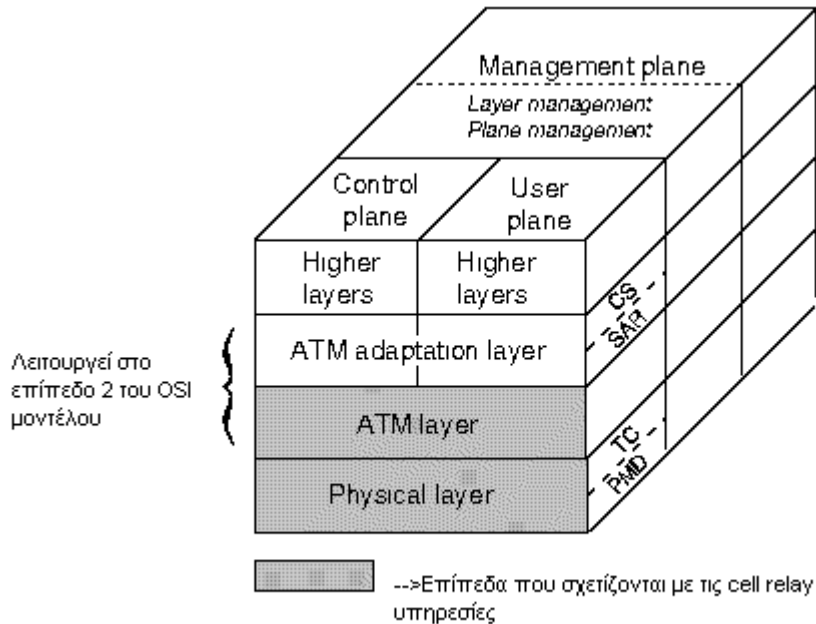




Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου

ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΑΤΜ



1. ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΤΜ
2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΑΤΜ
3. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕ ΑΤΜ
4. ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΑΤΜ(ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΟΣΗΣ)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΚΟΤΡΩΤΣΙΟΣ ΛΟΥΚΑΣ

ΠΑΛΙΑΤΣΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΤΣΙΑΝΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Γενικά.....	Σελ.1
1.2 Τι Σημαίνει ATM;.....	1
1.3 Ιστορία.....	2
1.4 Η Ανάγκη για ATM.....	3
1.5 Γεννηθήτω ATM.....	4
1.5.1 Στατιστική Πολυπλεξία.....	5
1.5.2 Προϋποθέσεις για την Αποδοτική Λειτουργία της Στατιστικής Πολυπλεξίας.....	6
1.6 Κύριοι Οργανισμοί που Ωθούν Την Έρευνα στο ATM.....	7
1.7 Οι βασικές τεχνολογίες μετάδοσης πληροφορίας (data - video - audio) και το ATM cell relay.....	7
1.7.1 ATM Cell Relay.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η σχέση του ATM με το πρότυπο OSI και το ATM μοντέλο αναφοράς.....	11
2.1 Το Μοντέλο OSI.....	11
2.1.1 Η σχέση των ATM Επιπέδων Λειτουργίας με το μοντέλο OSI.....	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Επίπεδο Πρωτοκόλλου ATM.....	14
3.1 Το Φυσικό Επίπεδο.....	15
3.1.1 Λειτουργία του φυσικού μέσου.....	16
3.1.1.1 Λειτουργία σχετική με τον συγχρονισμό.....	16
3.1.1.2 Λειτουργία δημιουργίας/αφαίρεσης του πλαισίου μετάδοσης.....	16
3.1.1.3 Λειτουργία προσαρμογής στο πλαίσιο μετάδοσης.....	16
3.1.1.4 Λειτουργία ανίχνευσης ορίων των cells.....	16
3.1.1.5 Λειτουργία δημιουργίας και επαλήθευσης του HEC.....	16
3.1.1.6 Λειτουργία διατήρησης σταθερής ροής από cells.....	16
3.1.2 Έλεγχος λαθών στο header (HEC).....	16
3.1.3 Ανίχνευση ορίων των cells.....	17
3.1.4 Scrambling.....	18
3.2 ATM Adaptation Layer.....	19
3.2.1 Λειτουργίες του ATM Adaptation Layer.....	21
3.2.1.1 Λειτουργίες του AAL-1 επιπέδου.....	25
3.2.1.2 Λειτουργίες του AAL-2 επιπέδου.....	26
3.2.1.3 Λειτουργίες του AAL-3 επιπέδου.....	26
3.2.1.4 Λειτουργίες του AAL-4 επιπέδου.....	28
3.3 Το ATM επίπεδο.....	30
3.3.1 Νοητά Κανάλια.....	31
3.3.1.1 Νοητα κανάλια και συνδέσεις νοητών καναλιών.....	34

3.3.1.2 Νοητά μονοπάτια και συνδέσεις νοητών μονοπατιών.....	35
3.3.4 Λειτουργίες του ATM επιπέδου.....	36
3.3.4.1 Λειτουργία πολυπλεξίας και αποπολυπλεξίας των cells.....	36
3.3.4.2 Λειτουργία σχετική με το περιεχόμενο του cell.....	36
3.3.4.3 Λειτουργία προτεραιότητας των cells.....	37
3.3.4.4 Λειτουργία πρόσβασης στο φυσικό μέσο.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

<i>ATM Μεταγωγή.....</i>	<i>38</i>
4.1 Γενική Μορφή Πακέτου ATM.....	39
4.1.1 ATM Cell.....	40
4.2 Συνδέσεις σε Ένα Δίκτυο ATM.....	43
4.2.1 Διευθέτηση της σύνδεσης και ATM σηματοδότηση.....	44
4.2.2 Τύποι σύνδεσης.....	46
4.3 Έλεγχος Ροής στο ATM.....	46
4.3.1 Έλεγχος ροής Πληροφορίας (Flow Control).....	47
4.3.1.1 Αλγόριθμος διαχείρισης πίστωσης (CMA).....	48
4.3.1.2 Αλγόριθμος δυναμικού ελέγχου (DRC).....	49
4.3.1.3 Αλγόριθμοι διαχείρισης του buffer.....	50
4.4 Διευθυνσιοδότηση ATM.....	51
4.4.1 Διευθύνσεις Ιδιωτικού ATM Δικτύου.....	51
4.4.2 Διευθύνσεις Δημοσίου ATM Δικτύου.....	53
4.4.2.1 LAN Emulation.....	54
4.4.2.2 Native Mode Πρωτόκολλα.....	55
4.4.2.3 MPOA - MULTIPROTOCOL OVER ATM.....	56
4.5 Metasignaling.....	57
4.6 Παράδοση Πακέτων στο ATM.....	57
4.7 Έλεγχος αποδοχής κλήσης (CAC).....	58
4.8 Επιδόσεις Ενός Δικτύου ATM.....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ποιότητα υπηρεσίας (QoS).....	60
-------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμβατότητα του ATM με τα Τωρινά Δίκτυα.....	64
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Ασφάλεια στο ATM.....	66
-----------------------	----

7.1 Αυτοσυντήρηση (OAM).....	66
------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΤΜ.....	70
----------------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τεχνικές συμπίεσης (ήχος,βίντεο,εικόνα) πάνω σε δίκτυα ΑΤΜ.....	71
---	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75
-------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΤΜ

1.1 Γενικά

Αυτό το έγγραφο είναι μια απόπειρα να παρουσιαστεί με σαφήνεια και με συντομία το **τηλεπικοινωνιακό πρότυπο ΑΤΜ** στον απλό αναγνώστη καθώς και να σκιαγραφηθούν οι πιθανές του εφαρμογές στην λεγόμενη **«επερχόμενη κοινωνία της πληροφορίας»**. Σ' αυτό το κείμενο δεν θα βρείτε τεχνικές λεπτομέρειες, παρά μόνο τα ουσιώδη εκείνα πράγματα που κάθε μηχανικός οφείλει και πρέπει να γνωρίζει. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ΑΤΜ, καθώς και για περισσότερους δείκτες σε σελίδες σχετικές με ΑΤΜ, μπορείτε να βρείτε περισσότερες πληροφορίες στο URL: <http://www.atmforum.com>

Το ΑΤΜ (Asynchronous Transfer Mode) γεννήθηκε στα εργαστήρια της Α.Τ&Τ στη πόλη Νάπερβιλ του Ιλλινόις των ΗΠΑ το 1980, σαν μία τεχνική μεταγωγής η οποία θα εξυπηρετούσε τη μετάδοση φωνής και δεδομένων με τη μορφή πακέτου. Το 1988 ο οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) σε ένα συνέδριο στη Σεούλ της Ν.Κορέας εισήγαγε την ΑΤΜ τεχνολογία στο BISDN.

Το καθοριστικό γεγονός όμως στην ανάπτυξη του είναι η δημιουργία του ΑΤΜ Forum το 1991, το οποίο αποτελούνταν στην αρχή από Cisco Systems NET/ADAPTIVE, North Telecom and Sprint. Το ΑΤΜ Forum προωθεί την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας βασιζόμενο πάντα στα επίσημα πρότυπα-κανόνες των ITU-T και ANSI.

Το ΑΤΜ είναι μια ενιαία μέθοδος για μεταφορά, πολυπλεξία και μεταγωγή (switching) πληροφορίας πολλών ειδών (data, video, audio) με υψηλές ταχύτητες μέσω ενός απλού μηχανισμού μετάδοσης και μεταγωγής (switching).

Το βασικό του χαρακτηριστικό που το κάνει να διαφέρει από τις άλλες τεχνολογίες που διαχειρίζονται δεδομένα (data) είναι η επεκτασιμότητά του από τα τοπικά δίκτυα LAN στα δίκτυα ευρείας περιοχής WAN καθώς και από τη backbone υποδομή ενός δικτύου στο desktop.

Το ΑΤΜ Forum προωθεί το ΑΤΜ σαν το επόμενο βήμα στις Επικοινωνίες Δεδομένων (Data Communications) και στις Τηλεπικοινωνίες (video -voice communications).

Για να διαπιστώσουμε όμως τι παραπάνω προσφέρει το ΑΤΜ έναντι των Επικοινωνιών Δεδομένων και των Τηλεπικοινωνιών (ήχου, εικόνας) πρέπει πρώτα να γνωρίζουμε τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Γι αυτό το λόγο στη παρακάτω ενότητα παραθέτονται οι βασικές αρχές αυτών των τεχνολογιών.

1.2 Τι Σημαίνει ΑΤΜ;

Ο όρος «ΑΤΜ» είναι εδώ και πολλά χρόνια ένα από τα πιο «καυτά» τηλεπικοινωνιακά θέματα εδώ και πολύ καιρό. Αν και υπάρχουν προϊόντα και συσκευές ΑΤΜ στην αγορά, δεν παύει να παραμένει ακόμα ένα πρότυπο σε ανάπτυξη, με πολλές προοπτικές μπροστά του. Ήδη πολλοί ευρωπαϊκοί τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί έχουν επιλέξει το ΑΤΜ σαν πλατφόρμα για την

παροχή φτηνού ISDN ευρείας ζώνης (B-ISDN : BroadBand ISDN), ανάμεσά τους και ο ΟΤΕ.

Το ακρωνύμιο ATM σημαίνει «**Asynchronous Transfer Mode**» δηλαδή «**ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς**». Πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο τηλεπικοινωνιακό πρότυπο για το ISDN ευρείας ζώνης (broadband) που προωθείται από πολλές μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες όπως οι: AT&T, 3Com, BT Labs, Bell Atlantic, Bellcore, Bell South, Cabletron, Cisco, Deutsche Telekom, DEC, Ericsson, General Instrument, HP, IBM, Nokia, SGS-Thomson, Siemens κ.α. Το ATM είναι ένα από την οικογένεια των τηλεπικοινωνιακών προτύπων που εισήγαγαν την έννοια της **αναπήδησης πακέτου**, της **αναμετάδοσης πλαισίου** (frame relay) και τελευταία της **υπηρεσίας δεδομένων υψηλών ταχυτήτων με μεταγωγή** (Switched Multimegabit Data Service - SMDS). Η τεχνολογία πίσω από το ATM δεν αποτελεί κάτι καινούργιο - είναι στην ουσία παρεμφερής του STM το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στα τηλεφωνικά δίκτυα. Ξεκίνησε δε από την ανάγκη να καλυφθούν οι τηλεπικοινωνιακές ανάγκες της ολοένα και αυξανόμενης κοινωνίας της πληροφορίας, και των ανθρώπινων αναγκών για ανεπτυγμένα τηλεπικοινωνιακά μέσα.

1.3 Ιστορία

Για να κατανοήσουμε τις ανάγκες που οδήγησαν στη γέννηση του ATM, πρέπει να κάνουμε μια σύντομη αναφορά στο πρόγονό του STM (Synchronous Transfer Mode). Το STM χρησιμοποιείται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα υποδομής (backbone) για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων και φωνής σε μακρινές αποστάσεις. Είναι ένας μηχανισμός μεταγωγής κυκλώματος στον οποίο μια σύνδεση αρχίζει μεταξύ δύο τελικών σημείων, ακολουθεί η μεταφορά δεδομένων και στο τέλος η σύνδεση μεταξύ των δύο αυτών σημείων κλείνει. Κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, το εύρος ζώνης έχει προκαθοριστεί και παραμένει κατειλημμένο καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, ανεξάρτητα με το αν διακινείται ή όχι πληροφορία. Το συνολικό εύρος ζώνης διαιρείται σε **στοιχειώδη κομμάτια χρόνου** (time-slots ή buckets) και τα πακέτα των δεδομένων οργανώνονται σε μια ουρά που περιέχει ένα σταθερό αριθμό πακέτων. Ένα bucket περιέχει N πακέτα, ένα για κάθε σύνδεση, και υπάρχουν M διαφορετικά buckets που επαναλαμβάνονται κάθε T δευτερόλεπτα. Έτσι, ο ολικός αριθμός συνδέσεων που μπορεί να εξυπηρετήσει ικανοποιητικά ένα STM τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι $N \cdot M$, και βέβαια στην ιδανικότερη περίπτωση, αφού το γεγονός ότι κάθε σύνδεση καταλαμβάνει "a priori" ένα πακέτο σε κάθε bucket δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι θα χρησιμοποιηθεί για μεταφορά χρήσιμων δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι μια σύνδεση που δεν χρησιμοποιεί όλο το εύρος που της προσφέρεται δεν μπορεί να «δανείσει» το περισσευούμενο εύρος σε μια άλλη σύνδεση που παρουσιάζει συμφόρηση και έχει άμεση ανάγκη από εύρος.

Σε ένα σύνδεσμο STM, μία σύνδεση έχει μια καθορισμένη θέση πακέτου, 1 έως N , σε ένα καθορισμένο bucket, 1 έως M . Εάν ανάμεσα στα δύο άκρα της σύνδεσης μεσολαβούν δύο ή περισσότεροι σύνδεσμοι STM, οι αριθμοί αυτοί αλλάζουν από κόμβο σε κόμβο, αλλά δεν παύουν να δεσμεύουν ένα στοιχειώδες κομμάτι χρόνου (timeslot) σε κάθε M buckets για κάθε σύνδεση. Όπως γίνεται φανερό, η συμπεριφορά ενός συστήματος STM είναι γενικά προβλέψιμη, εφ' όσον κάθε σύνδεση έχει καταλάβει ένα μέρος του διαθέσιμου εύρους, και δεν την απελευθερώνει για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης.

Οι αριθμοί N και M γενικά διαφέρουν από υλοποίηση σε υλοποίηση, αλλά η χρονική περίοδος T είναι ίδια, μιας και προέρχεται από το θεώρημα του Nyquist για τη μη απώλεια πληροφορίας για δειγματοληπτημένο σήμα φωνής συχνότητας μέχρι και 4 kHz: $1/(2*4000) = 125\mu\text{sec}$. (Αυτή η περίοδος είναι μία από τις πιο ουσιώδεις στη θεωρία τηλεπικοινωνιών και δεν αναμένεται να αλλάξει για πολλά χρόνια ακόμα.) Το γεγονός από τη μια ότι μία σύνδεση STM δεν κατανέμει δίκαια το διαθέσιμο εύρος στις επιμέρους συνδέσεις και δεν επιδέχεται παραπάνω από N*M ταυτόχρονες συνδέσεις, και από την άλλη ότι η μορφή των δεδομένων που διακινούνται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα αλλάζει σταδιακά από φωνή και μονόδρομα κινούμενη εικόνα (τηλεόραση) σε ένα μίγμα από φωνή, δεδομένα υπολογιστών, video και audio-on-demand, web σελίδες πλούσιες σε γραφικά κ.λ.π., ωθούν στην ανάγκη εύρεσης ενός νέου προτύπου.

1.4 Η Ανάγκη για ATM

Κοινή αίσθηση στις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες είναι ότι η ενοποίηση των δικτύων δεδομένων και φωνής θα είναι η πιο βιώσιμη και οικονομική λύση για τα ερχόμενα χρόνια, τόσο από πλευράς κόστους απόσβεσης όσο και από πλευράς κόστους συντήρησης. Ήδη, έννοιες όπως **CTI** (Computer & Telephony Integration) έχουν αρχίσει να αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία για την τηλεπικοινωνιακή υποδομή επιχειρήσεων και οργανισμών. Αναμενόμενη είναι επίσης η αύξηση των αναγκών της ανθρωπότητας σε διαθέσιμο εύρος ζώνης, καθώς έχουμε αρχίσει και μιλάμε για συνδέσμους της τάξης των Gigabit / sec.

Φυσικό λοιπόν είναι τα ερευνητικά τους τμήματα να ρίχνουν βάρος προς τη προσπάθεια εύρεσης του βέλτιστου τρόπου συγχώνευσης δύο φαινομενικά διαφορετικών «κόσμων»: φωνής και δεδομένων.

Ενας σημαντικός αρωγός στην έρευνα για το ATM είναι και η **ανάδραση από την αγορά** (market feedback). Αξίζουν να σημειωθούν εδώ κάποια στοιχεία από το κόσμο του marketing: η ετήσια αύξηση σε ζήτηση υπηρεσιών φωνής είναι κατά μέσο όρο περίπου 2% - 5%. Η αντίστοιχη αύξηση ζήτησης σε υπηρεσίες δεδομένων είναι αυτή τη στιγμή περίπου 20% - 33% (!).

Μέσα στην προσπάθεια αυτή ολοκλήρωσης των υπηρεσιών, πρέπει να αναφερθούμε στις διαφορές των δύο κόσμων και στη λύση την οποία προσπαθεί να επιβάλλει το ATM. Έτσι λοιπόν, συνδέσεις φωνής ή και κινούμενης εικόνας (απλή τηλεόραση) έχουν μικρή ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις (προβλήματα συγχρονισμού), ενώ έχουν σχετικά μεγάλη ανοχή σε αλλοιώσεις του σήματος και χαμένα πακέτα. Αντίθετα, οι συνδέσεις δεδομένων υπολογιστών (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων) έχουν μεγάλη ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις, αλλά όχι και στα χαμένα πακέτα.

Το προφίλ των συνδέσεων φωνής και δεδομένων διαφέρει επίσης ως προς το ρυθμό ροής των δεδομένων. Τα σήματα φωνής περιέχουν εν γένει μικρές χρονικές στιγμές έντονης ροής πληροφορίας (bursts) και μεγάλα χρονικά διαστήματα κενά πληροφορίας. Ο χρόνος ανάμεσα στις στιγμές έντονης ροής (bursts) μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος και τυχαία κατανομημένος. Έτσι, θα ήταν σημαντική σπατάλη εύρους ζώνης να παρακρατείται μία στοιχειώδης μονάδα χρόνου (μέσα σε ένα bucket) ακόμα και αν μόνο 1 στις 10 θα μετέφερε πραγματικά δεδομένα, ενώ οι άλλες 9 θα έμεναν κενές. Θα ήταν επίσης επιθυμητό να μπορεί ένα αχρησιμοποίητο πακέτο να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά δεδομένων κάποιας άλλης σύνδεσης που αναμένει.

Έτσι το πρότυπο STM για μεταφορά δεδομένων (γενικά πάντα) αποδεικνύεται αντιαποδοτικό όταν αυξάνονται :

- 1) ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (peak transfer rate),
- 2) το μέγιστο εύρος ζώνης του φυσικού μέσου μεταφοράς και
- 3) το «καταρρακτώδες» (burstiness) του ρυθμού ροής δεδομένων. Σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις από τον κόσμο των υπολογιστών και ειδικότερα των πολυμέσων (multimedia), έτσι θα διαμορφωθούν τα προφίλ των συνδέσεων δεδομένων για τα επερχόμενα χρόνια.

1.5 Γεννηθήτω ATM

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από τη θέση του πακέτου σε ένα bucket, απλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης μαζί με τα δεδομένα, και ταυτόχρονα να κρατά τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο μικρό, έτσι ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή στην ροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους **επαναληπτικότητας** (redundancy). Το όλο σχήμα φέρει από μεταγωγή πακέτου, οπότε και ονομάστηκε «**Γρήγορη μεταγωγή πακέτου με μικρά σταθερού μεγέθους πακέτα**». Το δε μέγεθος αυτό (53 bytes όπως θα δούμε στη συνέχεια) προήλθε από την επιθυμία των εταιρειών να κρατήσουν σταθερή τη ποιότητα των φωνητικών επικοινωνιών όπως στα δίκτυα STM, γιατί σε συνδέσεις που ο χρόνος μεταφοράς πακέτου πρέπει να είναι μικρός (όπως στη κλασική τηλεφωνία), η πιθανότητα να χαθούν πακέτα αυξάνεται, αλλά αφού το μέγεθος του πακέτου είναι πολύ μικρό, αυτό δεν συνεπάγεται αισθητή απώλεια στη φυσική ροή της ομιλίας.

Έτσι στο ATM σε κάθε σύνδεση ανατίθεται ένα «**εικονικό αναγνωριστικό κυκλώματος**» (VCI - Virtual Circuit Identifier), το οποίο περιέχεται σε κάθε πακέτο και αναγνωρίζει με μοναδικό τρόπο τα δύο άκρα της σύνδεσης.

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές στις οποίες η τεχνολογία ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

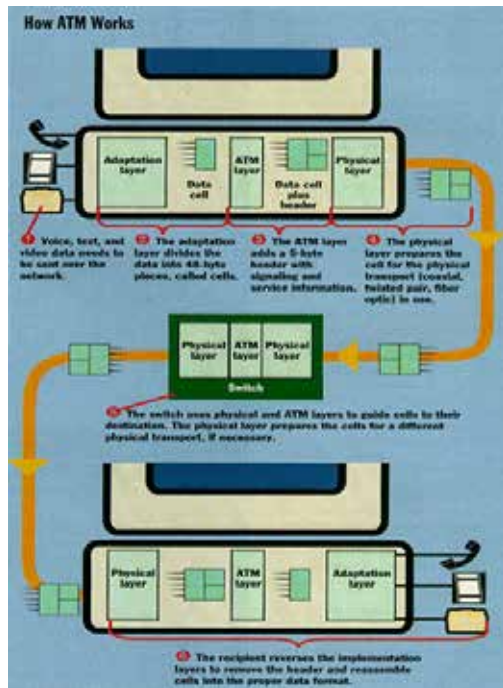
Οι κυριότερες από αυτές είναι:

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

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του ATM είναι ότι είναι μια εύκολα αναβαθμιζόμενη τεχνολογία. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι αρχικές προδιαγραφές του μιλούν για βασική χαμηλή ταχύτητα 1,544 Mbps που μπορεί να φτάσει τα 10 Gbps και πάνω (σχεδόν 4 τάξεις μεγέθους!).

Παράλληλα με αυτό, το ATM έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την ίδια ευκολία τόσο σε κοντινές αποστάσεις (π.χ. ένα γραφείο ή ένα κτίριο) όσο και σε μακρινές (διεθνείς και υπερηπειρωτικές συνδέσεις). Αυτό υπονοεί ότι μεγάλο μέρος της δουλειάς υποδομής που απαιτείται σήμερα για να συνεργάζονται αρμονικά τα τοπικά δίκτυα (LAN) με τα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων (WAN) ή και τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN), μπορεί να εξαιρεθεί.

Ένα τελευταίο και πολύ σημαντικό επακόλουθο της ενοποίησης των δικτύων φωνής και δεδομένων είναι η λεγόμενη ενοποίηση τηλεφωνικών και δικτύων δεδομένων σε μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις (CTI : Computer and Telephony Integration). Με τη δυνατότητα του ATM να χειρίζεται με την ίδια ευκολία το φορτίο που του αναθέτουν, είναι δυνατό να ενοποιηθούν τα συνήθως ανεξάρτητα δύο εσωτερικά δίκτυα των οργανισμών αυτών σε ένα, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και επένδυσης. Η αναβαθμιστικότητα του ATM, όπως διαφάνηκε παραπάνω, αφήνει δε πολλά περιθώρια για επέκταση του ενιαίου δικτύου, τόσο σε χωρητικότητα, όσο και σε απόσταση. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει όλα αυτά σε συντομία :



1.5.1 Στατιστική Πολυπλεξία

Στα δίκτυα STM, εμφανίζεται ένα πρόβλημα απόδοσης που εντοπίζεται από το προφίλ των σύγχρονων συνδέσεων δεδομένων, το πρόβλημα του αχρησιμοποίητου πακέτου. Όταν εγκαθίσταται μια σύνδεση STM, το ποσό των πόρων του δικτύου που αφιερώνεται στην σύνδεση αυτή παραμένει σταθερό και αναλλοίωτο ανεξάρτητα του βαθμού χρησιμοποίησής της. Έτσι ένα μεγάλο ποσοστό του διαθέσιμου εύρους ζώνης παραμένει αδιάθετο.

Στο σχήμα της γρήγορης μεταγωγής πακέτου γίνεται μια προσπάθεια να λυθεί το πρόβλημα αυτό βάσει μιας τεχνικής που ονομάζεται «στατιστική πολυπλεξία». Σύμφωνα με αυτήν, πολλές συνδέσεις μπορούν να μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, σύμφωνα πάντα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθεμιάς σύνδεσης. Με άλλα λόγια, εάν πολλές συνδέσεις δεδομένων έχουν χαρακτηριστικά «καταρράκτη» (bursty) δηλ. ο λόγος του μέγιστου ρυθμού μεταγωγής προς τον μέσο ρυθμό είναι αρκετά μεγάλος (π.χ. 10:1), τότε είναι αρκετά πιθανό αυτές να μπορούν να μοιράζονται το ίδιο διαθέσιμο εύρος με την (σχεδόν βέβαιη) ελπίδα ότι στατιστικά δεν θα συμβεί ταυτόχρονη εκπομπή πακέτου από όλες τις συνδέσεις. Ακόμα και να συμβεί τέτοιο γεγονός, θα πρέπει να υπάρχει η πρόβλεψη κάποιου χώρου προσωρινής αποθήκευσης των πακέτων (buffer) έτσι ώστε να μην έχουμε απώλειες.

Το παραπάνω σχήμα λέγεται στατιστική πολυπλεξία και επιτυγχάνει το άθροισμα των απαιτήσεων των επιμέρους συνδέσεων σε εύρος ζώνης σε ορισμένες περιπτώσεις, και κάτω από αυστηρές προϋποθέσεις να υπερβαίνει το προκαθορισμένο εύρος ζώνης του

φυσικού μέσου μετάδοσης. Αυτό ήταν μέχρι πρότινος αδύνατο με τα δίκτυα STM, και αποτελεί το κύριο σημείο διαφοροποίησης με το ATM.

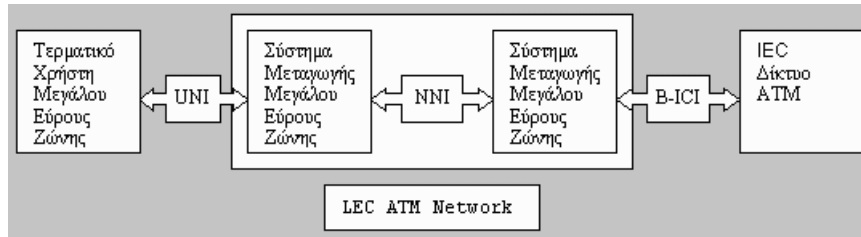
1.5.2 Προϋποθέσεις για την Αποδοτική Λειτουργία της Στατιστικής Πολυπλεξίας

Οι προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν για τη βέλτιστη απόδοση ενός συστήματος που κάνει χρήση στατιστικής πολυπλεξίας είναι ένα ενεργό πεδίο έρευνας και πειραματισμού τόσο στα πανεπιστήμια, όσο και στη τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία. Μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες στις Η.Π.Α., Ευρώπη και Ιαπωνία καθώς και πολλοί ερευνητικοί οργανισμοί και επιτροπές προτύπων ερευνούν πως θα εφαρμόσουν την στατιστική πολυπλεξία με το βέλτιστο τρόπο έτσι ώστε να χρησιμοποιείται κατά τον πιο αποδοτικό τρόπο, η ποιότητα των υπηρεσιών να παραμένει υψηλή, και το όλο σύστημα θα συμπεριφέρεται ομαλά σε περιόδους συμφόρησης (congestion), τόσο για φορτία με ομαλό ρυθμό μεταφοράς, όσο και με ανώμαλο. Ο λόγος που το πρόβλημα είναι τόσο σύνθετο είναι γιατί αν ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς κάθε σύνδεσης προκαθορίζεται και ανατίθεται το ανάλογο εύρος ζώνης σε κάθε σύνδεση, τότε το ATM γίνεται STM και δεν αποκομίζονται τα οφέλη από την στατιστικά ιδιαίτερη φύση των μελλοντικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών δεδομένων. Ευτυχώς όμως τέτοια προβλήματα απασχολούν μόνο τις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, και ο τελικός χρήστης ποτέ δεν θα βρεθεί αντιμέτωπος με πολύπλοκα προβλήματα. Οι χρήστες έχουν πρόσβαση στο ATM διαμέσου καλά ορισμένων και καλά ελεγχόμενων διασυνδέσεων (interfaces) που καλούνται UNI (User Network Interfaces) και που βασικά διαβεβαιώνουν ότι αυτοί θα στέλνουν και θα αντλούν δεδομένα από το δίκτυο με ομοιόμορφο τρόπο, και ότι το δίκτυο θα αναλαμβάνει από μόνο του να διατηρεί την οποιαδήποτε σύνδεση σε σταθερό επίπεδο ποιότητας, καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης.

Πρότυπα Διασυνδέσεων με το Χρήστη

Οι προδιαγραφές του ATM εστιάζονται σε τρεις διασυνδέσεις (interfaces) :

1. Η διασύνδεση Χρήστη - Δικτύου (UNI : User-Network Interface) καθορίζει ένα σύνολο από υπηρεσίες που θα παρέχονται από το δίκτυο ATM στο πελάτη - χρήστη, καθώς και τους κανόνες που διέπουν τη μορφοποίηση των δεδομένων προς αποστολή από τους χρήστες και τη διαπραγμάτευση του δικτύου με το χρήστη για τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών που απαιτεί.
2. Η διασύνδεση κόμβου δικτύου (NNI : Network Node Interface) ορίζει πως θα επικοινωνούν οι διάφοροι κόμβοι μέσα στο τοπικό (LEC : Local Exchange Carrier) δίκτυο ενός τηλεπικοινωνιακού φορέα. Ο σκοπός της προτυποποίησης στο επίπεδο αυτό είναι η αποφυγή του περιορισμού χρήσης μεταγωγών από ένα μόνο κατασκευαστή.
3. Η διασύνδεση μεγάλου εύρους μεταξύ πολλών φορέων (B-ICI : Broadband InterCarrier Interface) ορίζει τις παραμέτρους διασύνδεσης ανάμεσα σε ένα τοπικό (LEC) κέντρο και ένα κομβικό (IEC : Interexchange Carrier's Network) κέντρο.



1.6 Κύριοι Οργανισμοί που Ωθούν Την Έρευνα στο ATM

Έτσι γεννήθηκε το ATM. Αρχικά προτάθηκε σαν πρότυπο από την Bellcore, τη ερευνητικό τμήμα της AT&T, αλλά και από άλλες μεγάλες Ευρωπαϊκές τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, και γι' αυτό μπορεί να μιλάμε για δύο πιθανές προτυποποιήσεις στο μέλλον. Στην Ευρώπη, το ATM υποστηρίζεται και εξελίσσεται από το ETSI (European Telecommunications Standard Institute), η οποία είναι υποεπιτροπή της ITU-T (πρώην CCITT - ευρωπαϊκή επιτροπή τηλεπικοινωνιακών προτύπων). Η ITU-T αρχικά όρισε το ATM σαν μέρος του φακέλου συστάσεων για το B-ISDN (Broadband ISDN).

