



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ**  
*ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*  
***ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ***  
***ΔΙΚΤΥΩΝ***

---

---

*ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE*  
*(A.T.M)*

---

---

***ΕΙΡΗΝΗ ΕΛΕΝΗ ΤΣΙΑΟΥΣΗ***

**A.M 1054273**

***ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ***

**ΠΑΤΡΑ 2020**

## Πίνακας περιεχομένων

<b>1. Περίληψη .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Εισαγωγή.....</b>	<b>4</b>
2.1. Ορισμός .....	4
2.2 Ιστορία .....	4
2.3 Βασικές αρχές.....	5
<b>3. Επίπεδα ATM.....</b>	<b>5</b>
3.1 Οριζόντιο επίπεδο .....	6
3.2 Δομή κυψελίδων .....	6
<b>4. Μεταγωγή .....</b>	<b>7</b>
4.1 Virtual channel.....	7
4.2 Virtual Paths .....	8
<b>5. Επίπεδα προσαρμογής ATM (AAL).....</b>	<b>9</b>
5.1 AAL Protocols.....	9
5.1.1 AAL Type 0: .....	9
5.1.2 AAL Type 1: .....	11
5.1.3 AAL Type 2: .....	11
5.1.4 AAL Type 3/4:.....	12
5.1.5 AAL Type 5: .....	13
<b>6. Γενικές Λειτουργίες.....</b>	<b>14</b>
6.1 Εναλλαγή και σηματοδότηση .....	14
6.1.1 Εναλλαγή (switching).....	14
6.2.2 Σηματοδότηση (Signaling) .....	14
6.2 Έλεγχος κυκλοφορίας και συμφόρησης .....	16
6.3 Συμβατότητα ATM με τωρινά δίκτυα .....	16

6.4 Συνδέσεις σε ένα δίκτυο ATM .....	17
<b>7. Αναδυόμενα ζητήματα από το ATM .....</b>	<b>18</b>
7.1 Διευθυνσιοδότηση .....	18
7.2 Ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS) .....	20
7.2.1 Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM .....	20
7.3 Μορφοποίηση Κίνησης .....	22
7.4 Wireless ATM.....	23
7.5 Ασφάλεια στο ATM.....	23
7.6 Στατιστική πολυπλεξία .....	24
7.7 Πρότυπα διασυνδέσεων με τον χρήστη .....	25
<b>8. Εφαρμογές ATM .....</b>	<b>26</b>
8.1.1 Διασυνδεδετικά δίκτυα .....	26
8.1.2 Αντίστροφη πολυπλεξία στο ATM (Inverse Multiplexing over ATM) .....	27
8.1.3 Ιατρικές εφαρμογές.....	29
8.1.4 Εκπαιδευτικές εφαρμογές.....	29
8.1.5 Επιστημονικές εφαρμογές.....	29
8.2 Πλεονεκτήματα ATM .....	30
<b>9. Επίλογος.....</b>	<b>32</b>
<b>10. Βιβλιογραφία .....</b>	<b>33</b>

## **1. Περίληψη**

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να συνοψίσει την τεχνολογία του Asynchronous Transfer Mode (ATM) και να προσδιορίσει που βρίσκεται και ποια είναι η εξελικτική του πορεία. Το ATM βελτιώνει την απόδοση μετάδοσης των κελιών μειώνοντας τη δραστηριότητα ελέγχου ροής που απαιτείται σε κάθε σύνθεση δικτύου. Έχει ακόμα τη δυνατότητα να επαναπροσδιορίσει τη βιομηχανία δικτύωσης και να προκαλέσει μετατροπή του τρόπου κατασκευής δικτύων. Το ATM μπορεί να υποστηρίξει μεταφορές πολυμέσων, δεδομένων, βίντεο και φωνής σε ένα δίκτυο. Οι παρούσες υλοποιήσεις ATM περιλαμβάνουν τη διηπειρωτική δικτύωση, τις εφαρμογές IMA (inverse multiplexing of ATM), την τηλεδιάσκεψη σε όλες τις ηπείρους, και εφαρμογές ευρυζωνικών δικτύων. Ως αποτέλεσμα, φαίνεται ότι αξίζει να παρακολουθούμε την πρόοδο της τεχνολογίας ATM καθώς εξελίσσετε σε διάφορους τομείς της αγοράς.

## **2. Εισαγωγή**

### **2.1. Ορισμός**

Το Asynchronous Transfer Mode (ATM) δηλαδή ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς είναι μία υψηλής απόδοσης τεχνολογία προσανατολισμού κυψελίδων μεταγωγής και πολυπλεξίας που χρησιμοποιεί πακέτα σταθερού μήκους για μεταφορά διαφορετικών τύπων δεδομένα. Χρησιμοποιείται κυρίως για δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) καθώς και σε τοπικά δίκτυα (LAN).

