



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

& ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΑΤΜ

ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΣΤΑΘΙΑ

A.M 5471

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2015 - 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
1.2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΤΜ	8
2. ΔΟΜΗ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ.....	11
3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ	14
3.1. ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ (ΑΑΛ) ΣΤΟ ΑΤΜ.....	17
3.1.1. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΑΑΛ	17
3.1.2. ΥΠΟΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΥ ΑΑΛ.....	19
3.1.3. ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ ΑΑΛ	20
4. ΑΤΜ ΜΕΤΑΓΩΓΗ	25
4.1. ΝΟΗΤΟ ΚΑΝΑΛΙ.....	26
4.1.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΟΗΤΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ	26
4.2. ΝΟΗΤΟ ΜΟΝΟΠΑΤΙ.....	27
4.2.1. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΝΟΗΤΩΝ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ	27

5.	Η ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΣΕ ΕΝΑ ΑΤΜ ΔΙΚΤΥΟ.....	29
6.	ΑΤΜ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ	31
7.	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QoS).....	33
8.	ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	36
9.	ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΤΜ ΜΕ ΑΛΛΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	37
	9.1. LANE (LAN Emulation)	37
	9.2. NATIVE MODE ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	38
10.	ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	40
	10.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΤΜ ΜΕ ΑΛΛΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	40
	10.1.1.1. ΑΤΜ - ΤDM.....	40
	10.1.1.2. ΑΤΜ - X.25.....	40
	10.1.1.3. ΑΤΜ – FRAME RELAY	41
	10.1.1.4. ΑΤΜ – ETHERNET & TOKEN RING	41
	10.1.1.5. ΑΤΜ - IP	41
	10.1.1.6. ΑΤΜ - CIF	42
	10.2. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	43
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

- **AALs** : ATM Adaptation Layers
- **AAL-IDU** : AAL Interface Data Unit
- **ABR** : Available Bit Rate
- **AFI** : Authority Format Identifier
- **ANSI** : American National Standards Institute
- **ATM** : Asynchronous Transfer Mode
- **B-ISDN** : Broadband Integrated Services Network
- **CAC** : Connection Admission Control
- **CBR** : Constant Bit Rate
- **CIF** : Cells In Frame
- **CIP** : Classic IP
- **CLP** : Cell Loss Priority
- **CPCS** : Common Part Convergence Sublayer
- **DSP** : Domain Specific Part
- **ESI** : End System Identifier
- **HEC** : Header Error Control
- **HO-DSP** : High-Order Domain Specific Part
- **I-PNNI** : Integrated P-NNI
- **IDI** : Initial Domain Identifier
- **LANE** : LAN Emulation
- **MPOA** : MULTIPROTOCOL OVER ATM
- **PCM** : Pulse Code Modulation
- **PT** : Payload Type
- **QoS** : Quality of Service

- **rt-VBR** : realtime Variable Bit Rate
- **SMDS** : Switched Multimegabit Data Service
- **SSCS** : Service Specific Convergence Sublayer
- **STM** : Synchronous Transfer Mode

- **UBR** : Unspecified Bit Rate
- **UNI** : User to Network Interface

- **VBR(NRT)** : Variable Bit Rate—Non Real Time
- **VBR(RT)** : Variable Bit Rate—Real Time
- **VC** : Virtual Channel
- **VCC** : Virtual Channel Connection
- **VCI** : Virtual Channel Identifier
- **VCL** : Virtual Channel Link
- **VLAN**: Virtual LANs
- **VP** : Virtual Path
- **VPC** : Virtual Path Connection
- **VPI** : Virtual Path Identifier
- **VPL** : Virtual Path Link

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με το ακρωνύμιο ATM συμβολίζουμε τα αρχικά του όρου «Asynchronous Transfer Mode», δηλαδή «Ασύγχρονη Κατάσταση Μεταφοράς» και είναι η πιο σημαντική τεχνολογία που προέκυψε από την μελέτη και την ανάπτυξη του B-ISDN (Broadband Integrated Services Network). Το ATM αποτελεί μια τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας, σε επίπεδο κυψελίδων, επομένως ο όρος «Ασύγχρονη» αναφέρεται στον τρόπο μεταφοράς των κυψελίδων αυτών. Η μεταφορά λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οι κυψελίδες να αναγνωρίζονται με προθεματικές ετικέτες και όχι από τη χρονική θέση, όπως γίνεται στο Σύγχρονο Τρόπο Μεταφοράς (STM - Synchronous Transfer Mode). Η τεχνολογία πίσω από το ATM δεν αποτελεί κάτι καινούργιο - είναι στην ουσία παρεμφερής του STM, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στα τηλεφωνικά δίκτυα.

Το πρωτόκολλο ATM βασίζεται στην ιδέα ότι το πακέτο μπορεί να μεταφέρει τα χρήσιμα δεδομένα και την επικεφαλίδα και ταυτόχρονα ο συνολικός αριθμός των bytes στο πακέτο να παραμένει μικρός. Το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι αναγκαίο, ώστε σε περίπτωση που χαθεί κάποιο byte λόγω συμφόρησης, να μην επηρεάζεται δραματικά η ροή των δεδομένων και το χαμένο byte να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγόριθμους. Επιπρόσθετα, το ATM συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου και της μεταγωγής κυκλώματος, δηλαδή τη διαδικασία πολύπλεξης διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω από συγκεκριμένες φυσικές γραμμές και τη γρήγορη επεξεργασία των πακέτων – κυψελίδων (cells), αποδίδοντας το ρόλο του ελέγχου και της διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας.

Το ATM πρωτοεμφανίστηκε προκειμένου να καλυφθούν οι τηλεπικοινωνιακές ανάγκες της ολοένα και αυξανόμενης κοινωνίας της πληροφορίας, και των ανθρώπινων αναγκών για ανεπτυγμένα τηλεπικοινωνιακά μέσα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου, είναι το ότι είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Ακόμη, το ATM ενοποιεί τη μετάδοση όλων των ειδών δεδομένων και υποστηρίζει υπηρεσίες, όπως φωνή, video, εφαρμογές εικόνας, εξομοίωση κυκλωμάτων σε ένα μόνο δίκτυο. Τέλος, τα ευρυζωνικά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (Broadband - ISDN), που είναι η ενοποίηση όλων των υπάρχοντων

δικτύων σε μια ενιαία ομογενή υποδομή, η οποία θα υποστηρίζει όλους τους τύπους επικοινωνιακών υπηρεσιών, βασίζονται στο ATM.

1.2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ATM

Η τεχνολογία και το σύνολο των πληροφοριών που παράγονται καθημερινά από αυτή, κατακλύζουν τις σύγχρονες κοινωνίες, με αποτέλεσμα η τεχνολογία να αναπτύσσεται με όλο και ταχύτερα βήματα, στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Προτού δημιουργηθεί η ανάγκη για υπολογιστές που έπρεπε να συνδεθούν μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, με σκοπό την μεταξύ τους επικοινωνία, χτίστηκε ένα διεθνές δίκτυο για να εξυπηρετεί τις διάφορες συνδέσεις. Σαν άμεση συνέπεια, τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) βελτιστοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας αρχικά το χάλκινο καλώδιο και στη συνέχεια το καλώδιο οπτικών ινών. Λόγω της δυνατότητάς τους για απεριόριστο εύρος ζώνης, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών θεώρησαν τις οπτικές ίνες ως ουσιαστικό κομμάτι του μέλλοντός τους. Παρόλα αυτά, εξακολουθούσαν να υπάρχουν περιορισμοί στο δίκτυο φωνής και βραχυπρόθεσμες λύσεις, όπως αναβάθμιση της οπτικής ίνας, φάνηκαν χρονοβόρες και δαπανηρές. Για το λόγο αυτό τα WANs έπρεπε να αναβαθμιστούν και να βρεθούν νέες λύσεις για καλύτερα, ταχύτερα και πιο ποιοτικά αποτελέσματα.

Ο οργανισμός ITU – T (στο παρελθόν CCITT) και άλλες ομάδες θέσπισης προτύπων, τη δεκαετία του '80 καθιέρωσαν μια σειρά συστάσεων για τις τεχνικές μετάδοσης, μετατροπής, σηματοδοσίας και ελέγχου, που απαιτούνταν για να λειτουργήσει ένα ευφυές δίκτυο βασισμένο σε οπτική ίνα. Σκοπός του εγχειρήματος, ήταν να δημιουργηθεί ένα πρωτόκολλο που θα μπορούσε να άρει τους τρέχοντες περιορισμούς και θα επέτρεπε στα δίκτυα να είναι σε θέση να ικανοποιήσουν αποτελεσματικά τις υπηρεσίες του μέλλοντος. Αυτό το δίκτυο ονομάστηκε ευρυζωνικό ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών (B-ISDN). Το ATM, ξεκίνησε σαν ένα μέρος του προτύπου B-ISDN και αναπτύχθηκε το 1988 από τον CCITT, προσπαθώντας να αυξηθεί το εύρος ζώνης του N-ISDN και να ενοποιηθούν τα υπάρχοντα δίκτυα σε μία ενιαία ομογενή υποδομή, που θα υποστηρίζει όλους τους τύπους επικοινωνιακών υπηρεσιών (πχ. δεδομένων και φωνής ταυτόχρονα).

Αιτία δημιουργίας του ATM υπήρξε η ανάγκη αντικατάστασης του προγόνου του, STM. Το STM είναι ένας μηχανισμός μεταγωγής κυκλώματος, που χρησιμοποιείται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα υποδομής για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων και φωνής σε

μακρινές αποστάσεις. Κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας εγκαθιδρύεται μια σύνδεση μεταξύ δύο σημείων, πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων και στο τέλος η σύνδεση μεταξύ των δύο αυτών σημείων κλείνει. Το εύρος ζώνης είναι προκαθορισμένο και ανεξάρτητα με το αν διακινείται ή όχι πληροφορία, αυτό παραμένει σταθερό και κατειλημμένο σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Το συνολικό εύρος ζώνης διαιρείται σε στοιχειώδη κομμάτια χρόνου, τα time-slots ή buckets, και τα πακέτα των δεδομένων οργανώνονται σε μια ουρά με σταθερό αριθμό πακέτων. Εκτός λοιπόν από κάποιες διαφοροποιήσεις, που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές υλοποιήσεις, η συμπεριφορά ενός συστήματος STM είναι γενικά προβλέψιμη, δεδομένου ότι κάθε σύνδεση κατέχει ένα μέρος του διαθέσιμου εύρους, και δεν το απελευθερώνει για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω, προκύπτει η ανάγκη εύρεσης ενός νέου προτύπου, το οποίο θα υποστηρίζει, μεταξύ άλλων, video και audio-on-demand, web σελίδες με εντυπωσιακά γραφικά κλπ.

Το νέο αυτό πρωτόκολλο, που ανταποκρίθηκε στις παραπάνω απαιτήσεις, ήταν το ATM. Μερικές εφαρμογές, από το ευρύ φάσμα δικτυακών εφαρμογών που υποστηρίζει, είναι:

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

Στην Ευρώπη, το ATM υποστηρίζεται και εξελίσσεται από το ETSI (European Telecommunications Standard Institute), το οποίο είναι υποεπιτροπή του ITU-T. Αντίστοιχα, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ο υπεύθυνος οργανισμός για την προτυποποίηση του ATM είναι μια υποεπιτροπή του ANSI (American National Standards Institute), η T1S1, που είναι υπεύθυνη για νέα πρότυπα τηλεπικοινωνιών. Κατά γενική ομολογία όμως, το πιο ενεργό γκρουπ εργασίας πάνω στο ATM, αυτή τη στιγμή, είναι το ATM Forum, που συνίσταται από πολλές εταιρείες κατασκευής υλικού (hardware) και παροχής υπηρεσιών (service providers).

