δίκαια.

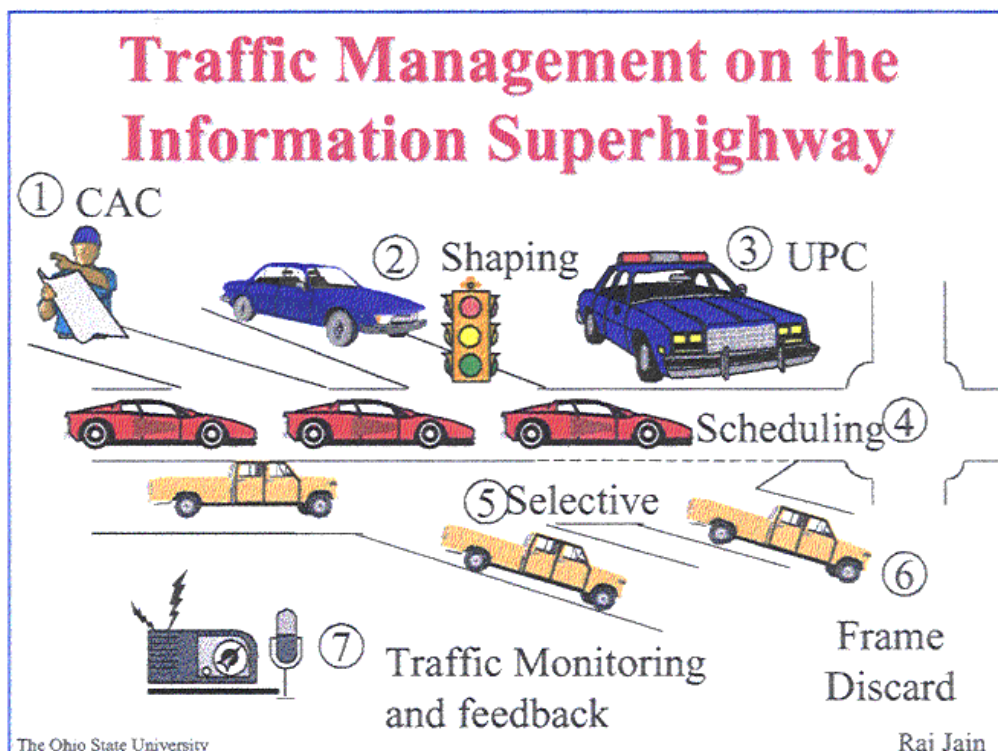
3.3.8. Διαχείριση δρομολόγησης (Route Management)

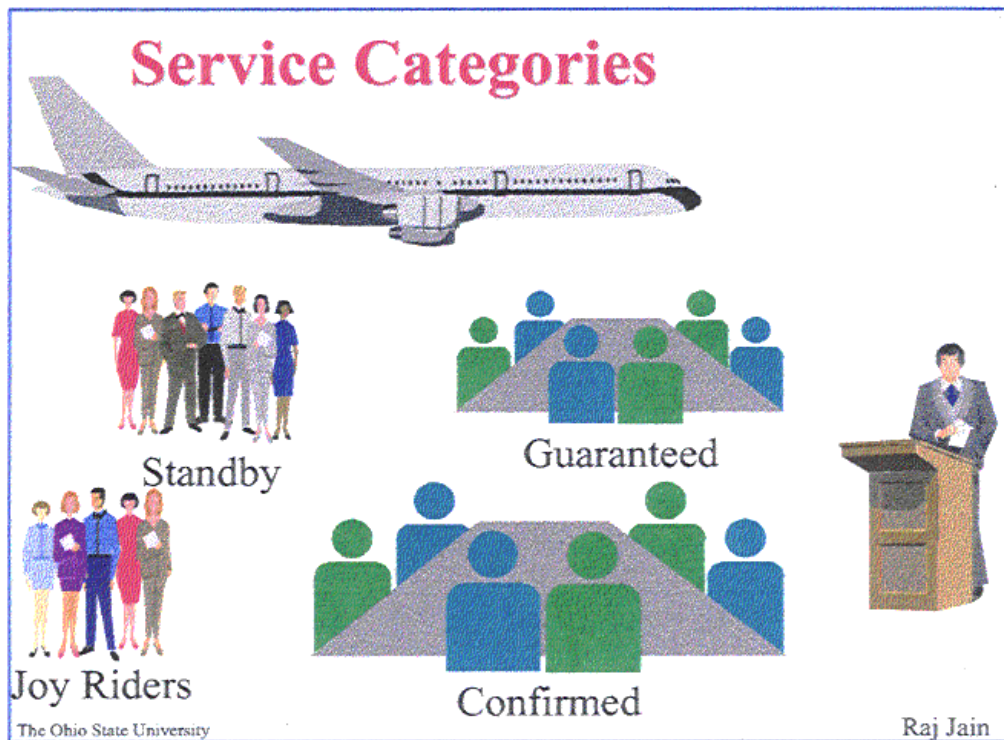
Για τη δρομολόγηση σε ATM δίκτυο, οι μεταγωγείς ATM επιβλέπουν λεπτομερώς την ενημερωμένη τοπολογία του δικτύου, που περιέχει πληροφορίες για τη σύνδεση, εύρος ζώνης και τη συμφόρηση. Οι γειτονικοί μεταγωγείς επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας το PNNI πρωτόκολλο του ATM Forum [20].