Στις Ην. Πολιτείες ο υπεύθυνος οργανισμός για την προτυποποίηση του ATM είναι μια υποεπιτροπή του γνωστού ANSI (American National Standards Institute), την T1S1, που είναι υπεύθυνη για νέα πρότυπα τηλεπικοινωνιών. Ίσως όμως το πιο σημαντικό γκρουπ στο ATM αυτή τη στιγμή να είναι το ATM Forum που συνίσταται από πολλές εταιρείες κατασκευής υλικού (hardware) και παροχής υπηρεσιών (service providers), το οποίο αν και δεν είναι επίσημος οργανισμός προτυποποίησης καθοδηγεί τις εξελίξεις στο νέο και ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα του ATM. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν μικρές διαφορές ανάμεσα στις προτυποποιήσεις που προτείνουν αυτές οι δύο επιτροπές, αλλά οι διαφορές είναι μικρές και το πιθανότερο είναι κάποια συγχώνευση των σε ένα ενιαίο standard.

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

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

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

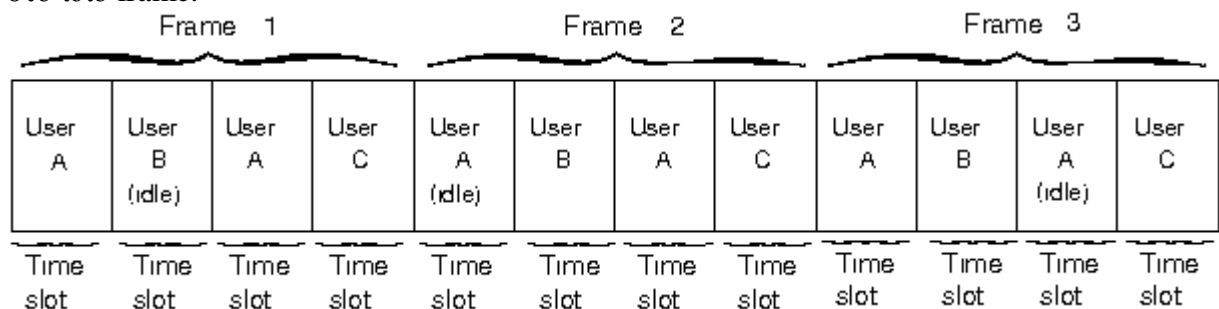
Οι κόμβοι (nodes) απλά μεταδίδουν δεδομένα (data) πάνω στο δίκτυο όποτε είναι απαιτούμενο, χωρίς να έχουν πρώτα εγκαταστήσει συγκεκριμένες συνδέσεις ή δρόμους με τον κόμβο παραλήπτη.

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

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

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

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



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

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

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

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

1.7.1 ATM Cell Relay

Η ATM cell relay τεχνολογία υποστηρίζει και τους τρεις τύπους πληροφορίας (data, φωνή και εικόνα) και απευθύνεται στις ανάγκες χρήσης των δημοσίων αλλά και ιδιωτικών δικτύων, για ευελιξία στις εφαρμογές των επικοινωνιών, μεγαλύτερη ολοκλήρωση στις δικτυακές υπηρεσίες και προσαρμογή στις ανάγκες του μέλλοντος.

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

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

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

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

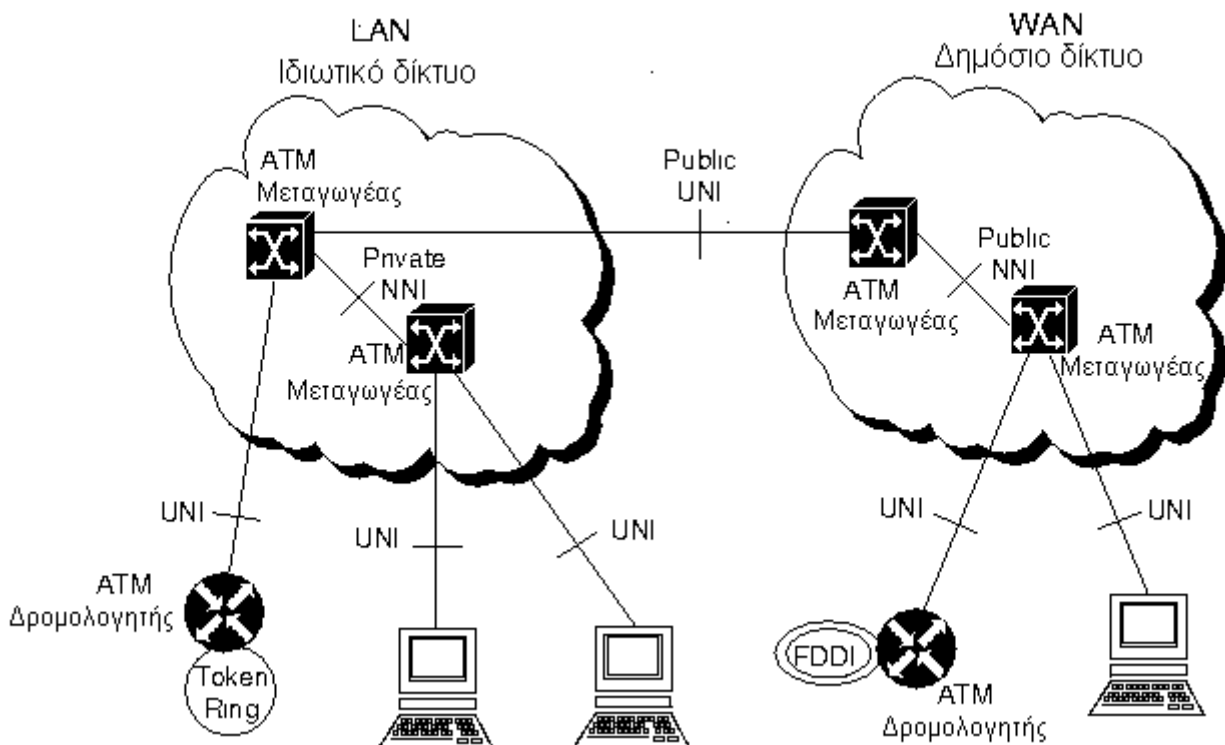
Το συγκεκριμένο μέγεθος του cell το βοηθά να μετάγεται (switched) διαμέσου του δικτύου με μεγάλες ταχύτητες σε επίπεδο hardware χωρίς να δημιουργεί φόρτο που έχει σχέση με software όπως με τους παραδοσιακούς routers.

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

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

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

Μια γενική άποψη λειτουργίας του ATM δικτύου



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

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

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

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

Τα ATM κυκλώματα είναι δυο τύπων:

Virtual Paths τα οποία και αναγνωρίζονται από τα virtual path διακριτικά -VPI (βρίσκονται στο header του cell)

Virtual Channels τα οποία αναγνωρίζονται από ένα συνδυασμό από VPI και virtual channel διακριτικά -VCI.

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

Η βασική λειτουργία ενός ATM μεταγωγέα είναι πολύ απλή και χωρίζεται στα εξής στάδια, πρώτα λαμβάνει το cell από μια σύνδεση γνωστού VCI ή VPI, έπειτα ελέγχει την τιμή της σύνδεσης στο τοπικό πίνακα (ο οποίος περιέχει αντιστοιχίες τιμών VCI,VPI με πόρτες) εξετάζει την τιμή της πόρτας εξόδου και τα καινούργια VCI,VPI της σύνδεσης και τέλος επαναμεταδίδει το cell με τα καινούργια VCI,VPI.

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

Permanent Virtual Connections(PVC): Το PVC είναι μια σύνδεση που πραγματοποιείται από εξωτερικό μηχανισμό, συνήθως network management, κατά τον οποίο ένα σύνολο από μεταξύ της ATM πηγής και του ATM προορισμού έχουν προγραμματισθεί με τα κατάλληλα VCI/VPI. Τα PVC χρειάζονται ρύθμιση δια χειρός και αυτό κάνει άβολη και απαιτητική την χρήση τους.

Switched Virtual Connections(SVC): Το SVC είναι μια σύνδεση που πραγματοποιείται αυτόματα διαμέσου ενός πρωτοκόλλου σηματοδοσίας. Επειδή δεν χρειάζεται ρύθμιση με το χέρι είναι πιο εύχρηστο απ' ότι το PVC και προτιμάται περισσότερο.

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

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

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

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

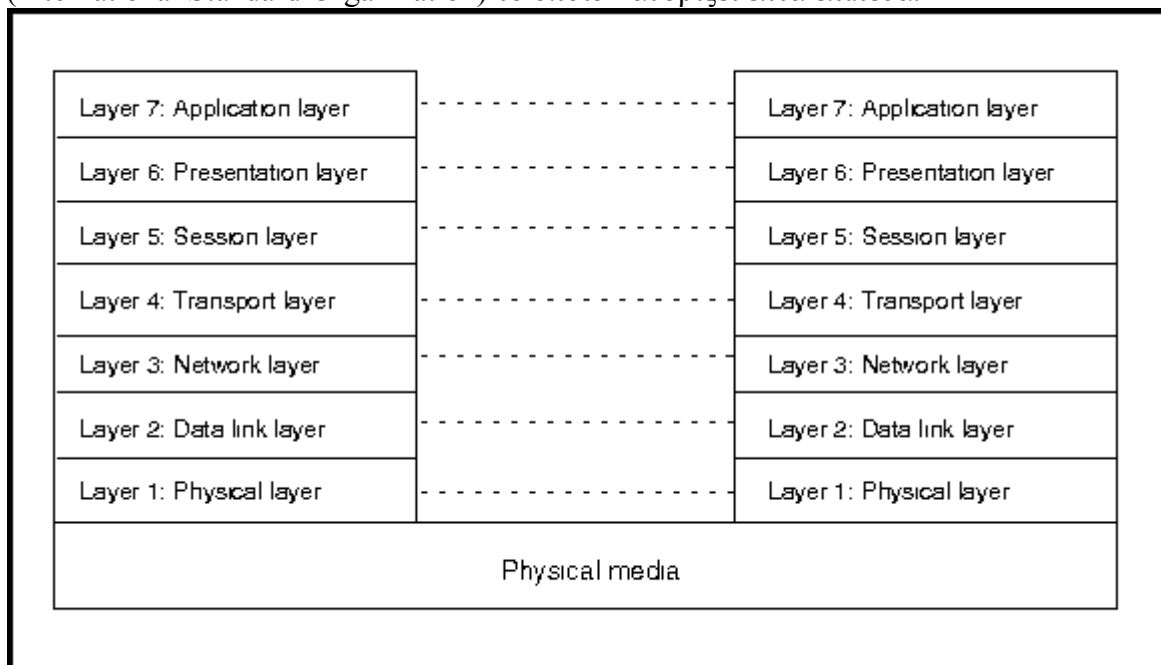
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η σχέση του ATM με το πρότυπο OSI και το ATM μοντέλο αναφοράς

2.1 Το Μοντέλο OSI

Πρώτα από όλα πρέπει να γίνει αντιληπτό σε ποια επίπεδα λειτουργιών απευθύνεται το ATM σε σχέση με το OSI μοντέλο ώστε να εξηγηθεί στη συνέχεια η ροή της πληροφορίας.

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



Το μοντέλο του OSI

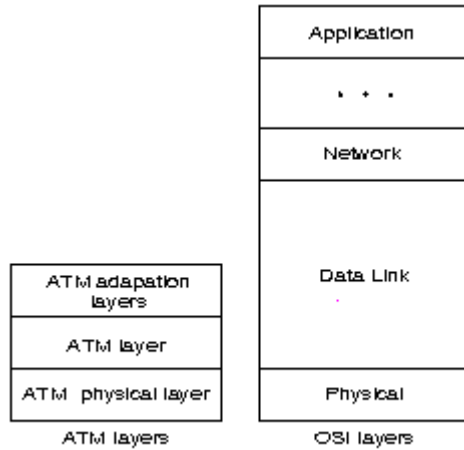
Το data link επίπεδο ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο.

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

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

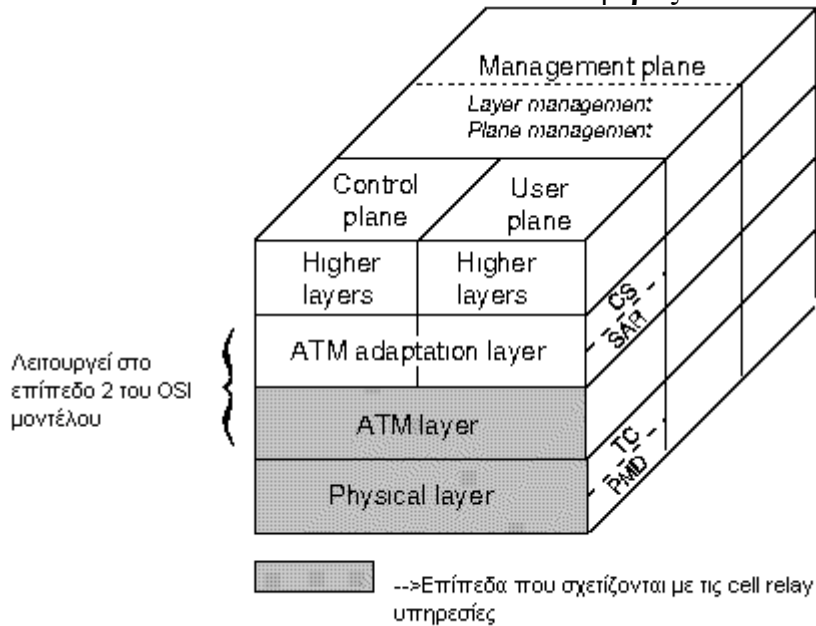
- 1) ATM adaptation layer (AAL)
- 2) ATM layer
- 3) ATM physical layer

2.1.1Η σχέση των ATM Επιπέδων Λειτουργίας με το μοντέλο OSI



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

ATM Μοντέλο Αναφοράς



Οι λειτουργίες των κάθετων επιπέδων συνοψίζονται παρακάτω:

User plane –Φροντίζει για την μεταφορά πληροφορίας των χρηστών (end -user) διαμέσου του δικτύου. Αυτό το επίπεδο έχει πρώτα από όλα σχέση με το ATM layer και το physical layer, επίπεδα πιο σημαντικά για να πραγματοποιήσουν το cell relay σε ένα ATM δίκτυο.

Ασχολείται όμως και με το ATM adaptation layer και με το higher layer protocol.

Control Plane –Φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδότησης μεταξύ ATM τελικών σημείων (αποστολέα και παραλήπτη ATM δεδομένων) ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση (connection setup). Το Control Plane παρέχει επίσης λειτουργίες βασικές για τις υπηρεσίες μεταγωγής. Μετέχει στις

διαδικασίες σηματοδότησης και δρομολόγησης απαραίτητες για τη διευθέτηση (set-up), διαχείριση και την αποδέσμευση συνδέσεων τύπου SVCs (switched virtual connection) μεταξύ δύο σημείων (peer) στο δίκτυο. Ακόμα το Control Plane μοιράζεται με το User Plane τις διευκολύνσεις που παρέχουν το ATM Layer και Physical Layer.

Management Layer—Έχει λειτουργικό και διαχειριστικό χαρακτήρα και την δυνατότητα να ανταλλάσσει πληροφορία μεταξύ του user plane και control plane. Το management plane πραγματοποιεί δύο βασικές λειτουργίες:

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

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

Οι λειτουργίες των παράλληλων επιπέδων συνοψίζονται παρακάτω:

Higher layer application and protocols—Είναι τα επίπεδα πάνω από το ATM adaptation layer (AAL) που έχουν σχέση με συγκεκριμένες επικοινωνιακές εφαρμογές που οι χρήστες έχουν διαλέξει να αναπτύξουν στο δικτυακό περιβάλλον του ATM, όπως TCP/IP, OSI, Advanced Peer-to-Peer Networking APPN κ.α.

ATM adaptation layer (AAL)—Αυτό το επίπεδο τροποποιεί τα δεδομένα που έρχονται από τα παραπάνω επίπεδα σε ATM cell. Επίσης απομονώνει τα πρωτόκολλα των ανώτερων επιπέδων από τις διεργασίες του ATM.

ATM layer—Αυτό το επίπεδο παρέχει την ATM cell relay υπηρεσία για το δίκτυο.

Επίσης παραδίδει στο φυσικό επίπεδο τα ATM cell για την μεταφορά τους μέσα στο δίκτυο.

Physical layer—Αυτό το επίπεδο περνάει τα ATM cells που έρχονται από το ATM layer στο φυσικό μέσο μετάδοσης και ανάποδα ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής της πληροφορίας.

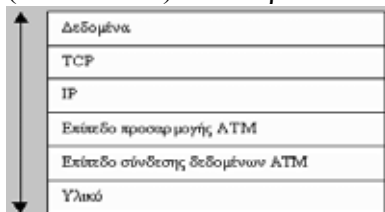
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Επίπεδο Πρωτοκόλλου ATM

Όπως έχει γίνει φανερό μέχρι τώρα, το ATM είναι σχεδιασμένο για μεταγωγή πακέτων μικρού και σταθερού μήκους στο επίπεδο του υλικού (hardware) με μεγάλες ταχύτητες (gigabit/sec) σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι η θέση του στο μοντέλο ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύων (OSI) θα έπρεπε μάλλον να βρίσκεται στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer). Παρ'όλα αυτά δεν μπορεί με βεβαιότητα να τοποθετηθεί σε κάποιο από τα επίπεδα της ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύων και αυτό γιατί σε αυτό εμφανίζονται πολλές έννοιες από ανώτερα σε ιεραρχία επίπεδα της OSI αρχιτεκτονικής, όπως π.χ. η σύνδεση από άκρο σε άκρο, ο έλεγχος ροής και η δρομολόγηση. Όλα αυτά δε τα χαρακτηριστικά υλοποιούνται μέσα σ'ένα πακέτο ATM, οπότε και καθίσταται δύσκολη έως αδύνατη η ένταξη του σε κάποιο επίπεδο του OSI. Αντίθετα θα μπορούσε κανείς να πει ότι το ATM δανείζεται στοιχεία από τρία διαδοχικά επίπεδα στην ιεραρχία OSI, το δεύτερο (επίπεδο σύνδεσης δεδομένων) γιατί βρίσκεται ακριβώς πάνω από το υλικό και μιλάει κατ'ευθείαν με αυτό, το τρίτο (επίπεδο δικτύου) γιατί τροποποιεί τη συμπεριφορά του με τον έλεγχο ροής και τη δυναμική δρομολόγηση, και το τέταρτο (επίπεδο μεταφοράς) γιατί οι συνδέσεις είναι καθορισμένες από σημείο σε σημείο και έχουν αρχή και τέλος.

Το πιο σημαντικό ερώτημα που δημιουργείται σ'αυτό το σημείο είναι πως το ATM θα συνυπάρξει και θα συλλειτουργήσει με τα υπάρχοντα IP δίκτυα γενικά, και με ποιες εφαρμογές ειδικότερα. Ένα βολικό μοντέλο για μια διασύνδεση (interface) ATM είναι να τη θεωρήσουμε σαν άλλη μια (σειραϊκή) θύρα επικοινωνιών του συστήματος. Έτσι από τη πλευρά του λογισμικού μπορεί να θεωρηθεί σαν μια κοινή θύρα σύνδεσης δεδομένων (π.χ. /dev/eth* στο Unix). Η μόνη διαφοροποίηση τότε που θα προέκυπτε τότε θα ήταν η κατάτμηση των πακέτων IP σε πολύ μικρότερα πακέτα ATM και η επανασύνδεση τους αμέσως πριν τη παράδοσή τους στο επίπεδο μεταφοράς του συνομιλητή.

Έτσι μια απλή αναπαράσταση μίας σύνδεσης διαμέσου ενός δικτύου ATM θα μπορούσε να είναι μια συνεχής ροή πληροφορίας και κατά τις δύο κατευθύνσεις (πάνω-κάτω) στο παρακάτω διάγραμμα:



Όλα αυτά βέβαια σε έναν ιδανικό κόσμο, γιατί στον πραγματικό τίποτα δεν δουλεύει όπως οι μοντελοποιήσεις των μηχανικών και είναι απαραίτητη μια προσαρμογή ή εξειδίκευση. Για την σύνδεση μίας εφαρμογής με το επίπεδο του ATM, νέες διασυνδέσεις πρέπει να σχεδιαστούν για τα σημερινά λειτουργικά συστήματα που να παρέχουν γρήγορους και ευφυείς μηχανισμούς για την εγκαθίδρυση συνδέσεων, τη μεταφορά δεδομένων, την διασφάλιση ανοιχτής σύνδεσης («keepalive»), την διακοπή σύνδεσης, ακόμα και τον έλεγχο ροής των δεδομένων από το λογισμικό. Σ'αυτή τη περίπτωση, μπορεί να φανταστεί κανείς την παρακάτω διαστρωμάτωση :



3.1 Το Φυσικό Επίπεδο

Το μέρος των προδιαγραφών που περιγράφουν το τι γίνεται στο φυσικό επίπεδο σε μία σύνδεση ATM δεν αποτελούν κομμάτι του, αλλά μάλλον συμπλήρωμά του, και αποτελεί τμήμα έρευνας των επιτροπών που ερευνούν αυτή τη στιγμή το θέμα. Η υποεπιτροπή T1S1 έχει αποφανθεί σαν προτιμώμενο φυσικό επίπεδο για το ATM, το SONET (Synchronous Optical Network) το οποίο υποστηρίζει εύρος ζώνης 155.5 Mbit/sec (προδιαγραφή STS-3c), 622 Mbit/sec (προδιαγραφή STS-12) και 2.4 Gbit/sec (προδιαγραφή STS-48). Βασικά το SONET προβλέπει ένα βασικό εύρος ζώνης για όλες τις συνδέσεις στα 51.84 Mbit/sec, από τα πολλαπλάσια του οποίου προκύπτουν όλες οι προδιαγραφόμενες ταχύτητες ($155.5=3*51.84$, $622=12*51.84$ κ.λ.π.). Το SONET προτυποποιεί το τρόπο που θα μεταφέρονται δεδομένα με σύγχρονο τρόπο διαμέσου οπτικών καναλιών, χωρίς όμως να υπάρχει η ανάγκη για συγχρονισμό μεταξύ των κόμβων του δικτύου (δηλ. πρόκειται για ένα πλησιόχρονο μέσο μετάδοσης). Το ακρωνύμιο SONET μπορεί να αναφέρεται στην Ευρώπη και σαν SDH (Synchronous Digital Hierarchy), και ένας από τους λόγους της προτυποποίησης του αυτής είναι η εγγύηση της ομαλής συλλειτουργίας μεταξύ διαφορετικών εταιριών από διάφορα εθνικά ή αστικά δίκτυα. Η θεμελιώδης συχνότητα ρολογιού γύρω από την οποία γίνεται ο συγχρονισμός είναι (κατά σύμπτωση;) 8 kHz ή 125 msec.

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

Το TC υπο-επίπεδο μετατρέπει τη ροή των cells σε ροή πληροφορίας (bits) που μπορεί να μεταφερθεί από το φυσικό μέσο

Το PMD υπο-επίπεδο είναι ουσιαστικά υπεύθυνο για την πραγματική μετάδοση των δεδομένων στο φυσικό μέσο και γι' αυτό οι λειτουργίες του είναι εξαρτημένες από το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά.

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

Η κύρια λειτουργία του φυσικού επιπέδου είναι να δέχεται τα ATM cells που προέρχονται από το αμέσως ανώτερο επίπεδο (το ATM επίπεδο), να τα μετατρέπει σε μορφή κατάλληλη ώστε να μπορούν να μεταδοθούν από το φυσικό μέσο και στη συνέχεια να εκτελεί τη μετάδοσή τους. Φυσικά πρέπει να έχει και τη δυνατότητα εκτέλεσης της αντίστροφης διαδικασίας. Το φυσικό επίπεδο χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα. Το TC (Transmission Convergence) και το PM (Physical Medium) υποεπίπεδο. Οι λειτουργίες που υλοποιεί το φυσικό επίπεδο είναι οι ακόλουθες :

3.1.1 Λειτουργία του φυσικού μέσου

Η λειτουργία του φυσικού μέσου εξαρτάται από το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση που το μέσο είναι οι οπτικές ίνες, η εν λόγω λειτουργία έχει να κάνει με τις οπτικές ίνες, τις συσκευές εκπομπής και ανίχνευσης φωτός κτλ.

3.1.1.1 Λειτουργία σχετική με τον συγχρονισμό

Αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει στη διεύθυνση εκπομπής τη μορφοποίηση των δεδομένων προς μετάδοση σε μια μορφή τέτοια που να μπορεί να μεταδοθεί από το φυσικό μέσο και στη διεύθυνση λήψης την απομορφοποίησή τους (line coding/decoding), καθώς και την εισαγωγή/εξαγωγή πληροφορίας συγχρονισμού (timing information). Συνεπώς το PM υποεπίπεδο περνάει στο TC υποεπίπεδο ένα συρμό από bit/σύμβολα και την αντίστοιχη πληροφορία συγχρονισμού.

3.1.1.2 Λειτουργία δημιουργίας/αφαίρεσης του πλαισίου μετάδοσης

Η συγκεκριμένη λειτουργία δεν υλοποιείται στην περίπτωση που η μετάδοση είναι βασισμένη σε cell (cell-based), αφού δεν απαιτείται ξεχωριστό πλαίσιο μετάδοσης σε αυτήν την περίπτωση. Αν όμως η μετάδοση είναι SDH-βασισμένη, απαιτείται η δημιουργία STM-n πλαισίων, ενώ η G.702-βασισμένη μετάδοση προϋποθέτει την ύπαρξη πλαισίων για DS-3 σήματα. Περισσότερες πληροφορίες στο παράρτημα.

3.1.1.3 Λειτουργία προσαρμογής στο πλαίσιο μετάδοσης

Στην περίπτωση που το δίκτυο είναι SDH- ή G.702-βασισμένο, πρέπει να τοποθετηθούν τα ATM cells στο χώρο εκείνο του πλαισίου που προορίζεται για μεταφορά πληροφορίας χρήστη (payload of the transmission frame) ή αντίστοιχα να αποσπασθούν τα ATM cells από το πλαίσιο μετάδοσης. Η λειτουργία προσαρμογής στο πλαίσιο μετάδοσης είναι που υλοποιεί τα παραπάνω.

3.1.1.4 Λειτουργία ανίχνευσης ορίων των cells

Στη διεύθυνση εκπομπής εκτελεί το scrambling των ATM cells ενώ στη διεύθυνση λήψης ανιχνεύει τα όρια των cells, επιβεβαιώνει τα όριά τους και εκτελεί το descrambling.

3.1.1.5 Λειτουργία δημιουργίας και επαλήθευσης του HEC

Στη διεύθυνση εκπομπής δημιουργεί το HEC από τα πρώτα 4 bytes του ATM header και το εισάγει στο πέμπτο byte του header. Στη διεύθυνση λήψης εφαρμόζει τον ίδιο υπολογισμό με πριν για να επαληθεύσει την τιμή του HEC και στην περίπτωση που ανιχνευθεί λάθος που δεν επιδέχεται διόρθωση, το cell απορρίπτεται.

3.1.1.6 Λειτουργία διατήρησης σταθερής ροής από cells

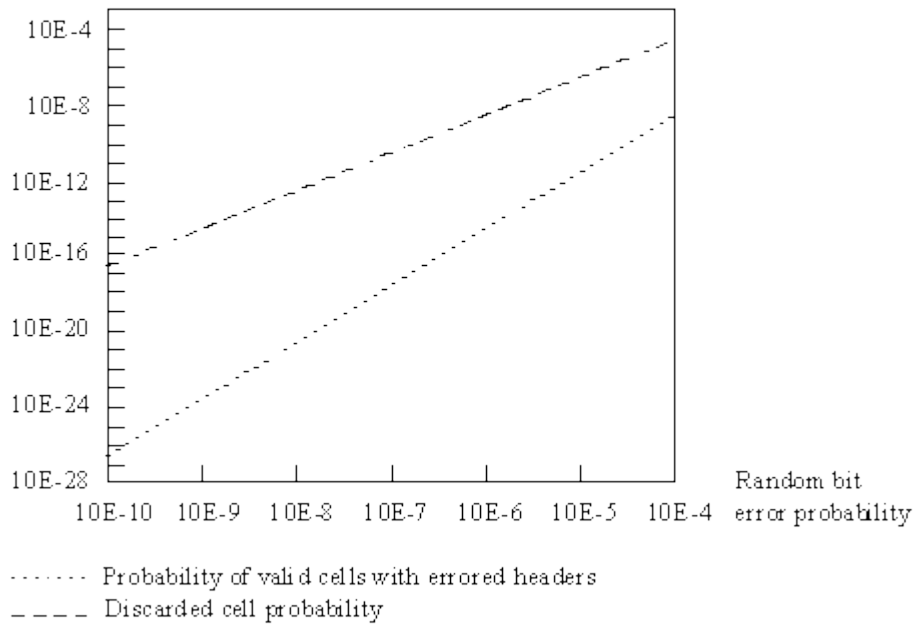
Η λειτουργία αυτή δημιουργεί έναν αριθμό από άδεια (idle) cells τα οποία προσθέτει στα υπόλοιπα που μεταφέρουν πληροφορία, έτσι ώστε η συνολική ροή των cells να είναι ίση με τη χωρητικότητα του πλαισίου ή αντίστροφα αφαιρεί τα άδεια cells που δεν μεταφέρουν πληροφορία.

3.1.2 Έλεγχος λαθών στο header (HEC)

Ο ρόλος του HEC είναι να διορθώνει ένα (το πολύ) λάθος του ενός bit σε όποιο σημείο του header κι αν εμφανίζεται και να ανιχνεύει λάθη πολλών bits (multibit errors). Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τον έλεγχο με τη χρήση του HEC είναι να απορριφθεί το cell αν έχει λάθη σε περισσότερα από ένα bits (ενώ είναι δυνατόν να υπάρχει μόνο ένα λάθος του ενός bit και παρόλα αυτά, λόγω εσφαλμένης λειτουργίας, να απορριφθεί το cell) ή να θεωρηθεί σωστό (valid) αν υπάρχει το πολύ ένα λάθος

του ενός bit. (Βέβαια και σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατόν ένα cell να θεωρηθεί σωστό ενώ έχει περισσότερα λάθη). Τα σωστά cells τα οποία έχουν λάθη (valid cells with errored headers) και τα cells που απορρίπτονται (discarded cells) αποτελούν τις κύριες αιτίες εκφυλισμού της απόδοσης του BISDN. Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει την πιθανότητα εμφάνισης cells των δύο προαναφερθέντων κατηγοριών ως συνάρτηση του λόγου λανθασμένα bits/συνολικά bits.

Discarded cell probability and probability of valid cells with errored headers



Probability of discarded cells and valid cells with errored headers

Όσον αφορά τον υπολογισμό του HEC, αναφέρεται ότι βασίζεται σε έναν κυκλικό κώδικα (cyclic code) με χρήση του πολυωνύμου x^8+x^2+x+1 . Τα πρώτα 4 bytes του cell header εκφράζονται στη μορφή ενός διωνυμικού (binary) πολυωνύμου τριακοστού πρώτου βαθμού, το οποίο στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με x^8 και διαιρείται από το x^8+x^2+x+1 . Το υπόλοιπο της διαίρεσης αποτελεί το πεδίο HEC του header.

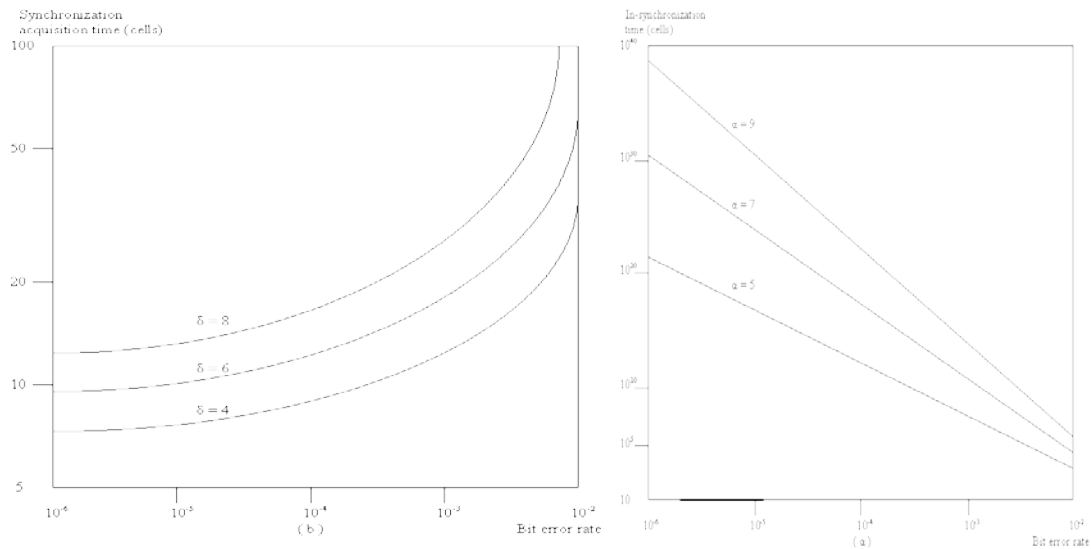
Η επιβεβαίωση στην πλευρά της λήψης περιλαμβάνει την έκφραση των 5 bytes του header (συμπεριλαμβανομένου του HEC) στη μορφή ενός διωνυμικού πολυωνύμου τριακοστού ενάτου βαθμού και διαίρεση με το x^8+x^2+x+1 . Η διαίρεση πρέπει να έχει μηδενικό υπόλοιπο στην περίπτωση μη ύπαρξης λάθους.