### **2.2 Ιστορία**

Τη δεκαετία του 1990 η ταχύτητα του φορέα δεδομένων κινητής τηλεφωνίας μαζί με την ταχύτητα του διαδικτύου σημείωσαν άνοδο στο ρυθμό μεταφοράς. Από την άλλη πλευρά, άλλες τεχνολογίες διαδικτύου, όπως φωνητικές κλήσεις και βίντεο κλήσεις είχαν επίσης αρχίσει να παίρνουν θέση. Με λίγα λόγια δεν ήταν μόνο ο κόσμος του διαδικτύου αλλά και ο κόσμος της τηλεφωνίας που άρχισαν να συγκλίνουν μεταξύ τους. Έτσι γεννήθηκε το ATM από τον οργανισμό ITU- T (πρώην CCITT) στο BISDN. Η καθοριστική πορεία του όμως βασίζεται στη δημιουργία

του ATM Forum από τις εταιρείες Cisco Systems NET/ADAPTIVE, North Telecom and Sprint.

## **2.3 Βασικές αρχές**

Το ATM θεωρείται μια συγκεκριμένη λειτουργία μεταφοράς πακέτων βασισμένη σε κελιά σταθερού μήκους. Κάθε κελί αποτελείται από ένα πεδίο πληροφοριών και μία κεφαλίδα, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό του εικονικού καναλιού και για την εκτέλεση της κατάλληλης δρομολόγησης. Η σηματοδότηση και οι πληροφορίες του χρήστη μεταφέρονται σε ξεχωριστά εικονικά κανάλια. Το πεδίο πληροφοριών των κελιών ATM μεταφέρεται μέσω δικτύου και δεν πραγματοποιείται επεξεργασία σε αυτό, όπως έλεγχος σφαλμάτων, μέσα στο δίκτυο. Όλες οι υπηρεσίες (δεδομένα, φωνή, βίντεο) μπορούν να μεταφερθούν μέσω ATM, συμπεριλαμβανομένων υπηρεσιών χωρίς σύνδεση.

## **3. Επίπεδα ATM**

Η αρχιτεκτονική του ATM περιλαμβάνει τρία επίπεδα. Το επίπεδο χρήστη, το οποίο περιλαμβάνει μηχανισμούς που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη όπως έλεγχος συμφόρησης και επαναφορά σε περίπτωση λαθών. Το επίπεδο ελέγχου, που μετέχει σε διαδικασίες δρομολόγησης και σηματοδότησης και το επίπεδο διαχείρισης που παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου.

Φυσικό επίπεδο:

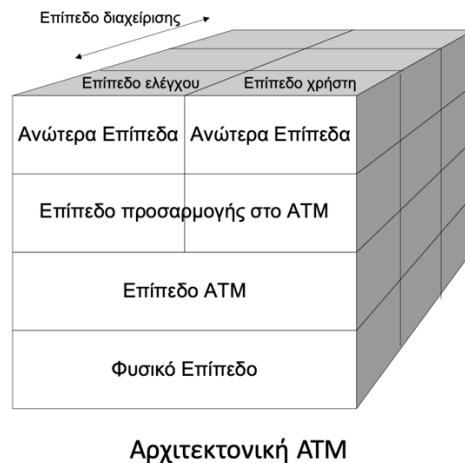
Το φυσικό επίπεδο αφορά τις προδιαγραφές του μέσου μετάδοσης και κωδικοποίησης σήματος. Οι καθορισμένοι ρυθμοί δεδομένων περιλαμβάνουν 155 και 622 Mbps με άλλους δυνατούς ρυθμούς δεδομένων.

ATM επίπεδο:

Ορίζει τη μετάδοση δεδομένων σε κελιά σταθερού μεγέθους και καθορίζει επίσης τις λογικές συνδέσεις.

ATM Adaption Layer:

Υποστηρίζει πρωτόκολλα μεταφοράς που δε βασίζονται σε ATM.



**Εικόνα 1: Επίπεδα Αρχιτεκτονικής ATM.**

### 3.1 Οριζόντιο επίπεδο

Στο οριζόντιο επίπεδο οι εξερχόμενες κυψελίδες ATM μεταφέρονται από το επίπεδο προσαρμογής AAL στο επίπεδο μεταφοράς. Επιπλέον γίνεται η μεταβίβαση των εισερχόμενων ATM κυψελίδων από το φυσικό επίπεδο στο AAL. Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης στην κυκλοφορία των κυψελίδων και έχει μηχανισμούς για ικανοποιητικά buffering καθώς και αντιμετώπισης συμφορήσεων.

### 3.2 Δομή κυψελίδων

Η βασική μονάδα στο ATM είναι η κυψελίδα (cell), αφού είναι η βασική μονάδα μεταφοράς πληροφορίας. Οι κυψελίδες είναι πλαίσια αυστηρά σταθερού μεγέθους, για τη μεταφορά πληροφορίας, ώστε να γίνεται ταχύτερη μεταγωγή για το χειρισμό φωνής και δεδομένων.