4. Πλεονεκτήματα & αξιολόγηση του ATM

Τα πλεονεκτήματα του ATM είναι [21]:

- ❖ Υψηλές ταχύτητες
- ❖ Ενιαία μεταφορά διαφορετικών ειδών πληροφορίας
- ❖ Μέγιστη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης
- ❖ Υποστήριξη υπηρεσιών πραγματικού και μη πραγματικού χρόνου
- ❖ Υποστήριξη κυκλοφοριακής κίνησης με προτεραιότητες
- ❖ Προσομοίωση και μεταγωγή πακέτου και κυκλώματος
- ❖ Τεχνολογική βάση για LANs και WANs
- ❖ Υποστήριξη αυστηρών QoS παραμέτρων για κάθε τύπο κίνησης
- ❖ Υποστήριξη φωνής πάνω σε IP
- ❖ Υποστήριξη ιδιωτικών και δημόσιων δικτύων





Συγκριτικά με λύσεις που προτάθηκαν στο παρελθόν, το ATM διαφέρει στα εξής:

- ✧ Στην αρχιτεκτονική. Το καθιστά ικανό για χρήση video και πολυμεσικών εφαρμογών
- ✧ Η πληροφορία μεταδίδεται με τη μορφή κυψελίδας που αποτελεί βασική μονάδα μεταφοράς και μεταγωγής
- ✧ Δυνατότητα εξυπηρέτησης των απαιτήσεων των χρηστών σε κωρητικότητα, λόγω μεγάλης διαβάθμισης του πλάτους συχνότητας
- ✧ Ο έλεγχος ροής και σφαλμάτων γίνεται στα επικοινωνιακά άκρα, έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της ταχύτητας.

Η σύγκριση ATM με τη μεταγωγή πλαισίου φαίνεται παρακάτω [22]:

Frame relay versus ATM

	Frame relay	ATM
Dynamic bandwidth allocation	●	●
Frame size	Variable	Fixed
Scalable to high speeds	⊙	●
Suitable for WANs, MANs	●	●
Suitable for LANs and campus networks	○	●
Carries data	●	●
Carries voice and/or video	⊙	●
Supports quantifiable QoS	○	●
Cost – effective for medium – speed, data – only requirements	●	⊙

- Highly suitable
- ⊙ Somewhat suitable
- Not suitable

5. Συμπεράσματα

Η μετάβαση από την μεταγωγή κυκλώματος στη μεταγωγή πακέτου αποτελεί πραγματική αλλαγή νοοτροπίας. Για την υλοποίηση του B-ISDN απαιτείται το ξήλωμα του μεγαλύτερου μέρους των συνδρομητικών βρόγχων και αντικατάστασή τους είτε με διπλαγωγούς κατηγορίας 5 είτε με οπτικές ίνες (Stephens & Banwell, 1995). Ακόμη απαιτείται αντικατάσταση των μεταγωγέων διαίρεσης χρόνου και χώρου. Τα μόνα που θα παραμείνουν είναι τα οπτικά κυκλώματα. Όλα τα ανταγωνιζόμενα ενδιαφέροντα θα καταστήσουν τη διαδικασία προτυποποίησης δυσκολότερη και βραδύτερη [1].

Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2010 το ATM θα προσφέρει τις υπηρεσίες του σε περίπου $8 - 10^6$ άτομα στις ΗΠΑ [23]. Πολλοί οργανισμοί έχουν εξαντλήσει το εύρος ζώνης των LAN στις εγκαταστάσεις τους και είναι υποχρεωμένοι να μεταβούν σε σύστημα με μεταγωγή μεγαλύτερου εύρους ζώνης. Μερικές εφαρμογές για εξυπηρέτηση πελατών απαιτούν μεγάλη ταχύτητα.

Επίσης διαφορετικοί οργανισμοί που σχετίζονται με τα ATM έχουν διαφορετικά οικονομικά συμφέροντα. Τα PTT και φορείς υπεραστικής τηλεφωνίας ενδιαφέρονται κυρίως για την αναβάθμιση του τηλεφωνικού συστήματος ώστε να ανταγωνιστούν τις εταιρίες καλωδιακής TV στη διανομή του ηλεκτρονικού video. Οι πωλητές ηλεκτρονικών υπολογιστών από την άλλη, βλέπουν τα ATM LANs ως μια μεγάλη πηγή εισοδήματος. Επίσης, τα πολιτικά και η ισχύς των συμμετεχόντων του ATM FORUM επηρεάζουν σημαντικά τη κατεύθυνση του ATM [4].

Η τιμή του CBR virtual circuit είναι συγκριτικά πολύ μεγαλύτερη της υπάρχουσας μισθωμένης γραμμής, ίδιας χωρητικότητας.

Επίσης, χρειάζεται ένα μοναδικό σύνολο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων σε μια σύμβαση υπηρεσιών του ATM για να μειωθούν οι κίνδυνοι. Απαιτείται μακρυπρόθεσμη σταθερότητα και βραχυπρόθεσμη ευελιξία.

Ένα ακόμη ζήτημα είναι ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων. Οι περισσότεροι δρομολογητές προσφέρουν σήμερα τις διεπαφές ATM ως προαιρετική δυνατότητα, αλλά οι διεπαφές ATM σε PBXs και άλλον εξοπλισμό φωνής είναι σπάνιες. Επίσης, είναι δύσκολο να βρεθεί εμπειρογνώμονας του ATM.

Το ATM είναι εξελικτικό. Επιπλέον διακόπτες μπορούν αν προστεθούν ώστε να αυξηθεί η συνολική κωρητικότητα του δικτύου. Ενώ στα LANs σε παρόμοια περίπτωση, η συνολική κωρητικότητα παραμένει σταθερή [24].

Η μεταγωγή κυψελίδας διαχωρίζει τη μεταγωγή των δεδομένων κυψελίδας από τη διαχείριση των λογικών διασυνδέσεων. Το υλικό θα έχει τη διαχείριση των κελιών, ενώ το λογισμικό θα δημιουργεί τα νοητά κυκλώματα, θα διαχειρίζεται τις πηγές, θα δρομολογεί τις κλήσεις. Αυτή η διαχώριση βοηθάει στην αναβάθμιση hardware και software ξεχωριστά, και συντελεί στην μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του δικτύου. Το ATM είναι ανεξάρτητο από τα πρωτόκολλα ανώτερων επιπέδων, υποστηρίζοντας IP και άλλα Layer 3 πρωτόκολλα ικανό να χειριστεί διάφορες ταχύτητες μετάδοσης και πρωτόκολλο στο φυσικό επίπεδο [25].

Το ATM υποστηρίζεται ισχυρά από κατασκευαστές, τηλεφωνικές επικοινωνίες και χρήστες. Αν και χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ με διαφορετική ταχύτητα T1, ISDN και άλλων WAN υπηρεσιών, το ATM με ταχύτητες που φτάνουν μέχρι 10 Gbits/sec και με την αυξημένη αποδοχή του SONET, μπορεί να τοποθετηθεί σήμερα και να εξυπηρετήσει για μια δεκαετία. Εξάλλου, βρίσκεται στην αρχή της ζωής του.

6. Αναφορές

A. Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

[1]. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VVG-445GG81-8&_coverDate=11%2F05%2F2001&_alid=29710655&_rdoc=1&_fmt=summary&_orig=search&_qd=1&_cdi=6234&_sort=d&_acct=C000006498&_version=1&_urlVersion=0&_userid=83476&md5=85d7e008484ab0b

Η διεύθυνση www.sciencedirect.com περιέχει πληροφορίες για διάφορους επιστημονικούς και ερευνητικούς τομείς. Η συγκεκριμένη διεύθυνση, ανήκει στον τομέα Computer Networks και περιέχει περίληψη και σχήματα από την εργασία των M.Abdelaziz & I.Stavrakakis με τίτλο ‘Adaptive Rate Control in high-speed Networks/Performance Issues’.