3.1.3 Ανίχνευση ορίων των cells

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των ορίων των cells μέσα από τον συρμό των εισερχόμενων cells, βασίζεται στην παρατήρηση του βαθμού συσχέτισης των 4 πρώτων bytes του header με το πέμπτο byte. Δηλαδή, αφότου πέντε συνεχόμενα bytes εκλεγούν και εκφραστούν στη μορφή ενός διωνυμικού πολυωνύμου τριακοστού ενάτου βαθμού, αν το αποτέλεσμα της διαίρεσης με το x^8+x^2+x+1 δίνει υπόλοιπο μηδέν, τότε τα 5 εκλεγμένα bytes θεωρούνται ως υποψήφια για header bytes. Αν το ίδιο ισχύει δ φορές στη σειρά για δ πεντάδες από

bytes που βρίσκονται σε τακτικά διαστήματα των 53 bytes, τότε συμπεραίνουμε ότι τα 5 bytes που εκλέχθηκαν αποτελούν όντως ένα ATM cell header και επιτυγχάνεται συγχρονισμός. Απώλεια συγχρονισμού έχουμε στην περίπτωση που αποτυγχάνει να αναγνωρισθεί header α συνεχόμενες φορές.

Στο ακόλουθο σχήμα δίνεται ο χρόνος απώλειας συντονισμού για διάφορες τιμές της παραμέτρου α , όπως επίσης και ο χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη συγχρονισμού για διάφορες τιμές του δ . Και οι δύο χρόνοι εκφράζονται σε cells.



Performance of α and δ for 155.520-Mbps signal (a) α and in-synchronization time (b) δ and synchronization acquisition time

3.1.4 Scrambling

Το scrambling είναι μία τεχνική επεξεργασίας σήματος σε επίπεδο bit, που εφαρμόζεται σε ένα σήμα τη στιγμή που προηγείται της μετάδοσής του. Στόχο έχει την εξάλειψη της εμφάνισης μεγάλων ακολουθιών από "0" ή "1" και τη δημιουργία εναλλαγών από "0" σε "1" και αντίστροφα, οι οποίες εναλλαγές είναι απαραίτητες για την επίτευξη συγχρονισμού μεταξύ πομπού και δέκτη - σε επίπεδο bit - εφόσον ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται μέσω της ανίχνευσης της περιόδου των παλμών. Είναι φανερό ότι η περίοδος των παλμών ανιχνεύεται τόσο ευκολότερα, όσο περισσότερες εναλλαγές υπάρχουν.

Στην περίπτωση της cell-βασισμένης μετάδοσης χρησιμοποιείται η τεχνική DSS (Distributed Sample Scrambling) για το scrambling τόσο του header, όσο και του υπόλοιπου cell. Αυτή περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας ψευδοτυχαίας ακολουθίας δυαδικών αριθμών (PRBS - Pseudo-Random Binary Sequence) που προστίθεται στη

συνέχεια (με τη χρήση πυλών XOR) στα bit τόσο του header, όσο και του υπολοίπου cell. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, την XOR λειτουργία, επιτυγχάνεται το "σπάσιμο" των αλυσίδων από "0" ή "1".

Ο συγχρονισμός του πομπού με το δέκτη όσον αφορά την ακολουθία που ο πρώτος χρησιμοποιεί (η εύρεση δηλαδή αυτής από το δέκτη), περιλαμβάνει για κάθε cell την πρόσθεση ενός τμήματος της PRBS (μήκους 2 bits) στα δύο πρώτα bits του HEC. Με αυτόν τον τρόπο και επειδή η PRBS έχει μήκος 32 bits, απαιτούνται 16 cells για την αποστολή της πλήρους ακολουθίας. Ο δέκτης πρέπει να χρησιμοποιήσει τα υπόλοιπα 6 bits του HEC για να ανιχνεύσει τα όρια του header και από τη στιγμή που αυτά βρεθούν, υπολογίζονται οι τιμές των δύο bits της PRBS που έχουν σταλεί με το συγκεκριμένο cell. Στην περίπτωση που ο μηχανισμός ανίχνευσης ορίων δεν παρουσιάσει λάθη, ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται μετά από 16 cells. Αναφέρεται επίσης ότι η διαδικασία για το descrambling (αντίστροφη του scrambling) απαιτεί 19 XOR και 31+2 καταχωρητές ολίσθησης (shift registers), ενώ αυτή για το scrambling 2 XOR και 31+2 καταχωρητές ολίσθησης.

3.2 ATM Adaptation Layer

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν οι τάξεις διακίνησης πληροφορίας και οι αντίστοιχοι τύποι του ATM adaptation layer καθώς και οι διαδικασίες που γίνονται για την επεξεργασία των δεδομένων εντός του AAL.

Οι τάξεις υπηρεσιών της διακίνησης πληροφορίας οι οποίες και κληρονομήθηκαν από το BISDN είναι οι εξής:

Class A όπου χρησιμοποιείται το ATM adaptation layer 1 (AAL1)

Class B όπου χρησιμοποιείται το ATM adaptation layer 2 (AAL2)

Class C όπου χρησιμοποιείται το ATM adaptation layer 3/4 (AAL3/4)

Class D όπου χρησιμοποιείται το ATM adaptation layer 5 (AAL5)

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

Το AAL επίπεδο τοποθετείται μεταξύ του ATM επιπέδου και των ανώτερων επιπέδων. Είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή της πληροφορίας που προέρχεται από τον χρήστη (η οποία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στη μορφή της) σε μια μορφή τέτοια που να είναι αποδεκτή από το ATM επίπεδο. Το AAL επίπεδο ασχολείται δηλαδή με την μετατροπή της πληροφορία που προέρχεται από τον χρήστη σε 48άδες από byte που στη συνέχεια θα σχηματίσουν τα ATM cells.

Εκτός όμως από την παραπάνω μετατροπή, το AAL επίπεδο ασχολείται και με την ανίχνευση και διόρθωση των λαθών μετάδοσης, την επεξεργασία των χαμένων, λανθασμένων και με λάθη στο header cells (lost, errored and misinserted cells), την αποστολή και την αξιοποίηση πληροφορίας συγχρονισμού (delivers and recovers timing information), καθώς και τον έλεγχο ροής πληροφορίας (flow control) για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS).

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο, οι υπηρεσίες μπορούν να χωρισθούν σε τέσσερις κλάσεις από το A ως το D, ανάλογα με το ρυθμό μετάδοσής τους, την απαίτησή τους για συγχρονισμό και το είδος της σύνδεσης που απαιτούν .

Το AAL επίπεδο μπορεί και αυτό να χωρισθεί αντίστοιχα σε τέσσερις τύπους (AAL-1 ως AAL-4), καθένας από τους οποίους εξυπηρετεί μια κλάση.

Εκτός όμως από την παραπάνω ταξινόμηση κατά την οριζόντια έννοια, το AAL επίπεδο χωρίζεται κατά την κατακόρυφη έννοια στο CS (Convergence Sublayer) και στο SAR (Segmentation And Reassembly) υποεπίπεδο.

Έχοντας υπ' όψιν τους ορισμούς των SDU και PDU όπως αυτοί δίνονται στο παράρτημα, για κάθε έναν από τους τέσσερις τύπους του AAL επιπέδου (AAL-1 ως AAL-4), ισχύουν τα ακόλουθα. Στη διεύθυνση εκπομπής, το CS υποεπίπεδο δέχεται τις SDU του χρήστη (User SDU - U-SDU) από το ανώτερο επίπεδο του χρήστη (upper user layer) στις οποίες προσθέτει ένα πρόθεμα (header) και ένα επίθεμα (trailer) που σχετίζονται με το χειρισμό λαθών και τη διατήρηση της σειράς των δεδομένων (data priority preservation), δημιουργώντας τις SAR-PDUs, οι οποίες στη συνέχεια στέλνονται στο ATM επίπεδο. Το ακόλουθο σχήμα δίνει παραστατικά αυτή τη διαδικασία.

Πίνακας AAL τύποι και τα αντίστοιχα είδη μετάδοσης πληροφορίας

Τύπος AAL	Χρονική Σχέση	Τρόπος σύνδεσης	Bit Rate	Περιγραφή Υπηρεσίας Μετάδοσης
AAL1 (Class A)	Σύγχρονη	Connection-oriented	Σταθερό	Παρέχει circuit emulation και υπηρεσίες video με σταθερό bit rate που ξεκινά από μερικά kilobits και φτάνει στα 10 megabits. Αυτή η υπηρεσία στηρίζεται σε συνεχές αναλογικό σήμα.
Τύπος AAL	Χρονική Σχέση	Τρόπος σύνδεσης	Bit Rate	Περιγραφή Υπηρεσίας Μετάδοσης
AAL2 (Class B)	Σύγχρονη	Connection-oriented	Μεταβλητό	Παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης φωνής/video έχοντας μεταβλητό bit rate. Υπάρχει συγχρονισμός μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη στη μετάδοση δεδομένων.
AAL3/4 (Class C)	Ασύγχρονη	Connection-oriented	Μεταβλητό	Παρέχει point-to-point ή point-to-multipoint ATM cell relay, κάνοντας συνδέσεις “on the fly” μεταξύ αποστολέα-παραλήπτη. Διαχειρίζεται

				<p>διαφορετικά είδη πληροφορίας (data, voice, video) την οποία μέσω των ATM cell μεταφέρει σε δίκτυα LAN - WAN. Έχει απώλεια σε δεδομένα (data loss) αλλά δεν υπάρχει καθυστέρηση.</p>
AAL5 (Class D)	Ασύγχρονη	Connectionless	Μεταβλητό	<p>Παρέχει πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταγωγή πακέτων, υπηρεσίες μετάδοσης (LAN) ή Frame Relay (WAN) στις οποίες τα packets/frames φέρουν την απαραίτητη πληροφορία διευθυνσιοδότησης για την αποστολή στο προορισμό τους χωρίς προηγουμένως να πραγματοποιηθούν συνδέσεις μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη.</p>

3.2.1 Λειτουργίες του ATM Adaptation Layer

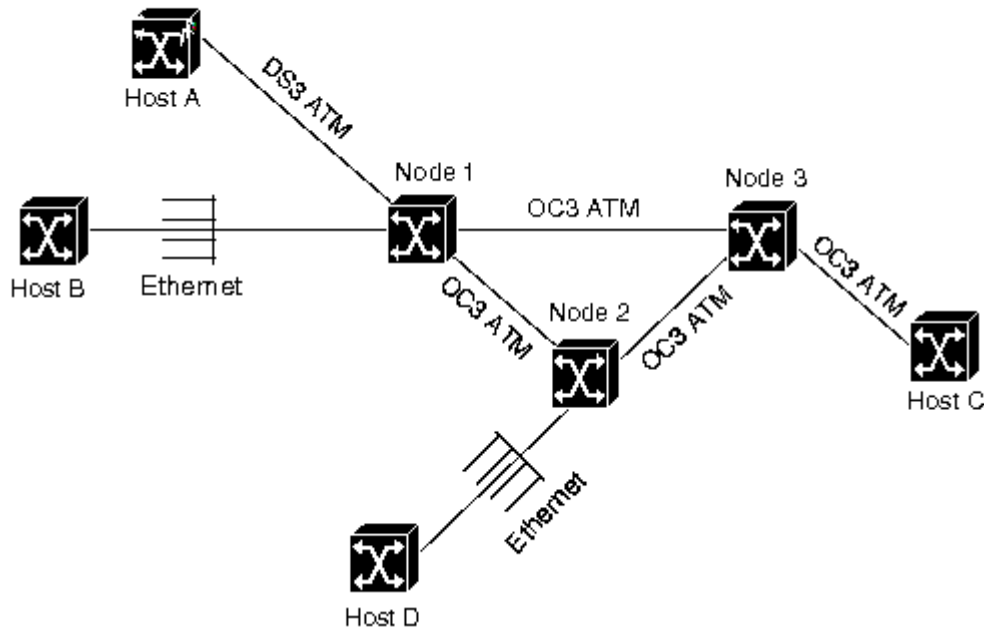
Το ATM adaptation layer αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ των πρωτοκόλλων των ανώτερων επιπέδων και του ATM layer. Η βασική του λειτουργία είναι ο τεμαχισμός και η επανασύσταση των μονάδων δεδομένων (data units) των ανωτέρων επιπέδων καθώς και η αντιστοίχιση τους σε συγκεκριμένου μήκους ωφέλιμο φορτίο (payload)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

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

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

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

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

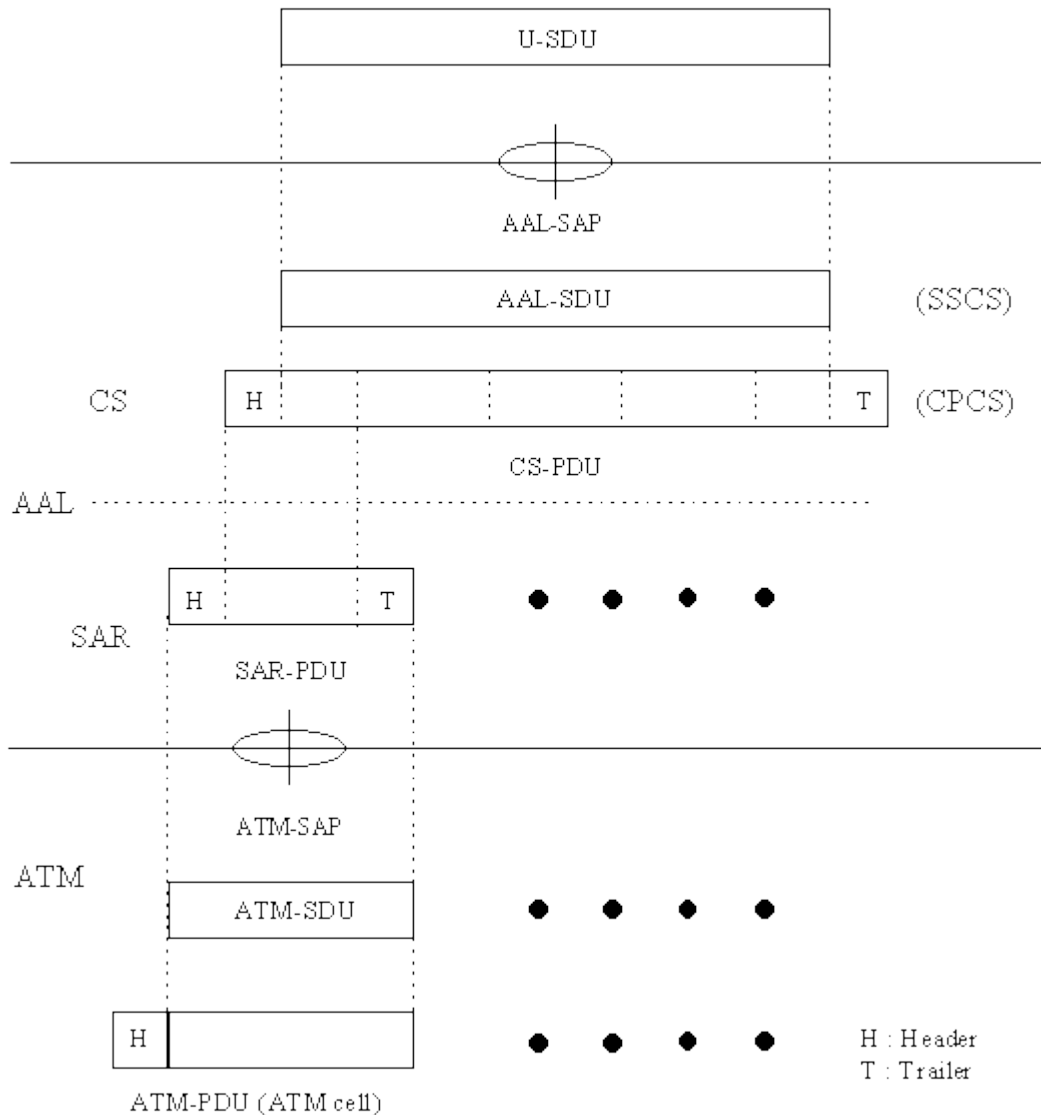


Οι χρήστες A και C είναι συνδεδεμένοι απευθείας στο δίκτυο διαμέσου των ATM interfaces, έτσι κάνουν την AAL επεξεργασία εσωτερικά. Το δίκτυο δεν πραγματοποιεί AAL επεξεργασία για αυτούς τους χρήστες. Όμως για τους χρήστες B και D οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με ethernet interfaces με τους κόμβους 1 και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

1) Τη λειτουργία σύγκλισης που ανήκει στο υπό-επίπεδο CS (convergence sublayer)

2) Τη λειτουργία τεμαχισμού και επανασύστασης που ανήκει στο υπό-επίπεδο SAR (segmentation and reassembly sublayer).

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



Processing of data at AAL sublayer

Στη διεύθυνση λήψης, το SAR υποεπίπεδο αναλύει τις SAR-PDUs που έρχονται από το ATM επίπεδο για να αποσπάσει από αυτές τις SAR-SDUs από τις οποίες συντίθενται κατόπιν οι CS-PDUs. Το CS υποεπίπεδο αναλύει τις CS-PDUs για να αποσπάσει τις SDU του χρήστη (U-SDU) και να τις παραδώσει τελικά στο ανώτερο επίπεδο του χρήστη (upper user layer).

Ακολουθεί ένας πίνακας αντιστοίχισης κλάσεων υπηρεσιών και AAL επιπέδων, όπως και ένας συνοπτικός πίνακας με τις κύριες λειτουργίες των 4 τύπων του AAL επιπέδου, ενώ στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικότερες περιγραφές των υποεπιπέδων για καθένα από αυτούς τους τύπους.

<i>Service class</i>	<i>AAL type</i>
Class A	AAL - 1
Class B	AAL - 2
Class C	AAL - 3
Class D	AAL - 4

Service classes and AAL types

<i>AAL type</i>	<i>Major functions</i>
AAL - 1	Transfer of constant bit rate SDU with the same bit rate Transfer of timing information between source and destination Error recovery and indication of errored information which is not recovered by AAL - 1
AAL - 2	Transfer of SDU with variable bit rate Transfer of timing information between source and destination Error recovery and indication of errored information which is not recovered by AAL - 2
AAL - 3	Transfer of class C service SDU from AAL-SAP to AAL-SAP(s) Transfer by connection-oriented mode
AAL - 4	Transfer of class D service SDU from AAL-SAP to AAL-SAP(s) Transfer of connectionless mode

Major functions of AAL - 1 through AAL - 4

Εύρεση της συχνότητας του ρολογιού της πηγής

Μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του AAL επιπέδου για υπηρεσίες πραγματικού χρόνου (real-time services), είναι η εύρεση της συχνότητας του ρολογιού της πηγής από το δέκτη. Λόγω της στατιστικής φύσης των ATM δικτύων, η άφιξη των ATM cells στον προορισμό τους δε θα είναι περιοδική, ακόμα και στη περίπτωση των υπηρεσιών σταθερού ρυθμού μετάδοσης (CBR).

Στην περίπτωση που το ATM δίκτυο είναι ασύγχρονο (δηλαδή οι κόμβοι του δικτύου χρησιμοποιούν ο καθένας το δικό του ρολόι), τότε η μόνη πληροφορία που είναι διαθέσιμη στο δέκτη όσον αφορά τη συχνότητα του ρολογιού της πηγής, είναι ο μέσος αριθμός άφιξης cells σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (long-term average cell throughput). Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα κύκλωμα PLL (Phase-Locked Loop) για την εύρεση της συχνότητας.

Αν το ATM δίκτυο είναι σύγχρονο (δηλαδή όλοι οι κόμβοι έχουν αναφορά σε κοινό ρολόι), τότε είναι δυνατό να συγχρονισθεί ο ρυθμός εκπομπής και ο ρυθμός λήψης με το κοινό ρολόι. Στη συνέχεια αναφέρονται περιληπτικά κάποιες από τις μεθόδους εύρεσης της συχνότητας του ρολογιού της πηγής σε σύγχρονα ATM δίκτυα.

CBR σήματα

Στην περίπτωση των CBR σημάτων κλάσης A, θα εξετάσουμε δύο μεθόδους : την SFET (Synchronous Frequency Encoding Technique) και την TS (Time Stamp).

Η βασική ιδέα της SFET μεθόδου είναι ότι σε ένα σύγχρονο οπτικό δίκτυο το κοινό ρολόι του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά τόσο από την πηγή όσο και από τον δέκτη. Με άλλα λόγια, το ρολόι της πηγής, το οποίο είναι ασύγχρονο ως προς το κοινό ρολόι, συγκρίνεται με αυτό και μεταδίδεται το κοινό ρολόι μαζί με τη διαφορά συχνοτήτων που προκύπτει από τη σύγκριση, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή του ρολογιού της πηγής.

Η TS μέθοδος χρησιμοποιεί έναν 16-bit δυαδικό αριθμό (Time Stamp -TS- απ' όπου και το όνομα της μεθόδου), ο οποίος παριστά τον αριθμό κύκλων ρολογιού του δικτύου που αντιστοιχούν σε έναν σταθερό (fixed) αριθμό κύκλων ρολογιού της πηγής. Εφόσον το κοινό ρολόι του δικτύου είναι διαθέσιμο στο δέκτη, ο αριθμός TS περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία για την ανακατασκευή του ρολογιού της

πηγής. Το TS προτάθηκε να αποτελεί μέρος της προστιθέμενης στο CS πληροφορίας (CS overhead), το οποίο συμβαίνει κάθε 16 cells.

Η πρώτη μέθοδος που αναφέρθηκε έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί τη μεταφορά πολύ λίγης πληροφορίας για να πετύχει συγχρονισμό, ενώ μειονεκτεί στο ότι για κάθε νέα υπηρεσία πρέπει να ορισθεί ένα νέο ρολόι. Το περιοριστικό αυτό γεγονός έρχεται να άρει η TS μέθοδος, με το τίμημα όμως ότι απαιτεί τη μεταφορά περισσότερης πληροφορίας για να πετύχει συγχρονισμό. Τα παραπάνω οδήγησαν σε μία μέθοδο που ονομάζεται SRTS (Synchronous Residual Time Stamp), η οποία αποτελεί παραλλαγή της TS μεθόδου.

Τέλος, αναφέρεται και μία ευρέως διαδεδομένη συμβατική μέθοδος στην οποία ο δέκτης γράφει την εισερχόμενη πληροφορία σε έναν buffer, απ' όπου διαβάζει στη συνέχεια με το τοπικό ρολόι. Η συνεχής μέτρηση του επιπέδου πλήρωσης του buffer επιτρέπει τον προσδιορισμό της μέσης τιμής πλήρωσής του, επομένως και του μέσου ρυθμού λήψης cells από τον buffer (ώστε η πλήρωση του buffer να διατηρείται σταθερή σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα με δεδομένο τον υπάρχοντα ρυθμό άφιξης). Δηλαδή η μέση τιμή πλήρωσης σε συνδυασμό με την εκάστοτε πληρότητα του buffer είναι που χρησιμοποιείται για την οδήγηση του PLL, το οποίο παρέχει το τοπικό ρολόι. Αναφέρεται επίσης ότι η πλήρωση του buffer διατηρείται μεταξύ δύο κατάλληλων ορίων για την αποφυγή υπερχειλίσις ή υποχειλίσις. Η μέθοδος αυτή συγκρινόμενη με τις προηγούμενες απαιτεί μεγαλύτερο μέγεθος buffer, ενώ έχει και μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης.

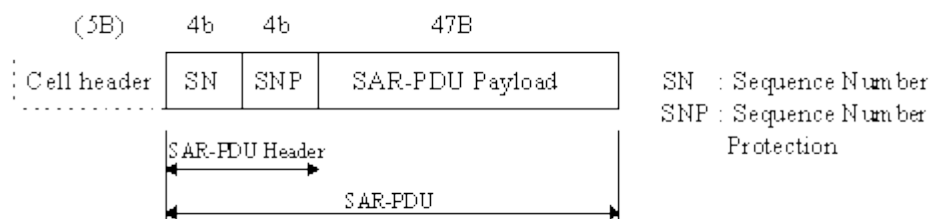
VBR σήματα

Στην περίπτωση VBR σημάτων κλάσης 2, δεν υπήρχε μέχρι το 1993 πλήρως αξιόπιστη μέθοδος εύρεσης της συχνότητας του ρολογιού της πηγής. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για CBR σήματα μπορούν να τροποποιηθούν με βάση τα χαρακτηριστικά των VBR υπηρεσιών για χρήση σε VBR περιβάλλοντα. Καθώς όμως δεν υπάρχει σταθερή περίοδος στη ροή των cells των VBR υπηρεσιών, είναι απαραίτητη η εισαγωγή πληροφορίας που θα επιτρέπει το συγχρονισμό σε κάποιο επίπεδο ψηλότερα από το AAL επίπεδο. Όμως και πάλι, η στοχαστικότητα των χαρακτηριστικών της VBR ροής πληροφορίας, περιορίζει την απόδοση αλλά και την εφαρμογή της μεθόδου.

3.2.1.1 Λειτουργίες του AAL-1 επιπέδου

SAR υποεπίπεδο

Η λειτουργία του AAL-1 SAR υποεπιπέδου είναι να τεμαχίζει τις CS-PDUs, να προσθέτει ένα header και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο (σχήμα 2.7), καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία.



SAR-

PDU format for AAL - 1

Ο αριθμός των bits του πεδίου αύξοντα αριθμού (SN - Sequence Number) και του πεδίου προστασίας αύξοντα αριθμού (SNP - Sequence Number Protection) είναι 4 για το καθένα. Επομένως, το μέγεθος του ωφέλιμου φορτίου (payload space) της SAR-PDU είναι 47 bytes. Το πεδίο αύξοντα αριθμού (SN) χρησιμεύει για ανίχνευση χαμένων cells (cell loss) και ανίχνευση cells που έχουν προστεθεί ενδιάμεσα (cell insertion), ενώ το πεδίο προστασίας αύξοντα αριθμού (SNP) χρησιμεύει στην προστασία του SN από λάθη. Τέλος, σημειώνεται ότι το πεδίο αύξοντα αριθμού περιέχει ένα bit που δηλώνει την παρουσία ή την μη παρουσία της CS λειτουργίας (CSI bit - CS Indication bit).

CS υποεπίπεδο

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

3.2.1.2 Λειτουργίες του AAL-2 επιπέδου

SAR υποεπίπεδο

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

CS υποεπίπεδο

Το υποεπίπεδο αυτό, όπως και το AAL-1 CS υποεπίπεδο, παρέχει λειτουργίες διόρθωσης λαθών για σήματα βίντεο και ήχου και λειτουργίες αντιμετώπισης απωλειών cells ή ύπαρξης λαθών στο header (lost and misinserted cells). Όμως, από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του (από τη στιγμή που τα σήματα που επεξεργάζεται το AAL-2 υποεπίπεδο είναι σήματα μεταβλητού ρυθμού), είναι η αποστολή πληροφορίας σχετικής με το συγχρονισμό πηγής και δέκτη, καθώς και η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας για την επίτευξη συγχρονισμού. Για παράδειγμα, μπορεί να εισαχθεί στην CS-PDU πληροφορία αυτού του είδους με τη μορφή ενός αριθμού TS (Time Stamp) ή μιας λέξης συγχρονισμού πραγματικού χρόνου (real-time synchronization word), χωρίς όμως να είναι αυτές οι μόνες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

3.2.1.3 Λειτουργίες του AAL-3 επιπέδου

Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το AAL-3 επίπεδο χωρίζονται σε υπηρεσίες τύπου μηνύματος (message-mode) και τύπου ροής (streaming-mode). Στις πρώτες, μια AAL-SDU περνάει μέσα από τον AAL προσαρμογέα (AAL interface) με ακριβώς μία μονάδα πληροφορίας προσαρμογέα (AAL-IDU - AAL Interface Data Unit), ενώ στις δεύτερες περνάει με μία ή και με περισσότερες AAL-IDUs.

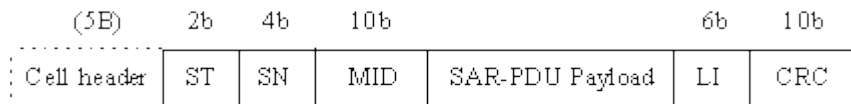
Και οι δύο παραπάνω τύποι υποστηρίζουν τόσο τον βέβαιο όσο και τον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας (assured/nonassured operation). Στον βέβαιο τρόπο λειτουργίας, όλες οι SDU μεταδίδονται επακριβώς με τη σειρά με την οποία λαμβάνονται από το ATM επίπεδο (all the SDUs are accurately delivered in the order they are received

from the ATM layer), τα χαμένα και τα φθαρμένα (corrupted) cells αναμεταδίδονται, ενώ ο έλεγχος ροής (flow control) αποτελεί αναπόσπαστη λειτουργία. Ο βέβαιος τρόπος λειτουργίας εφαρμόζεται μόνο σε συνδέσεις του ATM επιπέδου από-σημείο-σε-σημείο (point-to-point ATM layer connections).

Στον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας, τα χαμένα και τα φθαρμένα (corrupted) cells δεν αναμεταδίδονται. Όταν παρουσιασθεί ανάγκη, οι φθαρμένες SDUs μεταφέρονται σε ανώτερα επίπεδα, ενώ ο έλεγχος ροής παρέχεται για συνδέσεις από-σημείο-σε-σημείο (point-to-point) και όχι για συνδέσεις από-σημείο-σε-πολλά-σημεία (point-to-multipoint).

SAR υποεπίπεδο

Η λειτουργία του AAL-3 SAR υποεπιπέδου είναι να λαμβάνει από το CS υποεπίπεδο τις μεταβλητού μήκους CS-PDUs, να τις τεμαχίζει, να προσθέτει ένα header και ένα trailer και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο, καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία.



CRC : Cyclic Redundancy Check code

ST : Segment Type

MID : Multiplexing IDentification

SN : Sequence Number

LI : Length Indicator

SAR-PDU format for AAL - 3/4

Στο σχήμα δίνεται η δομή της SAR-PDU του AAL-3 επιπέδου. Το πεδίο ST (Segment Type) δείχνει αν το ωφέλιμο φορτίο της SAR-PDU (δηλαδή η SAR-SDU) αποτελεί την αρχή κάποιου μηνύματος, το τέλος του ή είναι ένα κομμάτι από το μέσον του. Το πεδίο SN (Sequence Number) είναι ένας αύξων αριθμός που χρησιμοποιείται όπως το αντίστοιχο πεδίο της SAR-PDU του AAL-1 επιπέδου. Το πεδίο MID (Multiplexing IDentification) χρησιμοποιείται όταν πολυπλέκονται διάφορες CPCS συνδέσεις (δες την επόμενη παράγραφο). Το πεδίο LI (Length Indicator) προσδιορίζει το μήκος του ωφέλιμου φορτίου της SAR-PDU (SAR-PDU payload) σε bytes και τέλος το πεδίο CRC (Cyclic Redundancy Check) είναι ένας κυκλικός κώδικας που εφαρμόζεται για έλεγχο όλης της SAR-PDU μαζί με το header.

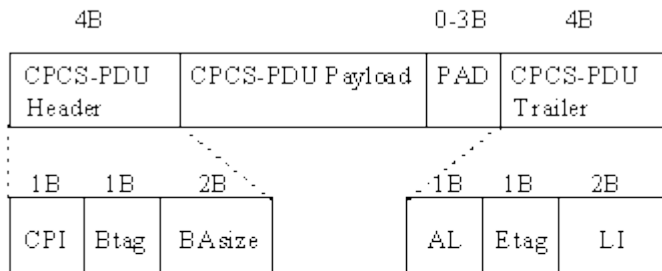
CS υποεπίπεδο

Οι λειτουργίες του AAL-3 CS υποεπιπέδου περιλαμβάνουν τη διάφανη μετάδοση (transparent delivery) των AAL-SDUs, τη δρομολόγηση των AAL-SAPs (AAL Service Access Points) στις κατάλληλες συνδέσεις του ATM επιπέδου, την ανίχνευση και διόρθωση λαθών, τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων (message segmentation and reassembly), τη δέσμευση χώρου στον buffer του δέκτη (buffer allocation), καθώς και άλλες ειδικές λειτουργίες σχετικές με τις υπηρεσίες κλάσης C.