Κάθε πλαίσιο αποτελείται από 53 bytes από τα οποία τα 48 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας του χρήστη (user information), ενώ τα υπόλοιπα 5 bytes αποτελούν την κεφαλή (header) του ATM cell.

Diagram of a UNI ATM cell

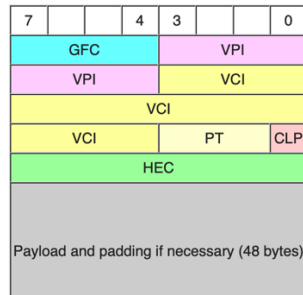
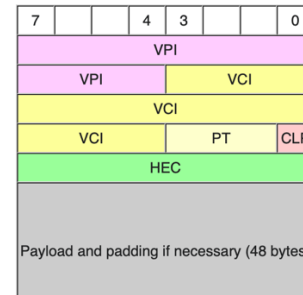


Diagram of an NNI ATM cell



**Εικόνα 2:** Αριστερά είναι το διάγραμμα κεφαλίδας τύπου UNI και δεξιά το διάγραμμα κεφαλίδας τύπου NNI.

## 4. Μεταγωγή

Η κεφαλίδα της ATM κυψελίδας περιέχει δύο πεδία. Το VPI (Virtual Path Identifier) και το VCI (Virtual Channel Identifier). Πάνω σε αυτά τα πεδία βασίζονται οι ATM τεχνικές μεταγωγής και αυτά παρέχουν την απαραίτητη πληροφορία για τη διεξαγωγή σύνδεσης και την έναρξη δρομολόγησης δεδομένων. Η διαδικασία μεταγωγής σε έναν δρομολογητή ATM υλοποιείται από υλικό (hardware).

### 4.1 Virtual channel

Ένα Virtual Channel εξασφαλίζει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων σε ένα ATM δίκτυο.

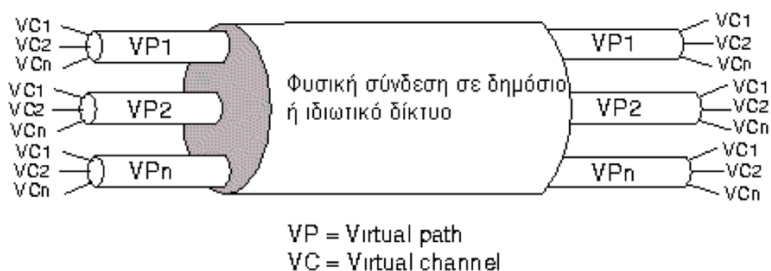
Ένα VCI έχει πολλαπλά κυκλώματα ανά κανάλι επικοινωνίας και χρησιμοποιείται κυρίως για τη διαχείριση της μοναδικής αναγνώρισης κάθε κυκλώματος. Κάθε κεφαλίδα διαθέτει ένα VCI, το οποίο είναι ένα πεδίο των 16 bits για τη λογική αναγνώριση του εικονικού καναλιού. Δεδομένου ότι αυτή η αριθμητική ετικέτα καθορίζει το εικονικό κανάλι στο οποίο ανήκει κάθε πακέτο, αποτρέπει την παρεμβολή με άλλα δεδομένα που αποστέλλονται στο δίκτυο.

Όταν συνενώνονται πολλά virtual channels δημιουργούνται τα virtual channel connections (VCC). Τα συγκεκριμένα έχουν τα άκρα τους στα σημεία του δικτύου, εκεί όπου το κομμάτι της κυψελίδας που έχει την πληροφορία, περνάει από το ATM επίπεδο στο AAL και αντίστροφα.

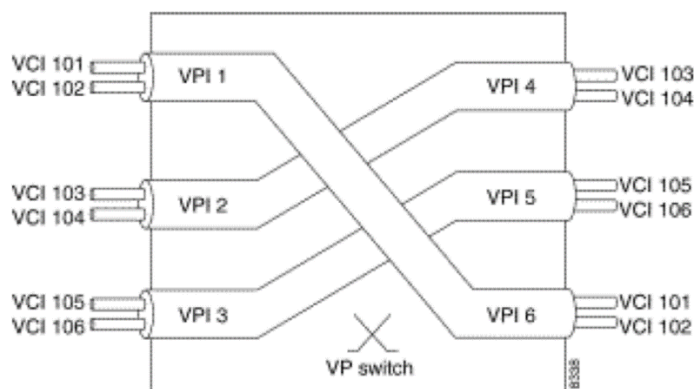
## 4.2 Virtual Paths

Αποτελείται από ένα σύνολο εικονικών καναλιών που κατευθύνεται σε ένα τελικό σημείο ATM. Αυτό σημαίνει πως το virtual path δίνει τη δυνατότητα να συνδεθούν οι διακόπτες μεταξύ τους.