[2]. <http://www.networkmagazine.com/search?queryText=ATM+speed&SEARCH.x=76&SEARCH.y=13>

Το περιοδικό Networkmagazine στον κυβερνοχώρο. Πληθώρα από δημοσιεύσεις άρθρων και δυνατότητα υποβολής ερωτήσεων. Η διεύθυνση παραπέμπει σε 3 διευθύνσεις σχετικά με τις ταχύτητες των δικτύων ATM.

[3]. <http://wcl.ee.upatras.gr/>

Το τμήμα των ηλεκτρολόγων μηχανικών και τεχνολογίας Η/Υ του Πανεπιστημίου Πάτρας. Περιέχει δημοσιεύσεις των διδασκόντων πάνω στα Πληροφοριακά Συστήματα, επεξεργασίας φωνής και λόγου, διαχείριση δικτύων κ.α.

[4]. <http://www.elsevier.com/gejng/10/15/22/30/19/24/abstract.html>

Η ElsevierScience δημοσιεύει και συντελεί στην διάδοση της λογοτεχνίας, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών προσπαθειών. Οι δημοσιεύσεις γράφονται και επιμελούνται από διεθνείς μελετητές, με άριστα τεχνικά και επιστημονικά πιστοποιητικά και με ευρεία εμπειρία έρευνας και διδασκαλίας στα πεδία τους. Αποτελεί πραγματικά πύλη για την επιστήμη. Δυνατότητα εγγραφής στον κατάλογο μελών για πλήρη ενημέρωση.

[5]. <http://www.techguide.com/titles/atm.shtml>

Στο www.techguide.com βρίσκονται οδηγοί τεχνολογίας, που διακρίνονται για το αντικειμενικό και συνοπτικό ύφος παρουσίασης σημαντικών θεμάτων πληροφορικής και τεχνολογίας. Παρέχουν λύσεις τεχνολογίας από τους χορηγούς, χρησιμοποιώντας εκπαιδευτικό ύφος. Κάθε οδηγός γράφεται από την εκδοτική ομάδα για τον χορηγό. Δυνατότητα εγγραφής του χρήστη. Το συγκεκριμένο άρθρο ονομάζεται ATM Service.

[6]. <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-tm-0056.000.ps>

Στη διεύθυνση αυτή υπάρχει το 'ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0'.

[7]. http://www.geocities.com/amit_sood9/atm_ser_cat.htm

Στη διεύθυνση αυτή, υπάρχει άρθρο του A.Sood, από το Ινστιτούτο Thapar στην Ινδία, με τίτλο Introduction to ATM traffic management, ένα κατανοητό και αναφορικό άρθρο σχετικά με τη διαχείριση της κυκλοφορίας στα ATM δίκτυα, από το οποίο προέρχονται μερικά από τα σχήματα που παρουσιάζονται.

[8]. <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-sig-0061.000.ps>

Στη διεύθυνση αυτή υπάρχει το 'User – Network Interface Specifications, Version 4.0'.

[9]. http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic04.html?Next.x=36&Next.y=13

Η διεύθυνση www.iec.org/ αποτελεί τον οργανισμό των International Engineering Consortium, που περιέχει αναφορές, δημοσιεύσεις και on-line εκπαίδευση. Το συγκεκριμένο άρθρο ονομάζεται 'ATM Fundamentals – ATM Classes of Services' και περιέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις τάξεις των υπηρεσιών στα ATMs.

[10]. <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/theses/bobby.htm>

Η διεύθυνση www.cis.ohio-state.edu/ παραπέμπει στο Πανεπιστήμιο του Οχάιο και περιέχει πληθώρα δημοσιεύσεων, white papers για επιστημονικά θέματα. Στη συγκεκριμένη διεύθυνση υπάρχει άρθρο του Bobby Vandalore, με τίτλο 'Traffic Management to Enhance Quality of Service (QoS) of Multimedia over Available Bit Rate (ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks', με advisor τον R.Jain.