Αφού τόσο το AAL-3 όσο και το AAL-4 επίπεδο χειρίζονται data υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου, είναι λογικό να έχουν κάποιες κοινές λειτουργίες. Επομένως το AAL-3 CS υποεπίπεδο και το AAL-4 CS υποεπίπεδο μπορούν να χωρισθούν σε ένα κοινό κομμάτι που ονομάζεται CPCS (Common Part CS) και σε ένα κομμάτι που είναι προσανατολισμένο στις υπηρεσίες του κάθε υποεπιπέδου (SSCS - Service-Specific CS).

Η δομή της CPCS-PDU είναι αυτή που φαίνεται στη συνέχεια. Το πεδίο CPI (Common Part Indicator) δείχνει αν η PDU ανήκει σε ένα κοινό κομμάτι, τα πεδία

Btag/Etag είναι ετικέτες που προσαρτώνται στο header και το trailer αντίστοιχα της CPCS-PDU, το πεδίο BAsize δηλώνει το μέγεθος του buffer που πρέπει να εκχωρηθεί στο δέκτη, το πεδίο PAD (γέμισμα) έχει μεταβλητό μέγεθος και στοχεύει να κάνει το μέγεθος του ωφέλιμου φορτίου της CPCS-PDU (CPCS-PDU payload) πολλαπλάσιο των 4 bytes, το πεδίο LI (Length Indication) προσδιορίζει το μήκος του ωφέλιμου φορτίου της CPCS-PDU (CPCS-PDU payload) και τέλος το πεδίο AL (ALignment) χρησιμοποιείται για να κάνει το μέγεθος του trailer της CPCS-PDU ίσο με 32 bits.



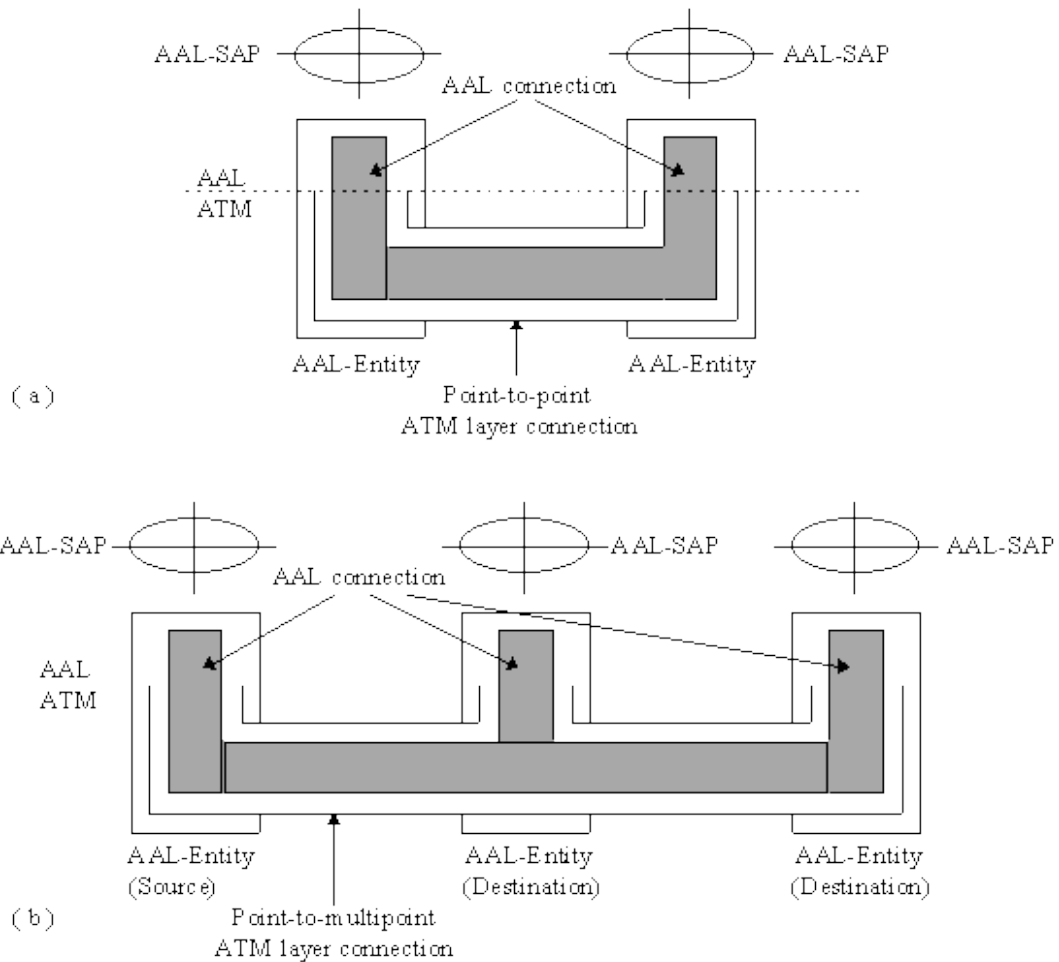
CPI : Common Part Indicator
 Btag : Begin tag AL : ALignment
 BAsize : Buffer Allocation size Etag : End tag
 Pad : Padding LI : Length Indication

CPCS-PDU structure

3.2.1.4 Λειτουργίες του AAL-4 επιπέδου

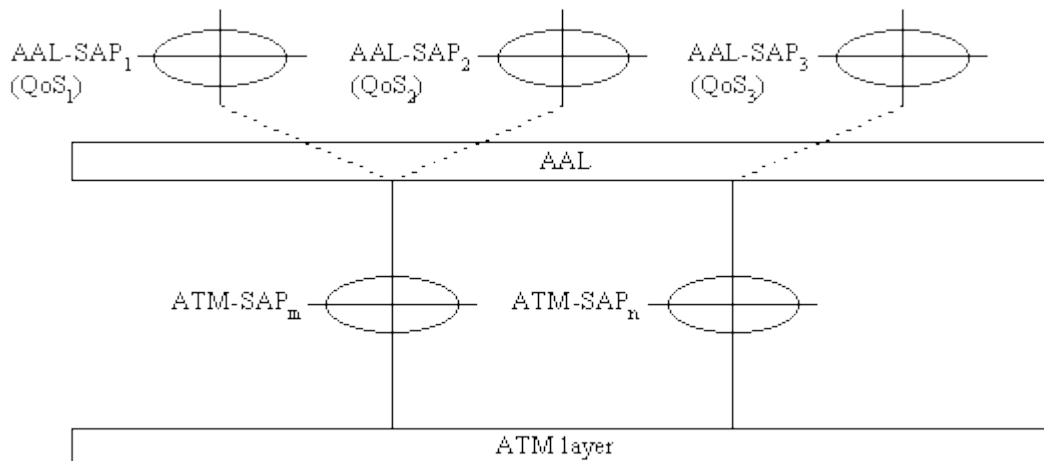
Το AAL-4 επίπεδο εξυπηρετεί σήματα της D κλάσης, δηλαδή data σήματα μεταβλητού ρυθμού που δεν απαιτούν σταθερή σύνδεση για τη μετάδοσή τους (είναι δηλαδή connectionless ο τρόπος μετάδοσης). Όπως και στο AAL-3 επίπεδο, έτσι και εδώ υποστηρίζονται τόσο οι υπηρεσίες τύπου μηνύματος (message-mode), όσο και οι τύπου ροής (streaming-mode). Επίσης υποστηρίζονται τόσο ο βέβαιος, όσο και ο αβέβαιος τρόπος λειτουργίας (assured/nonassured operation).

Το AAL-4 επίπεδο παρέχει τη δυνατότητα να μεταφέρονται οι AAL-SDUs από ένα AAL-SAP (AAL Service Access Point) σε ένα AAL-SAP, ή από ένα AAL-SAP σε πολλά AAL-SAPs. Οι σχέσεις αυτές φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.



AAL connection (a) point- to-point ATM layer connection (b) point-to-multipoint ATM layer connection

Κατά τη μεταφορά των AAL-SDUs, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να διαλέξουν εκείνο το AAL-SAP που ικανοποιεί τις απαιτήσεις τους όσον αφορά την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας (QoS). Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, στο οποίο πολλαπλές AAL συνδέσεις είναι δυνατό να καταλήγουν σε μία ATM σύνδεση (και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο είναι χρήσιμη η δυνατότητα πολυπλεξίας στο AAL επίπεδο). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ των AAL-SAP₁ και AAL-SAP₂ τη στιγμή της μεταφοράς των data, επιλέγοντας με αυτό τον τρόπο την ποιότητα υπηρεσίας 1 ή 2 (QoS₁ ή QoS₂).



Relation between AAL-SAP and ATM-SAP

SAR υποεπίπεδο

Οι λειτουργίες του AAL-4 SAR υποεπιπέδου είναι όμοιες με αυτές του AAL-3 SAR υποεπιπέδου και η δομή της SAR-PDU του AAL-4 επιπέδου είναι αυτή που δόθηκε για τη SAR-PDU του AAL-3 επιπέδου.

CS υποεπίπεδο

Οι λειτουργίες του AAL-4 CS υποεπιπέδου περιλαμβάνουν την διαφύλαξη της ακεραιότητας της AAL-SDU (integrity of AAL-SDU), δηλαδή την ανίχνευση των ορίων της PDU του ανώτερου επιπέδου και εγγύηση της διάφανης μεταφοράς της, τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων, τη δέσμευση χώρου στον buffer του δέκτη (buffer allocation), την ανίχνευση και διόρθωση λαθών καθώς και τη δρομολόγηση των AAL-SAPs στις κατάλληλες συνδέσεις του ATM επιπέδου (mapping between ATM-SAPs and the ATM layer connections). Το AAL-4 CS υποεπίπεδο χωρίζεται όπως και το AAL-3 CS υποεπίπεδο σε CPCS και SSCS κομμάτια. Τέλος η δομή της CPCS-PDU είναι αυτή που δόθηκε για τη CPCS-PDU του AAL-3 επιπέδου.

3.3 Το ATM επίπεδο

Το ATM επίπεδο έχει σχεδιαστεί ώστε να κάνει το ATM δίκτυο πιο αξιόπιστο, πιο προσαρμοστικό και πιο φιλικό στο χρήστη από τους άλλους τύπους δικτύων. Ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο γειτονικών σημείων, φέρνει στη μορφή των 53-Bytes cell τα δεδομένα και καθορίζει το περιεχόμενο της κεφαλής του ATM cell.

Το ATM Layer εκτελεί τις εξής λειτουργίες:

- 1) Μεταβιβάζει τα εξερχόμενα ATM cells από το AAL στο φυσικό επίπεδο ώστε να μεταφερθούν μέσω του δικτύου στο τελικό ATM σημείο προορισμού.
- 2) Μεταβιβάζει τα εισερχόμενα ATM cells από το φυσικό επίπεδο στο AAL κάθε φορά που λαμβάνονται cells από ένα τελικό ATM σημείο “πηγή”.

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

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

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

Επίσης το ATM επίπεδο:

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

Το ATM επίπεδο είναι ανεξάρτητο του φυσικού επιπέδου. Είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό και την επεξεργασία όλων των πεδίων του header εκτός του πεδίου HEC. Στη διεύθυνση εκπομπής, το ATM επίπεδο χρησιμοποιεί την πληροφορία που λαμβάνει από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο - καθώς και από το επίπεδο διαχείρισης - για τη δημιουργία του header το οποίο προσαρτά στην πληροφορία του χρήστη που έρχεται από το AAL επίπεδο. Στη συνέχεια στέλνει το cell (όπως αυτό διαμορφώθηκε μετά την προσθήκη του header στην πληροφορία του χρήστη) στο φυσικό επίπεδο για τη μετάδοσή του. Στη διεύθυνση λήψης, τα cells τα οποία λαμβάνονται από το φυσικό επίπεδο αποσυναρμολογούνται για να απομονωθεί και να επεξεργασθεί το header και για να σταλεί η πληροφορία του χρήστη στο AAL επίπεδο. Μια διαφανής σύνδεση (transparent connection) που παρέχεται από το ATM επίπεδο στο υψηλότερο επίπεδο, ονομάζεται ATM σύνδεση. Τα δύο είδη ATM συνδέσεων είναι οι συνδέσεις νοητών καναλιών (VCCs - Virtual Channel Connections) και οι συνδέσεις νοητών μονοπατιών (VPCs - Virtual Path Connections).

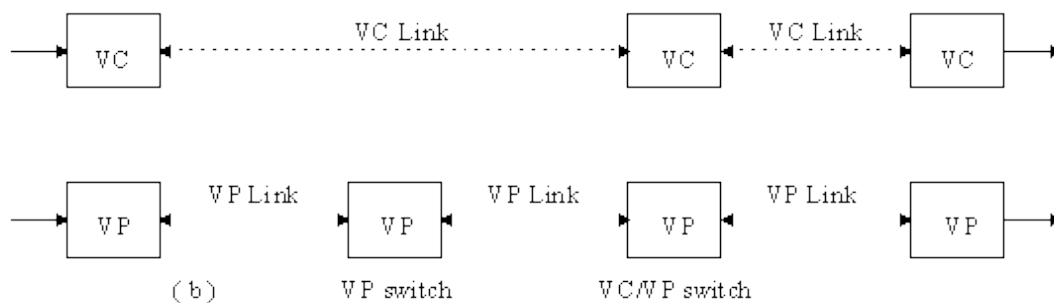
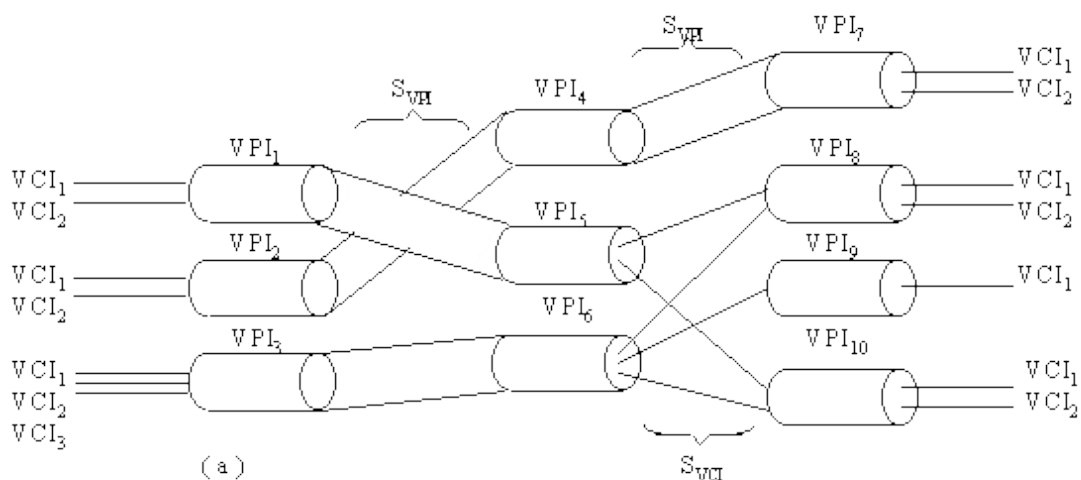
3.3.1 Νοητά Κανάλια

Ο όρος νοητό κανάλι (virtual channel) αναφέρεται σε μία λογική σύνδεση μιας διεύθυνσης (logical unidirectional connection) μεταξύ δύο σημείων για τη μεταφορά ATM cells, ενώ ο όρος νοητό μονοπάτι (virtual path) αναφέρεται σε μία ομάδα νοητών καναλιών που έχουν τα ίδια άκρα και θεωρούνται ως μία λογική οντότητα. Κάθε νοητό κανάλι χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό που ονομάζεται VCI (Virtual Channel Identifier) και κάθε νοητό μονοπάτι από έναν αριθμό VPI (Virtual Path Identifier). Μέσα σε μια σύνδεση νοητών μονοπατιών (VPC) είναι δυνατόν να έχουμε νοητά κανάλια που είναι διαφορετικά μεταξύ τους και ξεχωρίζουν από τα VCI τους. Από την άλλη μεριά, νοητά κανάλια που ανήκουν σε διαφορετικά νοητά μονοπάτια είναι δυνατόν να έχουν το ίδιο VCI. Επομένως, ένα νοητό κανάλι προσδιορίζεται πλήρως από δύο αριθμούς: τους αριθμούς VCI και VPI.

Οι συνδέσεις νοητών καναλιών (VCCs) δημιουργούνται από τη συνένωση νοητών καναλιών (VCs) και έχουν τα άκρα τους στα σημεία εκείνα του δικτύου στα οποία το κομμάτι του cell που περιέχει την πληροφορία του χρήστη περνάει από το ATM επίπεδο στο AAL επίπεδο ή αντίστροφα. Οι συνδέσεις νοητών μονοπατιών (VPCs)

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

Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει με παραστατικό τρόπο όσα προαναφέρθηκαν. Τα νοητά κανάλια παραστώνται με ευθύγραμμα τμήματα και τα νοητά μονοπάτια με κυλίνδρους. Φαίνεται για παράδειγμα ότι το νοητό μονοπάτι με αριθμό VPI_1 αποτελείται από τα νοητά κανάλια με αριθμούς VCI_1 και VCI_2 . Επίσης, φαίνεται ότι ο αριθμός VCI_1 δεν προσδιορίζει μονοσήμαντα ένα νοητό κανάλι, αφού υπάρχουν και άλλα νοητά μονοπάτια εκτός του VPI_1 που έχουν νοητά κανάλια με αριθμό VCI_1 . Για να προσδιορισθεί επομένως ένα νοητό κανάλι μονοσήμαντα πρέπει - όπως έχει ήδη αναφερθεί - να δοθεί και το νοητό μονοπάτι στο οποίο ανήκει.



ATM layer connection (a) VPI and VCI assignments

(b) VP and VC connections

Το S_{VPI} συμβολίζει την ύπαρξη διακόπτη νοητών μονοπατιών (ο οποίος δεν αλλάζει τα VCI παρά μόνο τα VPI) και το S_{VCI} συμβολίζει την ύπαρξη διακόπτη νοητών καναλιών (ο οποίος αλλάζει τόσο τα VCI όσο και τα VPI). Τέλος, ως παράδειγμα σύνδεσης νοητών μονοπατιών (VPC) δίνεται η σύνδεση που αποτελείται από τα νοητά μονοπάτια VPI_1 , VPI_5 και ως παράδειγμα σύνδεσης νοητών καναλιών (VCC) δίνεται η σύνδεση που αποτελείται από τα νοητά κανάλια $VCI_2(VPI_1)$, $VCI_2(VPI_5)$, $VCI_1(VPI_{10})$.

Στον προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI) τα πεδία VCI/VPI καταλαμβάνουν 24 bits και στον προσαρμογέα δικτύου-δικτύου (NNI) 28 bits. Όμως, ο πραγματικός αριθμός bits αυτών των πεδίων στον προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI) καθορίζεται μετά από διαπραγμάτευση ανάμεσα στο χρήστη και το δίκτυο. Η τιμή που επιλέγεται είναι η μικρότερη μεταξύ των δύο τιμών που προβάλλουν ως απαίτηση οι δύο πλευρές. Οι τιμές που εκχωρούνται για τα VPI πρέπει να είναι συνεχόμενες και εκλέγονται αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό bit, ενώ τα αχρησιμοποίητα bits του VPI παίρνουν την τιμή 0. Τα ίδια ισχύουν και για το VCI.

Για την περίπτωση νοητών καναλιών που χρησιμοποιούνται για metasignaling ή για σηματοδότηση (signaling), τα πεδία VPI/VCI παίρνουν τις συγκεκριμένες σταθερές τιμές που δίνονται στον κάτωθι πίνακα. Τα XXXXXXXX και YYYYYYYY δηλώνουν αυθαίρετες τιμές.

<i>Usage</i>	<i>VPI</i>	<i>VCI</i>
Metasignaling virtual channel	00000000 or XXXXXXXXXX	00000000 00000001
General broadcast signaling virtual channel	00000000 or XXXXXXXXXX	00000000 00000010
Segment OAM F4 flow	YYYYYYYY	00000000 00000011
End-to-end OAM F4 flow	YYYYYYYY	00000000 00000100

Pre-assigned VPI/VCI values (UNI)

Για την περίπτωση των unassigned cells (cells δηλαδή του ATM επιπέδου που δεν χρησιμοποιούνται για υπηρεσίες αυτού του επιπέδου) και των cells που είναι δεσμευμένα για το φυσικό επίπεδο, δίνονται οι ακόλουθοι πίνακες περιγραφής των 5 bytes του header.

<i>Usage</i>	<i>Octet 1</i>	<i>Octet 2</i>	<i>Octet 3</i>	<i>Octet 4</i>	<i>Octet 5</i>
For physical layer	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1	HEC
For ATM layer unassigned cell	AAAA0000	00000000	00000000	0000AAA0	HEC

Pre-assigned cell header at the UNI

<i>Usage</i>	<i>Octet 1</i>	<i>Octet 2</i>	<i>Octet 3</i>	<i>Octet 4</i>	<i>Octet 5</i>
For physical layer	00000000	00000000	00000000	0000PPP1	HEC
For ATM layer unassigned cell	00000000	00000000	00000000	0000AAA0	HEC

Pre-assigned cell header at the NNI

Σημειώνεται ότι τα P, A δηλώνουν bits των οποίων η τιμή προσδιορίζεται στο φυσικό και στο ATM επίπεδο αντίστοιχα. Επίσης, τα cells του φυσικού επιπέδου είναι είτε άδεια (idle) cells που στόχο έχουν να γεμίσουν το κενό που δημιουργείται στο προς μετάδοση πλαίσιο όταν δεν υπάρχουν cells προς μετάδοση, είτε cells για τη μεταφορά πληροφορίας αυτοσυντήρησης (OAM information) του φυσικού επιπέδου. Το κομμάτι PPP1 του header στον προσαρμογέα δικτύου-δικτύου (NNI) παίρνει την τιμή 0001 για τα πρώτα και την τιμή 1001 για τα δεύτερα.

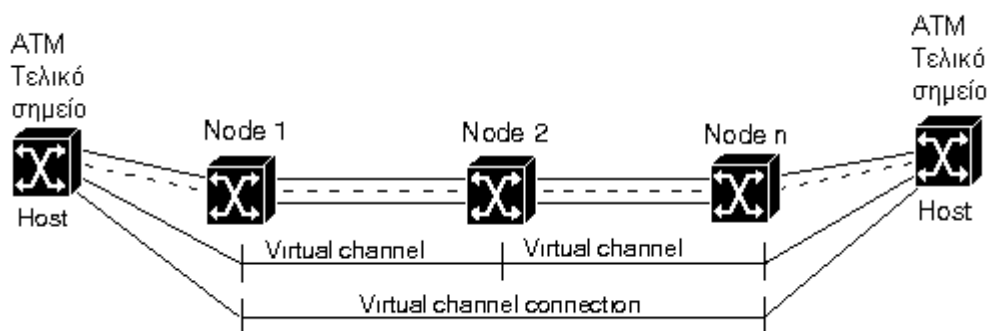
Usage	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4	Octet 5
Idle cell	00000000	00000000	00000000	00000001	HEC
Physical layer OAM cell (F1)	00000000	00000000	00000000	00000011	HEC
Physical layer OAM cell (F3)	00000000	00000000	00000000	00001001	HEC
Reserved cell for physical layer	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1	HEC

Header bit pattern of physical OAM cells

3.3.1.1 Νοητα κανάλια και συνδέσεις νοητών καναλιών

Επειδή η τεχνολογία ATM είναι connection-oriented καμία πληροφορία δεν μπορεί να μεταφερθεί από ένα τελικό σημείο σε ένα άλλο εάν πρώτα δεν έχει δημιουργηθεί μεταξύ τους σύνδεση. Το Virtual Channel (υποθετικό κανάλι) είναι ένα λογικό κύκλωμα που εξασφαλίζει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων σ' ένα ATM δίκτυο. Ένα virtual channel προσδιορίζεται από τον συνδυασμό των πεδίων VPI και VCI της κεφαλής του ATM cell.

Το VCC (Virtual Channel Connections) αποτελεί την σύνδεση μεταξύ δύο τελικών κόμβων του δικτύου που έχουν ροή δεδομένων μεταξύ τους. Αυτού του είδους οι συνδέσεις γίνονται όταν χρειάζονται (on demand), γεγονός που είναι σύνηθες για υπηρεσία ATM μεταγωγής σε ένα ιδιωτικό δίκτυο. Στα δημόσια δίκτυα αυτές οι συνδέσεις έχουν προβλεφτεί ποιες θα είναι και συνήθως φτιάχνονται προκαταβολικά.

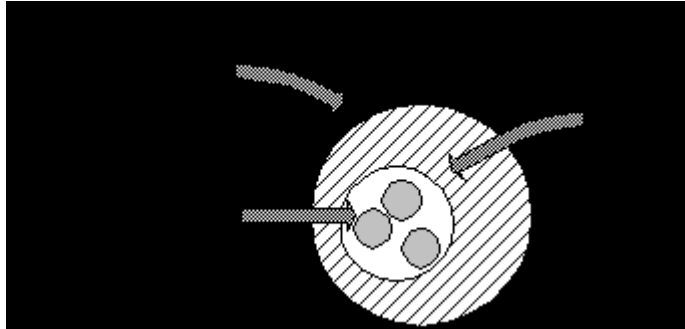


Όλη η επικοινωνία μεταξύ δύο τελικών σημείων σε ένα ATM δίκτυο μπορεί να πραγματοποιηθεί διαμέσου του VCC. Αυτού του είδους η σύνδεση προστατεύει την

σειρά μεταξύ των ATM cells κατά την μεταφορά τους μεταξύ δύο τελικών σημείων και εγγυάται κάποιο βαθμό ποιοτικής υπηρεσίας QoS. Τα ATM cells όμως μπορούν να μεταφερθούν και μέσα σε υποθετικές διαδρομές (virtual paths) VPs.

3.3.1.2 Νοητά μονοπάτια και συνδέσεις νοητών μονοπατιών

Ένα virtual path (VP) είναι μία δέσμη από virtual channels η οποία κατευθύνεται σ'ένα ATM τελικό σημείο. Το VP είναι σαν ένας σωλήνας που περιέχει μία ομάδα από υποθετικές συνδέσεις μεταξύ δύο θέσεων του ATM δικτύου.



Το VP προσδιορίζεται μόνο από το VPI πεδίο της κεφαλής του ATM cell, το VCI πεδίο αγνοείται. Από την πλευρά του δικτύου ένα ATM cell μπορεί να είναι είτε VP cell είτε VC cell. Εάν ένα cell που διασχίζει το δίκτυο είναι VP cell, τότε το δίκτυο προσέχει το VPI πεδίο της κεφαλής του cell, ενώ εάν είναι VC cell τότε το δίκτυο προσέχει το VCI πεδίο.

Δύο πλεονεκτήματα προέρχονται από τα VPs στο δίκτυο:

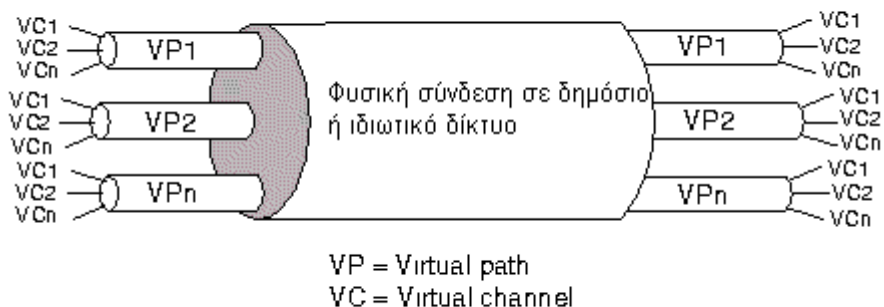
Ο δικτυακός χρήστης (end-user) μπορεί να διαχειριστεί κάποια ATM cells με ένα αποκλειστικό τρόπο ανεξάρτητα του δικτυακού παροχέα υπηρεσιών (service provider).

Στη περίπτωση που ο χρήστης μεταδίδει πληροφορία προς τον ίδιο προορισμό με την χρήση πολλών VCs, ο φόρτος του δικτύου μπορεί να μειωθεί εάν μεταφέρουμε αυτή την πληροφορία σε μία λογική μετάδοση παρά σε πολλές μεταδόσεις. Έτσι το VP εξαλείφει το βάρος της μεταγωγής των πολλών VCs.

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

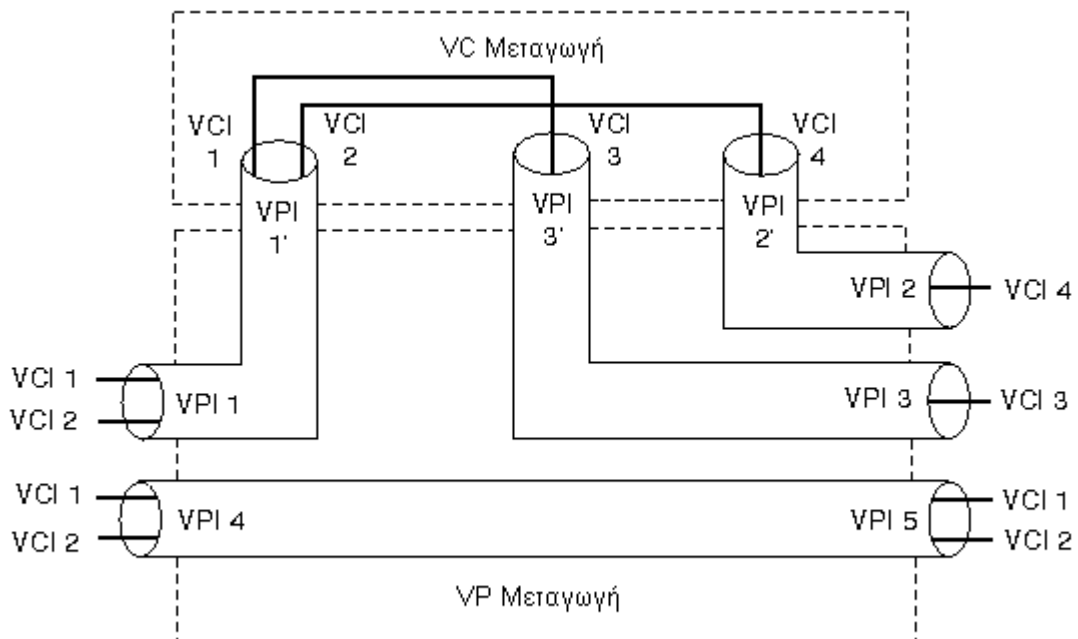
Έτσι τα VPs παρέχουν ένα αποτελεσματικό τρόπο μεταφοράς πληροφορίας που κατευθύνεται στον ίδιο προορισμό. Επίσης τα VPs είναι χρήσιμα για μετάδοση πληροφορίας που απαιτεί σταθερά QoS (καθόλη την διάρκεια -απόσταση).

Virtual channels εντός Virtual paths



Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη ροή της ATM πληροφορίας σ'ένα δίκτυο κατά τη διάρκεια virtual channel μεταγωγής και virtual path μεταγωγής. Στη VC μεταγωγή

προσοχή δίνεται στις μεμονωμένες συνδέσεις (καλώδια) και κατευθύνεται η πληροφορία ανάλογα, ενώ στη VP μεταγωγή το δίκτυο προσέχει συνολικά την μετάδοση.



3.3.4 Λειτουργίες του ATM επιπέδου

Από τις λειτουργίες του ATM επιπέδου, ως πιο σημαντική μπορεί να θεωρηθεί η λειτουργία υπολογισμού των πεδίων VPI/VCI, η λειτουργία δηλαδή, που ασχολείται με τη δρομολόγηση (routing). Εκτός όμως από αυτήν, το ATM επίπεδο υλοποιεί και τις ακόλουθες λειτουργίες :

3.3.4.1 Λειτουργία πολυπλεξίας και αποπολυπλεξίας των cells

Ασχολείται με την πολυπλεξία ATM cells που προέρχονται από διαφορετικά νοητά μονοπάτια (VPs) και νοητά κανάλια (VCs) ώστε να σχηματίσουν μια ενιαία ροή από cells καθώς και με την αντίστροφη διαδικασία.

3.3.4.2 Λειτουργία σχετική με το περιεχόμενο του cell

Από τα τρία bits του πεδίου PT του header, το πρώτο χρησιμοποιείται για να δηλώσει αν τα 48 bytes που έπονται του header περιέχουν πληροφορία του χρήστη (user information) ή πληροφορία του δικτύου (network information). Οι τιμές του bit αυτού

είναι 0 και 1 αντίστοιχα. Το δεύτερο bit, όταν αυτό χρησιμοποιείται από το δίκτυο, δηλώνει αν το cell υπέφερε (1) ή όχι (0) από συνωστισμό (congestion). Ενώ τα συνηθισμένα ATM cells παράγονται στο τερματικό του χρήστη και μπαίνουν στο δίκτυο μέσω του προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI), τα cells που χρησιμοποιούνται για μεταφορά πληροφορίας του δικτύου δημιουργούνται στο εσωτερικό του δικτύου.