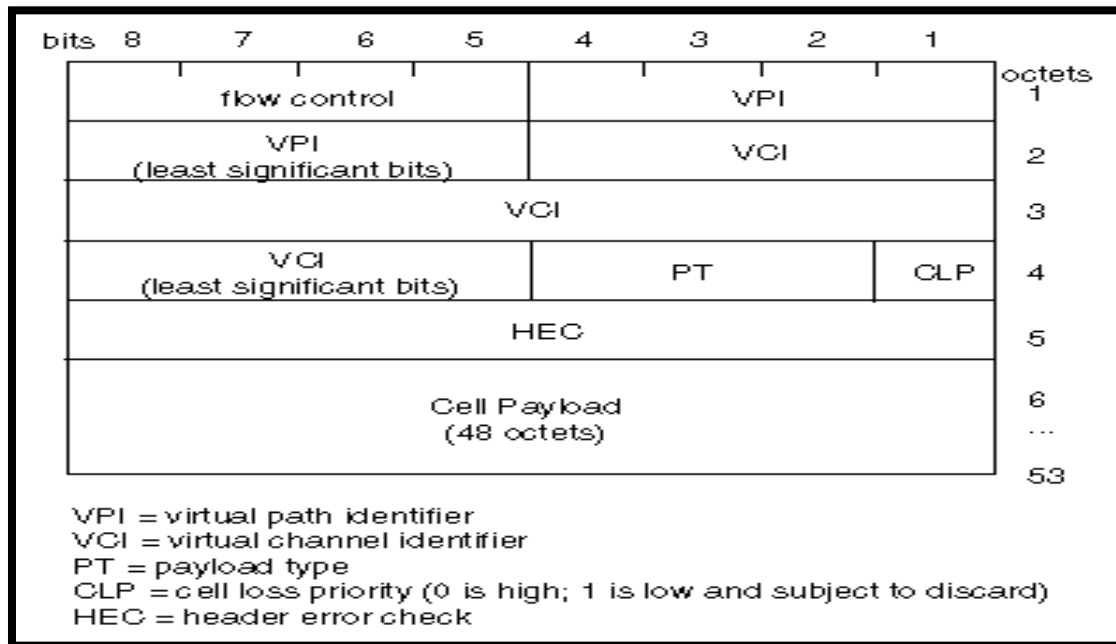
Παρά το γεγονός ότι, το ATM Forum δεν είναι επίσημος οργανισμός προτυποποίησης, καθοδηγεί τις εξελίξεις στο νέο και ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα του ATM.

Οι υπηρεσίες του ATM είναι ακόμα σε ζήτηση και παρά την τεράστια εξέλιξη της τεχνολογίας των δικτύων των τελευταίων ετών, η τεχνολογία του ATM είναι ακόμα η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εξασφαλίσει μια ορισμένη και προκαθορισμένη ποιότητα της υπηρεσίας.

2. ΔΟΜΗ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

Η ATM κυψελίδα (cell), αποτελεί το σημαντικότερο δομικό στοιχείο του ATM πρωτοκόλλου, καθώς είναι η βασική μονάδα μεταφοράς πληροφορίας. Στο χαμηλότερο επίπεδο του δικτύου ATM, χρησιμοποιούνται πλαίσια σταθερού μεγέθους για τη μεταφορά δεδομένων, οι κυψελίδες. Το μήκος κάθε κυψελίδας πρέπει να είναι αυστηρά σταθερό, έτσι ώστε να επιτρέπεται η δημιουργία ταχύτερου υλικού μεταγωγής, για τον χειρισμό της φωνής και τον χειρισμό των δεδομένων.

Κάθε κυψελίδα ATM έχει μήκος 53 bytes και αποτελείται από μία κεφαλίδα 5 bytes ακολουθούμενη από 48 bytes ωφέλιμο φορτίο, δηλαδή 48 bytes δεδομένα χρήσιμα για τον χρήστη.

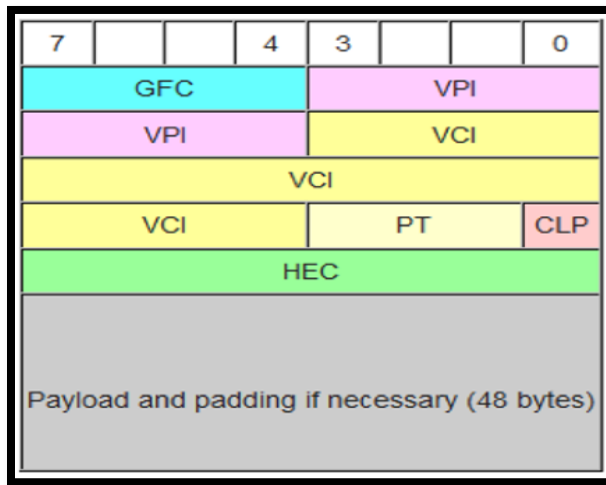


Σχήμα 1: Δομή ATM Κυψελίδας

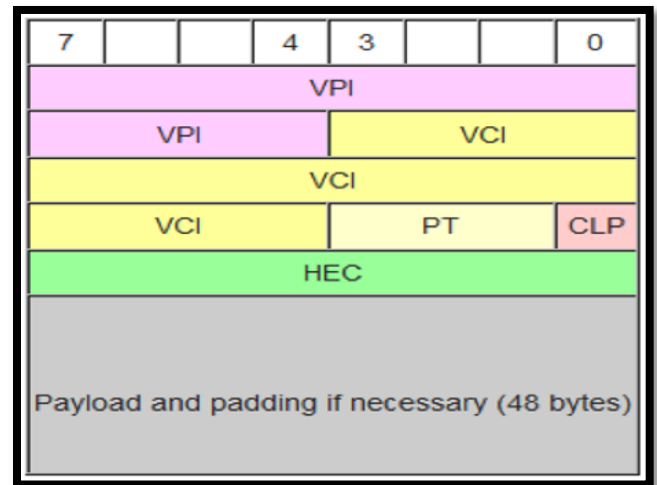
Υπάρχουν δύο τυποποιημένες δομές για τις κυψελίδες του ATM, που αναφέρονται:

- στην διεπαφή του χρήστη με το δίκτυο (**User to Network Interface - UNI**) και
- στην διεπαφή του δικτύου με το δίκτυο (**Network to Network Interface - NNI**).

Οι δομές αυτές, παρουσιάζουν διαφορές ως προς τον τρόπο δόμησης της επικεφαλίδας της ATM κυψελίδας.



Σχήμα 2: Δόμηση κυψελίδας τύπου UNI



Σχήμα 3: Δόμηση κυψελίδας τύπου NNI

Τα δομικά στοιχεία της επικεφαλίδας είναι τα εξής:

1. Γενικός έλεγχος ροής (GFC) :

Το πεδίο αυτό αποτελείται από 4 δυαδικά ψηφία και έχει ως σκοπό την υποστήριξη απλών υλοποιήσεων πολυπλεξίας. Κύρια λειτουργία του είναι ο έλεγχος της πρόσβασης στο φυσικό μέσο, 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. Ο γενικός έλεγχος ροής εμφανίζεται στη διεπαφή δικτύων - χρηστών και δεν εμφανίζεται στη διεπαφή επικεφαλίδας κυττάρων του δικτύου.

2. Κωδικοί αναγνώρισης νοητού μονοπατιού και καναλιού (VPI / VCI) :

Τα δυο αυτά πεδία αποτελούν το λεγόμενο πεδίο δρομολόγησης. Η δρομολόγηση μιας κυψελίδας γίνεται σύμφωνα με τις τιμές των πεδίων VPI και VCI, που υπάρχουν στην επικεφαλίδα του. Κατά τη διαδικασία της δρομολόγησης μεταφράζεται η τιμή VPI στους κόμβους μεταγωγής νοητών μονοπατιών καθώς και η τιμή τόσο του VPI, όσο και του VCI, στους κόμβους μεταγωγής νοητών καναλιών. Χρησιμοποιούνται 8 bits στη διεπαφή χρήστη - δικτύου και 12 bits στο δίκτυο διασυνδέσεων.

3. Τύπος πληροφορίας (PT) :

Στο πεδίο αυτό φαίνεται κατά πόσο η κυψελίδα περιέχει δεδομένα χρήστη, δεδομένα σηματοδοσίας ή λειτουργικές πληροφορίες.

4. Προτεραιότητα απώλειας κυττάρων (Cell Loss Priority - CLP) :

Σε περίπτωση συμφόρησης στο δίκτυο το πεδίο αυτό δείχνει τις κατευθύνσεις, που θα πρέπει να ακολουθηθούν. Η τιμή 0 δείχνει ότι μια κυψελίδα δεν πρέπει να αφαιρεθεί, μέχρις ότου γίνει κάποια άλλη ρύθμιση, ενώ η τιμή 1 δείχνει ότι η κυψελίδα μπορεί να απορριφθεί στο δίκτυο, αν χρειαστεί. Ο switch, δηλαδή, που κάνει τη μεταγωγή απορρίπτει την κυψελίδα για την τιμή 1 εάν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο, αλλιώς την κρατά στο δίκτυο.

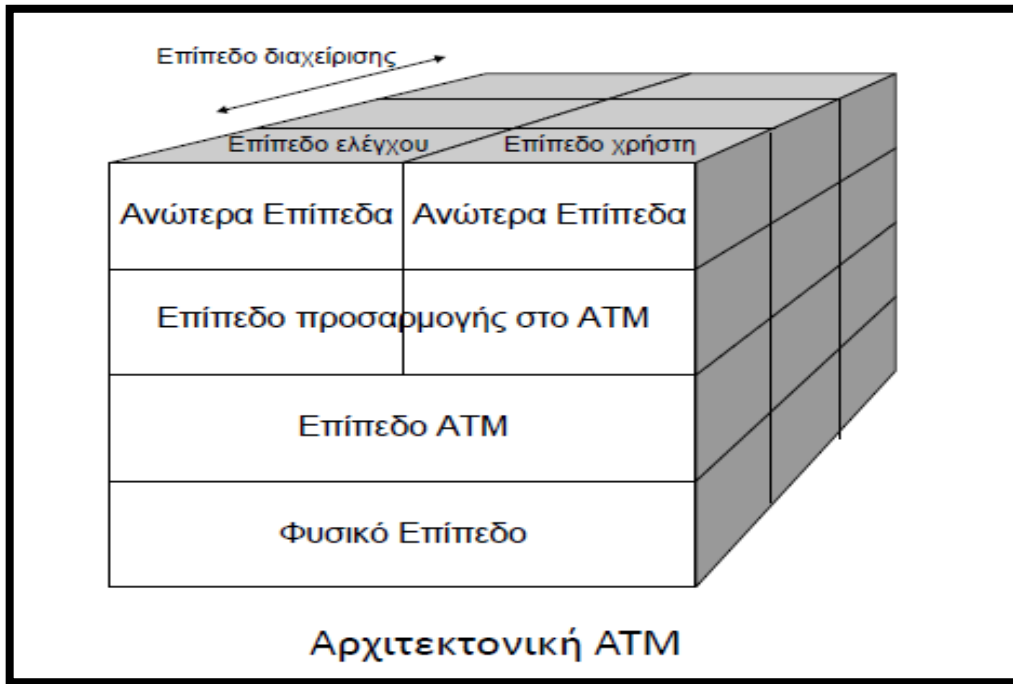
5. Έλεγχος σφάλματος επικεφαλίδας (Header Error Control - HEC) :

Χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει και να διορθώνει τα λάθη στην επικεφαλίδα χρησιμοποιώντας πλεονάζων κώδικα κατά την αποστολή. Το πεδίο της πληροφορίας, αντίθετα, δεν υπόκειται σε διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης λαθών, από τη στιγμή που γι' αυτό είναι υπεύθυνα τα ανώτερα στρώματα.

Με την τεχνολογία ATM είναι εφικτή η συνύπαρξη της μεταφοράς κίνησης "Σταθερού Ρυθμού Δυαδικών Ψηφίων" (φωνή και video) με την κίνηση δεδομένων "Μεταβλητού Ρυθμού Δυαδικών Ψηφίων", που πιθανόν αναφέρεται σε πακέτα μεγάλου μήκους. Αυτό απορρέει από το πλεονέκτημα των κυψελίδων, κατά το οποίο παύει να υπάρχει η διάκριση μεταξύ μεγάλων και μικρών πακέτων. Γενικότερα, η δομή των κυψελίδων ATM έχει το καλό ότι επιτρέπει ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.

3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου ATM αποτελείται από παρακάτω επίπεδα, που φαίνονται στο Σχήμα 4, τα οποία περιγράφονται αμέσως μετά.



Σχήμα 4: Αρχιτεκτονική Επιπέδων ATM Πρωτοκόλλου.

Από το παραπάνω σχήμα διακρίνονται τα εξής επίπεδα αναφοράς:

✓ Επίπεδο Χρήστη

Το επίπεδο χρήστη παρέχεται για τη μεταφορά της εφαρμογής του τελικού χρήστη. Περιλαμβάνει το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM και τα επίπεδα προσαρμογής στο ATM (ATM Adaptation Layers - AALs), που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη, όπως έλεγχο συμφόρησης και επαναφορά από λάθη.