Το VPI είναι μία κεφαλίδα των 8 bit μέσα σε κάθε κελί ATM, που δείχνει που πρέπει να δρομολογηθεί το κελί. Καθώς ένα κελί ATM κινείται σε ένα δίκτυο, περνά συνήθως από αρκετούς διακόπτες ATM. Το VPI λέει στους διακόπτες που να δρομολογήσουν το πακέτο πληροφοριών ή ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν. Το VPI χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το VCI.



### Σχέση νοητών μονοπατιών – Νοητών καναλιών



### Κόμβος μεταγωγής νοητού μονοπατιού



## **5. Επίπεδα προσαρμογής ATM (AAL)**

Το AAL (ATM Adaptation Layer) είναι βασικά ένα επίπεδο λογισμικού που δέχεται δεδομένα χρήστη, τα οποία μπορεί να είναι ψηφιακά δεδομένα φωνής, βίντεο ή δεδομένα υπολογιστή και τα καθιστά κατάλληλα για μετάδοση μέσω του δικτύου ATM. Οι μεταδόσεις μπορούν να είναι είτε σταθερού είτε μεταβλητού ρυθμού δεδομένων. Δέχεται πακέτα υψηλότερου επιπέδου και τα χωρίζει σε κελιά ATM σταθερού μεγέθους πριν από τη μετάδοση. Συναρμολογεί επίσης τα ληφθέντα τμήματα στα πακέτα υψηλότερου επιπέδου. Υπάρχουν δύο υποεπίπεδα στο AAL. Αυτό της σύγκλισης (convergence sub layer) και αυτό της τμηματοποίησης και ανασύνθεσης (segmentation and reassembly sub layer). Ορισμένα δίκτυα που χρειάζονται υπηρεσίες AAL είναι τα Gigabit Ethernet, IP, Frame Relay, SONET/SDH και UMTS/Wireless.

### **5.1 AAL Protocols**

#### **5.1.1 AAL Type 0:**

Αναφέρεται συνήθως ως «απλά κελιά» και αποτελείται από 48 byte ωφέλιμου φορτίου χωρίς καμία κράτηση για ειδικά πεδία. Αυτή η κατηγορία υπηρεσιών παρέχει μια άμεση διεπαφή στο επίπεδο ATM από τους χρήστες. Αν και ορισμένοι είχαν ορίσει το AAL0 να είναι χρήσιμο στην υποστήριξη ελέγχου μηνυμάτων και υπηρεσιών, δεν διαθέτει τους εγγυημένους μηχανισμούς παράδοσης που είναι κρίσιμοι για πολλές λειτουργίες ελέγχου δικτύου. Για ιδιόκτητα συστήματα αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο. Για συστήματα που πρέπει να λειτουργούν σε ανοιχτά περιβάλλοντα, με εξοπλισμό από πολλούς προμηθευτές, θα πρέπει να αποφεύγεται.



### 5.1.2 AAL Type 1:

Αυτή η υπηρεσία παρέχει διεπαφή για σύγχρονη, προσανατολισμένη κίνηση στη σύνδεση. Υποστηρίζει σταθερό ρυθμό bit (CBR) μεταξύ των δύο άκρων ενός ATM δικτύου. Η ροή των δεδομένων είναι κλειδωμένη σε μια σταθερή αναφορά χρονισμού. Ενώ λοιπόν, η παροχή σταθερής ταχύτητας είναι ένα σχετικά απλό θέμα σε μια σύγχρονη διεπαφή, η ασύγχρονη φύση του ATM παρέχει μια σημαντική πρόκληση. Οι παραλλαγές στην ικανότητα ενός δικτύου να παρέχει κυκλοφορία ATM μπορεί να οδηγήσουν σε αναταραχή που εμποδίζει την ομαλή ροή της κυκλοφορίας.

Το SAR-PDU αποστέλλεται μέσω ενός μόνο κελιού ATM. Τα πεδία AAL1 PDU περιλαμβάνουν τον αριθμό ακολουθίας που αποτελείται από έναν επαναλαμβανόμενο αριθμό 3 bit και ένα “CS-indication” bit, ένα πεδίο Sequence Number Protection (SNP) των 4 bit, που προστατεύει από σφάλματα αριθμού ακολουθίας και 47 bit ωφέλιμου φορτίου.