3.3.4.3 Λειτουργία προτεραιότητας των cells

Οι υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR) παρουσιάζουν διακυμάνσεις στο ρυθμό μετάδοσης. Είναι δυνατόν να υπάρξουν στιγμές στις οποίες πολλές ταυτόχρονα VBR υπηρεσίες μεταδίδουν δεδομένα με το μέγιστο δυνατό ρυθμό, με συνέπεια να εμφανισθεί συνωστισμός στο δίκτυο (congestion). Ένας τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου είναι με τη χρήση της λειτουργίας προτεραιότητας των cells (CLP function - Cell Loss Priority function).

Η προτεραιότητα που έχει ένα cell μιας υπηρεσίας μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR) καταγράφεται στο μεγέθους ενός bit πεδίο (CLP) του header του cell. Η τιμή αυτή είναι 1 όταν το cell είναι χαμηλής προτεραιότητας και 0 αλλιώς. Το να έχει ένα cell χαμηλή προτεραιότητα σημαίνει ότι σε περίπτωση συνωστισμού απορρίπτεται πρώτο.

Η εν λόγω λειτουργία υλοποιείται λαμβάνοντας υπ' όψιν την ποιότητα που απαιτεί η υπηρεσία (QoS - Quality of Service), η οποία καθορίζεται τη στιγμή που ο χρήστης γίνεται αποδεκτός στο δίκτυο. Η λειτουργία προτεραιότητας πρέπει να εγγυηθεί ότι ο αριθμός των cells χαμηλής προτεραιότητας θα είναι τέτοιος, ώστε ακόμα και αν απορριφθούν όλα αυτά τα cells, να παρέχεται η ποιότητα που απαιτήσε η υπηρεσία τη στιγμή της αποδοχής της.

Το δίκτυο πρέπει συνεχώς να επιτηρεί μέσω διαδικασιών ελέγχου παραμέτρων χρήσης (UPC - Usage Parameter Control) αν ο αριθμός των cells μιας συγκεκριμένης σύνδεσης υπερβεί την προσυμφωνημένη τιμή. Σε περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο, το δίκτυο μπορεί να αγνοήσει ακόμη και τα υψηλής προτεραιότητας cells.

3.3.4.4 Λειτουργία πρόσβασης στο φυσικό μέσο

Η λειτουργία αυτή ελέγχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο στον προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (controls medium access at the UNI) και ελέγχει τη ροή πληροφορίας με στόχο να αντιμετωπίσει τις βραχυπρόθεσμες καταστάσεις υπερφόρτωσης. Επίσης χρησιμοποιείται για τη μείωση του jitter των υπηρεσιών σταθερού ρυθμού μετάδοσης (CBR) και το δίκαιο καταμερισμό χωρητικότητας στις υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR), φροντίζοντας ταυτόχρονα να αποδίδεται σε κάθε χρήστη η προσυμφωνημένη χωρητικότητα. Η λειτουργία πρόσβασης στο φυσικό μέσο (GFC - Generic Flow Control) είναι ανεξάρτητη του φυσικού επιπέδου. Εφαρμόζεται οποιοσδήποτε κι αν είναι ο τρόπος σύνδεσης των χρηστών (σύνδεση δακτυλίου, διαδρόμου, αστέρα κτλ), ενώ πρέπει να είναι ανεπηρέαστη από τη συνολική τηλεπικοινωνιακή κίνηση, τον αριθμό τερματικών και την μεταξύ τους απόσταση. Σε περίπτωση που δεν χρειάζεται η λειτουργία πρόσβασης στο φυσικό μέσο (GFC), το αντίστοιχο πεδίο του header παίρνει την τιμή 0000.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ATM Μεταγωγή

Η ATM τεχνολογία χρησιμοποιεί μια τεχνική μεταγωγής για δυναμική δρομολόγηση και μεταφορά του cell στο ATM δίκτυο. Αυτό γίνεται μέσα από την εγκατάσταση υποθετικών καναλιών VC (virtual channel) και συνδέσεων υποθετικών καναλιών.

εγκατάσταση υποθετικών διαδρομών VP (virtual paths) και συνδέσεων υποθετικών διαδρομών.

εκτέλεση virtual channel και virtual path μεταγωγή.

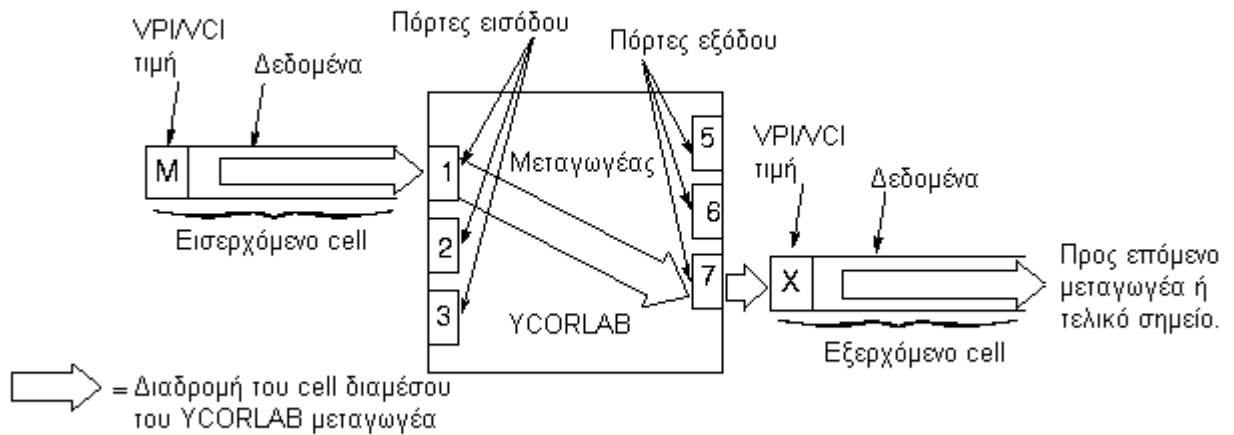
Η ATM τεχνικές μεταγωγής βασίζονται στα δύο πεδία που περιέχει η κεφαλή του ATM cell, δηλαδή στο VPI (Virtual Path Identifier) και VCI (Virtual Channel Identifier).

Αυτά τα πεδία παρέχουν την απαραίτητη πληροφορία για τη δημιουργία της σύνδεσης και για τη δρομολόγηση δεδομένων έτσι ώστε τα ATM cells να μεταφέρονται διαμέσου αρκετών κόμβων του δικτύου στο τελικό προορισμό.

Ουσιαστικά το ATM λειτουργεί ως εξής:

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

Η πορεία ενός ATM cell διαμέσου ενός μεταγωγέα

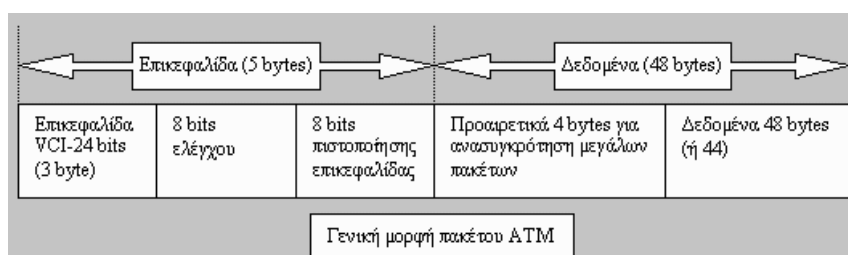


Η ολοκλήρωση των λειτουργιών της μεταφοράς των cells μέσω της ATM τεχνολογίας βασίζεται στις δικτυακές κατασκευές που ονομάζονται VCCs (Virtual channel Connections) και VPs (Virtual Paths).

4.1 Γενική Μορφή Πακέτου ATM

Το ATM είναι η τεχνολογία εκείνη που προσπαθεί να αφαιρέσει από το επίπεδο δικτύου τις ιδιοτροπίες εκείνες που χαρακτηρίζουν κάποιες τεχνολογίες δικτύων καλύτερες σε ορισμένες εφαρμογές και άλλες όχι. Έτσι, κεντρικός στόχος του ATM είναι η ενοποίηση όλων των τηλεπικοινωνιακών δικτύων σε μια κοινή τηλεπικοινωνιακή υποδομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών. Συν όλα αυτά, η φωνή, η εικόνα, το video και τα δεδομένα μεταφέρονται ψηφιακά, και άρα δεν εμφανίζουν ιδιοτροπίες κατά μετάδοση και κατά τη μεταγωγή από κόμβο σε κόμβο. Από νωρίς φάνηκε ότι μια διαφανής συμπεριφορά του δικτύου ως προς τα δεδομένα που διακινούσε θα επιτυγχανόταν κάνοντας χρήση μικρού και περιεκτικού πακέτου.

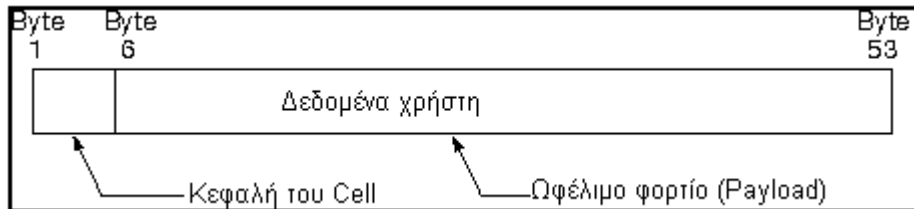
Ένα στοιχειώδες πακέτο ATM σύμφωνα με την άποψη της αμερικάνικης επιτροπής αποτελείται από 53 bytes εκ των οποίων τα 5 πρώτα αποτελούν την επικεφαλίδα (header) που περιέχει σε 3 bytes το μοναδικό αναγνωριστικό σύνδεσης VCI, 1 byte ελέγχου και άλλο 1 byte με κώδικα ανίχνευσης λάθους για την επικεφαλίδα. Τα υπόλοιπα 48 bytes είναι δεδομένα, με προαιρετικά 4 από αυτά να χρησιμοποιούνται σαν αναγνωριστικά για την ανασυγκρότηση μεγαλύτερων πακέτων για ανώτερα στάδια από το ATM (σύμφωνα με το μοντέλο OSI - Open Systems Interconnection) π.χ. IP πακέτα. Σχηματικά :



4.1.1 ATM Cell

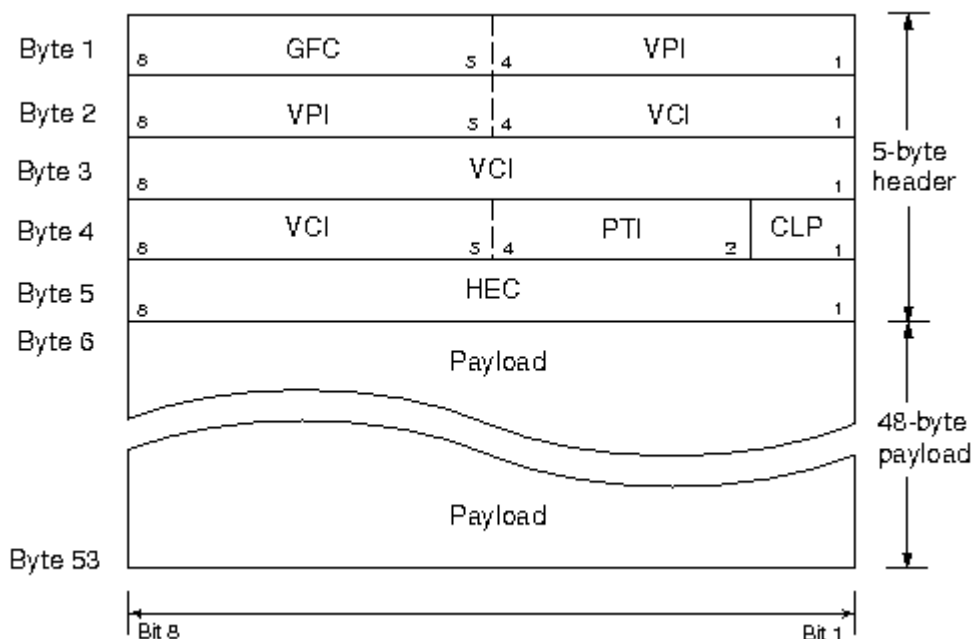
Πρωταρχικό στοιχείο του ATM οικοδομήματος είναι το ATM Cell. Πριν αναλύσουμε διεξοδικά την ροή της πληροφορίας στο ATM δίκτυο θα κάνουμε την παρουσίασή του.

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



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

Παρακάτω εικονίζεται η κεφαλή ενός UNI ATM cell.



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

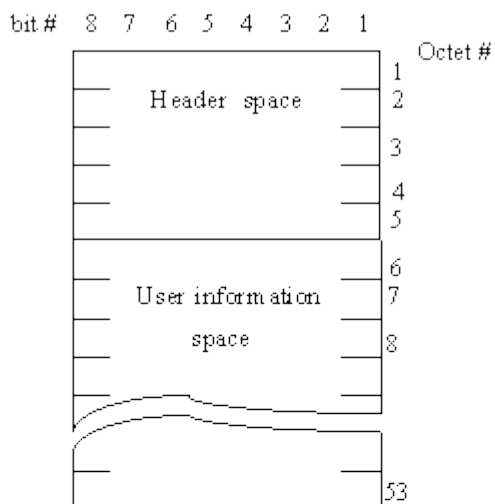
Ένα άλλο πλεονέκτημα που έρχεται από την χρήση σταθερού μήκους cell για την διαχείριση δεδομένων όσον αφορά τη μετάδοσή τους είναι ότι ένα ATM δίκτυο μπορεί να αντιμετωπίσει την ταυτόχρονη μετάδοση πληροφορίας ευαίσθητη στην καθυστέρηση με πληροφορία που έχει ξεσπάσματα στη ροή της. Μπορεί δηλαδή να παρέχει στον ίδιο χρόνο υπηρεσία μετάδοσης σε οποιοδήποτε τύπου πληροφορίας. Η δομή ενός ATM Cell είναι η ίδια για όλο το δίκτυο εκτός μια μικρής παραλλαγής στη κεφαλή μεταξύ του ATM UNI cell και ATM NNI cell.

Το ATM cell είναι η βασική μονάδα μεταφοράς πληροφορίας. Αποτελείται από 53 bytes από τα οποία τα 48 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας του χρήστη (user information), ενώ τα υπόλοιπα 5 bytes αποτελούν το πρόθεμα (header) του ATM cell.

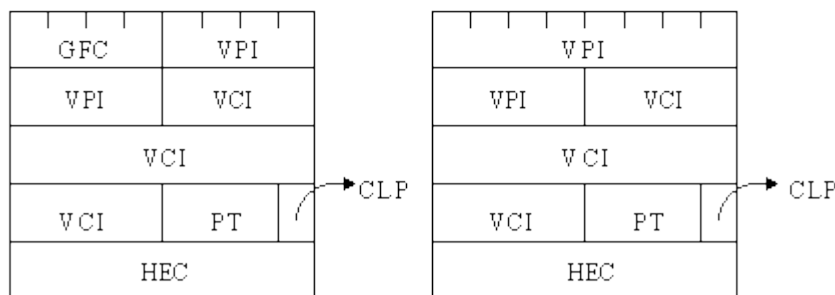
Τα πεδία που συνθέτουν το header είναι τα ακόλουθα :

- 1 GFC, του οποίου η κύρια λειτουργία είναι ο έλεγχος της πρόσβασης στο φυσικό μέσο (physical access control), ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την μείωση του cell jitter των υπηρεσιών σταθερού ρυθμού μετάδοσης (CBR), το δίκαιο καταμερισμό χωρητικότητας στις υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR), καθώς και για τον έλεγχο της ροής πληροφορίας των τελευταίων .
- 2 VPI/VCI, που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τους κωδικούς VP/VC του cell, έτσι ώστε να είναι δυνατό να αναγνωρίσουμε τα cell που ανήκουν στην ίδια σύνδεση.
- 3 PT, για να προσδιορίσει αν το cell περιέχει ή όχι πληροφορία του χρήστη (user information) και αν υπέφερε ή όχι από συνωστισμό (traffic congestion).
- 4 CLP, το οποίο είναι ένα bit που καθορίζει αν το εν λόγω cell μπορεί να απορριφθεί σε περίπτωση συνωστισμού (congestion) στο δίκτυο ή όχι.
- 5 HEC, το οποίο έχει μέγεθος ενός byte. Ανιχνεύει και διορθώνει λάθη στο cell header, ενώ χρησιμοποιείται και για την ανίχνευση των ορίων των cell headers (delineating the cell header).

Τα ακόλουθα σχήματα παρουσιάζουν τη δομή του header στον προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI - User-Network Interface) και δικτύου-δικτύου (NNI - Network Node Interface) αντίστοιχα. Επίσης στον πίνακα δίνονται τα bit που καταλαμβάνει κάθε πεδίο του header.



(a)



(b)

(c)

ATM cell structure (a) cell structure (b) header structure at UNI
 (c) header structure at NNI

Function	Bit allocation	
	UNI	NNI
GFC	4	0
VPI	8	12
VCI	16	16
PT	3	3
CLP	1	1
HEC	8	8

Bit allocation of cell header

Τα ATM cells μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το επίπεδο και τη λειτουργία με την οποία σχετίζονται. Για παράδειγμα το ATM layer cell είναι ένα cell που δημιουργείται στο ATM επίπεδο και ομοίως το physical layer cell δημιουργείται στο φυσικό επίπεδο (physical layer). Μια περαιτέρω ταξινόμηση είναι αυτή του πίνακα 2.3 που χωρίζει τα cells του ATM επιπέδου (ATM layer cells) σε assigned cells (χρησιμοποιούνται για υπηρεσίες του ATM επιπέδου) και unassigned cells (τα υπόλοιπα) και τα cells του φυσικού επιπέδου (physical layer cells) σε OAM cells (για τη μεταφορά OAM πληροφορίας του φυσικού επιπέδου) και άδεια (idle) cells που

στόχο έχουν να γεμίσουν το κενό που δημιουργείται όταν δεν υπάρχουν cells προς μετάδοση.

<i>According to layer</i>	<i>According to function</i>	<i>Function</i>
ATM layer	Assigned cell	Services related to upper layer
	Unassigned cell	Services inherent to ATM layer
Physical layer	Idle cell	Stuffing blank space
	Physical layer OAM cell	OAM cell

Classification of ATM cell

4.2 Συνδέσεις σε Ένα Δίκτυο ATM

Ο ευρωπαϊκός οργανισμός ITU-T (πρώην CCITT) έχει χωρίσει σε τέσσερις μεγάλες κλάσεις (ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους) τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που μπορεί να παρέχει το ATM. Συγκεκριμένα:

- **Κλάση Α'** : Υπηρεσίες με σύνδεση, ευαίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με σταθερό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως φωνή, εξομοίωση κλειστού κυκλώματος γενικά και video σταθερού ρυθμού ροής.
- **Κλάση Β'** : Υπηρεσίες με σύνδεση, ευαίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως video μεταβαλλόμενου ρυθμού ροής (λόγω συμπίεσης).
- **Κλάση Γ'** : Υπηρεσίες με σύνδεση, αναισθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις X.25 ή αναμετάδοση πλαισίου (frame relay)
- **Κλάση Δ'** : Υπηρεσίες χωρίς σύνδεση, αναισθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις SMDS ή εξομοίωση πρωτοκόλλων ανωτέρου επιπέδου (TCP/IP).

Στα δίκτυα STM, η θέση των πακέτων σε ένα bucket μπορεί να αλλάζει καθώς το πακέτο μεταπηδάει από κάποιο ενδιάμεσο σύνδεσμο (link) σε ένα άλλο. Κατ' αντιστοιχία, σε ένα δίκτυο ATM, το περιεχόμενο της επικεφαλίδας αναγνωριστικού εικονικής σύνδεσης (VCI) αλλάζει καθώς ένα πακέτο ATM μεταπηδά από τη μία πλευρά ενός κόμβου ATM σε μία άλλη. Για την ομαλή διεξαγωγή της δρομολόγησης, σε κάθε κόμβο υπάρχουν πίνακες αντιστοίχισης, που κάνουν ότι ακριβώς υπονοεί το όνομά τους, δηλ. αντιστοιχίζουν τα VCI των εισερχομένων πακέτων με τα VCI των εξερχόμενων.

Ένα παράδειγμα : Ας υποθέσουμε ένα δίκτυο ATM με κόμβους στην Αθήνα, την Κόρινθο, τη Τρίπολη, τη Καλαμάτα και τη Πάτρα. Έστω τώρα ότι ο Γιάννης και το τερματικό του βρίσκονται στην Πάτρα (Π) και θέλει να επικοινωνήσει με τον κεντρικό υπολογιστή της εταιρείας του που βρίσκεται στην Αθήνα (ΑΘ). Η αίτηση από τον υπολογιστή του πηγαίνει στο αντίστοιχο κομβικό κέντρο και γίνεται μια ανταλλαγή παραμέτρων σύνδεσης (όπως η διεύθυνση προορισμού, το είδος των πακέτων, μέγιστο εύρος ζώνης, μέσο αναμενόμενο εύρος ζώνης, ελάχιστη ποιότητα υπηρεσιών όπως ανοχή σε καθυστερήσεις και σε απώλειες πακέτων κ.λ.π.). Στο

κομβικό κέντρο αντίστοιχα, αντίστοιχο λογισμικό αποφασίζει τη βέλτιστη διαδρομή (η τουλάχιστον ποια θα έπρεπε να είναι αυτή), και στέλνει σε όλα τα κομβικά κέντρα πάνω στο επιλεγμένο μονοπάτι, αίτηση εγκατάστασης επικοινωνίας.

Ας υποθέσουμε ότι π.χ. λόγω ταχύτητας απόκρισης επελέγη η διαδρομή Πάτρα-Καλαμάτα-Κόρινθος-Αθήνα (γιατί η γραμμή με τη Τρίπολη έχει μεγάλη καθυστέρηση ή γιατί έχει συμφόρηση). Ο καθένας από τους τέσσερις κόμβους αναθέτει κάποιο από το αχρησιμοποίητο αναγνωριστικό εικονικής σύνδεσης και το διαθέτει για τη σύνδεση με τον επόμενο κόμβο και ταυτόχρονα αντιστοιχεί αυτό το αναγνωριστικό με αυτό από το προηγούμενο κόμβο, αν υπάρχει. Για παράδειγμα, ο κόμβος της Πάτρας αναθέτει το αναγνωριστικό εικονικής σύνδεσης VC1, ο κόμβος της Καλαμάτας αναθέτει το αναγνωριστικό εικονικής σύνδεσης VC2 και ο κόμβος της Κορίνθου αναθέτει το αναγνωριστικό εικονικής σύνδεσης VC3. Όταν ένα πακέτο με αναγνωριστικό VC2 φτάσει στην Κόρινθο από τη Καλαμάτα, αυτό αλλάζει αναγνωριστικό (σε VC3) και μεταπηδάει στην Αθήνα. Μόλις εξασφαλιστεί το μονοπάτι από όλους του κόμβους και φτιαχτούν τα (προσωρινά) routing tables, τότε επιβεβαιώνεται το τερματικό του Γιάννη ότι όλα είναι καλά και ότι μπορεί να αρχίσει η μεταφορά των δεδομένων. Μόλις ο Γιάννης τερματίσει τη σύνδεση, τότε τα αναγνωριστικά VCI σε κάθε κόμβο γίνονται διαθέσιμα για άλλες συνδέσεις και οι σχετικές εγγραφές στο πίνακα δρομολόγησης (routing table) σβήνονται.

Είναι δυνατό ορισμένα VCI να είναι δεσμευμένα για κοινές υπηρεσίες, κατ'αντιστοιχία με τους τριψήφιους αριθμούς του ΟΤΕ (π.χ. 141 για την ώρα) ή με τα δεσμευμένα κατά IETF (Internet Engineering Task Force) port numbers στα πρωτόκολλα TCP/UDP (π.χ. TCP port 80 για WWW servers). Εδώ όμως πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει κάτι το αντίστοιχο με τη δυναμική ανάθεση ports στο TCP/IP (όπως π.χ. στις συνδέσεις client/server) για τις επικεφαλίδες VCI, και αυτό γιατί σε κάθε σύνδεση ATM πρέπει να υπάρχει κάποια ισότητα ανάμεσα σε όσους τη μοιράζονται για το διαθέσιμο εύρος ζώνης, και γιατί αλλιώς θα γινόταν πραγματικός πόλεμος για τη διεκδίκηση κάποιων επικεφαλίδων VCI που γρήγορα θα προκαλούσε την εξάντληση των διαθέσιμων επικεφαλίδων VCI. Εξαίρεση μπορεί να γίνει ειδικά στη περίπτωση του ίδιου του τηλεπικοινωνιακού οργανισμού που κάνει αίτηση για επικεφαλίδες VCI έτσι ώστε να τις χρησιμοποιήσει για κρίσιμες συνδέσεις (π.χ. έλεγχος απομακρυσμένων κόμβων από κεντρικό σημείο).

4.2.1 Διευθέτηση της σύνδεσης και ATM σηματοδοσία

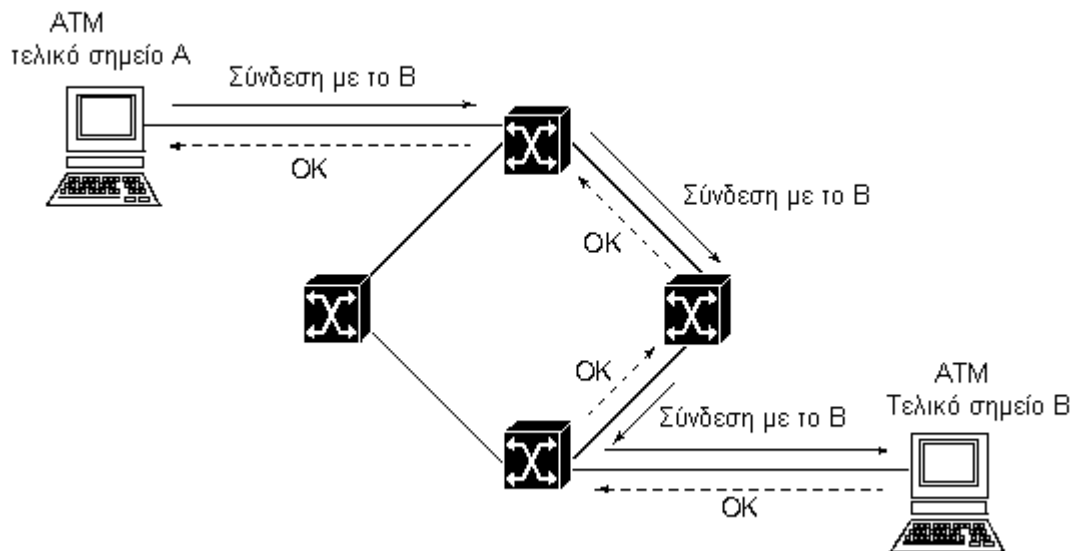
Το ATM είναι connection-oriented cell relay τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων η οποία απαιτεί την πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων πριν την μετάδοση των δεδομένων. Η ATM σηματοδοσία είναι ο μηχανισμός δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ τελικών σημείων διαμέσου του ATM δικτύου.

Για να επιτευχθεί η σύνδεση, πακέτα σηματοδοσίας στέλνονται από το σημείο της πηγής στο σημείο προορισμού μέσω ενός virtual channel (υποθετικού καναλιού) το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για διαδικασίες ATM σηματοδοσίας. Όλοι οι μεταγωγείς σε ένα ATM δίκτυο είναι ρυθμισμένοι να δέχονται κάθε πακέτο σηματοδοσίας από το αποκλειστικό υποθετικό κανάλι σηματοδοσίας. Μόλις λάβουν οι μεταγωγείς τέτοιο πακέτο ξεκινούν μια εσωτερική διαδικασία προώθησης της αίτησης για πραγμάτωση της σύνδεσης διαμέσου του δικτύου.

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

απορριφθεί τότε παύει και η ύπαρξη του “διαδρόμου”.

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΣΩ ATM ΣΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



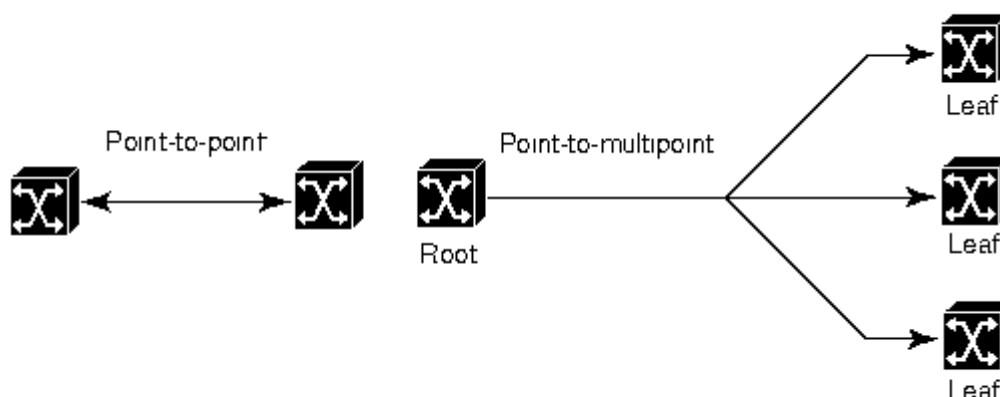
Η πληροφορία σηματοδοσίας (signaling information) μεταφέρεται στο BISDN ανεξάρτητα, μέσω cells σηματοδοσίας που έχουν σταθερές (fixed) τιμές στα πεδία VCI/VPI.

Η σηματοδοσία (signaling) είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των συνδέσεων νοητών καναλιών (VCC) και μονοπατιών (VPC). Κατέχει δηλαδή τη δυνατότητα θεμελίωσης (establishing), διατήρησης (maintaining) και λύσης (removing) συνδέσεων νοητών καναλιών (VCC) και μονοπατιών (VPC), καθώς και παροχής μόνιμης ή ημιμόνιμης σύνδεσης (permanent or semipermanent setup). Υπηρεσίες από-σημείο-σε-σημείο, από-σημείο-σε-πολλά-σημεία, όπως και υπηρεσίες εκπομπής σήματος (broadcast communication configurations) πρέπει να υποστηριχθούν. Η σηματοδοσία ασχολείται επίσης με τη διαπραγμάτευση των παραμέτρων της κλήσης (connection traffic parameters), τόσο στη στιγμή αποδοχής της κλήσης, όσο και κατά τη διάρκεια της. Όσον αφορά την υλοποίηση των κλήσεων πολλαπλών συνδέσεων (multiconnection calls - κλήσεις στις οποίες συνδέονται μεταξύ τους πολλοί χρήστες) και των κλήσεων στις οποίες πολλοί χρήστες προσπελαίνουν το ίδιο σημείο του δικτύου, π.χ. μια βάση δεδομένων (multiparty connections), απαιτείται από τη σηματοδοσία η δυνατότητα συσχέτισης των κλήσεων που αποτελούν μια κλήση πολλαπλών συνδέσεων (multiconnection call), ώστε αυτές να συνδεθούν μεταξύ τους, η δυνατότητα προσθήκης/αφαίρεσης χρηστών σε/από μια multiconnection ή multiparty κλήση, η δυνατότητα επαναπροσδιορισμού της τοπολογίας (reconfiguration) μιας multiparty κλήσης όταν αλλάζει ο αριθμός των χρηστών που λαμβάνουν μέρος σε αυτήν, η δυνατότητα δρομολόγησης μιας κλήσης σε πολλούς χρήστες και τέλος, απαιτείται η ικανότητα υποστήριξης συμμετρικών και μη συμμετρικών απλών κλήσεων (symmetric or nonsymmetric simple calls).

Ακόμα, σημαντικό στοιχείο της σηματοδοσίας αποτελεί η ταυτόχρονη υποστήριξη διαφορετικών κωδικοποιήσεων αλλά και υπηρεσιών εκτός των ορίων του BISDN (support of interworking between different coding schemes, as well as support of interworking with non-BISDN services).

4.2.2 Τύποι σύνδεσης

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



Point-to-point—Συνδέει δύο ATM τελικά σημεία. Τέτοιες συνδέσεις είναι διπλής κατεύθυνσης σε λειτουργία και απαιτούν την πραγματοποίηση δύο υποθετικών καναλιών (virtual channel) για να ολοκληρωθεί ο διάδρομος μετάδοσης μεταξύ των δύο επικοινωνούντων σημείων.

Point-to-multipoint—Συνδέει ένα ATM τελικό σημείο (το οποίο ονομάζεται root-ρίζα) με πολλά τελικά σημεία (leaves-φύλλα-Τοπολογία δέντρου). Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται από ένα ATM μεταγωγέα σε μία σύνδεση που χωρίζεται σε δύο ή περισσότερους κλάδους. Τέτοιου είδους συνδέσεις είναι μονής κατεύθυνσης επιτρέποντας στη ρίζα να μεταδίδει δεδομένα προς τα φύλλα ενώ τα φύλλα δεν μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα ούτε στη ρίζα αλλά ούτε μεταξύ τους.