✓ Επίπεδο Ελέγχου

Το επίπεδο ελέγχου, περιλαμβάνει τα πρωτόκολλα που υποστηρίζουν την εγκατάσταση και τον τερματισμό συνδέσεων. Πιο αναλυτικά, φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας

σηματοδοσίας μεταξύ ATM τελικών σημείων, ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση, καθώς και λειτουργίες ελέγχου σύνδεσης που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών μεταγωγής. Επίσης, μοιράζεται το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο ATM με το επίπεδο χρήστη και μετέχει στις διαδικασίες σηματοδοσίας και δρομολόγησης.

✓ **Επίπεδο Διαχείρισης**

Το επίπεδο διαχείρισης παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου. Αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα:

- Η **διαχείριση στρωμάτων** περιλαμβάνει πληροφορίες και μηχανισμούς ελέγχου για τα πρωτόκολλα που υπάρχουν σε κάθε ξεχωριστό στρώμα (**οριζόντιο επίπεδο**).
- Η διαχείριση των **κατακόρυφων επιπέδων** περιλαμβάνει διαδικασίες διαχείρισης και συντονισμού που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία του συστήματος.

✓ **Φυσικό Επίπεδο**

Το φυσικό επίπεδο παρέχει πρόσβαση στο φυσικό μέσο για τη μεταφορά των ATM κυψελίδων. Περιλαμβάνει:

❖ Υποεπίπεδο Σύγκλισης Μεταφοράς

Οι μηχανισμοί του είναι ειδικοί για,

- Εισαγωγή και εξαγωγή άχρηστων κυψελίδων
- Ανίχνευση λαθών με τη δημιουργία και τον έλεγχο του Header Error Control (HEC)
- Ανίχνευση ορίων των κυψελίδων
- Προσαρμογή της ροής των κυψελίδων ανάλογα με το είδος του πλαισίου στο φυσικό επίπεδο (π.χ. SDH)
- Παραγωγή πλαισίων φυσικού επιπέδου στον αποστολέα και εξαγωγή των ATM κυψελίδων από τα πλαίσια φυσικού επιπέδου στον παραλήπτη

❖ Υποεπίπεδο Φυσικού Μέσου

Οι λειτουργίες του είναι,

- Εισαγωγή και εξαγωγή της πληροφορίας χρονισμού των bit
- Δημιουργία και λήψη των κυματομορφών

- ο Μετατροπή από ηλεκτρικό σε οπτικό σήμα (όταν είναι αναγκαίο)

✓ Επίπεδο Προσαρμογής

Το επίπεδο προσαρμογής στο ATM αντιστοιχεί τα δεδομένα των ανώτερων επιπέδων σε κυψελίδες με σκοπό τη μεταφορά τους μέσω του δικτύου.

(Αναλυτική περιγραφή στην αντίστοιχη, παρακάτω, ενότητα.)

✓ Επίπεδο ATM

Το επίπεδο ATM αποτελεί τον «πυρήνα» της τεχνολογίας του Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς. Δέχεται κυψελίδες, από το επίπεδο προσαρμογής στο ATM (AAL), έτοιμες για τη διαδικασία ενθυλάκωσης (encapsulation) κυψελίδων (δηλ. δημιουργίας και συνένωσης της επικεφαλίδας με το πεδίο ωφέλιμου φορτίου) και παραδίδει την πληροφορία στο επίπεδο προσαρμογής στο ATM μετά την από ενθυλάκωση (decapsulation) (δηλ. αποκοπή και επεξεργασία της επικεφαλίδας).

Η πρωταρχική λειτουργία του επιπέδου ATM είναι η από άκρη-σε-άκρη (end-to-end) σειριακή μεταφορά των ATM - κυψελίδων. Το επίπεδο ATM είναι ανεξάρτητο από υπηρεσίες, αφού τα πεδία πληροφορίας των κυψελίδων μεταφέρονται με διαφανή τρόπο και μπορούν να περιέχουν οποιοδήποτε τύπο δεδομένων χρήστη ή πληροφορία δικτύου.

Το επίπεδο ATM υποστηρίζει έναν μεγάλο αριθμό λειτουργιών όπως:

- Κατασκευή Κυψελίδων.
- Λήψη κυψελίδων και νομιμοποίηση (αναγνώριση εγκυρότητας) επικεφαλίδων.
- Μεταγωγή, προώθηση και αντιγραφή κυψελίδων χρησιμοποιώντας τις τιμές των κωδικών αναγνώρισης νοητού μονοπατιού / κυκλώματος (**Virtual Path Identifier / Virtual Channel Identifier – VPI / VCI**).
- Πολυπλεξία και αποπολυπλεξία κυψελίδων χρησιμοποιώντας τις τιμές VPI / VCI.
- Διάκριση κυψελίδων με βάση τον τύπο πεδίου πληροφορίας (**Payload Type - PT**) των κυψελίδων.
- Επεξεργασία του πεδίου "Προτεραιότητας απώλειας κυψελίδων" (**Cell Loss Priority CLP**).
- Υποστήριξη πολλαπλών κλάσεων "ποιότητας υπηρεσιών" (QoS).
- Αναγνώριση των τιμών επικεφαλίδας που έχουν κρατηθεί και προεκχωρηθεί.
- Γενικός έλεγχος ροής.

3.1.ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ (AAL) ΣΤΟ ATM

Η χρήση του ATM δημιουργεί την ανάγκη για ένα επίπεδο προσαρμογής για την υποστήριξη πληροφορίας, που μεταφέρεται με διαφορετικά πρωτόκολλα. Το επίπεδο αυτό τοποθετείται μεταξύ του ATM επιπέδου και των ανώτερων επιπέδων και είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή της πληροφορίας, που προέρχεται από τον χρήστη (η οποία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στην μορφή της) σε μια μορφή που είναι αποδεκτή από το ATM επίπεδο. Ασχολείται, δηλαδή, με τη μετατροπή της πληροφορίας, που έρχεται από τον χρήστη σε 48άδες από bytes, τα οποία στη συνέχεια θα σχηματίσουν τις ATM κυψελίδες.

Εκτός όμως από την παραπάνω μετατροπή, το AAL επίπεδο ασχολείται, επίσης, με:

- την ανίχνευση και τη διόρθωση των λαθών μετάδοσης,
- την επεξεργασία των χαμένων, λανθασμένων και με λάθη στην επικεφαλίδα των κυψελίδων,
- την αποστολή και την αξιοποίηση πληροφορίας συγχρονισμού,
- τον έλεγχο ροής πληροφορίας για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS).

3.1.1. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ AAL

Υπάρχουν διάφοροι τύποι AAL. Οι υπηρεσίες που παρέχουν οι τύποι αυτοί, εξαρτώνται από τα ανώτερα επίπεδα και τις εφαρμογές των χρηστών. Για την ελαχιστοποίηση των πρωτοκόλλων προσαρμογής, που χρειάζονται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες, η ITU-T όρισε τέσσερις κλάσεις υπηρεσιών, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα. Δηλαδή, κάθε τύπος του AAL παρέχει συγκεκριμένες υπηρεσίες για κάθε συγκεκριμένη κλάση διακίνησης πληροφορίας (Class).

Τα χαρακτηριστικά με βάση τα οποία γίνεται ο διαχωρισμός των υπηρεσιών σε κλάσεις είναι τα εξής:

- Χρονική σχέση των δύο επικοινωνούντων σημείων

Μερικές ATM μεταδόσεις απαιτούν κάποια χρονική σχέση μεταξύ των επικοινωνούντων σημείων. Για παράδειγμα, στην 64-Kbps PCM μετάδοση φωνής υπάρχει μία συγκεκριμένη χρονική σχέση μεταξύ της πηγής της πληροφορίας και του προορισμού, με αποτέλεσμα την άμεση μετάδοση πληροφορίας (real time). Αντίθετα, η απλή μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο χρηστών ενός δικτύου δεν βασίζεται σε ειδική χρονική σχέση.

- Bit rate

Μερικές υπηρεσίες μετάδοσης παρέχουν σταθερό bit rate, ενώ άλλες παρέχουν μεταβλητό.

- Τρόπος σύνδεσης (Connection Mode)

Η μετάδοση είναι είτε connection oriented, είτε connectionless.

Πιο αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά της κάθε κλάσης είναι τα εξής:

❖ Class A

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.

❖ Class B

Παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης φωνής/video έχοντας μεταβλητό bit rate. Υπάρχει συγχρονισμός μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη στη μετάδοση δεδομένων.

❖ Class C

Διαχειρίζεται διαφορετικά είδη πληροφορίας (data, voice, video), την οποία μεταφέρει μέσω των ATM κυψελίδων σε δίκτυα LAN -WAN. Μπορεί να εμφανίσει απώλεια σε δεδομένα (data loss), καθόλου όμως καθυστερήσεις.

❖ Class D

Η κλάση D παρέχει πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταγωγή πακέτων, υπηρεσίες μετάδοσης (LAN) ή Frame Relay (WAN), στις οποίες οι ίδιες κυψελίδες ενημερώνουν για την απαραίτητη πληροφορία διευθυνσιοδότησης για την αποστολή στο προορισμό τους, χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση συνδέσεων μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη.

❖ Class X

Πρόκειται για μια υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), κατά την οποία δεν απαιτείται χρονισμός μεταξύ των δύο άκρων που επικοινωνούν.

❖ Class Y

Η τελευταία αυτή κλάση έχει στόχο να επιτρέπει πιθανές αλλαγές στα χαρακτηριστικά μεταφοράς του επιπέδου ATM, που παρέχονται από το δίκτυο. Μπορεί, επίσης, να υποστηρίζει τη μεταφορά δεδομένων και τον έλεγχο της κίνησης σε δίκτυα ATM, στα οποία πραγματοποιούνται αλλαγές κατά τη μετάδοση.

3.1.2. ΥΠΟΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΥ AAL

Το επίπεδο προσαρμογής είναι χωρισμένο σε δύο υποεπίπεδα:

❖ Υποεπίπεδο Σύγκλισης (CS)

Το υποεπίπεδο Σύγκλισης παρέχει λειτουργίες, οι οποίες υποστηρίζουν ορισμένες εφαρμογές που χρησιμοποιούν το επίπεδο προσαρμογής. Κάθε χρήστης μπορεί να συνδεθεί με το επίπεδο στο σημείο πρόσβασης, το οποίο είναι η διεύθυνση της εφαρμογής. Το υποεπίπεδο αυτό είναι, λοιπόν, εξαρτημένο από την υπηρεσία.

❖ Υποεπίπεδο Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης (SAR)

Το υποεπίπεδο Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης είναι υπεύθυνο για τη συλλογή της πληροφορίας από το υποεπίπεδο Σύγκλισης σε κυψελίδες έτοιμος για αποστολή, και για να ανασυνθέτει την πληροφορία αυτή στο άλλο άκρο. Το επίπεδο ATM περιλαμβάνει κυψελίδες, που αποτελούνται από 5-bytes επικεφαλίδα και 48-bytes στο πεδίο πληροφορίας. Άρα, το υποεπίπεδο Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης πρέπει να συγκεντρώνει όλη τη χρήσιμη πληροφορία για τις κυψελίδες σε μπλοκ των 48-bytes.

3.1.3. ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ AAL

Υπάρχουν διάφοροι τύποι AAL. Συγκεκριμένα:

✓ AAL1

Αυτός ο τύπος λειτουργίας ασχολείται με πηγές δεδομένων σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων. Η μόνη ευθύνη του υποεπιπέδου SAR είναι να συγκεντρωθούν τα bits στις κυψελίδες για τη διαδικασία της αποστολής και στη συνέχεια η αποσύνθεση των κυψελίδων μόλις φτάσουν στον προορισμό τους. Κάθε μπλοκ συνοδεύεται από έναν αριθμό ακολουθίας (SNs), έτσι ώστε τα κατεστραμμένα PDUs να μπορούν να εντοπιστούν. Όταν τα δεδομένα των κυψελίδων «διαβάζονται» μετά την αποσύνθεσή τους, το υποεπίπεδο CS δίνει στο SAR μια τιμή CSI, που τοποθετείται στο πεδίο SN.