[11]. <http://www.broadbandpub.com/freetrial.html>

Στη διεύθυνση www.broadband.com/ περιέχονται άρθρα και αναφορές από τις μηνιαίες εφημερίδες ATM & IP Report και ATM Report και τα περιοδικά Broadband World και ATM World. Στη συγκεκριμένη διεύθυνση υπάρχουν δωρεάν άρθρα για τα ATMs και υπάρχει η δυνατότητα εγγραφής συνδρομής έναντι αντίστοιχου χρηματικού ποσού.

[12]. <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/papers/cnis.htm>

Στη συγκεκριμένη διεύθυνση του Πανεπιστημίου του Οχάιο, υπάρχει άρθρο του R. Jain, με τίτλο 'Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and A Survey'. Παρέχει πληροφορίες για τους μηχανισμούς ελέγχου της συμφόρησης, όπως έχουν οριστεί από το ATM Forum. Εξηγούνται οι λόγοι και τα κριτήρια της επιλογής των.

- [13]. http://www.atmforum.com/pages/library/53bytes/current/article-52_05.html

Η διεύθυνση <http://www.atmforum.com/> παραπέμπει στο πιο ενημερωμένο site πάνω στα ATM δίκτυα, γιατί είναι του ATM Forum. Πλούσιο σε υλικό, αναφορές, πληροφορίες, white papers, όλα για τα ATM. Στη συγκεκριμένη διεύθυνση υπάρχει άρθρο του J.Kaufman, (IBM Chair), με τίτλο 'ATM Traffic MANAGEMENT'.

- [14]. <http://www.atmforum.com/pages/library/whitepapers/6.html> & http://www.atmforum.com/pages/library/53bytes/backissues/ot_hers/53bytes-1095-2.html

Στη συγκεκριμένη διεύθυνση υπάρχει άρθρο του F. Bonomi, (Zeitnet Inc.), K. Fendick, (AT&T InterSpan Data Communications Services), N. Giroux, (Newbridge Networks, Inc.) με τίτλο 'The Available Bit Rate Service'.

- [15]. [http://www.cid.alcatel.com/;\\$sessionid\\$DVAZI2QAADC5NQCCLC3GHBNMKPBUSQ2G0;\\$sessionid\\$DVAZI2QAADC5NQCCLC3GHBNMKPBUSQ2G0?_requestid=120268](http://www.cid.alcatel.com/;$sessionid$DVAZI2QAADC5NQCCLC3GHBNMKPBUSQ2G0;$sessionid$DVAZI2QAADC5NQCCLC3GHBNMKPBUSQ2G0?_requestid=120268)

Περιέχει άρθρο με τίτλο 'An Introduction to ATM networks', με πληροφορίες για το πώς δουλεύουν τα δίκτυα ATM, ποιός τα χρησιμοποιεί, για τον έλεγχο αποδοχής κλήσης και άλλες χρήσιμες αναφορές.

- [16]. <http://www.itpapers.com/cgi/PsummaryIT.p1?paperid=17122&scid=46>

Εδώ, υπάρχει πρόσφατο white paper με τίτλο 'Packet Ring Technology: the Future of Metro Transport', σε HTML μορφή.

[17]. <http://conta.uom.gr>

Η διεύθυνση του Computer Networks & Telematics Applications Lab, του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, όπου υπάρχει αναφορικό υλικό για τα ATM δίκτυα και εργασίες σχετικές, μεταπτυχιακών φοιτητών και των υποψήφιων διδασκτόρων.

[18]. http://www.atmforum.com/pages/library/53bytes/53_4_98/53_4_98_03.html

Η διεύθυνση του ATM Forum, που αποτελεί αστείρευτη πηγή πληροφοριών, περιέχει εργασίες για κάθε τι που αφορά τα δίκτυα αυτά. Εδώ, υπάρχει άρθρο του G.Wetzel, (AT&MT Technology Consultant), με τίτλο 'Reaping the Benefits: Frame Relay to ATM Interworking'.

[19]. <http://www.techguide.com/html/traffic/index.shtml>

Η διεύθυνση με τους οδηγούς τεχνολογίας. Υπάρχει άρθρο με τίτλο 'ATM Traffic Management/The Challenge: Efficiency with Service Integrity', όπου εστιάζει στην ακεραιότητα των υπηρεσιών που παρέχουν τα ATM.