4.3 Έλεγχος Ροής στο ATM

Αντίθετα με το TCP, όπου ο έλεγχος ροής γίνεται από τα δύο άκρα, οι μεγάλες χωρητικότητες του ATM (της τάξης των Gbit/sec) γεννούν ένα διαφορετικό σύνολο απαιτήσεων για τον έλεγχο ροής δεδομένων. Εάν ο έλεγχος ροής γινόταν στα δύο άκρα, τότε μέχρι το κάποιο μήνυμα ελέγχου ροής να φτάσει στον προορισμό του, πολλά Mbyte δεδομένων θα είχαν φύγει από την αντίθετη κατεύθυνση, χειροτερεύοντας σε έσχατο σημείο ίσως μια πιθανή κατάσταση συμφόρησης.

Αντίστροφα, μέχρι ο παραλήπτης του μηνύματος ελέγχου ροής να αντιδράσει, θα μπορούσε η συμφόρηση να είχε ελαχιστοποιηθεί, οπότε και θα είχαμε φαινόμενα άσκοπης καθυστέρησης στον παραλήπτη, καθώς στέλνει πίσω στον αποστολέα την απάντηση στο μήνυμα ελέγχου ροής.

Ο χρόνος απόκρισης σε μηνύματα ελέγχου από άκρη σε άκρη είναι τόσο μεγάλος σε σχέση με το εύρος ζώνης, που μια τέτοια αντιμετώπιση είναι εντελώς μη πρακτική.

Οι καταστάσεις συμφόρησης στα δίκτυα ATM αναμένεται να είναι εξαιρετικά δυναμικές και ταχέως μεταβαλλόμενες, οπότε και προκύπτει η ανάγκη για γρήγορους μηχανισμούς στο υλικό για να απορροφούν τις απότομες διακυμάνσεις στο φορτίου του δικτύου και να το κρατούν σε σταθερή κατάσταση. Παράλληλα, γίνεται έτσι αναγκαίο να αναμιγνύεται το ίδιο το δίκτυο στην κατάστασή του, συμβάλλοντας ενεργά στη σταθεροποίησή του. Ξεφεύγει δηλαδή ο έλεγχος ροής από τα ανώτερα επίπεδα (κατά OSI) και κατεβαίνει στο επίπεδο υλικού.

Για το σκοπό αυτό έχουν οριστεί τα εξής πρωτόκολλα στο ATM:

- **CAC** (Connection Admission Control) : Ορίζει ένα σύνολο από πράξεις του δικτύου για να ελέγξει την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου και να επιτρέψει ή όχι τη σύνδεση για τις παραμέτρους της σύνδεσης που δίνονται από τη χρήστη (π.χ. μέγιστος ρυθμός ροής πακέτων, μέσος ρυθμός ροής πακέτων, μέγιστη επιτρεπτή καθυστέρηση μεταφοράς πακέτων, ανοχή σε απώλεια πακέτων κ.λ.π.)
- **UPC/NPC** (Usage/Network Parameter Control) : Ορίζει ένα σύνολο από πράξεις του δικτύου για να παρακολουθεί την τρέχουσα κατάσταση και την κυκλοφορία σε μία σύνδεση ATM, καθώς και την ορθή δρομολόγηση των πακέτων. Χρησιμοποιείται επίσης ο όρος «συνάρτηση επιτήρησης» (Police Function) καθώς είναι υπεύθυνο για παρατυπίες στις συνδέσεις (σε σχέση με τις αρχικά συμφωνημένες παραμέτρους σύνδεσης).
- **CLP** (Cell Loss Priority) : Ορίζει (με ένα bit στην επικεφαλίδα κάθε πακέτου) την προτεραιότητα ενός πακέτου - χαμηλή ή υψηλή. Αυτό επιτρέπει την απόρριψη των χαμηλής προτεραιότητας πακέτων όταν ένας κόμβος έχει φτάσει σε κατάσταση υπερχειλίσεως.
- **NRM** (Network Resource Management) : Ορίζει την διαχείριση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου και φροντίζει για την ορθή ανάθεση (allocation) των πόρων του δικτύου όταν ζητείται μία νέα σύνδεση από ένα δίκτυο ATM.
- **Traffic Shaping** : Δίνει τη δυνατότητα να «μορφοποιηθεί» η ροή μίας πηγής πακέτων με καταρρακτώδη ροή, δηλ. να ομαλοποιηθεί ο ρυθμός ροής πακέτων μέσω απομονωτών (buffers). Αυτό επιτυγχάνει πιο αποδοτική χρήση της υφιστάμενης σύνδεσης, αλλά εισάγει μια ανεπιθύμητη καθυστέρηση στο χρόνο μετάδοσης (λόγω του απομονωτή)

4.3.1 Έλεγχος ροής Πληροφορίας (Flow Control)

Είναι γνωστό ότι ο ρυθμός με τον οποίο στέλνουν cells τα τερματικά στο δίκτυο δεν είναι σταθερός, όχι μόνο γιατί υπάρχουν υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR), αλλά και γιατί τόσο σε αυτές, όσο και στις υπηρεσίες σταθερού ρυθμού μετάδοσης (CBR), παρουσιάζονται εναλλαγές μεταξύ ανενεργών περιόδων (idle periods) στις οποίες δεν παράγονται cells και ενεργών περιόδων (burst periods) στις οποίες τα cells παράγονται σε μορφή ριπής (burst). Για παράδειγμα, αναφέρεται η φωνή, στην οποία η μέση ενεργή περίοδος έχει διάρκεια 352 msec και η μέση ανενεργή περίοδος διάρκεια 650 msec, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τις στατικές εικόνες (still pictures) είναι 500 msec και 11000 msec.

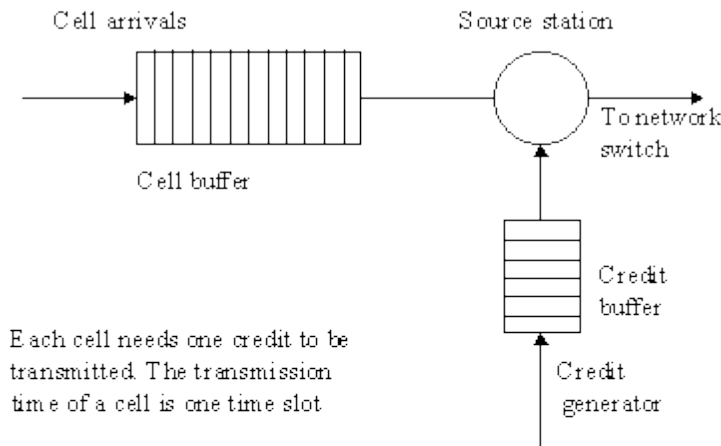
Αν επομένως πολλές πηγές βρεθούν ταυτόχρονα στην ενεργή (bursty) περίοδο, ο συνδυασμένος ρυθμός άφιξης cells είναι δυνατόν να υπερβεί τη χωρητικότητα κάποιας γραμμής ή κάποιου ATM διακόπτη, με συνέπεια την εμφάνιση συνωστισμού (congestion) στο δίκτυο, που οδηγεί σε απώλειες cells καθώς και σε αυξημένες καθυστερήσεις μετάδοσης. Βέβαια συνωστισμός μπορεί να προκληθεί και από βλάβες στα δομικά στοιχεία του δικτύου. Όμως, όποια και αν είναι η αιτία, το ζητούμενο είναι η εύρεση μηχανισμών ελέγχου ροής (flow control/traffic control) που θα αντιμετωπίζουν με αποτελεσματικό τρόπο τον συνωστισμό. Ακόμη, αυτοί οι μηχανισμοί έχουν στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων του δικτύου. Οι μέθοδοι ελέγχου ροής πληροφορίας χωρίζονται σε δύο τύπους. Ο πρώτος έχει στόχο την αντιμετώπιση καταστάσεων συνωστισμού αφού αυτός κάνει την εμφάνισή του, ή όταν εμφανισθούν σημάδια επικείμενου συνωστισμού, ενώ ο δεύτερος τύπος στοχεύει στην πρόληψη της εμφάνισής του. Στα υπάρχοντα δίκτυα μεταγωγής πακέτων χρησιμοποιούνται μέθοδοι ελέγχου ροής πληροφορίας του πρώτου τύπου, οι

οποίοι όμως είναι ανεπαρκείς στην περίπτωση των BISDN δικτύων για τα οποία καταλληλότεροι είναι οι μέθοδοι του δευτέρου τύπου.

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των μεθόδων ελέγχου ροής πληροφορίας γίνεται με βάση το επίπεδο στο οποίο εφαρμόζεται ο έλεγχος. Είναι δυνατόν ο έλεγχος να γίνεται είτε στο επίπεδο του cell (μέθοδοι που θα εξετασθούν στη συνέχεια), είτε στο επίπεδο της κλήσης, οπότε αναφερόμαστε σε μεθόδους ελέγχου αποδοχής κλήσης (CAC - Connection Admission Control) που θα εξετασθούν στην επόμενη παράγραφο.

4.3.1.1 Αλγόριθμος διαχείρισης πίστωσης (CMA)

Στην περίπτωση ελέγχου στο επίπεδο του cell, παρουσιάζεται αρχικά ο αλγόριθμος διαχείρισης πίστωσης (CMA - Credit Manager Algorithm), σύμφωνα με τον οποίο κάθε πηγή (source station) έχει ένα buffer για να αποθηκεύει τα cells που δεν έχει το δικαίωμα να στείλει στον ATM διακόπτη του δικτύου (network switch) και ένα buffer μεγέθους C_{max} στον οποίο αποθηκεύονται τα credits (ένα cell απαιτεί ένα credit για τη μετάδοσή του), όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα.



Each cell needs one credit to be transmitted. The transmission time of a cell is one time slot

H credit is generated every K time slots. $H=1,2,3 \dots, K$

Credit buffer is of size C_{max}

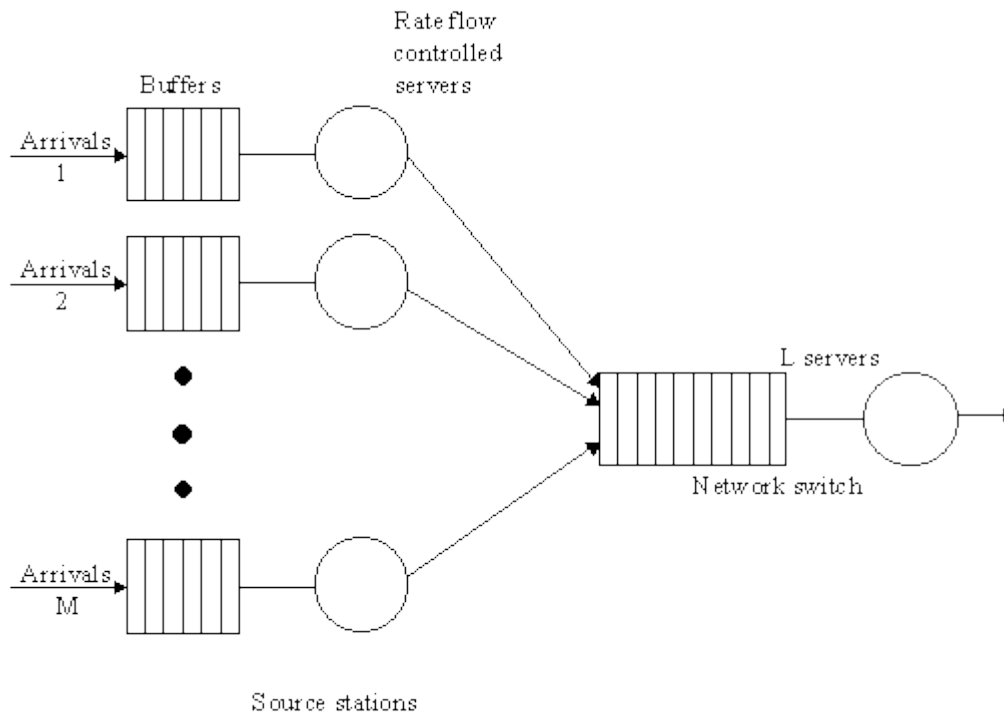
Cells without sufficient credit are stored in the cell buffer

Illustration of credit manager algorithm

Ο CMA αλγόριθμος χωρίζει το χρόνο σε διαδοχικά πλαίσια (frames) κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από k θέσεις (slots). Κάθε slot έχει διάρκεια ίση με το χρόνο μετάδοσης ενός cell. Αν επομένως από τις M πηγές που είναι συνδεδεμένες στον διακόπτη οι N από αυτές βρίσκονται σε ενεργή περίοδο (burst period) και οι διακόπτης μπορεί να διαθέσει L credits σε μια χρονική περίοδο ίση με ένα πλαίσιο (ο αριθμός L εξαρτάται από την ικανότητα του διακόπτη να δρομολογεί cells στις κατάλληλες εξόδους), τότε ο αλγόριθμος μοιράζει εξίσου στις N πηγές τα L credits. Προφανώς ο αριθμός των credits που χορηγούνται σε κάθε πηγή δεν μπορεί να υπερβαίνει το k (τον αριθμό των slots του πλαισίου).

Οι πηγές χρησιμοποιούν τα credits που τους αποστέλλονται για την μετάδοση των cells. Ένα credit απαιτείται για την μετάδοση ενός cell, ενώ όσα cell δεν έχουν credit

για την μετάδοση τους, αποθηκεύονται στον buffer της πηγής. Σε περίπτωση που υπάρχει περίσσεια από credits, αυτά αποθηκεύονται στον credit buffer, μέχρι που αυτός να γεμίσει, οπότε και σταματάει η παροχή credits στην συγκεκριμένη πηγή.



Queueing model of A network switch and M source stations

Σημειώνεται ότι για την επικοινωνία των πηγών και του διακόπτη θεμελιώνεται ένα ξεχωριστό κανάλι σηματοδότησης (signaling channel), μέσα από το οποίο πληροφορεί η πηγή τον διακόπτη σε ποια περίοδο βρίσκεται (ενεργή/ανενεργή - bursty/idle) και ο διακόπτης την πηγή σχετικά με τα credits που της παρέχονται. Τέλος, αναφέρεται ότι στους σταθμούς που βρίσκονται σε ανενεργή περίοδο (idle period) αποστέλλεται στην αρχή κάθε πλαισίου ένα credit, με την εκμετάλλευση του οποίου θα πληροφορήσει η πηγή τον διακόπτη σχετικά με την περίοδο στην οποία βρίσκεται.

4.3.1.2 Αλγόριθμος δυναμικού ελέγχου (DRC)

Βασικό στοιχείο του αλγορίθμου δυναμικού ελέγχου (DRC - Dynamic Rate Control) είναι η υπόθεση ότι τα σήματα υπόκεινται σε κωδικοποίηση πριν την είσοδό τους στο δίκτυο και ότι ο αλγόριθμος κωδικοποίησής του προς μετάδοση σήματος έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει τον τρόπο κωδικοποίησης ώστε η έξοδός του να είναι σήμα υψηλού ή χαμηλού ρυθμού, ανάλογα με την κωδικοποίηση που εφαρμόστηκε. Ο συνωστισμός (congestion) μετριέται στους κόμβους του δικτύου τους οποίους τα cells ενός χρήστη προσπελούν στη διαδρομή από την πηγή ως το δέκτη. Κάθε φορά που ένας κόμβος αποστέλλει ένα cell στην κατάλληλη έξοδο, ενημερώνει το bit εκείνο του cell το οποίο αναφέρεται στην ύπαρξη ή μη συνωστισμού (FCIB - Forward Congestion Indication Bit). Αν λοιπόν υπήρξε συνωστισμός στον κόμβο (αν για παράδειγμα η πληρότητά του buffer του κόμβου ήταν πάνω από κάποιο όριο), τότε ο κόμβος δίνει στο FCIB την τιμή 1, αν όχι, το FCIB μένει ως έχει (0). Όταν επομένως ένα cell που φτάνει στο δέκτη έχει το FCIB ίσο με 1, σημαίνει ότι το συγκεκριμένο cell συνάντησε συνωστισμό σε ένα τουλάχιστον κόμβο στη διαδρομή από την πηγή ως το δέκτη.

Δεν αρκεί όμως η εμφάνιση ενός cell που να έχει το FCIB ίσο με 1 για να θεωρηθεί ότι υπάρχει συνωστισμός στο δίκτυο. Πρέπει να εμφανισθούν k τέτοια cells στο δέκτη μέσα σε κάποιο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα για να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη συνωστισμού. Τόσο το k όσο και το προαναφερθέν χρονικό διάστημα αποτελούν παραμέτρους του DRC αλγορίθμου.

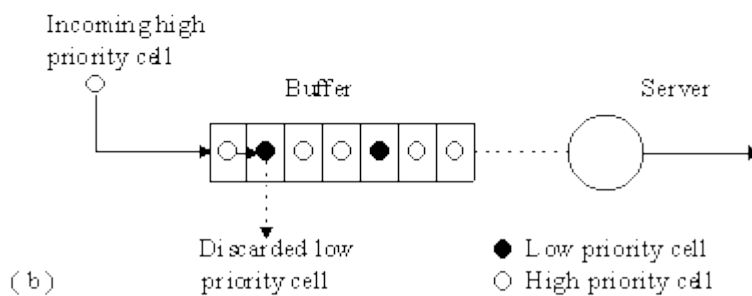
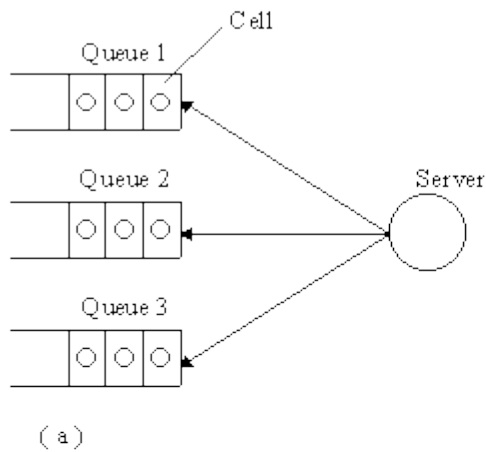
Όταν επιβεβαιώσει ο δέκτης την ύπαρξη συνωστισμού, πρέπει να πληροφορήσει την πηγή, είτε στέλνοντάς της ένα cell ειδοποίησης, είτε χρησιμοποιώντας ένα άλλο bit του cell που ονομάζεται RCIB (Reverse Congestion Indication Bit). Με τη λήψη αυτής της πληροφορίας, η πηγή της οποίας το cell υπέφερε από συνωστισμό, αλλά και όλες οι άλλες πηγές που συνδέονται στον ίδιο κόμβο με αυτήν, μεταβάλλουν την κωδικοποίηση των σημάτων εισόδου ώστε να παράγονται σήματα χαμηλού ρυθμού στην έξοδο των κωδικοποιητών, με συνέπεια να μειωθεί το μήκος της ουράς στους buffers των κόμβων.

Η υποχώρηση του συνωστισμού (όταν αυτή γίνει αντιληπτή από το δέκτη), έχει ως αποτέλεσμα την επιστροφή των πηγών σε υψηλό ρυθμό, μετά από τη σχετική γνωστοποίηση. Αν ως μέτρο ύπαρξης συνωστισμού θεωρηθεί η πλήρωση του buffer, υπάρχει η πιθανότητα εμφάνισης ταλαντώσεων στο μέγεθος της ουράς του buffer και στο ρυθμό των κωδικοποιημένων σημάτων. Προς αποφυγή των ταλαντώσεων είναι επιθυμητή η παραμονή της πηγής σε χαμηλό ρυθμό κωδικοποιημένου σήματος για κάποιο διάστημα (π.χ. ανάλογο με τη διάρκεια του συνωστισμού) πριν την επιστροφή σε υψηλό ρυθμό.

Επομένως, ο αλγόριθμος δυναμικού ελέγχου (DRC) επιτυγχάνει αντιμετώπιση του συνωστισμού στην περίπτωση σημάτων που υπόκεινται σε κωδικοποίηση, με κόστος όμως την προσωρινή υποβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών (όταν τα σήματα κωδικοποιούνται σε χαμηλό ρυθμό).

4.3.1.3 Αλγόριθμοι διαχείρισης του buffer

Μια αντιμετώπιση όσον αφορά τη διαχείριση του buffer (buffer management) ως μεθόδου ελέγχου ροής πληροφορίας, είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 3.5 α. Τα cells που εισέρχονται σε έναν κόμβο του δικτύου τοποθετούνται σε διαφορετικούς buffers ανάλογα με την προτεραιότητά τους, απ' όπου στη συνέχεια λαμβάνονται με τη σειρά που ορίζει κάποιος αλγόριθμος επιλογής (polling scheme) για να μεταδοθούν. Ο πιο απλός αλγόριθμος επιλογής είναι να μεταδίδεται πάντοτε εκείνο το cell που έχει την υψηλότερη προτεραιότητα μεταξύ των cells που περιμένουν στους διάφορους buffers.



Example of cell-based control (a) polling method
(b) push-out method

Ένας άλλος τρόπος διαχείρισης συνίσταται στην αποθήκευση όλων των cells σε ένα κοινό buffer (σχήμα 3.5 β), ανεξαρτήτως προτεραιότητας. Όταν ο buffer γεμίσει λόγω συνωστισμού, τα νεοεισερχόμενα στον κόμβο cells απορρίπτονται στην περίπτωση που έχουν χαμηλή προτεραιότητα, ενώ στην περίπτωση που έχουν υψηλή προτεραιότητα προκαλούν την απόρριψη κάποιων cells χαμηλής προτεραιότητας που ήδη βρίσκονται στον buffer, ώστε να δημιουργηθεί χώρος για αυτά.

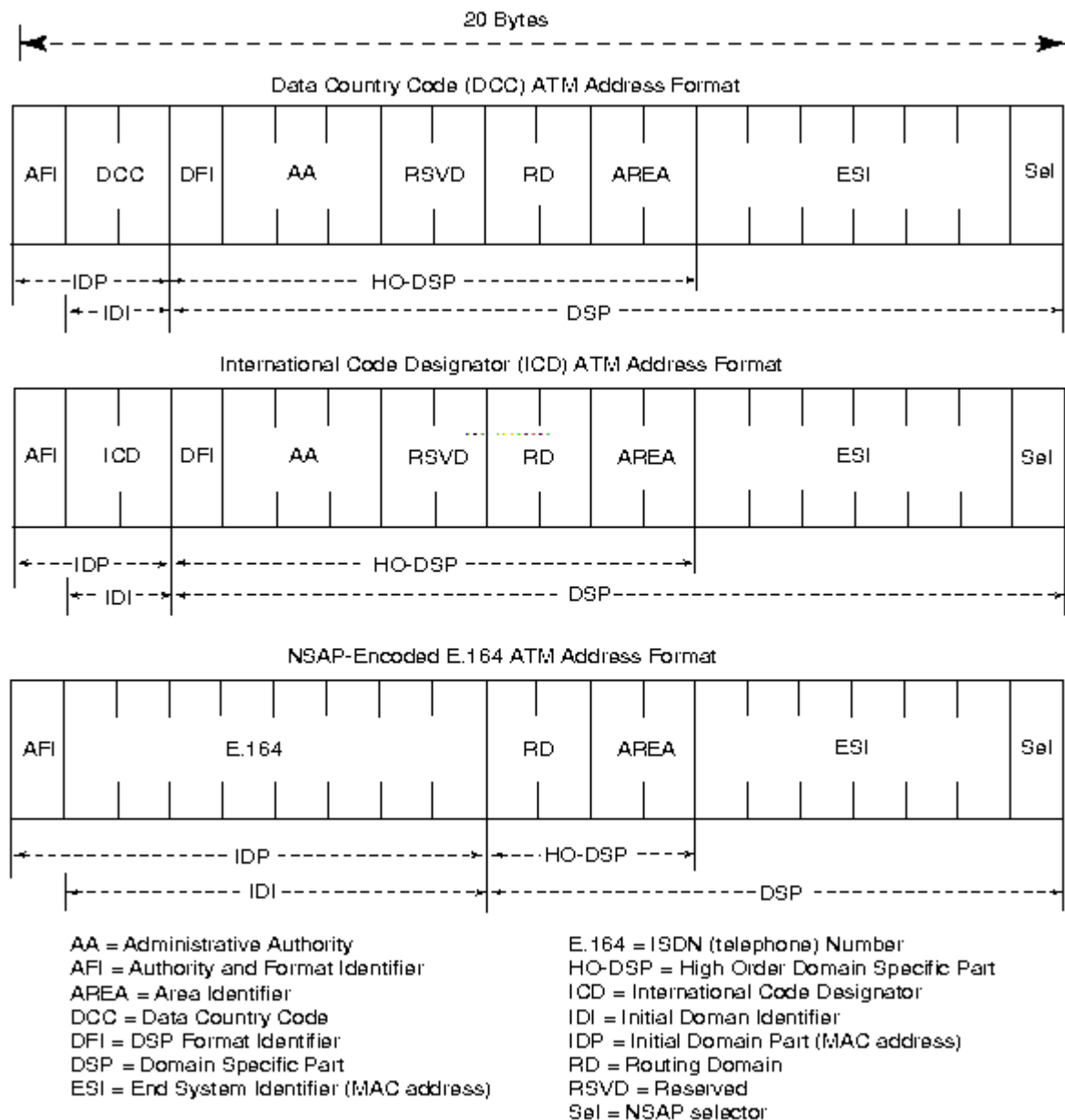
4.4 Διευθυνσιοδότηση ATM

Κάθε πρωτόκολλο σηματοδότησης χρειάζεται ένα σχήμα διευθυνσιοδότησης μέσω του οποίου θα εξακριβώνει την ταυτότητα της πηγής και του προορισμού μιας σύνδεσης. Ο οργανισμός ITU-T είχε καταλήξει στην χρησιμοποίηση του τηλεφωνικού αριθμητικού συστήματος E.164 σαν τη δομή διευθυνσιοδότησης για το δημόσιο δίκτυο B-ISDN. Όμως επειδή το E.164 είναι δημόσιος πόρος και δεν μπορεί να καταναλώνεται για ιδιωτικά δίκτυα το ATM Forum προχώρησε στη δημιουργία διευθύνσεων ιδιωτικής χρήσης. Στη προσπάθεια του UNI3.0/3.1 για ανάπτυξη διευθύνσεων στα ιδιωτικά δίκτυα αξιολογήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα διευθυνσιοδότησης το peer addressing model και το subnetwork or overlay addressing model. Επιλέχθηκε το δεύτερο γιατί δίνει τη δυνατότητα σε κάθε επίπεδο να αναπτύσσεται ανεξάρτητα των άλλων γεγονός πολύ σπουδαίο για την εξέλιξη του ATM στο κατασκευαστικό και εμπορικό τομέα. Με την επιλογή του overlay μοντέλου το ATM Forum καθόρισε τη μορφή των ιδιωτικών διευθύνσεων οι οποίες βασίζονται στη NSAP (Network Service Access Point) διεύθυνση του OSI.

4.4.1 Διευθύνσεις Ιδιωτικού ATM Δικτύου

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

Τύποι διευθύνσεων



Όλοι οι τύποι NSAP ATM διευθύνσεων αποτελούνται από τρία συστατικά:

AFI(Authority and Format Identifier) –Αναγνωρίζει το τύπο του IDI (Initial Domain Identifier)

IDI –Αναγνωρίζει το καταμερισμό των διευθύνσεων και την αρχή διαχείρισης.

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

Οι τρεις τύποι διευθύνσεων περιγράφονται περιληπτικά παρακάτω:

DCC (Data Country Code)—Σε αυτό το τύπο το IDI είναι το DCC. Ένα DCC αντιστοιχεί σε κάποια συγκεκριμένη χώρα όπως έχει οριστεί στο ISO 3166. Τα DCC τα διαχειρίζεται το ISO National Member Body για κάθε χώρα.

ICD (International Code Designator)— Σε αυτό το τύπο το IDI είναι το ICD. Ένα ICD αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο διεθνή οργανισμό. Τα ICD κατανέμονται σύμφωνα με το ISO 6532.

NSAP-Encoded E.164-- Σε αυτό το τύπο το IDI είναι ένας αριθμός E.164 ο οποίος μοιάζει στη λειτουργία με τους κοινούς αριθμούς τηλεφώνου.

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

4.4.2 Διευθύνσεις Δημοσίου ATM Δικτύου

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

1.3.7 Ποιοτική Υπηρεσία (QoS)

Μία από τις βασικές λειτουργίες που γίνονται κατά την διάρκεια διευθέτησης της σύνδεσης μέσω των πρωτοκόλλων σηματοδοσίας είναι

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

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

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

2) VBR(RT) { Variable Bit Rate—Real Time}: Χρησιμοποιείται σε συνδέσεις που μεταφέρουν πληροφορία με μεταβλητό bit rate στις οποίες όμως υπάρχει σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων. Τέτοιου είδους συνδέσεις γίνονται σε εφαρμογές όπως μεταβλητού bit rate συμπιεσμένου video.

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

4) ABR { Available Bit Rate}: Όπως και η VBR(NRT) υπηρεσία έτσι και η ABR υποστηρίζει

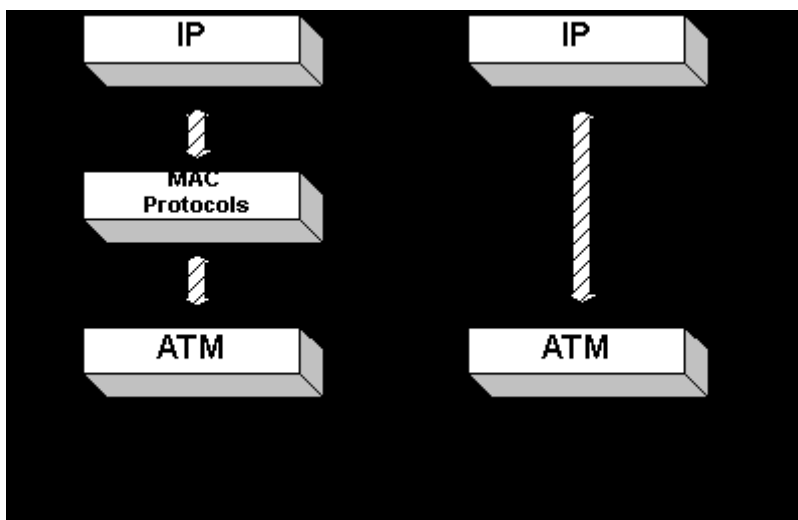
μετάδοση πληροφορίας με μεταβλητό bit rate χωρίς να υπάρχει κάποια χρονική σχέση μεταξύ της πηγής και του προορισμού των δεδομένων. Αντίθετα από τη VBR(NRT) υπηρεσία το ABR δεν παρέχει ούτε κάποιο εγγυημένο εύρος ζώνης στο χρήστη. Δίνει τη δυνατότητα όμως στο δίκτυο να παρέχει τη “καλύτερη δυνατή υπηρεσία”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

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

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

Εξελιγμένα θέματα του ATM

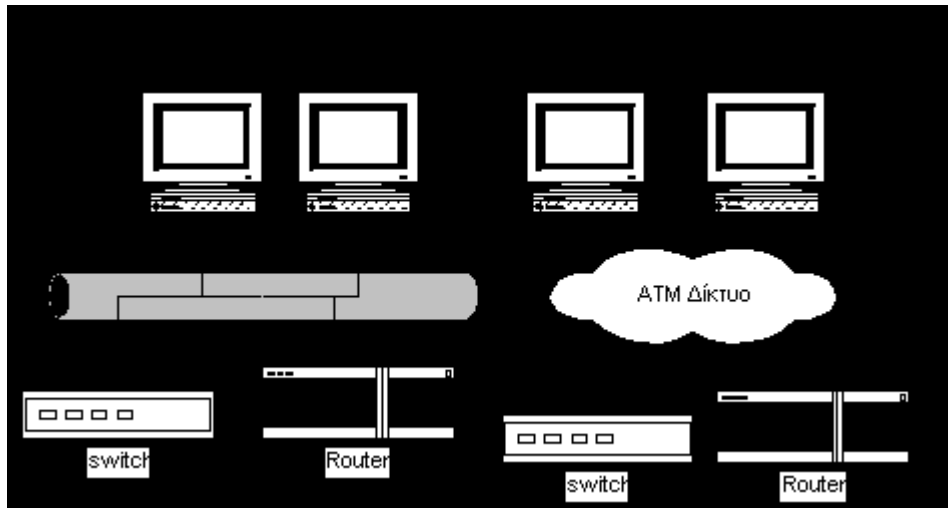
Ήδη στο χώρο των LAN και WAN δικτύων υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα στο network και link επίπεδο τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα. Κλειδί για την επιτυχία του ATM είναι το κατά πόσο θα μπορέσει να συνεργαστεί με αυτά έτσι ώστε να μην είναι απομονωμένα τα δίκτυα ATM. Η διασύνδεση των δικτύων βασίζεται στη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



4.4.2.1 LAN Emulation

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

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

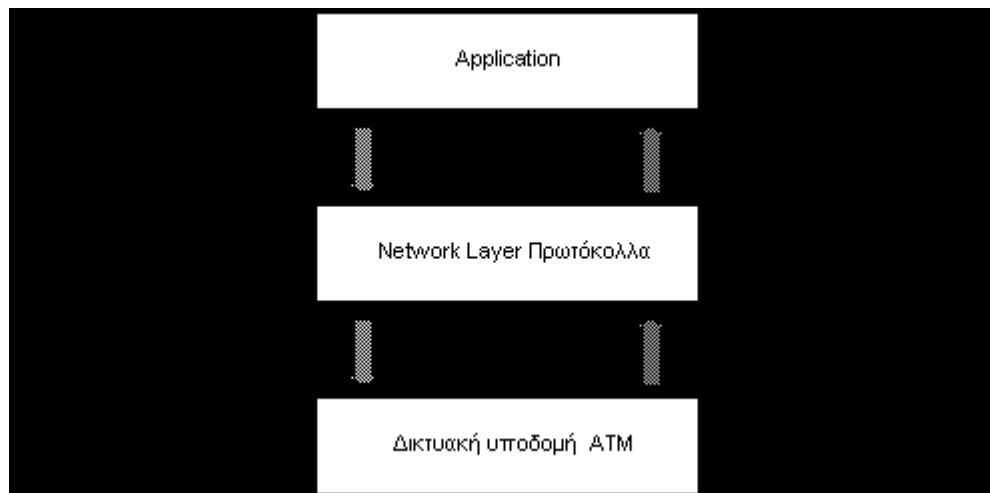


Αξιοσημείωτο είναι ότι το LANE δεν έχει καμία επίδραση πάνω στους μεταγωγείς, λειτουργεί με τις καθιερωμένες διαδικασίες σηματοδότησης του ATM. Η βασική λειτουργία του LANE πρωτοκόλλου είναι η μετατροπή των MAC διευθύνσεων σε ATM διευθύνσεις. Πραγματοποιώντας αυτό ουσιαστικά παρέχεται ένα πρωτόκολλο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

4.4.2.2 Native Mode Πρωτόκολλα

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

Υποστήριξη QoS υπηρεσιών διαμέσου του Network Επιπέδου



4.4.2.3 MPOA - MULTIPROTOCOL OVER ATM

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

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

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

3) Κατανεμημένα πρωτόκολλα δρομολόγησης (Distributed Router Protocols)

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

Για την λύση αυτών των προβλημάτων έρχεται επόμενη γενιά των LAN συστημάτων μεταγωγής τα οποία λειτουργούν μέχρι και το επίπεδο 3. Αυτοί οι μεταγωγείς δεν συμπεριφέρονται μόνο σαν απλές γέφυρες (bridges), δηλαδή να κάνουν μεταγωγή σε πακέτα βασιζόμενοι μόνο στη πληροφορία της MAC διεύθυνσης, αλλά μπορούν να κάνουν μεταγωγή σε πακέτα βασιζόμενοι στις διευθύνσεις του network επιπέδου και άλλης πληροφορίας ανωτέρων επιπέδων. Στην ουσία ένα σύστημα από μεταγωγείς τρίτου επιπέδου αποτελεί ένα κατανεμημένο δρομολογητή (router).