- SAR Υποεπίπεδο

Η λειτουργία του AAL-1 SAR υποεπιπέδου είναι να τεμαχίζει τις CS-PDUs, να προσθέτει μία επικεφαλίδα και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο. Αντίστοιχα, εκτελεί και την αντίστροφη διαδικασία. Το μέγεθος του ωφέλιμου φορτίου της SAR-PDU είναι 47 bytes.

- CS Υποεπίπεδο

Το AAL-1 CS υποεπίπεδο έχει σαν ευθύνη του να διορθώνει τα λάθη για τα διάφορα σήματα βίντεο και ήχου υψηλής ποιότητας, ανάλογα με την υπηρεσία, με την αποστολή της πληροφορίας που είναι σχετική με το συγχρονισμό (μέσα από την CS-PDU), και ανάλογα, επίσης, με την αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας αυτών μέσω διάφορων μεθόδων. Τέλος, ασχολείται και με περιπτώσεις κυψελίδων, που έχουν χαθεί, ή που έχουν λάθη στην επικεφαλίδα τους.

✓ AAL2

Ο τύπος AAL-2 επιτρέπει στα δεδομένα να μεταφέρονται με μεταβλητό ρυθμό δυαδικών ψηφίων. Επιπλέον, συμμετέχει στη διαδικασία μεταφοράς της πληροφορίας συγχρονισμού μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Δεδομένου ότι η πηγή παράγει ένα μεταβλητό ρυθμό δυαδικών ψηφίων, η συγκέντρωση των απαραίτητων bit πληροφορίας είναι πιο δύσκολο να συγκεντρωθεί και να δημιουργηθούν σωστά οι κυψελίδες. Επομένως, οι περισσότερες λειτουργίες απαιτούνται από το υπόστρωμα SAR.

• SAR Υποεπίπεδο

Το AAL-2 SAR υποεπίπεδο ασχολείται με το να τεμαχίζει τις CS-PDUs, να προσθέτει μία επικεφαλίδα και ένα trailer και να στέλνει τις SAR- PDUs, που προκύπτουν στο ATM επίπεδο, καθώς και να εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία. Με δεδομένο ότι το AAL-2 επίπεδο υποστηρίζει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, όπως και το AAL-1 επίπεδο, η δομή της AAL-2 SAR-κυψελίδας θα είναι παρόμοια με τη δομή της AAL-1 SAR-κυψελίδας.

• CS Υποεπίπεδο

Το υποεπίπεδο αυτό, όπως και το AAL-1 CS υποεπίπεδο, παρέχει λειτουργίες διόρθωσης λαθών για σήματα βίντεο και ήχου και λειτουργίες για την αντιμετώπιση προβλημάτων από κυψελίδες που έχουν χαθεί ή που έχουν λάθη στην επικεφαλίδα τους. Από τη στιγμή που τα σήματα που επεξεργάζεται το AAL-2 υποεπίπεδο είναι σήματα μεταβλητού ρυθμού, όμως, μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του, είναι η αποστολή της πληροφορίας που σχετίζεται με το συγχρονισμό της πηγής και του δέκτη, καθώς επίσης και η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας για την επίτευξη του απαραίτητου συγχρονισμού.

✓ AAL3/4

Κατά τη διαδικασία του λεπτομερούς ορισμού των τύπων των επιπέδων προσαρμογής στο ATM, διαπιστώθηκε ότι οι τύποι AAL3 και AAL4 είχαν τόσα κοινά χαρακτηριστικά στη δομή και στις λειτουργίες τους. Επομένως, συγχωνεύθηκαν σε έναν κοινό τύπο, ο οποίος ονομάστηκε AAL3/4. Αυτός ο τύπος σχετίζεται με τη μεταφορά δεδομένων, τα οποία μπορεί να είναι ευαίσθητα σε απώλειες, δεν παρουσιάζουν όμως καθόλου καθυστερήσεις.

Οι υπηρεσίες, που υποστηρίζονται σε αυτόν τον τύπο AAL, χωρίζονται σε υπηρεσίες τύπου μηνύματος (message-mode) και τύπου ροής (streaming-mode). Και οι δύο τύποι υποστηρίζουν τόσο το βέβαιο, όσο και τον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας (assured/nonassured operation). Στο βέβαιο τρόπο λειτουργίας, όλες οι κυψελίδες μεταδίδονται επακριβώς με τη σειρά με την οποία λαμβάνονται από το ATM επίπεδο. Οι κυψελίδες που έχουν χαθεί ή που περιέχουν λάθη αναμεταδίδονται και υπάρχει συνεχής έλεγχος ροής της κυκλοφορίας των δεδομένων. Ο βέβαιος τρόπος λειτουργίας εφαρμόζεται μόνο σε συνδέσεις του ATM επιπέδου από σημείο σε σημείο. Όσον αφορά τον αβέβαιο τρόπο λειτουργίας, οι κυψελίδες που έχουν χαθεί ή που περιέχουν λάθη δεν αναμεταδίδονται. Επιπλέον, το AAL3/4 επίπεδο παρέχει τη δυνατότητα στις κυψελίδες να μεταφέρονται από ένα AAL-SAP (AAL Service Access Point) σε κάποιο άλλο AAL-SAP, ή από ένα AAL-SAP σε πολλά AAL-SAPs.

- SAR Υποεπίπεδο

Η λειτουργία του AAL3/4 SAR υποεπιπέδου είναι να λαμβάνει από το CS υποεπίπεδο τις μεταβλητού μήκους CS-PDUs, να τις τεμαχίζει, να προσθέτει μία επικεφαλίδα και να στέλνει τις SAR-PDUs που προκύπτουν στο ATM επίπεδο. Όπως και στους προηγούμενους τύπους, έτσι και σε αυτόν εκτελεί και την αντίστροφη διαδικασία.

- CS Υποεπίπεδο

Το AAL3/4 CS υποεπίπεδο χωρίζεται σε CPCS και σε SSCS κομμάτια. Οι λειτουργίες του AAL3/4 CS υποεπιπέδου αφορούν τη διάφανη μετάδοση των κυψελίδων, τη δρομολόγηση των AAL-SAPs στις κατάλληλες συνδέσεις του ATM επιπέδου, την ανίχνευση και τη διόρθωση λαθών, τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων των δεδομένων, τη δέσμευση χώρου στο buffer του δέκτη, καθώς και άλλες ειδικές λειτουργίες σχετικές με τις υπηρεσίες της κλάσης C.

- ✓ AAL5

Αυτός ο τύπος είναι το πιο πρόσφατο πρωτόκολλο, που αναπτύχθηκε στο AAL. Έχει σα στόχο του να παρέχει μία λειτουργία συνεχούς ροής, διαθέσιμη για τα υψηλότερα στρώματα, στις υπηρεσίες που χαρακτηρίζονται «προσανατολισμένες προς τη σύνδεση». Επιπλέον, φροντίζει για τις καταστάσεις που απαιτείται αποκατάσταση από λάθη και χρησιμοποιείται στον τύπο $\frac{3}{4}$

για την πολυπλεξία των διαφορετικών καναλιών δεδομένων, που χρησιμοποιούν την ίδια εικονική ATM σύνδεση.

Το AAL5 δημιουργήθηκε για να:

1. Μειώσει τον επιπλέον χρόνο επεξεργασίας πρωτοκόλλων.
2. Μειώσει τον επιπλέον χρόνο εκπομπής
3. Διασφαλίσει προσαρμοστικότητα στα υπάρχοντα πρωτόκολλα μεταφοράς.

- SAR Υποεπίπεδο

Η μονάδα δεδομένων του υποεπίπεδου Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης περιλαμβάνει μόνο 48 bytes ωφέλιμου φορτίου. Η απουσία των επιπλέον bits στις κυψελίδες έχει τα εξής αποτελέσματα:

- Επειδή δεν υπάρχει καμία ακολουθία αριθμών, ο αποδέκτης πρέπει να υποθέσει ότι όλα τα πακέτα δεδομένων του υποεπίπεδου Κατακερματισμού και Ανασύνθεσης τα αποδέχεται στη σωστή σειρά για ανασύνθεση. Το πεδίο CRC χρησιμοποιείται για αυτόν ακριβώς το λόγο.
- Η απουσία του πεδίου αναγνώρισης πολυπλεξίας σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να παρεμβάλλονται κυψελίδες από διαφορετικά πακέτα δεδομένων του υποεπίπεδου Σύγκλισης. Για το λόγο αυτό, κάθε νέο πακέτο δεδομένων, που προορίζονται για ανασύνθεση, περιέχει ένα μέρος του τρέχοντος πακέτου δεδομένων του υποεπίπεδου Σύγκλισης ή το πρώτο μπλοκ του επόμενου πακέτου.

- CS Υποεπίπεδο

Τα δεδομένων περιλαμβάνουν ένα trailer με τα ακόλουθα πεδία:

- Ένδειξη από χρήστη σε χρήστη (1 byte).
Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορία από χρήστη σε χρήστη.
- Έλεγχος λαθών CRC (4 bytes).
Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των λαθών στη μονάδα δεδομένων.

- Ένδειξη κοινού μέρους (1 byte).
Υποδεικνύει τη μετατροπή των εναπομενόντων πεδίων του trailer της μονάδας δεδομένων.

- Μήκος (2 bytes).
Το μήκος του ωφέλιμου φορτίου της μονάδας δεδομένων του υποεπιπέδου Σύγκλισης. Το ωφέλιμο φορτίο από το παραπάνω επίπεδο προσγεμίζεται ώστε η μονάδα δεδομένων του υποεπιπέδου σύγκλισης να είναι πολλαπλάσια 48 bytes.

4. ATM ΜΕΤΑΓΩΓΗ

Οι ATM τεχνικές μεταγωγής βασίζονται στα δύο πεδία, που περιέχει η επικεφαλίδα της ATM κυψελίδας. Αυτά τα πεδία παρέχουν την απαραίτητη πληροφορία για τη δημιουργία της σύνδεσης και για τη δρομολόγηση δεδομένων, και είναι τα εξής:

- VPI (Virtual Path Identifier) → Νοητά μονοπάτια
- VCI (Virtual Channel Identifier) → Νοητά κανάλια
- Το ATM χρησιμοποιεί τα "νοητά μονοπάτια" και τα "νοητά κανάλια" υποστηρίζοντας τις διαδικασίες δρομολόγησης μεταξύ δύο άκρων.

Το ATM χρησιμοποιεί τα "νοητά μονοπάτια" και τα "νοητά κανάλια" για να υποστηρίξει τις διαδικασίες δρομολόγησης μεταξύ δύο άκρων. Το μέσο μετάδοσης παρέχει την υπηρεσία μεταφοράς στο νοητό μονοπάτι (Virtual Path - VP) και με τη σειρά του, το νοητό μονοπάτι παρέχει την υπηρεσία μεταφοράς στο νοητό κανάλι (Virtual Channel - VC).

Πιο συγκεκριμένα, κάποια στιγμή ένας μεταγωγέας στέλνει μια κυψελίδα σ' ένα δίκτυο, το οποίο περιέχει την απαραίτητη πληροφορία δρομολόγησης στα πεδία της επικεφαλίδας VCI και VPI. Αυτήν την κυψελίδα, τη διαβάζει ένας άλλος μεταγωγέας, όταν φτάσει σε μια συγκεκριμένη πόρτα και συνδυάζοντας την πληροφορία που περιέχει η κυψελίδα, καθώς και την πόρτα εισόδου του, καθορίζει ποια θα είναι η επόμενη πορεία της κυψελίδας. Για να καταφέρει να πραγματοποιήσει τα παραπάνω ο μεταγωγέας, απαιτούνται κάποιες πληροφορίες, τις οποίες και βρίσκει σ' έναν πίνακα, στον οποίο περιέχονται οι αντιστοιχίες των ζευγών μεταξύ των πορτών εισόδου-πεδία VCI/VPI και των πορτών εξόδου - πεδία VCI/VPI. Στη συνέχεια, μόλις ο μεταγωγέας βρει τη σωστή αντιστοιχία, θέτει καινούριες τιμές στα πεδία VCI/VPI, έτσι ώστε κατά την έξοδο της κυψελίδας από το μεταγωγέα, οι τιμές στα δύο πεδία να διαφέρουν απ' αυτές που είχαν κατά την είσοδο της κυψελίδας σ' αυτόν. Αυτό γίνεται για να μπορέσει να δρομολογηθεί η επόμενη ATM σύνδεσης. Ο επόμενος μεταγωγέας που θα δεχτεί την κυψελίδα, κάνει ακριβώς την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε πιο πάνω, και μετά την αντιστοίχιση των ζευγών μεταξύ των πορτών εισόδου-πεδία VCI/VPI και των πορτών εξόδου-πεδία VPI/VCI, στέλνει με τη σειρά του την κυψελίδα στο μεταγωγέα που έχει σειρά. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται από μεταγωγέα σε μεταγωγέα, μέχρις ότου την ATM κυψελίδα να φτάσει στον τελικό της προορισμό.