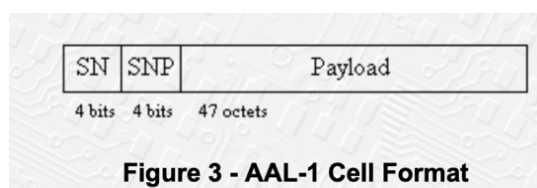


Figure 3 - AAL-1 Cell Format

#### AAL-1 Type

### 5.1.3 AAL Type 2:

Ομοίως παρέχει διεπαφή για σύγχρονη, προσανατολισμένη κίνηση στη σύνδεση. Υποστηρίζει μεταβλητό ρυθμό που εξαρτάται από τον χρόνο. Χρησιμοποιείται επίσης ευρέως σε ασύρματες εφαρμογές λόγω της δυνατότητας πολλαπλών πακέτων φωνής από διαφορετικούς χρήστες. Βασίζεται στην υπόθεση ότι ορισμένες μορφές πληροφοριών μπορούν να αναπαρασταθούν σε μορφή πολλαπλού ρυθμού δεδομένων. Για παράδειγμα, ο ρυθμός ορισμένων τεχνικών συμπίεσης βίντεο μπορεί να ποικίλει βάσει της πολυπλοκότητας και του ρυθμού αλλαγής των κινούμενων εικόνων.

### 5.1.4 AAL Type 3/4:

Με βάση το πρότυπο SMDS, το AAL 3/4 παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων για δεδομένα σύνδεσης και χωρίς σύνδεση. Αυτές οι υπηρεσίες αντιστοιχούν σε δεδομένα κατηγορίας C (Class C) και D (Class D). Οι προαιρετικές τεχνικές διασφάλισης παράδοσης περιλαμβάνουν την απόρριψη ελαττωματικών SDU, την ανάκτηση δεδομένων από άκρο σε άκρο και την παράδοση όλων των ανεξάρτητα από την ακεραιότητα τους. Παρέχει ακόμα τη δυνατότητα υποστήριξης πολλαπλών σημείων παράδοσης πληροφοριών από μία μόνο πηγή. Για την υποστήριξη του συνόλου των υπηρεσιών, η αρχιτεκτονική AAL 3/4 εμπλέκεται σημαντικά περισσότερο από τα άλλα πρωτόκολλα. Η επεξεργασία πραγματοποιείται τόσο από τα επίπεδα CPCS όσο και από τα SAR για την παροχή πρόσθετων λειτουργιών. Τα βήματα επεξεργασίας περιλαμβάνουν τη λήψη πλαισίου δεδομένων χρήστη σε AAL, τη μορφοποίηση CPCS του AAL-PDU για μετάδοση στον προορισμό, ακολουθούμενη από προώθηση του CPCS-PDU στο επίπεδο SAR για την τμηματοποίηση σε ένα σύνολο PDU 44 byte για μετάδοση. Κατά την παραλαβή του ATM PDU, ακολουθεί η αντίθετη διαδικασία, με το SAR να ανακατασκευάζει τη ροή SAR-PDU σε ένα μόνο CPCS-PDU και να παραδίδει το ληφθέν CPCS-PDU στο CPCS για τελική επεξεργασία και παράδοση πληροφοριών στον χρήστη.

Ακολουθεί μία περίληψη των διαδικασιών αυτών:

Το AAL 3/4 CPCS είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της ακεραιότητας των πληροφοριών. Επιπρόσθετα συμπληρώνει το μέγεθος των μπλοκ δεδομένων πληροφοριών σε πολλαπλάσιο ακόμα και των 4 οκτάδων, απλοποιώντας την επεξεργασία πρωτοκόλλου από CPU.

#### CPCS-PDU

CPI (Common Part Indicator) : Δρα ως αναγνωριστικό πρωτοκόλλου που καθορίζει τον τρόπο επεξεργασίας των υπολοίπων πεδίων.

Btag (Beginning Tag) : Αυτή η τιμή χρησιμοποιείται για να φανεί εάν το CPCS-PDU έχει παραδοθεί σωστά.

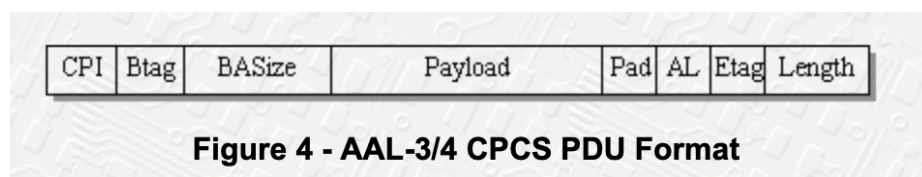
BASize (Buffer Allocation Size Indication) : Ένδειξη κατανομής μεγέθους buffer. Λέει στον παραλήπτη το ποσό της προσωρινής μνήμης που θα διαθέσει για την επεξεργασία PDU. Αυτή η τιμή είναι ίση ή μεγαλύτερη από το μέγεθος PDU.

Pad: Διασφαλίζει ότι το PDU έχει πολλαπλάσιο μήκος 4 οκτάδων. Αυτό απλοποιεί την επεξεργασία του PDU σε κομμάτια 32-bit.

AL (Alignment Field) : Είναι ένας αχρησιμοποίητος χώρος με μοναδικό σκοπό να γεμίσει το πεδίο σε 4 οκτάδες.