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

4.5 Metasignaling

Το metasignaling είναι υπεύθυνο για μια θεμελίωση, την επιβεβαίωση και τη λύση συνδέσεων νοητών καναλιών που χρησιμοποιούνται από την από-σημείο-σε-σημείο και την τύπου-εκπομπής σηματοδοσία (the metasignaling method can be used for setup, confirmation and release of point-to-point and selective broadcast signaling VCC). Το metasignaling δηλαδή είναι η διαδικασία θεμελίωσης νοητών καναλιών σηματοδοσίας. Υπάγεται στο layer management του επιπέδου διαχείρισης (management plane) και σχετίζεται μόνο με τη μεταφορά πληροφορίας ελέγχου. Τα ATM cells του metasignaling έχουν προκαθορισμένες και σταθερές τιμές στα πεδία VCI/VPI και μεταφέρονται μέσα από μόνιμες συνδέσεις νοητών καναλιών (permanent VCC).

Μερικές από τις λειτουργίες του metasignaling είναι η διαιτησία (arbitrating) όταν δύο ή περισσότερα τερματικά (terminal equipment) συναγωνίζονται για το ίδιο VCI/VPI, ο καταμερισμός χωρητικότητας στα κανάλια σηματοδοσίας (assigning signaling channel capacities), η θεμελίωση/λύση (establishing/releasing) καναλιών σηματοδοσίας όπως έχει ήδη αναφερθεί και ο έλεγχος της κατάστασης της σηματοδοσίας (checking signaling status).

4.6 Παράδοση Πακέτων στο ATM

Το ATM εγγυάται ότι τα πακέτα θα ληφθούν από το παραλήπτη με την ίδια σειρά με την οποία στάλθηκαν από τον αποστολέα. Αυτό σημαίνει ότι ο παραλήπτης δεν θα έχει προβλήματα συγχρονισμού των εισερχόμενων δεδομένων που θα χρησιμοποιούνται π.χ. σε αναπαραγωγή πολυμεσικών εφαρμογών όπως φωνή, κινούμενη εικόνα και Video on Demand.

Από την άλλη όμως, δεν εγγυάται την ασφαλή παράδοση των πακέτων (όπως κατ' αντιστοιχία το πρωτόκολλο δικτύου TCP) γιατί όπως αναφέρθηκε πιο πριν, οι κόμβοι έχουν την δυνατότητα να απορρίψουν πακέτα όταν ήδη υπάρχει συμφόρηση ή υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορούν να προκαλέσουν συμφόρηση στους ίδιους ή στους διαδοχικούς αυτών κόμβους. Αυτό όμως δεν είναι σοβαρό πρόβλημα για τους σχεδιαστές πολυμεσικών εφαρμογών, αφού υπάρχουν ήδη κώδικες επαναληπτικότητας για ανάνηψη δεδομένων από πακέτα που χάθηκαν. Κλασικό παράδειγμα το CD player στο οποίο για να εξασφαλιστεί η σταθερή ροή της μουσικής, τα «πακέτα» των δειγμάτων συνοδεύονται από ειδικά πακέτα ελέγχου (68 bits για κάθε 204 bits ηχητικής πληροφορίας), που μπορούν να ανακατασκευάσουν μέρος ή όλο από μέρη της ηχητικής πληροφορίας που δεν μπορεί να διαβαστεί από τη δέσμη laser.

Όλα αυτά βέβαια στο επίπεδο του ATM, μιας και αν χρησιμοποιηθεί μια υπηρεσία ανωτέρου επιπέδου που χρησιμοποιεί το ATM σαν μέσο μεταφοράς, τότε είναι πιθανή η παράδοση εκτός σειράς, μιας και η υπηρεσία μπορεί να διαλέξει να χρησιμοποιεί παραπάνω από μία συνδέσεις ATM (πιθανώς με διαφορετικά μονοπάτια, και άρα με διαφορετικό χρόνο μεταφοράς από άκρο-σε-άκρο). Όταν είναι απαραίτητη η ασφαλής μεταφορά δεδομένων από άκρο σε άκρο, τότε είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση κάποιου πρωτοκόλλου ανωτέρου επιπέδου όπως το TCP.

4.7 Έλεγχος αποδοχής κλήσης (CAC)

Ο έλεγχος αποδοχής κλήσης (CAC - Connection Admission Control) είναι ένα μέτρο που εφαρμόζεται για να αποφασισθεί αν μια νέα κλήση θα γίνει ή όχι αποδεκτή από το δίκτυο. Αν υπάρχουν επαρκείς πόροι για αυτή την κλήση και αν η αποδοχή της δεν επηρεάζει την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) των άλλων κλήσεων που βρίσκονται σε εξέλιξη, τότε η κλήση γίνεται αποδεκτή. Στη συνέχεια, το δίκτυο αποφασίζει για τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα cells για να φθάσουν από την πηγή στο δέκτη. Από τη στιγμή αυτή και μετά, η πηγή μπορεί να στέλνει cells στο δίκτυο με το ρυθμό που προσδιορίστηκε όταν έγινε η διαπραγμάτευση για την αποδοχή της κλήσης. Το δίκτυο διαθέτει μηχανισμούς ελέγχου του ρυθμού εκπομπής cells από την πηγή για να διασφαλίσει ότι αυτός δεν υπερβαίνει τα προσυμφωνημένα όρια. Σε ένα BISDN δίκτυο είναι μερικές φορές απαραίτητη η θεμελίωση περισσότερων της μίας συνδέσεων για την έναρξη μιας κλήσης, στην οποία περίπτωση ο αλγόριθμος αποδοχής κλήσης πρέπει να εφαρμοσθεί ξεχωριστά για κάθε νοητό κανάλι (VC) και για κάθε σύνδεση νοητών μονοπατιών (VPC). Όσον αφορά τη διαπραγμάτευση που προηγείται της έναρξης της κλήσης (call setup), αναφέρεται ότι ο χρήστης πρέπει με τη χρήση μεθόδων σηματοδοσίας (signaling) να προσδιορίσει την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) που απαιτεί (με βάση την οποία γίνεται ο καταμερισμός των πόρων), καθώς και να παρουσιάσει τα χαρακτηριστικά της κλήσης (characteristics of the user traffic), με βάση τα οποία γίνεται η αποδοχή ή η απόρριψη της κλήσης. Χαρακτηριστικά περιγραφής μιας κλήσης μπορούν για παράδειγμα να είναι ο μέσος και ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης cells (mean/maximum cell rate) και το μέσο μήκος των ενεργών περιόδων (average burst length). Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επαναδιαπραγματευθούν κατά τη διάρκεια της κλήσης μετά από απαίτηση του χρήστη. Σημειώνεται τέλος ότι ο προσδιορισμός της ποιότητας της υπηρεσίας (QoS) που εμπεριέχεται στον έλεγχο αποδοχής κλήσης (CAC), γίνεται είτε με τη χρήση άμεσων μεθόδων (απευθείας υπολογισμός), είτε με τη χρήση έμμεσων μεθόδων (με τη βοήθεια πινάκων αναφοράς - look-up tables).

4.8 Επιδόσεις Ενός Δικτύου ATM

Υπάρχουν 5 παράμετροι που χαρακτηρίζουν την απόδοση ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου ATM. Αυτές είναι :

1. Διαμεταγωγή (throughput).
2. Πιθανότητα άρνησης σύνδεσης (connection blocking probability), δηλ. η πιθανότητα να αρνηθεί το δίκτυο την εγκαθίδρυση σύνδεσης ανάμεσα σε δύο άκρα επειδή δεν υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι πόροι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
3. Πιθανότητα απώλειας πακέτων (cell loss probability), δηλ. η πιθανότητα να χαθούν ορισμένα πακέτα κατά μήκος της διαδρομής.
4. Καθυστέρησης μεταγωγής (switching delay), δηλ. η χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην εισαγωγή ενός πακέτου σ'έναν ενδιάμεσο κόμβο και στην εξαγωγή του, και Χρονική παραμόρφωση (delay jitter) δηλ. η διακύμανση της τιμής της χρονικής καθυστέρησης μεταγωγής

Σε αντίθεση με τα δίκτυα STM όπου η ποιότητα των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών είναι δεδομένη και σε γενικές γραμμές σταθερή, στα δίκτυα ATM, ο χρήστης πρέπει να παρέχει στον τηλεπικοινωνιακό οργανισμό τις απαραίτητες πληροφορίες για την απαιτούμενη από αυτόν ποιότητα, το εύρος ζώνης και το ρυθμό ροής. Αυτό σημαίνει

ότι οι επιδόσεις ενός δικτύου ATM μεταβάλλονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη και βεβαίως αναλόγως του ποσού που μπορεί να διαθέσει.

Βασικό μοτίβο του ATM στην ποιότητα υπηρεσιών είναι το QoS (“Quality of Service”), το οποίο εξασφαλίζει ότι μια εφαρμογή που ζητά κάποιο εύρος ζώνης για κάποιο χρονικό διάστημα και επιτυχώς το λάβει, δεν πρόκειται να στερηθεί για τον ένα ή τον άλλο λόγο αυτό το εύρος. Με απλά λόγια, το ATM εγγυάται ότι η μεταβολή στο συνολικό φορτίο του δικτύου δεν θα επηρεάζει (ή τουλάχιστον σε όποιο βαθμό αυτό είναι δυνατό) το ρυθμό ροής των δεδομένων σε μια χρονικά κρίσιμη μεταφορά (π.χ. Video conferencing).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ποιότητα υπηρεσίας (QoS)

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

Με τον όρο ποιότητα υπηρεσίας (QoS) εννοούμε το βαθμό ικανοποίησης του χρήστη μιας υπηρεσίας, όπως αυτός διαμορφώθηκε από την "απόδοση" της υπηρεσίας σε όλη τη διάρκεια της (δηλαδή πρόκειται για την άποψη που έχει ο χρήστης για την υπηρεσία). (The QoS is the collective effect of service performances which determine the degree of satisfaction of a user of the service).

Σε αντίθεση με το QoS που είναι μια έννοια από την οπτική γωνία του χρήστη, η απόδοση του δικτύου (NP - Network Performance) είναι μια έννοια από την οπτική γωνία του δικτύου. Ως απόδοση του δικτύου ορίζεται η ικανότητα που έχει το δίκτυο να παρέχει τις λειτουργίες που σχετίζονται με την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών (The NP is the ability of a network to provide the functions related to communication between users) και συνίσταται στην απόδοση (τις παραμέτρους λειτουργίας) των δομικών του στοιχείων (Network Element Performance - NEP), π.χ. των ATM διακοπών.

Ένα από τα σπουδαιότερα ζητήματα στα πλαίσια της παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας είναι ο μηχανισμός μετατροπής των QoS παραμέτρων του χρήστη (π.χ. πιθανότητα διακοπής της κλήσης - call-interrupt probability) σε ένα σύνολο παραμέτρων που θα προσδιορίζουν την πρόσβαση στο δίκτυο μέσω του προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI), καθώς και ποια θα πρέπει να είναι η απόδοση του δικτύου (NP), ώστε να επιτυγχάνεται η ποιότητα της υπηρεσίας που ο χρήστης προσδιορίζει με τις QoS παραμέτρους. Αυτός ο μηχανισμός μετατροπής ονομάζεται QoS parameter translation. Οι QoS παράμετροι του χρήστη είναι δυνατόν να αποτελούν ένα συνδυασμό απαιτήσεων καθυστέρησης (delay), ρυθμαπόδοσης (throughput) και αξιοπιστίας (reliability) και μεταβάλλονται όχι μόνο με την άροδο του χρόνου, αλλά και με βάση το χρήστη και την εφαρμογή.

Τα βήματα στη μετατροπή του QoS είναι τα εξής : Το QoS της εφαρμογής-υπηρεσίας (application QoS) μετατρέπεται σε QoS της μεταφοράς (transport QoS) και μετά σε QoS του AAL επιπέδου που προσδιορίζει το QoS του φυσικού επιπέδου (NP - απόδοση δικτύου), όπως και τις παραμέτρους της πρόσβασης στο δίκτυο μέσω του προσαρμογέα χρήστη-δικτύου (UNI). Είναι σαφές ότι κάθε επίπεδο πρέπει να εγγυάται το QoS του αμέσως ανώτερου επιπέδου, ενώ ταυτόχρονα απαιτεί ένα (διαφορετικό πιθανότατα) QoS από το αμέσως χαμηλότερο επίπεδο. Σημειώνεται ότι ο μηχανισμός μετατροπής έχει υψηλή εξάρτηση από τις λειτουργίες του AAL (ή του υψηλότερου) επιπέδου.

Οι παράμετροι του AAL επιπέδου που προσδιορίζουν το QoS είναι ο ρυθμός εμφάνισης λανθασμένων AAL-SDU (FER - Frame Error Ratio) που ορίζεται ως το σύνολο των λανθασμένων AAL-SDU (περιέχουν λάθη που δεν μπορεί να διορθώσει το AAL επίπεδο) προς το σύνολο των AAL-SDU, η ρυθμαπόδοση (throughput) που αποτελεί μέτρο του ρυθμού μετάδοσης bits (bit rate), η καθυστέρηση που συναντούν

στη μετάδοσή τους οι AAL-SDU (frame delay) και η διακύμανση της καθυστέρησης των AAL-SDU (frame delay variation ή frame jitter).

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται ο ρυθμός εμφάνισης λανθασμένων AAL-SDU ως QoS παράμετρος και όχι ο ρυθμός εμφάνισης λανθασμένων bits (BER - Bit Error Ratio), είναι ότι το AAL επίπεδο χειρίζεται AAL-SDUs και επομένως οι QoS παράμετροι πρέπει να αναφέρονται σε αυτή τη μονάδα.

Όσον αφορά τη ρυθμαπόδοση (throughput), υπάρχουν διάφοροι λόγοι που συντρέχουν στον ορισμό ενός διαφορετικού ορίου αυτής στο AAL επίπεδο, από ότι στο αμέσως υψηλότερο επίπεδο της μεταφοράς (transport). Πρώτα απ' όλα, η ρυθμαπόδοση που ο χρήστης απαιτεί δεν λαμβάνει υπόψη τη σχετική με τον έλεγχο προστιθέμενη πληροφορία (control information overhead). Έπειτα, η επανεκπομπή για την αντιμετώπιση των λαθών είναι δυνατόν να μειώσει τη ρυθμαπόδοση και τέλος, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται τεχνικές συμπίεσης είναι φανερό ότι θα υπάρχει μείωση των απαιτήσεων ρυθμαπόδοσης.

Οι παράμετροι του ATM επιπέδου που προσδιορίζουν το QoS είναι ο ρυθμός απώλειας cell (CLR - Cell Loss Ratio), που οφείλεται κυρίως σε υπερχειλίσεις buffer στους ATM διακόπτες, η ρυθμαπόδοση (throughput), που στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί μέτρο του ρυθμού μετάδοσης cells (cell rate), η καθυστέρηση που συναντούν στη μετάδοσή τους τα cells (cell delay), η διακύμανση της καθυστέρησης των cells (cell jitter) και ο ρυθμός εμφάνισης cells με λάθη στο header (cell misinsertion rate). Λόγω όμως του ότι οι ATM διακόπτες μπορούν να ανιχνεύσουν και να απορρίψουν τα cells που εμφανίζουν λάθη στο header, αλλά και λόγω της αποτελεσματικότητας του AAL επιπέδου στην ανίχνευσή τους, ο ρυθμός εμφάνισης τέτοιων cells είναι αμελητέος σε σχέση με το ρυθμό απώλειας cells (CLR). Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει τρόπους αντιμετώπισης (recovery methods) διαφόρων ανεπιθύμητων καταστάσεων (impairment), όπως απώλειας cells (cell loss), καθυστέρησης cells (cell delay) κτλ. Σημειώνεται ότι ο buffer του AAL επιπέδου του δέκτη αναφέρεται ως playout buffer, ενώ ο όρος playout jitter ως τρόπος αντιμετώπισης του jitter, αναφέρεται στην αποθήκευση των cells στον playout buffer και στην μετέπειτα εξαγωγή τους από αυτόν σε τέτοιες χρονικές στιγμές ώστε να εξαλείφεται το jitter, δηλαδή τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ των εξαγωγών των cells να είναι ίσα με τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα μεταξύ των στιγμών εκπομπής των cells. Φυσικά η διαδικασία αυτή εισάγει επιπλέον καθυστέρηση (playout delay).

Higher layer	(+) Error correction (+) Retransmission	(+) Layered coding		(-) Coding delay	(-) Coding jitter
AAL		(-) Playoutbuffer overflow (-) Discarding delayed cell (+) Dummy cell insertion	(+) Discarding misinserted cell	(-) Cell assembly delay (-) Playout delay	(-) Cell assembly jitter (+) Playout jitter
ATM layer		(-) Buffer overflow		(-) Queuing delay	(-) Queuing jitter
Physical layer	(-) Bit errors (payload)	(+) Error correction (-) Bit errors (header) (-) Protection switching (header)	(+) Discarding errored detected cell	(-) Propagation delay	(-) UNI access
Impairment	Cell Error	Cell Loss	Cell Misinsertion	Cell Delay	Jitter
(-) : Cause of impairment (+) : Recovery method					

Layered performance model

Δίνεται ακόμα με παραστατικό τρόπο η διαδικασία εξάλειψης του jitter με τη χρήση buffer.

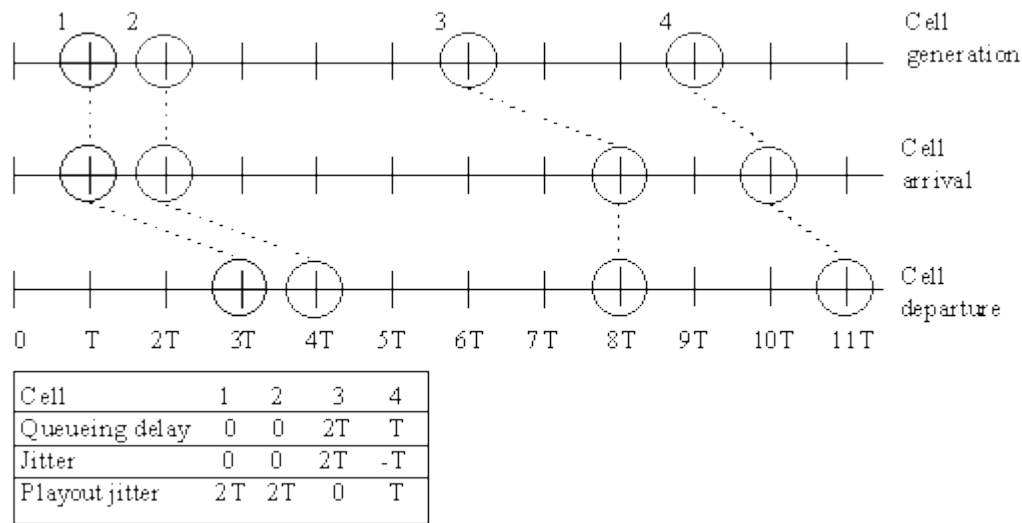
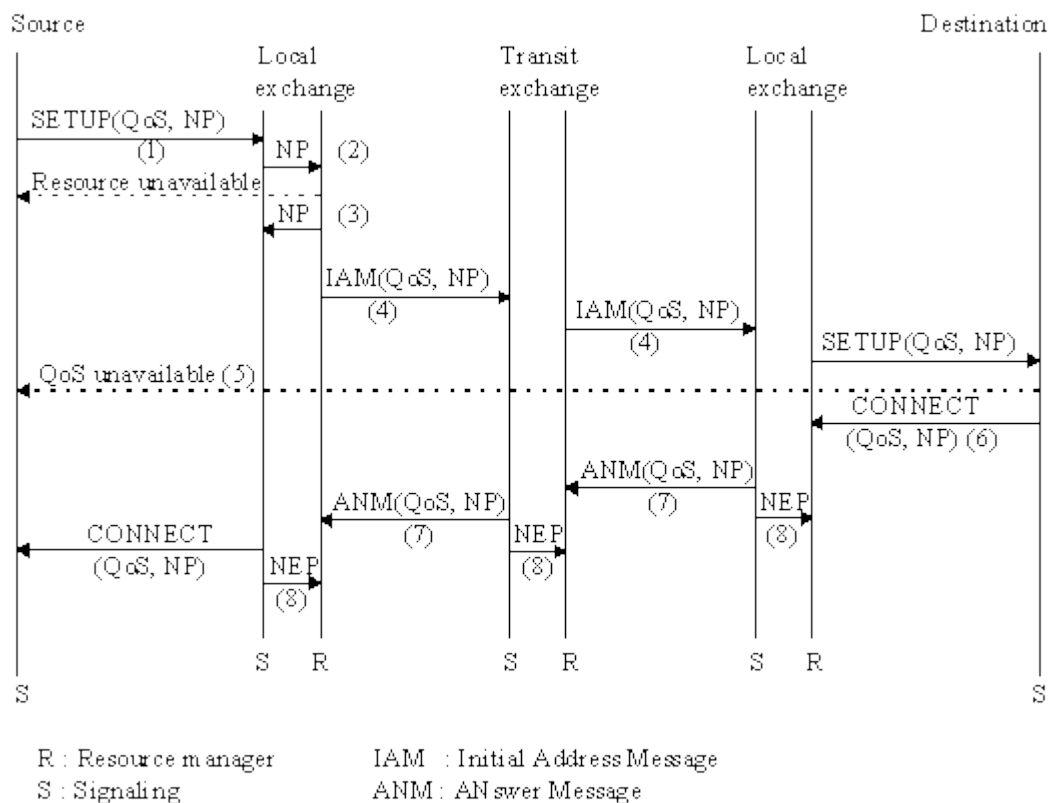


Illustration of jitter compensation

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη διαπραγμάτευση του QoS κατά την αποδοχή μιας κλήσης, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (σχήμα 3.2). Στο πρώτο στάδιο (1), η πηγή στέλνει στο δίκτυο ένα SETUP μήνυμα με την περιγραφή του QoS και του NP (η πηγή είναι υπεύθυνη για την μετατροπή των QoS παραμέτρων σε NP παραμέτρους). Στο επόμενο στάδιο (2), ο τοπικός κόμβος του δικτύου (local exchange) απευθύνεται στο διαχειριστή των πόρων του δικτύου (RM - Resource Manager, που εκτελεί τη λειτουργία ελέγχου συνωστισμού και ελέγχου ροής πληροφορίας) σχετικά με το αν το δίκτυο δύναται να παράσχει το ζητούμενο εύρος ζώνης (bandwidth) και το ζητούμενο NP. Στην περίπτωση που οι πόροι είναι επαρκείς για την εν λόγω κλήση (3), ο διαχειριστής των πόρων (RM) επιστρέφει ένδειξη κατάφασης. Αν όχι, επιστρέφει RELEASE μήνυμα με την ένδειξη "ανεπαρκείς πόροι" (resource unavailable) και η κλήση δεν γίνεται δεκτή. Ο τοπικός κόμβος (local exchange) στέλνει στον ενδιάμεσο κόμβο του δικτύου (transit exchange) ένα IAM μήνυμα (IAM - Initial Address Message, μήνυμα που περιέχει την αρχική διεύθυνση) με την περιγραφή του QoS και του NP. Το μήνυμα αυτό αποστέλλεται και στους επόμενους ενδιάμεσους κόμβους, έως ότου καταλήξει στον τοπικό κόμβο (local exchange) του δέκτη (4).



QoS negotiation in BISDN

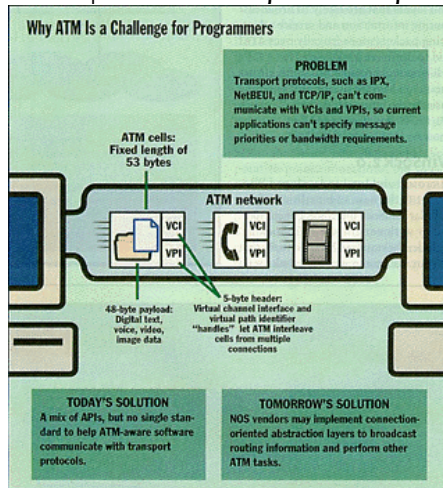
Αν ο δέκτης δύναται να παράσχει το ζητούμενο QoS, επιστρέφει ένα CONNECT μήνυμα στον τοπικό κόμβο (local exchange) (6), το οποίο καταλήγει στη δημιουργία ενός ANM μηνύματος (ANM - ANswer Message, μήνυμα απάντησης) στον ενδιάμεσο κόμβο του δικτύου (transit exchange). Το μήνυμα αυτό διασχίζει όλους τους ενδιάμεσους κόμβους μέχρι να συναντήσει τον τοπικό κόμβο (local exchange) της πηγής (7). Αν όμως ο δέκτης δεν δύναται να παράσχει το ζητούμενο QoS, επιστρέφει ένα RELEASE μήνυμα με την αιτιολογία "QoS μη εφικτό" και η κλήση δεν γίνεται δεκτή (5). Τέλος, σε κάθε κόμβο του δικτύου γίνεται η μετατροπή των NP παραμέτρων σε παραμέτρους λειτουργίας των δομικών στοιχείων του δικτύου (NEP) (8).

Η επιστάσια του QoS (QoS monitoring) κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, γίνεται είτε περιοδικά από το επίπεδο διαχείρισης (management plane), είτε μετά από απαίτηση (από το χρήστη ή το επίπεδο διαχείρισης), με στόχο να γίνουν ενέργειες που θα διασφαλίσουν ή θα επιβεβαιώσουν ότι παρέχεται το ζητούμενο QoS. Ο ποσοτικός προσδιορισμός του QoS είναι μία λειτουργία αυτοσυντήρησης του ATM επιπέδου (ATM-layer OAM function) και γίνεται με την εισαγωγή cells αυτοσυντήρησης (OAM cells) στα άκρα των συνδέσεων νοητών καναλιών και νοητών μονοπατιών (VCC/VPC).

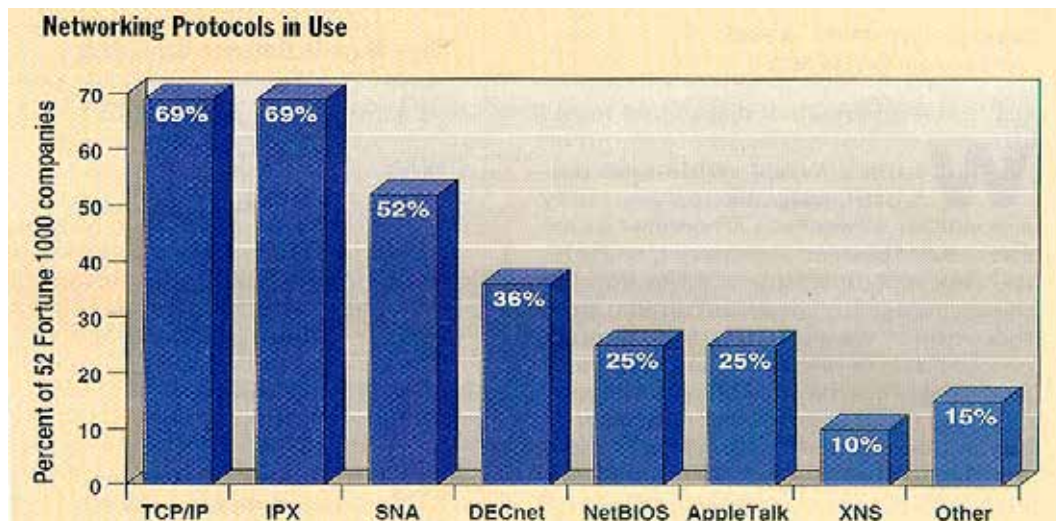
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμβατότητα του ATM με τα Τωρινά Δίκτυα

Με την κατανόηση του στόχου για τον οποίο η τεχνολογία του ATM έχει αναπτυχθεί, και λαμβάνοντας υπ' όψη την μεγάλη αύξηση των τηλεπικοινωνιακών δυνατοτήτων που το ATM προσφέρει, είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι οι σημερινές εφαρμογές δεν θα «τρέξουν» ομαλά πάνω σε δίκτυα ATM χωρίς κάποια στάδια εφαρμογής. Αυτό φαίνεται καθαρά στο παρακάτω σχέδιο :



Ταυτόχρονα, δεν είναι δυνατό να τροποποιήσουμε ριζικά την υπάρχουσα δομή των σημερινών εφαρμογών γιατί ακριβώς έχουν επενδυθεί πολλές ανθρωποώρες σε μελέτη και υλοποίηση αυτών. Διαφαίνεται έτσι μια ανάγκη «εξομοίωσης». Πρωτόκολλα εγκατεστημένα σε τόσο ευρεία βάση όσο το TCP/IP και το IPX/SPX δεν είναι δυνατό να αντικατασταθούν εν μια νυκτία για να είναι συμβατά με τις νέες δικτυακές τεχνολογίες. Το παρακάτω σχεδιάγραμμα παραστατικά δείχνει τη χρησιμοποίηση κάποιων από τα πιο δημοφιλή πρωτόκολλα στα δίκτυα των εταιρειών ανά τον κόσμο σήμερα :



Για το λόγο αυτό έχουν ήδη εμφανιστεί δύο προτάσεις για εξομοίωση τωρινών δικτυακών «πλατφόρμων» που, αν και βρίσκονται σε διαφορετικό στρώμα στην μοντελοποίηση OSI, έχουν μεγάλη εμπορική βάση : του Ethernet / Token Ring και των δικτύων IP. Οι δύο αυτές προτάσεις είναι :

- **Εξομοίωση LAN** (LANE: LAN Emulation), ανεπτυγμένη από το ATM Forum, που επιτρέπει την διαφανή επικοινωνία μεταξύ Ethernet και token-ring δικτύων ATM.