4.1.ΝΟΗΤΟ ΚΑΝΑΛΙ

Τα νοητά κανάλια είναι λογικές συνδέσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουν χρήστες περιορισμένου αριθμού ανάμεσα σε δύο σταθμούς ATM. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο νοητό κανάλι νοείται μια μονόδρομη λογική σύνδεση μεταξύ δύο σημείων για τη μεταφορά κυψελίδων ATM. Κάθε κυψελίδα έχει στην επικεφαλίδα της μια ετικέτα, label, η οποία δείχνει σε ποιο νοητό κανάλι ανήκει. Σε αυτή την ετικέτα περιλαμβάνονται οι τιμές για τα πεδία VCI και VPI. Οι τιμές αυτές είναι πολύ σημαντικές για τον προσδιορισμό κάθε νοητού κυκλώματος, επειδή οι τιμές του αναγνωριστικού του νοητού καναλιού δε χρησιμοποιούνται μόνο για τον προσδιορισμό ενός νοητού καναλιού, αλλά χρησιμοποιούνται και στη συνέχεια, για τον προσδιορισμό των νοητών μονοπατιών. Κάθε φορά που ένα νοητό κανάλι μετάγεται, αποδίδεται μια τιμή του αναγνωριστικού του νοητού καναλιού και οι τιμές VCI VPI αλλάζουν σύμφωνα με τον πίνακα μετάφρασης του μεταγωγέα (όπως αναφέρθηκε πιο πάνω). Ένας κόμβος μεταγωγής, που λαμβάνει υπόψη του την τιμή τον αναγνωριστικού του νοητού καναλιού, ονομάζεται κόμβος μεταγωγής νοητών καναλιών (VC switching) ή χειριστής νοητών καναλιών (VC handler).

4.1.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΟΗΤΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Μία γραμμή νοητού καναλιού (Virtual Channel Link - VCL) περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς κυψελίδων ATM μεταξύ δύο διαδοχικών λογικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή του VCI. Ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων μεταγωγής νοητών καναλιών ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου μεταγωγής νοητών καναλιών. Η αλληλουχία γραμμών νοητού καναλιού σχηματίζει μια σύνδεση νοητού καναλιού (Virtual Channel Connection - VCC). Τα VCC δημιουργούνται από τη συνένωση νοητών καναλιών και έχουν τα άκρα τους στα σημεία του δικτύου, στα οποία το κομμάτι της κυψελίδας, που περιέχει την πληροφορία του χρήστη, περνάει από το ATM επίπεδο στο AAL επίπεδο ή αντίστροφα. Αυτού του είδους οι συνδέσεις γίνονται όταν χρειάζονται, γεγονός που είναι σύνηθες για μία υπηρεσία ATM μεταγωγής σε ένα ιδιωτικό δίκτυο, ενώ στα δημόσια δίκτυα αυτές οι συνδέσεις έχουν προβλεφθεί και συνήθως φτιάχνονται προκαταβολικά.

4.2.ΝΟΗΤΟ ΜΟΝΟΠΑΤΙ

Ένα νοητό μονοπάτι (VP) είναι μία δέσμη από νοητά κανάλια, η οποία κατευθύνεται σ' ένα ATM τελικό σημείο. Μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας μεγάλος "αγωγός", μέσα στον οποίο υπάρχουν μικρότεροι. Το νοητό μονοπάτι προσδιορίζεται μόνο από το VPI πεδίο της επικεφαλίδας της ATM κυψελίδας, ενώ το VCI πεδίο αγνοείται. Νοητά κανάλια που μοιράζονται το ίδιο νοητό μονοπάτι έχουν την ίδια τιμή στο αναγνωριστικό νοητού μονοπατιού. Κάθε φορά που ένα νοητό μονοπάτι μετάγεται στο δίκτυο, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή του αναγνωριστικού νοητού μονοπατιού (VPI). Ένας κόμβος μεταγωγής, που λαμβάνει υπόψιν του την τιμή του VPI, ονομάζεται κόμβος μεταγωγής νοητών μονοπατιών ή χειριστής νοητών μονοπατιών ή κόμβος διασταυρούμενης σύνδεσης (cross-connect).

Τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση νοητών μονοπατιών σε ένα δίκτυο ATM, είναι αρκετά σημαντικά. Ο δικτυακός χρήστης μπορεί να διαχειριστεί ορισμένες κυψελίδες ATM με ένα αποκλειστικό τρόπο, ανεξάρτητα του δικτυακού παροχέα υπηρεσιών, όμως αν θέλει να μεταδώσει κάποια πληροφορία προς τον ίδιο προορισμό με την χρήση πολλών VCs, μπορεί να υπάρξει συμφόρηση και κατά συνέπεια μεγάλες καθυστερήσεις ή και απώλειες κυψελίδων. Όλα αυτά μπορούν να αποφευχθούν αν αυτή η πληροφορία μεταφερθεί σε μία μόνο λογική μετάδοση, αντί να μεταφερθεί σε πολλές μεταδόσεις. Αυτό σημαίνει, δηλαδή, να μεταφερθεί διαμέσου ενός νοητού μονοπατιού και όχι διαμέσου πολλών νοητών καναλιών. Έτσι τα νοητά μονοπάτια εξαλείφουν το βάρος της μεταγωγής των πολλών νοητών καναλιών.

Στην ουσία, με τη χρήση των νοητών μονοπατιών σε ένα ATM δίκτυο, αυτό που πραγματοποιείται είναι η δυνατότητα συσσώρευσης των κυψελίδων από πολλούς χρήστες που θέλουν να μεταφέρουν στο δίκτυο, μέσα από μία φυσική σύνδεση με σήμα υψηλού ρυθμού. Γι' αυτό τα νοητά μονοπάτια παρέχουν έναν αποτελεσματικό τρόπο μεταφοράς της πληροφορίας, ανεξάρτητα από το μέγεθός της, όταν αυτή κατευθύνεται στον ίδιο προορισμό.

4.2.1. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΝΟΗΤΩΝ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ

Η γραμμή νοητού μονοπατιού (Virtual Path Link - VPL) περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς κυψελίδων ATM μεταξύ δύο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή του ταυτοποιητή νοητού μονοπατιού (VPI). Μία αλληλουχία

από γραμμές νοητών μονοπατιών σχηματίζει μια *σύνδεση νοητού μονοπατιού* (**Virtual Path Connection - VPC**). Ως άκρο της σύνδεσης ενός νοητού μονοπατιού θεωρείται το σημείο, στο οποίο οι τιμές των VCIs δημιουργούνται, μεταφράζονται ή τερματίζουν. Οι συνδέσεις των νοητών μονοπατιών έχουν σαν άκρα τους τα σημεία εκείνα, που αποτελούν άκρα των VCLs, αλλά και τα σημεία όπου τα νοητά κανάλια του μονοπατιού οδηγούνται σε διαφορετικά νοητά μονοπάτια, λόγω ύπαρξης μεταγωγέα νοητών καναλιών. Επομένως, μία σύνδεση νοητού μονοπατιού ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων μεταγωγής νοητών μονοπατιών ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου μεταγωγής νοητών καναλιών ή μεταξύ δύο κόμβων μεταγωγής νοητού κυκλώματος και νοητού μονοπατιού.

5. Η ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΣΕ ΕΝΑ ΑΤΜ ΔΙΚΤΥΟ

Το ΑΤΜ έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει όλα τα είδη των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και επομένως, θα πρέπει να μπορεί να δουλεύει με όλα τα είδη των δεδομένων. Υπάρχουν διαφορετικά είδη κυκλοφορίας και διάφοροι τρόποι που το ΑΤΜ τις διαφορετικές πληροφορίες. Για κάθε ένα είδος κυκλοφορίας έχει δημιουργηθεί και μία κλάση που υποστηρίζει τη μετάδοση της συγκεκριμένης κυκλοφορίας.

➤ **Κυκλοφορία Μεταβλητού Ρυθμού Μετάδοσης**

Σε αυτή την περίπτωση όλη η κυκλοφορία είναι σε μορφή ριπής. Ακόμα και σε μία φυσιολογική τηλεφωνική συνομιλία, ο ομιλητής είναι σιωπηρός για το 60% του χρόνου. Επίσης, σε κάποιες εφαρμογές, η μέγιστη τιμή του ρυθμού μετάδοσης μπορεί να είναι εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της. Αρκετές από τις σημερινές τεχνολογίες δεσμεύουν ένα σταθερό ρυθμό μετάδοσης για μία τέτοια εφαρμογή. Αυτό φυσικά δεν είναι καθόλου αποδοτικό. Αντίθετα, η ΑΤΜ τεχνολογία είναι αρκετά πιο ευέλικτη. Το διαθέσιμο εύρος ζώνης μπορεί να κατανεμηθεί στις διάφορες εφαρμογές, ανάλογα με τις απαιτήσεις τους. Στην περίπτωση που τα δεδομένα μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης είναι ευαίσθητα ως προς τη χρονική καθυστέρηση, τότε αυτά μεταδίδονται χρησιμοποιώντας την κλάση κυκλοφορίας Μεταβλητού Ρυθμού Μετάδοσης, πραγματικού χρόνου (realtime Variable Bit Rate, rt-VBR).

➤ **Κυκλοφορία Σταθερού Ρυθμού Μετάδοσης**

Παραδείγματα τέτοιας κυκλοφορίας είναι οι μέθοδοι κωδικοποίησης, που παράγουν δεδομένα που δεν είναι υπό μορφή ριπής. Συγκεκριμένα, στις επικοινωνίες φωνής χρησιμοποιείται το Pulse Code Modulation (PCM), όπου η φωνή δειγματοληπτείται χρησιμοποιώντας μια σταθερή συχνότητα δειγματοληψίας, και κάθε δείγμα κωδικοποιείται χρησιμοποιώντας ένα σταθερό ρυθμό από bits. Αυτή δεν είναι η πιο αποδοτική μέθοδος κωδικοποίησης, είναι όμως η πιο φθηνή.

Η κυκλοφορία σταθερού ρυθμού μετάδοσης πρέπει να μεταδοθεί μέσα από το δίκτυο στη μορφή αυτή. Δηλαδή, με σταθερό ρυθμό μετάδοσης και με σταθερό χρόνο μεταξύ των δειγμάτων. Πολλά από τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα επικοινωνιών προσφέρουν σταθερό ρυθμό μετάδοσης. Επομένως, ένα καινούριο σύστημα επικοινωνιών θα πρέπει να υποστηρίζει μετάδοση κυκλοφορίας σταθερού ρυθμού, για να είναι συμβατό με παλαιότερα υπάρχοντα συστήματα. Στο ATM είναι δυνατό να δεδμευθεί σταθερό εύρος ζώνης για μια σύνδεση, χρησιμοποιώντας την κλάση κυκλοφορίας Σταθερού Ρυθμού (Constant Bit Rate, CBR).

➤ **Κυκλοφορία Μη-Πραγματικού Χρόνου**

Η κυκλοφορία μπορεί να χωριστεί σε κυκλοφορία πραγματικού και κυκλοφορία μη-πραγματικού χρόνου (αν και ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι πάντα εύκολο να γίνει). Τα δεδομένα πραγματικού χρόνου πρέπει να μεταδοθούν με συγκεκριμένη καθυστέρηση και συγκεκριμένη διασπορά στην καθυστέρηση αυτή, διαφορετικά θα χαθεί η αξία αυτών των δεδομένων όταν φτάσουν στον παραλήπτη. Παραδείγματα εφαρμογών, που παράγουν δεδομένα πραγματικού χρόνου, είναι οι διαδραστικές υπηρεσίες, όπως η τηλεφωνία και η βιντεοκλήση. Το τηλέφωνο παράγει CBR κυκλοφορία, ενώ το εικονοτηλέφωνο παράγει rt-VBR κυκλοφορία.