Etag (End Tag) : Χρησιμοποιείται για επαλήθευση ακεραιότητας δεδομένων.

Length : Καθορίζει το πραγματικό μήκος του CPCS-PDU.



#### AAL 3/4 Type

Η μορφή του φαίνεται παρακάτω με τα πεδία του να είναι τα εξής:

ST (Segment Type): Ορίζει που ανήκει το Segment (τμήμα) στο SAR-SDU.

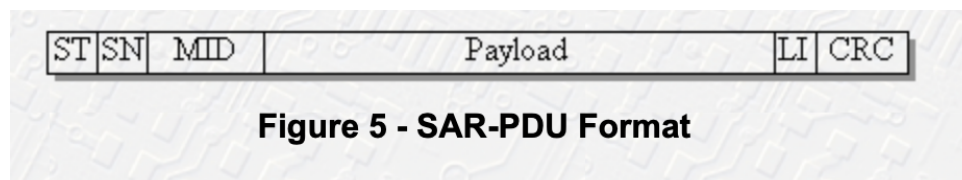
SN (Sequence Number): Χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση της παράδοσης των τμημάτων.

MID (Multiplexing Identification Field): Πεδίο αναγνώρισης πολυπλεξίας.

Payload : Το τμήμα πληροφοριών προς μεταφορά.

LI (Length Indication) : Προσδιορίζει την ποσότητα πληροφοριών στο τμήμα Payload.

CRC (Cyclic Redundancy Check) : Υπολογίζεται σε ολόκληρο το SAR-PDU με εξαίρεση το πεδίο CRC.



#### SAR-PDU Format

### 5.1.5 AAL Type 5:

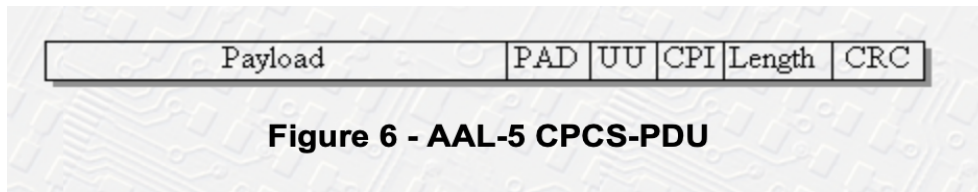
Είναι πιο απλό σε σχέση με το προηγούμενο γι αυτό σε όλα τα υπόλοιπα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν αυτό και όχι AAL 3/4. Σχεδιάστηκε για να παρέχει παρόμοιες υπηρεσίες με χαμηλότερο γενικό κόστος. Τα πεδία του είναι τα παρακάτω:

Pad : Στρογγυλοποιεί το μήκος των δεδομένων σε ένα ζυγό πολλαπλάσιο τεσσάρων οκτάδων.

UU (User to User) : Χρησιμοποιείται για τη διαβίβαση πληροφοριών μεταξύ χρηστών CPCS.

CPI : Παντα μηδέν και παρέχει ευθυγράμμιση ορίου.

Length: Υποδεικνύει τον αριθμό των οκτάδων έντος της PDU.



### AAL 5 Type

## 6. Γενικές Λειτουργίες

### 6.1 Εναλλαγή και σηματοδότηση

#### 6.1.1 Εναλλαγή (switching)

Δεδομένου ότι το ATM έχει σχεδιαστεί γύρω από τις έννοιες των εικονικών κυκλωμάτων προσανατολισμένων στη σύνδεση, οι διαδικασίες εναλλαγής ATM πρέπει να αντικατοπτρίζουν και τις έννοιες σχεδιασμού. Γενικά, ένας διακόπτης ATM λαμβάνει ένα κελί σε μια εισερχόμενη θύρα και διαβάζει την τιμή VCI/VPI. Αυτή η τιμή προσδιορίζει έναν συγκεκριμένο τελικό χρήστη για ένα εικονικό κύκλωμα και την εξερχόμενη θύρα για τον επόμενο κόμβο που θα λάβει την κίνηση. Ο διακόπτης ATM εξετάζει στη συνέχεια έναν πίνακα δρομολόγησης για την αντιστοίχιση του εισερχόμενου αριθμού VPI, και τον συνδέει με έναν εξερχόμενο αριθμό VPI και την αντίστοιχη εξερχόμενη θύρα. Η κεφαλίδα στο εξερχόμενο κελί αλλάζει, με τη νέα τιμή VPI τοποθετημένη σε ένα πεδίο της κεφαλίδας του κελιού. Αυτή η νέα τιμή χρησιμοποιείται από τον επόμενο διακόπτη ATM για να εκτελέσει μεταγενέστερες λειτουργίες δρομολόγησης. Ένας διακόπτης ATM εκτελεί επίσης λειτουργίες πολυπλεξίας. Οι πληροφορίες από τις θύρες εισόδου πολυπλέκονται στις θύρες εξόδου.