Αυτή η εξομοίωση επιτρέπει τη μετάδοση των περισσοτέρων σημερινών πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX, NetBIOS κ.λ.π.) από ένα δίκτυο ATM

- **Κλασικό IP** (CIP: Classic IP), RFC-1577, ανεπτυγμένο από το IETF (Internet Engineering Task Force) που επιτρέπει διαφανή λειτουργία συνδέσεων IP (αποκλειστικά) πάνω από δίκτυα ATM.

Οι παραπάνω δύο προτάσεις έχουν διαφορετική εφαρμογή, ανάλογα με την ανάγκη που έρχονται να ικανοποιήσουν: αν πρόκειται για ένα LAN στο οποίο «ομιλούνται» πολλά πρωτόκολλα τότε χρησιμοποιούμε την εξομοίωση LAN, αν όμως έχουμε αποκλειστικά το IP σαν πρωτόκολλο επικοινωνίας, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το CIP σαν μέθοδο για υλοποίηση ταχύτατων δικτύων IP.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Ασφάλεια στο ATM

Ένα στοιχείο που δεν αναφέρθηκε ως τώρα και αποτελεί σημαντικό παράγοντα αξιοπιστίας ενός δικτύου είναι η ασφάλεια. Στα σημερινά δημόσια δίκτυα τηλεφωνίας η παρακολούθηση μιας σύνδεσης είναι σχετικά απλή υπόθεση, μιας και η διαδρομή ενός κυκλώματος είναι σε γενικές γραμμές προβλέψιμη και παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της συνομιλίας. Κατ' αντιστοιχία, στα περισσότερα δίκτυα υπολογιστών μικρής και μεσαίας απόστασης (π.χ. Ethernet και FDDI) τα δεδομένα ταξιδεύουν πάνω στο κοινό μέσο (καλώδιο ή οπτική ίνα) και είναι απροστάτευτα από εκείνους που θέλουν να υποκλέψουν τα δεδομένα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, ο μόνος αναγκαίος εξοπλισμός είναι ένας προσαρμογέας δικτύου σε «αδιάκριτη» κατάσταση (promiscuous mode) και κάποιο εργαλείο ανάλυσης δικτύου που μπορεί και περνάει από φίλτρο όλα τα πακέτα που περνάνε από το μέσο για να κρατήσει αυτά που έχουν «ενδιαφέρον»: κωδικοί εισόδου (passwords), αριθμοί πιστωτικών καρτών κ.ο.κ. Όλα αυτά μπορεί να απασχολήσουν πολύ σοβαρά κάποιον οργανισμό που στοχεύει να στηρίξει την οργανωτική του υποδομή πάνω σε ένα δίκτυο δεδομένων και να διακινεί σημαντικά και απόρρητα δεδομένα πάνω σ' αυτό. Το ATM μπορεί και παρέχει ασφάλεια στις συνδέσεις ακριβώς επειδή το «κύκλωμα» που εγκαθίσταται με μία σύνδεση είναι εικονικό (virtual circuit) και αποσυντίθεται αμέσως μετά το τέλος της σύνδεσης. Αυτό συνδυαζόμενο με το γεγονός της μη προκαθορισμένης διαδρομής των πακέτων καθιστά σχεδόν αδύνατη την πλήρη παρακολούθηση μίας σύνδεσης ATM.

Παράλληλα, η σύγχρονη έρευνα πάνω στο θέμα της κρυπτογράφησης και της ασφάλειας των τηλεπικοινωνιακών δικτύων από ανεπιθύμητους ωτακουστές έχει εφεύρει ήδη κάποιους αλγόριθμους κρυπτογράφησης ικανούς να αποθαρρύνουν τους επίδοξους υποκλοπείς που είναι εύκολα υλοποιήσιμοι σε υλικό (firmware). Η έρευνα πάνω στο τομέα αυτό πρέπει να λάβει υπ' όψη τις ταχύτητες μεταφοράς του ATM και άρα να προσανατολιστεί προς αλγόριθμους με ικανοποιητικά αποτελέσματα αλλά και μικρό βαθμό πολυπλοκότητας, έτσι ώστε να μην υπάρχει μεγάλη επιβάρυνση (overhead) στα τελικά σημεία της σύνδεσης.

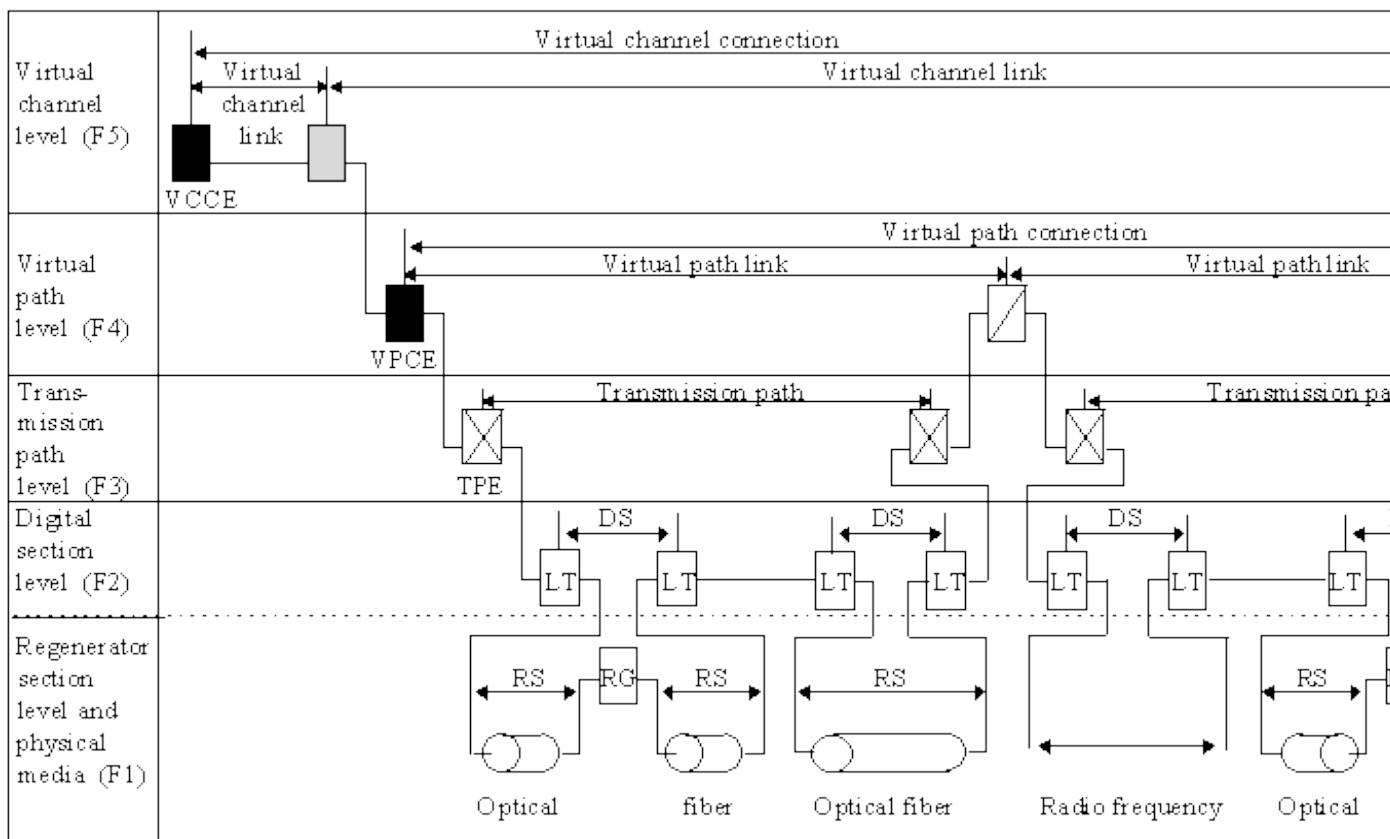
7.1 Αυτοσυντήρηση (OAM)

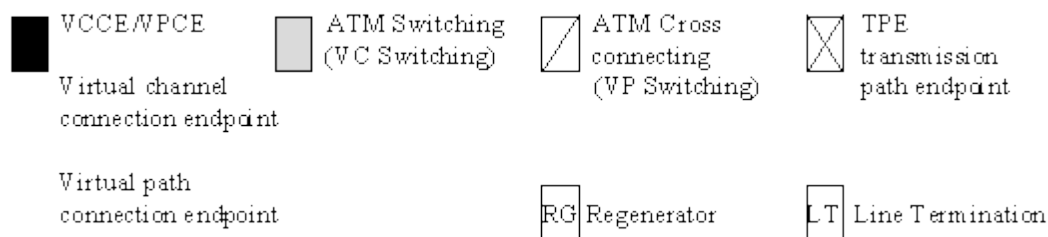
Η αυτοσυντήρηση (OAM - Operation And Maintenance) κατέχει τη δυνατότητα ελέγχου της απόδοσης (performance monitoring), ανίχνευσης ελαττωμάτων και λαθών (defect and failure detection), προστασίας του συστήματος (system protection), μεταφοράς πληροφορίας σχετικής με βλάβες (fault-information transfer) και εντοπισμού της τοποθεσίας της βλάβης (fault location inspection).

Τα στάδια (stages) της λειτουργίας αυτοσυντήρησης είναι πέντε. Στο πρώτο, όλες οι μονάδες του δικτύου ελέγχονται - συνεχώς ή περιοδικά - για να επιβεβαιωθεί η κανονική τους λειτουργία. Αποτέλεσμα ενός τέτοιου ελέγχου της απόδοσης (performance monitoring) είναι η δημιουργία πληροφορίας σχετικής με συντήρηση (maintenance event information). Στο δεύτερο, ανιχνεύονται οι βλάβες με συνεχή ή περιοδική επιθεώρηση. Αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανίχνευσης ελαττωμάτων (defect detection) είναι η δημιουργία πληροφορίας σχετικής με συντήρηση ή η δημιουργία

σημάτων ειδοποίησης (alarms). Στο τρίτο, ελαχιστοποιείται η επίδραση των βλαβών με την απομόνωση (blocking) ή την αντικατάσταση (replacing) εκείνης της μονάδας του δικτύου που παρουσιάζει βλάβη. Αποτέλεσμα τέτοιων μέτρων προστασίας του συστήματος (system protection measures) είναι η παύση λειτουργίας της μονάδας αυτής. Στο τέταρτο, αποστέλλονται σε άλλες μονάδες διαχείρισης (π.χ. στο επίπεδο διαχείρισης - management plane) αναφορές της κατάστασης του συστήματος ή σήματα ειδοποίησης (alarms). Στο πέμπτο, χρησιμοποιείται κάποιο άλλο εσωτερικό ή εξωτερικό σύστημα ελέγχου (test system) σε περίπτωση που η υπάρχουσα πληροφορία είναι ανεπαρκής. Αποτέλεσμα τέτοιων μεθόδων εντοπισμού της τοποθεσίας της βλάβης (impairment location determinations), είναι και πάλι ή απομόνωση ή η αντικατάσταση της μονάδας που παρουσιάζει βλάβη.

Θεωρώντας τα (πέντε) ιεραρχικά επίπεδα του ακόλουθου σχήματος για ένα cell-βασισμένο BISDN δίκτυο, οι ροές πληροφορίας αυτοσυντήρησης (OAM information flows) που αντιστοιχούν σε αυτά τα επίπεδα, ορίζονται ως F1, F2, F3, F4 και F5, με τη ροή F5 να αντιστοιχεί στο επίπεδο νοητών καναλιών (virtual channel level). Επειδή μια τέτοια ιεράρχηση δεν είναι πάντα απαραίτητη, στην περίπτωση που ένα από τα επίπεδα παραλείπεται, οι αντίστοιχες λειτουργίες αυτοσυντήρησης μπορούν να υλοποιηθούν από κάποιο ανώτερο επίπεδο.





Hierarchy example in ATM cell-based transport network

Οι λειτουργίες αυτοσυντήρησης κάθε επιπέδου είναι ανεξάρτητες από αυτές των άλλων επιπέδων. Για να αποκτήσει κάποιο επίπεδο πληροφορία για την απόδοσή του, πρέπει μόνο του να εκτελέσει την απαραίτητη λειτουργία, τα αποτελέσματα της οποίας στέλνονται στο επίπεδο διαχείρισης (management plane) ή στο αμέσως υψηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας αν αυτό ζητηθεί.

Στην περίπτωση της cell-βασισμένης μετάδοσης δεν υπάρχει η ροή F2, ενώ τόσο η F1 όσο και η F3 μεταφέρονται μέσα από τα cells αυτοσυντήρησης του φυσικού επιπέδου (physical layer OAM cells), τα οποία, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα cells, δεν αποστέλλονται στο ATM επίπεδο. Επειδή αυτά της cells εισάγονται τη ροή των ATM cells που στέλνει το φυσικό επίπεδο στο φυσικό μέσο, είναι φυσικό να μειώνεται η ικανότητα μεταφοράς του ATM επιπέδου. Για το λόγο αυτό η μέγιστη συχνότητα των cells αυτοσυντήρησης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 cell ανά 27 ATM cells, ενώ η ελάχιστη δυνατή συχνότητα είναι 1 cell ανά 512 ATM cells.

<i>Level</i>	<i>Function</i>	<i>Flow</i>	<i>Defect/Failure Detection</i>
Regenerator section	Frame alignment (S**)	F1	Loss of frame
	Section error monitoring (S,C*)		Degraded error performance
	Section error reporting (C)		Degraded error performance
	PLOAM cell recognition (C)		Loss of PLOAM cell recognition
	Cell delineation (C)		Loss of cell sync
Digital section	Frame alignment (S)	F2	Loss of frame
	Section error monitoring (S)		Degraded error performance
	Section error reporting (S)		Degraded error performance
Transmission path	VC-4 offset (S)	F3	Loss of pointer
	CN status monitoring (S,C)		CN-AIS
	Cell delineation (S,C)		Loss of cell sync
	Header error detection/correction (S,C)		Uncorrectable header
	Header error performance (S,C)		Degraded header error
	Cell rate decoupling (S,C)		Failure of insertion and suppression of idle cells
	Path error monitoring (S,C)		Degraded error performance
	Path error reporting (S,C)		Degraded error performance
	PLOAM cell recognition (C)		Loss of PLOAM cell recognition
	Monitoring of path availability		F4
Virtual path	Performance monitoring		Degraded performance
Virtual channel	Performance monitoring	F5	Degraded performance

* (C) = cell based

** (S) = SDH based

OAM functions

Η ροή F4 παρέχει δυνατότητα ελέγχου των σημάτων ειδοποίησης που αφορούν σύνδεση νοητών μονοπατιών (VPC alarm monitoring), δυνατότητα ελέγχου της απόδοσης του VPC (VPC performance monitoring), καθώς και δυνατότητα ελέγχου της συνέχειας του VPC (VPC continuity check) (στην περίπτωση που για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δεν έχουν σταλεί cells που να περιέχουν πληροφορία του χρήστη, δημιουργούνται και στέλνονται cells ελέγχου της συνέχειας με σκοπό να εξακριβωθεί αν υπάρχει ή όχι πρόβλημα συνέχειας). Η ροή F5 είναι ανάλογη με τη ροή F4, με τη μόνη διαφορά ότι αναφέρεται σε συνδέσεις νοητών καναλιών (VCC). Ο πίνακας 2.10 δίνει τις λειτουργίες αυτοσυντήρησης των διαφόρων επιπέδων ιεράρχησης του BISDN.

Στον πίνακα, PLOAM cell σημαίνει cell αυτοσυντήρησης του φυσικού επιπέδου (Physical Layer OAM cell), CN σημαίνει δίκτυο του πελάτη (Customer Network), AIS σημαίνει σήμα ειδοποίησης (Alarm Indication Signal), cell rate decoupling σημαίνει διατήρηση σταθερής ροής από cells, cell delineation σημαίνει ανίχνευση ορίων των cells. Περισσότερες πληροφορίες για τον άνωθεν πίνακα δίνονται στη σύσταση/προδιαγραφή CCITT Recommendation I. 610.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ATM

Συγκεκριμένα λοιπόν το ATM έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

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

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

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

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

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

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

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

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τεχνικές συμπίεσης (ήχος,βίντεο,εικόνα) πάνω σε δίκτυα ATM

Είναι γνωστό ότι η ψηφιοποίηση μιας εικόνας η οποία προέρχεται από μια απλή δειγματοληψία του αναλογικού σήματος οδηγεί στη δημιουργία τεραστίων ποσοτήτων πληροφορίας. Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ότι μια εικόνα διαστάσεων 1024x1024 pixels έχει μέγεθος περίπου 3 Mbytes. Είναι φανερό λοιπόν ότι ακόμα και όταν πρόκειται για μία και μοναδική εικόνα (πόσο μάλλον όταν πρόκειται για βίντεο σήμα το οποίο αποτελείται από μια ακολουθία εικόνων), ο χώρος αποθήκευσης όπως και ο χρόνος αλλά και το εύρος ζώνης μετάδοσης που απαιτούνται, έρχονται αντιμέτωπα με την ποσότητα πληροφορίας που η κάθε μία εικόνα περιέχει στην ψηφιακή της μορφή. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκαν γρήγοροι αλγόριθμοι συμπίεσης και αποσυμπίεσης εικόνας. Αναφέρεται ότι το βίντεο σήμα κυμαίνεται στα 100 Mbps και στα 6 ως 20 Mbps μετά τη συμπίεση, ενώ το σήμα τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV - High Definition TV) βρίσκεται στην περιοχή των 1.2 Gbps αν εφαρμοσθεί διαμόρφωση PCM (Pulse Code Modulation) των 8 bit και μεταξύ των 40 και 150 Mbps μετά τη συμπίεση. Η καθυστέρηση που εισάγουν οι αλγόριθμοι συμπίεσης ανέρχεται σε 5 ως 400 msec κατά μέσο όρο. Σε γενικές γραμμές υπάρχει πλεονάζουσα πληροφορία μέσα σε κάθε εικόνα (οπότε και αναφερόμαστε σε περίσσεια πληροφορίας στο πεδίο του χώρου - spatial domain), λόγω μικρών διαφορών στις τιμές που έχουν τα γειτονικά pixel της ίδιας εικόνας, όπως επίσης υπάρχει πλεονάζουσα πληροφορία στην ακολουθία εικόνων του βίντεο σήματος (περίσσεια πληροφορίας στο πεδίο του χρόνου - time domain), λόγω του ότι οι κινήσεις των αντικειμένων προκαλούν μικρές μόνο διαφορές μεταξύ δύο διαδοχικών εικόνων της ακολουθίας. Αυτήν ακριβώς την ύπαρξη πλεονάζουσας πληροφορίας εκμεταλλεύονται οι αλγόριθμοι συμπίεσης για να επιτύχουν συμπίεση στο χώρο ή στο χρόνο. Στη συνέχεια εξετάζονται οι βασικές αρχές μερικών τέτοιων αλγορίθμων.

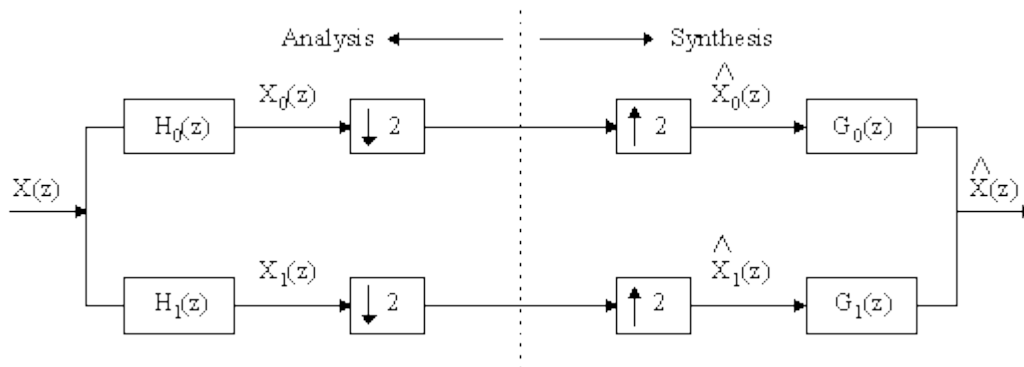
Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χώρο

Ο αλγόριθμος συμπίεσης με πρόβλεψη (prediction coding) βασίζεται στο γεγονός ότι τα λάθη πρόβλεψης της τιμής ενός pixel είναι πολύ μικρά όταν η πρόβλεψη βασίζεται στα γειτονικά pixel. Μάλιστα όσο πιο πολλά γειτονικά pixel λαμβάνονται υπ' όψιν, τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη, αλλά και τόσο μεγαλύτερη η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πολύ 4 γειτονικά pixel για την πρόβλεψη, αφού η πολυπλοκότητα που επιφέρει η χρησιμοποίηση περισσότερων pixels δε συνοδεύεται από αντίστοιχα οφέλη. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος υπολογίζει τη διαφορά πραγματικής τιμής και πρόβλεψης (δηλαδή το λάθος πρόβλεψης), το κβαντίζει και το αποστέλλει στην έξοδό του.

Ο αλγόριθμος συμπίεσης με ανάλυση σε υποζώνες (subband coding) περιλαμβάνει δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα, το προς συμπίεση σήμα περνάει από φίλτρα ανάλυσης τα οποία το τεμαχίζουν σε επιμέρους σήματα κάθε ένα από τα οποία περιέχει μία υποζώνη του αρχικού σήματος (splits the input into several different bands), ενώ στο δεύτερο βήμα κάθε μια από τις υποζώνες συμπιέζεται με βάση τα χαρακτηριστικά της. Στον δέκτη ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή πρώτα αποσυμπιέζονται οι υποζώνες και στη συνέχεια γίνεται σύνθεσή τους για να δώσουν το αρχικό σήμα. Αναφέρεται ότι όσο πιο υψηλές συχνότητες περιλαμβάνει μια

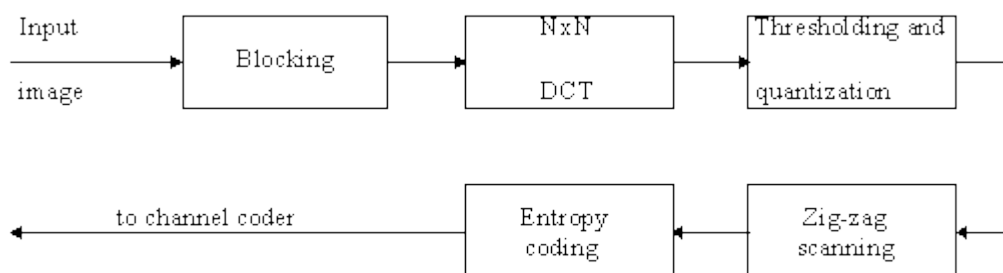
υποζώνη, τόσο μικρότερης σημασίας είναι για την ανακατασκευή του σήματος, επομένως τα cells αυτής της υποζώνης μπορούν να χαρακτηρισθούν ως cells χαμηλής προτεραιότητας.

Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η ταχύτητα των επιμέρους σημάτων υποζωνών μειώνεται σε σχέση με την ταχύτητα του αρχικού σήματος (π.χ. στην περίπτωση ανάλυσης σε 4 υποζώνες υπάρχει μείωση κατά 1/4), γεγονός που καθιστά την μέθοδο κατάλληλη για σήματα υψηλών ταχυτήτων. Ακολουθεί μπλοκ διάγραμμα της μεθόδου για ανάλυση σήματος μιας διάστασης σε δύο υποζώνες.



Block diagram for one-dimensional subband coding

Ο αλγόριθμος συμπίεσης με μετασχηματισμό (transform coding) βασίζεται στο γεγονός ότι ορισμένοι ορθογώνιοι μετασχηματισμοί, όπως για παράδειγμα ο διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT - Discrete Cosine Transform), συγκεντρώνουν την ενέργεια του σήματος σε ένα σχετικά μικρό πλήθος συντελεστών του μετασχηματισμού. Έτσι, κωδικοποιώντας τους συντελεστές του μετασχηματισμού με διάφορες τεχνικές μπορούμε να πετύχουμε μεγάλη συμπίεση. Τα βήματα που ακολουθούνται έχουν ως εξής στην περίπτωση χρήσης του DCT μετασχηματισμού. Η εικόνα χωρίζεται αρχικά σε μπλοκ των $N \times N$ pixels (συνήθως 8×8), όπου το N επιλέγεται με βάση την επιθυμητή συμπίεση και την ποιότητα της συμπίεσμένης εικόνας. Όσο μεγαλύτερο το N , τόσο μεγαλύτερη η συμπίεση, αλλά και φτωχότερη η ποιότητα της εικόνας. Εν συνεχεία εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός DCT σε κάθε ένα από τα μπλοκ της εικόνας και οι συντελεστές (transform coefficients) που προκύπτουν κβαντίζονται, αφού όμως πρώτα υποστούν κατωφλίωση (thresholding) με στόχο τη δημιουργία όσο το δυνατόν περισσότερων μηδενικών τιμών χωρίς παράλληλα να υποβαθμίζεται η ποιότητα της εικόνας σε ανεπιθύμητο βαθμό. Για να εξασφαλιστεί η συνέχεια των μέσων τιμών των μπλοκ, οι DC συντελεστές εξαιρούνται της κατωφλίωσης και οι τιμές τους κβαντίζονται με μικρότερα βήματα (quantized by a finer step size).



Block diagram of basic DCT transform coder

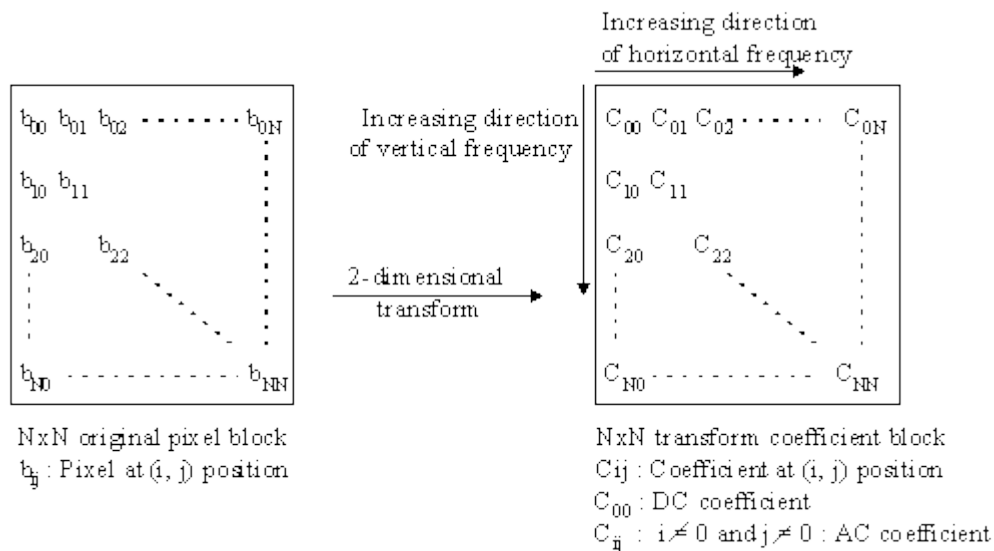


Illustration of block transform

Τέλος οι συντελεστές αναδιατάσσονται με σάρωση zigzag (zigzag scanning), ώστε από τις δύο διαστάσεις να μεταβούμε στη μία διάσταση (οι συντελεστές δεν θεωρούνται πλέον στοιχεία ενός $N \times N$ πίνακα, αλλά σχηματίζουν μία αλυσίδα) και στο τελευταίο βήμα εφαρμόζεται κωδικοποίηση μήκους διαδρομών (run-length coding) τόσο στους μη μηδενικούς συντελεστές, όσο και στις ακολουθίες των μηδενικών. Το σχήμα 3.7 δίνει σε μορφή μπλοκ διαγράμματος την πιο πάνω διαδικασία, ενώ στο σχήμα 3.8 φαίνεται η εφαρμογή του DCT μετασχηματισμού σε ένα μπλοκ της εικόνας.

Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χρόνο

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δεδομένης μιας ακολουθίας εικόνων βίντεο σήματος, είναι δυνατόν να επιτευχθεί συμπίεση του βίντεο σήματος στο χώρο από τη στιγμή που υπάρχει πλεονάζουσα χωρική πληροφορία, η οποία εκφράζεται ως αυξημένη πιθανότητα να έχουν δύο διαδοχικές εικόνες της ακολουθίας κοινά αντικείμενα. Συνεπώς η γνώση της κίνησης των αντικειμένων μιας εικόνας παρέχει πληροφορία για την επόμενη εικόνα της ακολουθίας, δηλαδή μπορεί να επιτευχθεί συμπίεση μέσω της κωδικοποίησης και αποστολής της πληροφορίας σχετικά με την κίνηση των αντικειμένων. Σε γενικές γραμμές, τα ταχέως κινούμενα κομμάτια μιας εικόνας αποτελούν λιγότερο από το 5% της εικόνας.

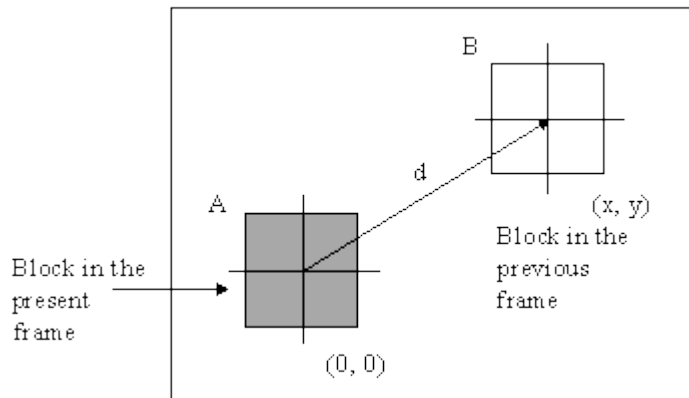


Illustration of motion vector estimation

Ο αλγόριθμος ταιριάσματος μπλοκ (BMA - Block Matching Algorithm) παρουσιάζεται στο προηγούμενο σχήμα και περιλαμβάνει δύο βασικά βήματα. Πρώτα, χωρίζει την εικόνα σε μπλοκ μεγέθους $N \times N$ pixels και στη συνέχεια υπολογίζει ένα διάνυσμα κίνησης το οποίο δηλώνει πόσο έχει μετακινηθεί αυτό το μπλοκ σε σχέση με τη θέση που κατείχε στην προηγούμενη εικόνα. Το ταιρίασμα των δύο μπλοκ (αυτού της παρούσης και αυτού της προηγούμενης εικόνας) γίνεται συνήθως με τη βοήθεια του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, δηλαδή για τον καθορισμό του διανύσματος κίνησης επιλέγεται εκείνο το μπλοκ για το οποίο ελαχιστοποιείται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Ο αλγόριθμος αυτός χαρακτηρίζεται από απλότητα και έχουν ήδη κατασκευασθεί VLSI chip που τον υλοποιούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.cisco.com>

<http://www.sun.com>

<http://www.atmforum.com>

<http://www.data.com>

<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788/ipng/index.html>

<http://www.msci.magic.net/docs/internet-drafts/internet-drafts.html>

<http://www.student.mckenna.edu/student/ns/krae/thesis/index.html>

<http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html>

<http://www.join.uni-muenster.de/JOIN/ipv6/texte-englisch/informationsquellen.html>

<http://www.tbit.dk:80>

Broadband Telecommunications Technology , Byeong Gi Lee , Minho Kang , Jonghee

Lee , Artech House

Εισαγωγή στα δίκτυα επικοινωνίας ηλεκτρονικών υπολογιστών , Δημήτρης

Μητράκος , Έκδοση υπηρεσίας δημοσιευμάτων Αριστοτελείου

Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Input Rate Flow Control for High Speed Communication Networks Using Burst Level

Feedback Control , Izhak Rubin , K. David Lin , ETT , Vol. 5 , No. 1 ,

Quality of Service in Telecommunications Part I : Proposition of a QoS Framework

and Its Application to B - ISDN , Jae-II Jung , Telecommunication Network

Research Laboratories , IEEE Communications Magazine

Quality of Service in Telecommunications Part II : Translation of QoS Parameters into

ATM Performance Parameters in B-ISDN , Jae-II Jung , Telecommunication
Network Research Laboratories,

IEEE Communications Magazine

Asynchronous Transfer of Video , Gunnar Karlsson , Swedish Institute of Computer
Science (SICS) , IEEE Communications Magazine

A Dynamic Rate Control Mechanism for Source Coded Traffic in a Fast Packet

Network , Nanying Yin , Michael G. Hluchyj , IEEE Journal On Selected

Areas In Communications , Vol. 9 , No. 7

Video Source Modeling and Simulation Techniques , Dimitris Papakostas , Columbia
University