Υπάρχουν, επίσης και δεδομένα μη-πραγματικού χρόνου. Για παράδειγμα, τα δεδομένα ενός υπολογιστή είναι μη-πραγματικού χρόνου. Τα δεδομένα αυτά δεν εξαρτώνται από το χρόνο και επομένως, μπορούν να μείνουν αποθηκευμένα περισσότερο μέσα σε ένα δίκτυο.

6. ATM ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ

Στο επίπεδο της διευθυνσιοδότησης υποδικτύων, υπεύθυνο είναι το ATM επίπεδο για την αντιστοίχιση των διευθύνσεων του Επιπέδου Δικτύου σε ATM διευθύνσεις. Το ATM Forum επέκτεινε την ATM διευθυνσιοδότηση, ώστε να περιλαμβάνει και ιδιωτικά ATM δίκτυα και επίσης, όρισε ένα format διευθυνσιοδότησης, βασισμένο στη δομή των OSI NSAP διευθύνσεων. Λόγω του καινούριου μοντέλου απαιτείται ένα εντελώς καινούριο σχήμα διευθυνσιοδότησης και πρωτοκόλλου δρομολόγησης. ATM ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΤΥΠΟΥ NSAP

Οι διευθύνσεις του τύπου αυτού αποτελούνται από 20bytes όταν πρόκειται για ιδιωτικά ATM δίκτυα και χρησιμοποιούν E.164 διευθύνσεις, όταν πρόκειται για δημόσια ATM δίκτυα. Τα τρία μέρη από τα οποία αποτελούνται όλες οι διευθύνσεις NSAP είναι τα εξής:

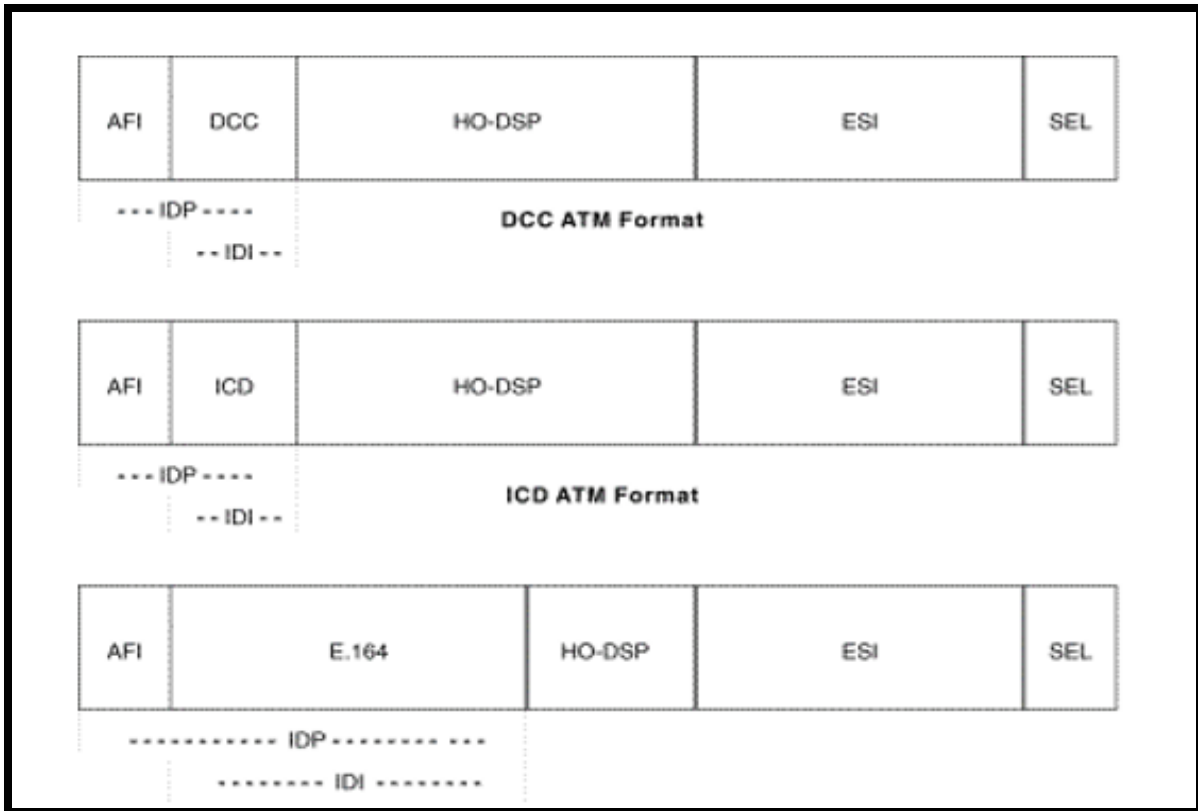
- Authority Format Identifier (AFI),
- Initial Domain Identifier (IDI),
- Domain Specific Part (DSP).

Σχετικά με τα τρία αυτά μέρη:

- Το AFI καθορίζει τη σημασία και τη μορφή του IDI, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ερμηνευθεί το περιεχόμενο του IDI.
- Το IDI χαρακτηρίζει την εκχώρηση της διεύθυνσης.
- Το DSP περιλαμβάνει την πραγματική πληροφορία δρομολόγησης.

Υπάρχουν, επιπλέον, τρεις τύποι διευθυνσιοδότησης για τα ιδιωτικά δίκτυα ATM, που διαφέρουν λόγω της διαφορετικής φύσης του AFI και του IDI. Πιο συγκεκριμένα:

- Στο NSAP E.164 format, το IDI είναι ένας E.164 αριθμός.
- Στο DCC είναι ένας κωδικός χώρας.
- Στο ICD format είναι ένα διεθνές διακριτικό.



Σχήμα 5: Τύποι Διευθυνσιοδότησης ATM Ιδιωτικών Δικτύων (Τρείς)

Όσον αφορά τα πεδία, που φαίνονται στο σχήμα πιο πάνω:

- **AFI** → Καθορίζει τον τύπο και το format της διεύθυνσης
- **DCC** → Χαρακτηρίζει συγκεκριμένες χώρες
- **HO-DSP** → Συνδυάζει το μέρος της NSAP διεύθυνσης, που περιέχει την πληροφορία δρομολόγησης καθώς και το μέρος της διεύθυνσης που περιέχει το Δείκτη Περιοχής (AREA)
- **ESI** → Καθορίζει την 48-bits MAC διεύθυνση, όπως αυτή προκύπτει από την ανάθεση που κάνει στις κατασκευάστριες εταιρείες δικτυακού εξοπλισμού το Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).
- **SEL** → Χρησιμοποιείται για τοπική πολυπλεξία εσωτερικά των σταθμών, οι οποίοι είναι άκρα του ATM δικτύου και δεν έχουν καμία άλλη σημασία μέσα στο ATM δίκτυο
- **ICD** → Χαρακτηρίζει και καθορίζει συγκεκριμένους διεθνείς οργανισμούς.
- **E.164** → Δηλώνει την BISDN E.164 διεύθυνση.

7. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QoS)

Με τον όρο QoS νοείται ο βαθμός ικανοποίησης του χρήστη για μια υπηρεσία, εδώ συγκεκριμένα για το ATM δίκτυο. Η ποιότητα υπηρεσίας είναι ένα πολύ βασικό θέμα για το ATM δίκτυο, αφού μέσα από αυτό μεταφέρονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, όπως ο ήχος και το βίντεο.

Αμέσως μετά την εγκατάσταση ενός ATM κυκλώματος, θα πρέπει το επίπεδο μεταφοράς και το ATM επίπεδο να «συμφωνήσουν» σε κάποια βασικά πράγματα σχετικά με το πώς θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της δρομολόγησης. Η συμφωνία αυτή περιλαμβάνει τρία τμήματα, τα οποία είναι:

- Δείκτες κίνησης: Χαρακτηρίζουν το φορτίο, που μπορεί να εξυπηρετηθεί στο δίκτυο.
- QoS απαιτήσεις: Καθορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών.
- Κατηγορία υπηρεσίας: Δηλώνει την κατηγορία της υπηρεσίας και εξαρτάται από τα δύο προηγούμενα τμήματα.

Επίσης, τα ATM δίκτυα προσφέρουν ένα σύνολο από τάξεις υπηρεσιών. Κατά τη διευθέτηση της σύνδεσης, ο ίδιος ο χρήστης θα 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:

- **CBR (Continuous Bit Rate)**: Χρησιμοποιούνται CBR τύπου συνδέσεις μεταφέροντας πληροφορία με σταθερό bit rate και με σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων.
- **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.

- **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, υπάρχει όμως η απαίτηση για ποιοτική υπηρεσία.
- **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, όμως, η ABR δεν παρέχει κάποιο εγγυημένο εύρος ζώνης στο χρήστη. Δίνει τη δυνατότητα στο δίκτυο να καθορίσει αυτό και να παρέχει την «καλύτερη δυνατή υπηρεσία», κατά την οποία χρησιμοποιούνται μηχανισμοί ελέγχου ροής για να αυξηθεί το εύρος ζώνης του χρήστη όταν δεν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο ή για να μειωθεί το εύρος ζώνης του χρήστη, όταν υπάρχει συμφόρηση. Η ABR υπηρεσία σχεδιάστηκε για να μεταφέρει LAN πληροφορία διαμέσου των ATM δικτύων. Αυτό, επειδή τα LAN πρωτόκολλα χρησιμοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης όταν δεν υπάρχει συμφόρηση, μπορούν, όμως, να χρησιμοποιήσουν και λιγότερο εύρος ζώνης σε περιπτώσεις συμφόρησης.
- **UBR (Unspecified Bit Rate):** Η UBR υπηρεσία δεν προσφέρει καμία εγγυημένη παροχή. Ο χρήστης μπορεί να στείλει οποιαδήποτε ποσότητα δεδομένων, μέχρι έναν μέγιστο καθορισμένο αριθμό. Το δίκτυο δεν παρέχει καμία εγγύηση για τη καθυστέρηση ή για την απώλεια. Λόγω των παραπάνω, βέβαια, και οι δύο αυτές δυσάρεστες καταστάσεις μπορούν να συμβούν κατά τη μετάδοση δεδομένων με μεγάλη πιθανότητα. Επειδή η UBR υπηρεσία δεν παρέχει κανένα μηχανισμό για τον έλεγχο της ροής της πληροφορίας ή κάποιο περιορισμό για την συμφόρηση, οι ATM μεταγωγείς είναι αυτοί που αναλαμβάνουν το βάρος αυτών των λειτουργιών. Για να το καταφέρουν αυτό οι μεταγωγείς, έχουν εγκατεστημένους μηχανισμούς για τον έλεγχο της συμφόρησης και για υποστηρίζουν επαρκή αποθήκευση δεδομένων, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες στα ξαφνικά ξεσπάσματα κίνησης πληροφορίας(burst), που παρουσιάζει συχνά το δικτυακό περιβάλλον ενός LAN.

Επιπρόσθετα, για την παροχή υπηρεσιών ποιότητας υπηρεσίας υποστηρίζονται από τα ATM δίκτυα τρεις τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται Traffic Contract, Traffic Shaping και Traffic Policing.

Σύμφωνα με την πρώτη τεχνική, μετρώνται κάποιες παράμετροι και δημιουργείται ένα πλαίσιο υπεύθυνο για τη ροή των δεδομένων, το οποίο περιλαμβάνει διάφορες πληροφορίες που σχετίζονται με τη μέγιστη και τη μέση τιμή του εύρους ζώνης που θα χρειαστεί, καθώς και με το μέγεθος που μπορεί να έχει μια ξαφνική μετάδοση.

Στη δεύτερη τεχνική χρησιμοποιούνται ουρές, στις οποίες συγκεντρώνονται οι κυψελίδες που έχουν σταλθεί για να αποφευχθούν δυσάρεστες και επίπονες για το δίκτυο καταστάσεις. Στις ουρές αυτές μπορεί να συγκεντρώνονται κυψελίδες για να περιοριστεί το μέγιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης, ή κυψελίδες οι οποίες θα πρέπει να περιμένουν λίγο πριν συνεχίσουν προς τον προορισμό τους, ώστε να περιοριστούν τυχόν εξάρσεις στην κίνηση και να εξομαλυνθεί η διασπορά της καθυστέρησης.