#### 6.2.2 Σηματοδότηση (Signaling)

Η σηματοδότηση σε ένα δίκτυο επικοινωνίας είναι η συλλογή διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για τη δυναμική δημιουργία, συντήρηση και τερματισμό συνδέσεων, οι οποίες απαιτούν ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των χρηστών του δικτύου και των κόμβων μεταγωγής. Για κάθε

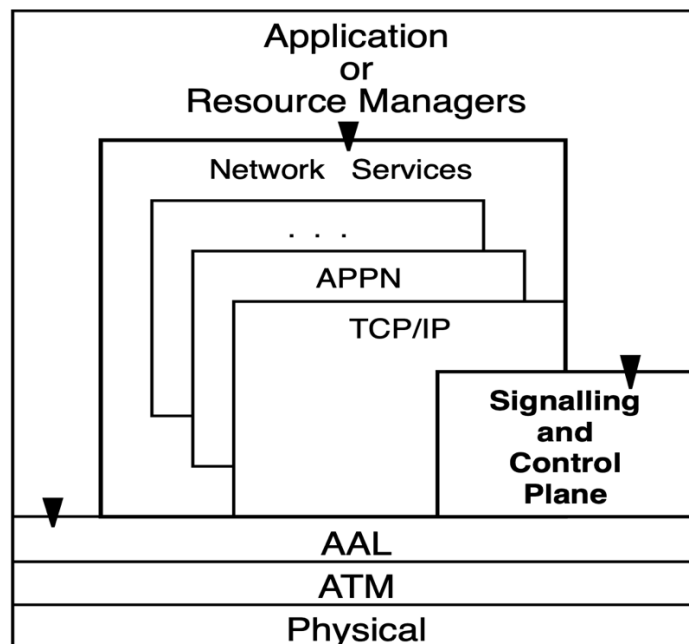
λειτουργία που εκτελείται, οι αντίστοιχες διαδικασίες σηματοδότησης καθορίζουν την ακολουθία και τη μορφή των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μέσω της διεπαφής του δικτύου. Το πλάνο σηματοδότησης και ελέγχου του Open Blueprint βασίζεται στο επίπεδο ελέγχου ITU-T Integrated Services Digital Network (ISDN). Ωστόσο, έχει γενικευτεί ότι περιλαμβάνει την υποστήριξη σύνδεσης διακόπτη για άλλους τύπους δικτύου, καθώς και την παροχή ελέγχου για πολυπλεξία βίντεο, ήχου και δεδομένων χαμηλού επιπέδου που απαιτείται από τα ITU-T H.Series. είναι σημαντικό να τονιστεί ότι κάθε διαφορετικό υποδίκτυο έχει τη δική του μοναδική διεπαφή ρύθμισης σύνδεσης. Το Open Blueprint Signaling and Control Plane είναι ένα υπερσύνολο πρωτοκόλλων σύνδεσης υποδικτύου και συγκεκριμένων λειτουργιών ελέγχου υποδικτύου. Περιλαμβάνει τα ακόλουθα :

Για το ATM περιλαμβάνει τις λειτουργίες σηματοδότησης Q.2931 B-ISDN και σχετικές λειτουργίες επιπέδου ελέγχου.

Για το Narrowband ISDN, περιλαμβάνει το πρωτόκολλο σηματοδότησης Q.931.

Για τα δίκτυα δημοσίου τηλεφωνικού δικτύου, περιλαμβάνει το φυσικό επίπεδο και τον απαραίτητο χειρισμό διεπαφής που σχετίζεται με το μόντεμ για να δημιουργηθεί σύνδεση διακόπτη.

Για ορισμένα υποδίκτυα χρησιμοποιεί το φυσικό επίπεδο. Για άλλα, όπως το ATM, χρησιμοποιεί το AAL.