[20]. http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis777-99/g_cpnni.htm

Η διεύθυνση του Ohio State University, Department of Computer Science, περιέχει τις διαφάνειες από την παρουσίαση του R. Jain, με θέμα 'PNNI: Routing in ATM Networks', όπου περιέχει πληροφορίες και σχήματα για την κατανομή των δεδομένων τοπολογικά, για τα ιεραρχικά groups, για τη διευθυσιοδότηση και για την εναλλακτική δρομολόγηση στα PNNI.

[21]. http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic02.html?Next.x=38&Next.y=24

Η διεύθυνση του International Engineering Consortium, που περιέχει άρθρο με τίτλο 'Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals'.

- [22].<http://www.sprintbiz.com/business/resources/resource/SPR6859c.pdf>

Η διεύθυνση της εταιρίας Sprintbiz, παρέχει τεχνολογικό υλικό, αλλά και υπηρεσίες δεδομένων και λύσεις σε μικρές και μεγάλες εταιρίες, και κυβερνητικές. Στη συγκεκριμένη διεύθυνση υπάρχει άρθρο με τίτλο 'A Comparative Overview of Frame Relay & ATM', στο οποίο εκθέτονται τα πλεονεκτήματα των ATM και της μεταγωγής πλαισίου, συγκρίσεις και στρατηγικές για τη αλλαγή από τη μεταγωγή πλαισίου στα ATM.

- [23].<http://www.networkmagazine.com/article/NMG20010416S0001/3>

Άρθρο του A.Dornan με τίτλο 'Strategies & Issues: Is There An Afterlife For ATM?', όπου εξηγεί ότι, αν και τα ATM έχασαν τη μάχη με το πρωτόκολλο των LANs, παραμένουν ο βασικός λίθος και το μέλλον των νέων δημοσίων δικτύων.

- [24].<http://www.networkmagazine.com/article/NMG20000508S0012>

Άρθρο του S.Steinke, με τίτλο 'ATM and Alternatives in the Wide Area Backbone', όπου διαπραγματεύεται με τις εναλλακτικές λύσεις (SONET), σε περιπτώσεις όπως IP data κυκλοφορία, όπου τα ATM δεν παρέχουν τη πιο δυνατή, χαμηλού κόστους υπηρεσία μεταφοράς.

- [25].http://staging.mc.vanderbilt.edu/~sbrown/ee274/webReport_2.8.html

Η διεύθυνση staging.mc.Vanderbilt.edu/ αποτελεί την ηλεκτρονική διεύθυνση του Vanderbilt University Medical Center, που αποτελεί γνωστό ίδρυμα στην ιατρική εκπαίδευση. Στη συγκεκριμένη σελίδα, υπάρχει άρθρο του S. Brown με τίτλο 'Network Speed, ISDN and ATM', όπου μελετάει τις ταχύτητες στην Ευρώπη και αναφέρεται με γενικότητα στα ATMs.

[26]. http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/courses/cis777-99/g_bacng2.pdf

Στη διεύθυνση του Πανεπιστημίου του Οχάιο, υπάρχουν οι διαφάνειες του R.Jain, καθηγητού της επιστήμης των Η/Υ, από τη παρουσίαση με θέμα 'ATM Traffic Management', από όπου, χρησιμοποιήθηκαν μερικά από τα σχήματα που παρουσιάζονται.

B. Βιβλία

- [1]. Δίκτυα Υπολογιστών – ANDREW S. TANENBAUM
- [2]. High Performance Networking IV – A.DANTHINE, O.SPANIOL
- [3]. ATM: The Broadband Telecommunications Solutions – J.E.FLOOD,
C.J.HUGHES, J.D.PARSONS
- [4]. ATM Technology/An Introduction – M.BOISSEAU, M.DEMANGE,
J.M.MUNIER
- [5]. ATM User-Network Interface Specifications – THE ATM FORUM
- [6]. Introduction to ATM networks and B-ISDN – K.ASATANI
- [7]. Performance Analysis of ATM networks – D.KOUVATSOS
- [8]. ATM: Foundation for Broadband Networks – U.BLACK
- [9]. Policing and call admission problems in ATM networks –
P.CASTELLI, E.CAVALLERO, A.TONIETTI
- [10]. ATM Network Performance – G.KESIDIS
- [11]. Introduction to ATM/Design and Performance – J.M.PITTIS,
J.A.SCHORMANS