Τέλος, σχετικά με την τρίτη τεχνική, οι μεταγωγείς διαθέτουν ένα προσυμφωνημένο πλαίσιο με κανόνες για την κυκλοφορία και τη ροή της κίνησης. Συγκρίνουν με αυτό το πλαίσιο την τρέχουσα ροή και αν δε συμφωνούν τα δύο αποτελέσματα σημαίνει ότι υπάρχει συμφόρηση και τότε μπορούν να απορρίψουν κάποιες κυψελίδες. Αυτό το κάνουν θέτοντας το CLP bit των κυψελίδων που φτάνουν σε αυτούς ίσο με 1.

8. ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΟΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται η πληροφορία δεν είναι σταθερός. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Στις υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης, όπως και στις υπηρεσίες σταθερού ρυθμού μετάδοσης, παρουσιάζονται εναλλαγές μεταξύ ανενεργών περιόδων (idle periods), στις οποίες δεν παράγονται κυψελίδες, και ενεργών περιόδων (burst periods), στις οποίες οι κυψελίδες παράγονται σε μορφή ριπής (burst).

Για παράδειγμα, στη φωνή η μέση ενεργή περίοδος έχει διάρκεια 352 msec και η μέση ανενεργή περίοδος έχει διάρκεια 650 msec, ενώ όσον αφορά τις αντίστοιχες τιμές για τις στατικές εικόνες είναι 500 msec και 11000 msec.

Στην περίπτωση που πολλές πηγές βρεθούν ταυτόχρονα στην ενεργή περίοδο, είναι δυνατόν ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρονται οι κυψελίδες να υπερβεί τη χωρητικότητα κάποιου ATM μεταγωγέα ή κάποιας γραμμής. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρξει συμφόρηση, κάτι το οποίο έχει αρνητικά αποτελέσματα για το δίκτυο. Οι καταστάσεις συμφόρησης ευνοούν την απώλεια κυψελίδων και δημιουργούν μεγάλες καθυστερήσεις. Εκτός απ' αυτό, βέβαια, μπορεί να προκληθεί συνωστισμός και λάθη στις επικαφαλίδες των κυψελίδων.

Ανεξάρτητα από την αιτία η οποία θα προκαλέσει τη συμφόρηση, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μηχανισμών, οι οποίοι θα είναι σε θέση να ελέγχουν τη ροή των δεδομένων. Έτσι, θα υπάρχει αποτελεσματικότερη κυκλοφορία κυψελίδων στο δίκτυο και αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν επίσης σα στόχο και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων του δικτύου.

Οι μηχανισμοί ελέγχου ροής της πληροφορίας χωρίζονται σε δύο τύπους. Ο πρώτος εμφανίζεται όταν υπάρξουν σημάδια συνωστισμού, επομένως στοχεύει στην αντιμετώπιση καταστάσεων συνωστισμού. Ο δεύτερος τύπος διαφέρει, και στοχεύει στην πρόληψη της εμφάνισης του συνωστισμού, ενεργεί δηλαδή νωρίτερα από τον προηγούμενο.

Υπάρχει επιπλέον και ένας εναλλακτικός τρόπος ταξινόμησης των μηχανισμών ελέγχου ροής. Αυτός βασίζεται στο επίπεδο στο οποίο εφαρμόζεται ο έλεγχος και προσφέρει έλεγχο που γίνεται στο επίπεδο της κυψελίδας και έλεγχο που γίνεται στο επίπεδο της κλήσης.

9. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ATM ΜΕ ΑΛΛΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

Εδώ και αρκετά χρόνια υπάρχουν αρκετά πρωτόκολλα στο επίπεδο δικτύου και στο επίπεδο διασύνδεσης, τα οποία είναι γνωστά και σχετίζονται με τα LAN και WAN δίκτυα. Για να αποτελεί το ATM ένα επιτυχές πρωτόκολλο, θα πρέπει να μπορεί να συνεργάζεται με τα ήδη υπάρχοντα.

Οι λειτουργίες του επιπέδου δικτύου παρέχουν μια ομοιόμορφη άποψη του δικτύου στα ανώτερα επίπεδα, γι' αυτό η διασύνδεση των δικτύων βασίζεται στη χρήση ίδιων πρωτοκόλλων. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει ένα πρωτόκολλο δικτύου σε συνεργασία με το ATM δίκτυο. Ο ένας τρόπος είναι η μέθοδος native mode και ο άλλος είναι η LANE (LAN Emulation). Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, απαιτείται να αντιστοιχιστούν οι διευθύνσεις του επιπέδου δικτύου με τις διευθύνσεις ATM και στη συνέχεια να μεταφερθούν τα πακέτα του επιπέδου δικτύου διαμέσου του ATM δικτύου. Όσον αφορά τη δεύτερη μέθοδο, πρόκειται για μια εναλλακτική, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

9.1.LANE (LAN Emulation)

Η λειτουργία LANE προσπαθεί να μιμηθεί τη λειτουργία ενός τοπικού δικτύου LAN πάνω από ένα ATM δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, το LANE καθορίζει κάποιους μηχανισμούς που μιμούνται τη λειτουργία του IEEE 802.3 Ethernet ή του 802.5 Token Ring LAN. Παρέχει την ίδια υπηρεσία που παρέχουν και τα LAN, με τη διαφορά ότι ενσωματώνει και τα δεδομένα που μεταφέρονται μέσα από το ATM δίκτυο στην κατάλληλη μορφή των LAN MAC πακέτων.

Το LANE μετατρέπει τις MAC διευθύνσεις σε ATM διευθύνσεις. Στην ουσία να παρέχεται ένα πρωτόκολλο MAC γέφυρας για το ATM, σε συνεργασία με τους υπάρχοντες μεταγωγείς. Το LANE λειτουργεί σύμφωνα με τις διαδικασίες σηματοδότησης του ATM και δεν έχει καμία επίδραση στους μεταγωγείς. Το αποτέλεσμα της λειτουργίας του LANE είναι ότι όλες οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτό, αποτελούν ένα γεφυρωμένο τμήμα. Για τη διαχείριση και για τη διακίνηση της πληροφορίας μεταξύ τέτοιων δικτύων είναι απαραίτητη η χρήση δρομολογητών. Αντιθέτως, στο εσωτερικό ενός τέτοιου δικτύου την πληροφορία διαχειρίζονται οι μεταγωγείς.

9.2. NATIVE MODE ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

Η εναλλακτική μέθοδος, με την οποία διακινούνται τα πακέτα του επιπέδου δικτύου διαμέσου του ATM δικτύου είναι τα native mode πρωτόκολλα. Σήμερα, όλα τα πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύου μπορούν να εξελιχθούν, ώστε να «τρέχουν» πάνω από το ATM δίκτυο. Το πρωτόκολλο το οποίο έχει μελετηθεί περισσότερο είναι, όμως, το IP.

Απ' τη στιγμή που υπάρχει ήδη η μέθοδος LANE, τίθεται το ερώτημα γιατί να χρειάζεται εναλλακτικός τρόπος προσέγγισης του προβλήματος. Αυτό το οποίο ερώτημα, όμως, απαντάται εύκολα. Τα native mode πρωτόκολλα μπορούν να παρέχουν QoS, κάτι το οποίο δεν μπορεί να κάνει το LANE, επειδή «κρύβει» το ATM από τα πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύου, δηλαδή το εξομοιώνει ώστε να μη γίνεται εξωτερικά φανερή η λειτουργία του εσωτερικού του LANE, που πραγματοποιείται με τις αρχές του ATM. Κάτι τέτοιο καθιστά αδύνατη τη χρήση των QoS χαρακτηριστικών του ATM. Εξάλλου, τα σημερινά πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύου είναι σχεδιασμένα για να παραδίδουν τα δεδομένα χωρίς εγγυήσεις, οπότε ούτως ή άλλως δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τα QoS χαρακτηριστικά του ATM.

Παρόλα αυτά, ο οργανισμός IETF έχει καταφέρει να βρει τρόπους, ώστε το IP να μπορεί να ανταποκριθεί στις καινούριες εφαρμογές και αυτοί οι τρόποι αφορούν πρωτόκολλα, όπως το RSVP ή το PIM. Αυτά τα εξελιγμένα πρωτόκολλα δίνουν τη δυνατότητα στο IP να μπορεί να εκμεταλλευτεί τα QoS χαρακτηριστικά του ATM. Σημαντική εξέλιξη του IP αποτελεί το Ipv6.

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ QoS ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ATM ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το IP πρωτόκολλο λειτουργεί σαν native mode πρωτόκολλο, όμως υπάρχει συνεχώς η απαίτηση για εξέλιξη και άλλων πρωτοκόλλων και την ενσωμάτωσή τους στο ATM. Γι' αυτό, το ATM Forum έφτιαξε μια ομάδα εργασίας για την ανάπτυξη των προδιαγραφών του MPOA (MULTIPROTOCOL OVER ATM).

Υπάρχουν τρία διαφορετικά μοντέλα για τη λειτουργία του MPOA, τα οποία είναι τα εξής:

- **Peer Model :**

Αντιστοιχίζει αλγοριθμικά τις διευθύνσεις του επιπέδου δικτύου με NSAP διευθύνσεις. Έτσι, δε χρειάζεται να κάνει τις αντιστοιχίσεις κάποιο πρωτόκολλο, ενώ οι αιτήσεις σηματοδότησης που περιέχουν NSAP διευθύνσεις μπορούν να δρομολογούνται χρησιμοποιώντας το P-NNI πρωτόκολλο.

- **I-PNNI (Integrated P-NNI) :**

Προτείνει τη χρήση του P-NNI πρωτοκόλλου και για τους ATM μεταγωγείς, αλλά και για τους δρομολογητές πακέτων.

- **Κατανεμημένα πρωτόκολλα δρομολόγησης (Distributed Router Protocols) :**

Το τρίτο και τελευταίο μοντέλο βασίζεται σε μία διαφορετική προσέγγιση, η οποία υποστηρίζει πως θα δημιουργηθεί μια νέα γενιά LANs, τα virtual LANs. Αρχικά, τα virtual LANs στηρίχθηκαν πάνω στους μεταγωγείς, που υπήρχαν μέχρι το δεύτερο επίπεδο OSI και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος LANE.

Αυτό επέφερε κάποια προβλήματα. Υπήρχε συνωστισμός στη ροή της πληροφορίας στο σημείο στο οποίο διασυνδέονταν τα δύο virtual LANs και ανικανότητα του LANE ως προς την εκμετάλλευση των QoS υπηρεσιών του ATM.

Έτσι, εμφανίστηκε η επόμενη γενιά των virtual LANs, τα οποία λειτουργούν μέχρι και το επίπεδο 3. Οι μεταγωγείς, πλέον, δε λειτουργούν μόνο σαν απλές γέφυρες, αλλά κάνουν μεταγωγή και σε πακέτα, βασιζόμενοι στις διευθύνσεις του επιπέδου δικτύου και σε πληροφορίες από άλλα ανώτερα επίπεδα.

Μέχρι σήμερα, δεν είναι ξεκάθαρο το ποιο μοντέλο είναι το καταλληλότερο για τις απαιτήσεις του μέλλοντος, αφού κάθε ένα από τα παραπάνω τρία μοντέλα δίνει λύσεις σε διαφορετικά προβλήματα. Αξιοσημείωτο πάντως είναι, το ότι δίνεται μεγαλύτερη βάση και σημασία στη μελέτη και στην ανάπτυξη των δύο άλλων μοντέλων, εκτός του peer model.

10.ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

10.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΤΜ ΜΕ ΑΛΛΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση του ΑΤΜ και με άλλες τεχνολογίες.

10.1.1.1. ΑΤΜ - TDM

Με τον όρο TDM νοούνται κάποιες μισθωμένες γραμμές, οι οποίες μέχρι πρόσφατα ήταν αναλογικές, όμως πλέον όλος ο δικτυακός εξοπλισμός τους είναι ψηφιακός.

Σήμερα, οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές συναντώνται αρκετά συχνότερα. Βασίζονται σε δίκτυα, που χρησιμοποιούν πολυπλέκτες και μεταγωγείς. Η χρήση του ΑΤΜ προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα, αλλά έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος από το TDM. Με το ΑΤΜ μπορεί να δεσμευθεί εύρος ζώνης και προσφέρονται και υπηρεσίες QoS, οι οποίες χειρίζονται το εύρος ζώνης πολύ αποδοτικά.

10.1.1.2. ΑΤΜ - X.25

Το X.25 ήταν το πρώτο παγκόσμιο σύστημα, το οποίο συνέδεε όλους τους τύπους των δικτυακών συσκευών σε ένα κοινό δίκτυο μεταγωγής δεδομένων. Τα πακέτα X.25 είναι αρκετά στέρεα και ανθεκτικά. Επιβιώνουν ακόμα και από μεγάλα συγκριτικά επίπεδα λαθών, όταν πρόκειται για δίκτυα χαμηλής ταχύτητας, καθώς επίσης είναι αποδοτικά και για δίκτυα ανεκτικά σε λάθη. Αυτό, όμως, είναι και το πρόβλημα του συγκεκριμένου δικτύου, καθώς απαιτείται μεγάλο κόστος για να υπάρχει αυτή η ανοχή στα λάθη.

Ένα αρνητικό, επίσης, του X.25 είναι οι μέγιστες ταχύτητες που μπορούν να μεταδώσουν και να λάβουν τα X.25 δίκτυα, οι οποίες περιορίζονται στα 64K bits/sec. Επιπρόσθετα, η εκμετάλλευση από ένα τέτοιο δίκτυο πιο ποιοτικών και πιο προηγμένων γραμμών μεταφοράς καθίσταται αδύνατη. Παρόλα αυτά, το X.25 παραμένει ενεργό, κυρίως επειδή μπορεί να διασυνδέσει τις συσκευές όλων των κατασκευαστών, αλλά και λόγω του κύρους που κατείχε τόσα χρόνια.

10.1.1.3. ATM – FRAME RELAY

Ένα τρίτο πρωτόκολλο, με το οποίο μπορεί να συγκριθεί το ATM, είναι η τεχνολογία Frame Relay, η οποία παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το X.25. Το κυριότερο είναι πως, ο έλεγχος για τα λάθη και η διόρθωση αυτών δεν πραγματοποιείται πλέον στις ενδιάμεσες δικτυακές συσκευές και γίνεται μόνο στα άκρα. Το Frame Relay χειρίζεται συνδέσεις της τάξης των 64K bits/sec και 2M bits/sec. Για δίκτυα που δεν χρειάζονται ταχύτητες πάνω από 2M bits/sec, είναι μία πού καλή λύση και είναι πολύ δύσκολο να αντικατασταθεί από το ATM. Δυστυχώς, το ATM δεν μπορεί να συγκριθεί με το FR σε αυτές τις ταχύτητες, κυρίως λόγω του μεγέθους της κυψελίδας - πακέτου (53 bytes), που δεν μπορεί να είναι αποδοτικό σε τέτοιες ταχύτητες.

Το ATM, όμως, μπορεί να αντικαταστήσει το Frame Relay σε ταχύτητες υψηλότερες των 2M bits/sec, ειδικά σε εφαρμογές με μικρό επίπεδο ανοχής στο θόρυβο (βίντεο). Ωστόσο, σε μεγάλα δίκτυα το ATM και το Frame Relay μπορούν να συνεργαστούν αποδοτικά. Το Frame Relay μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χαμηλότερες ταχύτητες, ενώ το ATM για τις υψηλότερες.

10.1.1.4. ATM – ETHERNET & TOKEN RING

Τα δίκτυα Ethernet και Token Ring αποτελούν τα πιο διαδεδομένα δίκτυα στον κόσμο και λειτουργούν με ταχύτητα 10M bits/sec. Η τεχνολογία Lan emulation (LANE), που έχει προταθεί από το ATM Forum και περιεγράφηκε προηγουμένως, δείχνει ότι το ATM μπορεί να αντικαταστήσει το Ethernet και το Token Ring, με τη σημείωση, όμως, ότι το κόστος του ATM είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

10.1.1.5. ATM - IP

Τα IP δίκτυα έχουν σχεδιαστεί, κυρίως, για να υποστηρίξουν μια υπηρεσία βασισμένη στο μηχανισμό μετάδοσης πακέτων με την κατά το δυνατόν καλύτερη προσπάθεια, που είναι κατάλληλη για δεδομένα. Μπορεί να αντιμετωπίζουν κάποια προβλήματα, όμως, το μέλλον διαφαίνεται λαμπρό για την τεχνολογία αυτή. Για παράδειγμα, τα IP δίκτυα έχουν μεγάλη καθυστέρηση, που όμως μειώνεται, καθώς η ταχύτητα στις σύνδεσης αυξάνεται.

Και τα δύο, IP και ATM, μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες με πολλές εφαρμογές VPN. Η ικανότητα να προσφέρουν τέτοιες υπηρεσίες, οφείλεται στα ATM πρότυπα και προϊόντα. Οι IP μεταγωγείς έχουν ευέλικτη και ιεραρχημένη διαχείριση εύρους ζώνης συχνοτήτων, που συμβάλλει στη δημιουργία IP δικτύων και αρκετές σύγχρονες εφαρμογές μπορούν να μεταφέρονται μέσα απ' αυτά .

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην ανάπτυξη του ATM για ενοποιημένες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων είναι το μεγάλο κόστος, καθώς ο εξοπλισμός του ATM είναι πολύ ακριβός. Επίσης, τα IP δίκτυα είναι τα επικρατέστερα στον κόσμο σήμερα. Για την μετατροπή τους σε ATM δίκτυα απαιτείται μια πλήρης αντικατάσταση όλου του εξοπλισμού και διάφορες άλλες διαδικασίες, που είναι ιδιαίτερα ακριβές.

Τέλος, παρά το ότι η τεχνολογία ATM υστερεί σε πολλά σημεία σε σχέση με την τεχνολογία IP, αποτέλεσε μια επανάσταση στην τεχνολογία των δικτύων επιτρέποντας ολοκληρωμένη μετάδοση δεδομένων, ήχου, φωνής, εικόνας και εισάγοντας πρωτοποριακές τεχνικές για τη διασφάλιση της ποιότητας της επικοινωνίας.

10.1.1.6. ATM - CIF

Τέλος, μια εναλλακτική προσέγγιση του πρωτοκόλλου ATM αποτελεί το πρωτόκολλο CIF. Στο πρωτόκολλο αυτό μπορεί να υπάρχει ο εξοπλισμός για ένα LAN και ταυτόχρονα να παρέχονται και υπηρεσίες ATM. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αν ενσωματωθούν οι ATM κυψελίδες στα πλαίσια του LAN, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού. Το CIF παρέχει υπηρεσίες QoS, όπως το ATM και διορθώνει πολλές φορές το ATM.

Προκειμένου το CIF πρωτόκολλο να εξελιχθεί και να προωθηθεί, έχει σχηματισθεί η CIF-Alliance, η οποία έχει ως σκοπό:

- Την ευκολία ανάπτυξης δικτύων που βασίζονται στο ATM.
- Μία πιο οικονομική μετάβαση στο ATM με επαναχρησιμοποίηση του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- Τον καθορισμό κανόνων για να λειτουργεί το ATM πάνω από την υπάρχουσα δομή LAN.
- Τη βελτίωση των εφαρμογών με την εισαγωγή δικτυακών μεθόδων, που παρέχουν QoS.

Το βασικότερο πλεονεκτήματα του CIF είναι ότι έχει όλα τα πλεονεκτήματα του ATM σε αρκετά χαμηλή τιμή, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για αναβάθμιση του υλικού του ATM. Επίσης, στο CIF υπάρχουν ελάχιστες αναμεταδόσεις. Παρόλα αυτά, δεν έχει υιοθετηθεί από πολλές εταιρίες και ο λόγος είναι ότι χρειάζεται αρκετά έξοδα, όταν πρόκειται να αναβαθμιστεί.

10.2. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ραγδαία αύξηση για ζήτησης εύρους ζώνης στα δίκτυα ήταν ο λόγος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας του ATM, επειδή οι προηγούμενες τεχνολογίες για τα WANs (X.25, Frame relay) ήταν σίγουρα ανεπαρκείς.

Συνοψίζοντας, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του ATM είναι πως η πληροφορία μεταδίδεται σε σταθερού μήκους κυψελίδες. Η κεφαλίδα κάθε κυψελίδας περιέχει κωδικούς αναγνώρισης, που καθορίζουν τη διεύθυνση προορισμού της, και κάθε κυψελίδα μεταγεται σύμφωνα με την τιμή των κωδικών αναγνώρισής της. Για την ομαλή διεξαγωγή της δρομολόγησης των κυψελίδων, σε κάθε κόμβο υπάρχουν πίνακες αντιστοίχισης των απαραίτητων πεδίων.

Σχετικά με την ασφάλεια στα ATM πρωτόκολλα, παρέχεται ασφάλεια στις συνδέσεις, επειδή το κύκλωμα που εγκαθίσταται με μία σύνδεση είναι εικονικό και αποσυντίθεται αμέσως μετά το τέλος της σύνδεσης. Το συγκεκριμένο γεγονός, σε συνδυασμό με το ότι οι κυψελίδες δεν ακολουθούν μια προκαθορισμένη διαδρομή, καθιστά πρακτικά αδύνατο να παρακολουθείται μια σύνδεση ATM.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα του ATM, σίγουρα από τα σημαντικότερα είναι οι υψηλές ταχύτητες και η ικανότητά του να δίνει στον χρήστη ακριβώς το εύρος ζώνης που του χρειάζεται ή που του αναλογεί. Το ATM μπορεί να δώσει το βέλτιστο εύρος ζώνης για οποιαδήποτε εφαρμογή (δεδομένα, βίντεο, εικόνες), ενώ συγχρόνως προσφέρει και Quality of Service. Επιπλέον, μπορεί να μεταφέρει ενιαία διαφορετικά είδη πληροφορίας, να υποστηρίξει κυκλοφοριακή κίνηση με προτεραιότητες υπηρεσίες πραγματικού και μη πραγματικού χρόνου. Εκτός από αυτά, μπορεί να λειτουργεί για ιδιωτικά και δημόσια δίκτυα και αποτελεί τεχνολογική βάση και για LANs και για WANs.

Τα μειονεκτήματά του συνοψίζονται στο ότι δεν υπάρχει δυνατότητα για συμπίεσης του τηλεφωνικού καναλιού των 64 Kbps και δεν υποστηρίζεται silence detection/suppression.

Παρόλα τα αρνητικά και τα θετικά του ATM, είναι αναμφισβήτητα σίγουρο πως, για την εποχή που δημιουργήθηκε, αποτέλεσε πρωτοπορία και καινοτόμα εξέλιξη, καθώς, επίσης, βοήθησε στην μεταφορά πιο πολύπλοκων δεδομένων απ'αυτά που είχαν συνιθιστεί μέχρι τότε. Σαφώς, με την πάροδο του χρόνου ανακαλύφθηκαν βελτιώσεις του ή εντελώς καινούρια πρωτόκολλα και τεχνολογίες, οι οποίες υποστηρίζουν πλήρως τις νέες εφαρμογές. Αρκετές από τις νέες μεθόδους βασίστηκαν στο ATM, ενώ άλλες διαφοροποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό. Σίγουρα, όμως, το ATM αποτέλεσε θεμέλιο για την εξέλιξη των δικτύων και των τηλεπικοινωνιών, στη μορφή που είναι σήμερα γνωστές. Η αξιοπιστία και η τεχνική αρτιότητα του ATM είναι τέτοια που επέβαλαν την παγκόσμια επιτυχία του, καθώς και τη χρησιμοποίησή του από πολλά συστήματα μετάδοσης σε όλον τον πλανήτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

✓ **Βιβλία:**

- «Δίκτυα Υπολογιστών», DREW S. TANENBAUM
- «Διαδίκτυα με TCP/IP», Douglas E. Comer
- «Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών», Άρης Αλεξόπουλος, Γιώργος Λαγογιάννης

✓ **URLs:**

- <http://www.ieee.com>
- <http://ru6.cti.gr/ru6/>
- <http://web.teipir.gr/WWWbeldia/greek/Diploma/kefalaio4/473.html>
- <http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/seminaria/thlematikes/atm/Intro.htm>
- http://www.islab.demokritos.gr/gr/html/ptixiakes/ATM_IPv6_&SecurityConsiderations/kefalaio1.htm
- http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5270901&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5270901
- http://users.iit.demokritos.gr/~ntsap/courses/bes04/kaiafasBook/chap2d_4_files/main.htm

✓ **Πρότυπα:**

- <https://www.google.com/patents/US8442077>
- <https://www.google.com/patents/US8306517>
- <https://www.google.com/patents/US5463620>
- <https://www.google.com/patents/US5953338>