**BISDN πρωτόκολλο αναφοράς**

## 6.2 Έλεγχος κυκλοφορίας και συμφόρησης

Στα δίκτυα ATM, διαφορετικές κατηγορίες κυκλοφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά ροής και απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας (QOS), πολλαπλασιάζονται στατιστικά για να αυξήσουν την αξιοποίηση του εύρους ζώνης σύνδεσης. Δεδομένου ότι το ATM θα είναι μια ευρυζωνική υπηρεσία, τα δίκτυα αυτά θα είναι υψηλής ταχύτητας. Σε σχέση με τις ταχύτητες που επιτυγχάνονται μέσω μετάδοσης ATM, οι ταχύτητες του επεργαστή θα είναι αργές και με αποτέλεσμα να έχουμε πιθανή συμφόρηση. Για να μειωθεί η επίδραση των σχετικά αργών επεξεργαστών εντός του δικτύου ATM, θα πραγματοποιηθεί μόνο ένας μικρός αριθμός λειτουργιών διαχείρισης δικτύου. Αυτά περιλαμβάνουν ανίχνευση σφαλμάτων, διόρθωση και έλεγχο ροής. Κατά την έναρξη μιας κλήσης που δημιουργεί μια σύνδεση από την άποψη ενός εικονικού καναλιού, οι παράμετροι μετάδοσης διαπραγματεύονται μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Μόλις επιτευχθεί η είσοδος, η κλήση παρακολουθείται για να διασφαλιστεί ότι συμμορφώνεται με τις παραμέτρους ρύθμισης κλήσεων. Ως μέτρο ελέγχου συμφόρησης, το δίκτυο μπορεί να ρίξει κελιά χαμηλής προτεραιότητας. Τα κελιά υψηλής προτεραιότητας μπορούν να πέσουν μόνο όταν δεν έχουν απομείνει κελιά χαμηλότερης προτεραιότητας.

Η παροχή ελέγχου κυκλοφορίας συνεπάγεται με την εφαρμογή των ακόλουθων λειτουργιών διαχείρισης της κυκλοφορίας:

1. Έλεγχος εισαγωγής σύνδεσης (Connection Admission Control)
2. Έλεγχος παραμέτρων χρήσης και έλεγχος παραμέτρων δικτύου (Usage Parameter Control and Network Parameter Control)
3. Έλεγχος προτεραιότητας (Priority Control)
4. Διαχείριση πόρων δικτύου (Network Resource Management)
5. Διαμόρφωση κυκλοφορίας (Traffic Shaping)

## 6.3 Συμβατότητα ATM με τωρινά δίκτυα

Κατανοώντας το στόχο για τον οποίο η τεχνολογία του ATM έχει αναπτυχθεί, και λαμβάνοντας υπόψη την ραγδαία αύξηση τηλεπικοινωνιακών δυνατοτήτων που προσφέρει, είναι απαραίτητο



να τεθούν κάποια στάδια εφαρμογής, ώστε σύγχρονες εφαρμογές να «τρέξουν» ομαλά πάνω σε δίκτυα ATM.

Η υπάρχουσα δομή των σημερινών εφαρμογών, δεν είναι δυνατό να τροποποιηθεί ριζικά λόγω του πλήθους ανθρωπόωρες που έχουν δαπανηθεί τόσο για τη μελέτη όσο και την υλοποίηση τους. Ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα όπως το TCP/IP και το IPX/SPX δεν είναι δυνατό να επαναξιολογηθούν εν μια νυκτί έτσι ώστε να συμβαδίζουν αρμονικά με τις νέες δικτυακές τεχνολογίες.

Έχουν λοιπόν προταθεί δύο τρόποι για την εξομοίωση των τωρινών δικτυακών «πλατφόρμων» ακόμα και αν αυτές ανήκουν σε διαφορετικό στρώμα στο μοντέλο OSI. Οι δύο αυτές προτάσεις είναι:

1. Εξομοίωση LAN (LANE: LAN Emulation). Η πρόταση αυτή έχει αναπτυχθεί από το ATM Forum και διευκολύνει την διαφανή επικοινωνία μεταξύ ATM δικτύων Ethernet και token-ring. Αυτή η εξομοίωση επιτρέπει τη μετάδοση των περισσότερων σημερινών πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX, NetBIOS κ.λ.π.) από ένα δίκτυο ATM
2. Κλασικό IP (CIP: Classic IP), RFC-1577. Η πρόταση αυτή έχει αναπτυχθεί από το IETF (Internet Engineering Task Force) και διευκολύνει τη διαφανή λειτουργία συνδέσεων IP (αποκλειστικά) σε ATM δίκτυα.

Οι δύο προτάσεις που αναλύθηκαν έχουν διαφορετική εφαρμογή, ανάλογα με την ανάγκη που καλούνται να ικανοποιήσουν. Αν πρόκειται για ένα LAN δίκτυο στο οποίο εφαρμόζεται πληθώρα πρωτοκόλλων, τότε χρησιμοποιούμε την εξομοίωση LAN. Στην περίπτωση όπου έχουμε αποκλειστικό επικοινωνιακό πρωτόκολλο το IP, τότε μπορούμε να αξιοποιήσουμε το CIP για την υλοποίηση ταχύτατων δικτύων IP.

#### **6.4 Συνδέσεις σε ένα δίκτυο ATM**

Οι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες τις οποίες παρέχει το ATM έχουν διασπαστεί σε τέσσερις μεγάλες κλάσεις, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα:

- Κλάση A: 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, αναίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις X.25 ή αναμετάδοση πλαισίου (frame relay).
- Κλάση Δ: Υπηρεσίες χωρίς σύνδεση, αναίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις SMDS ή εξομοίωση πρωτοκόλλων ανωτέρου επιπέδου (TCP/IP).

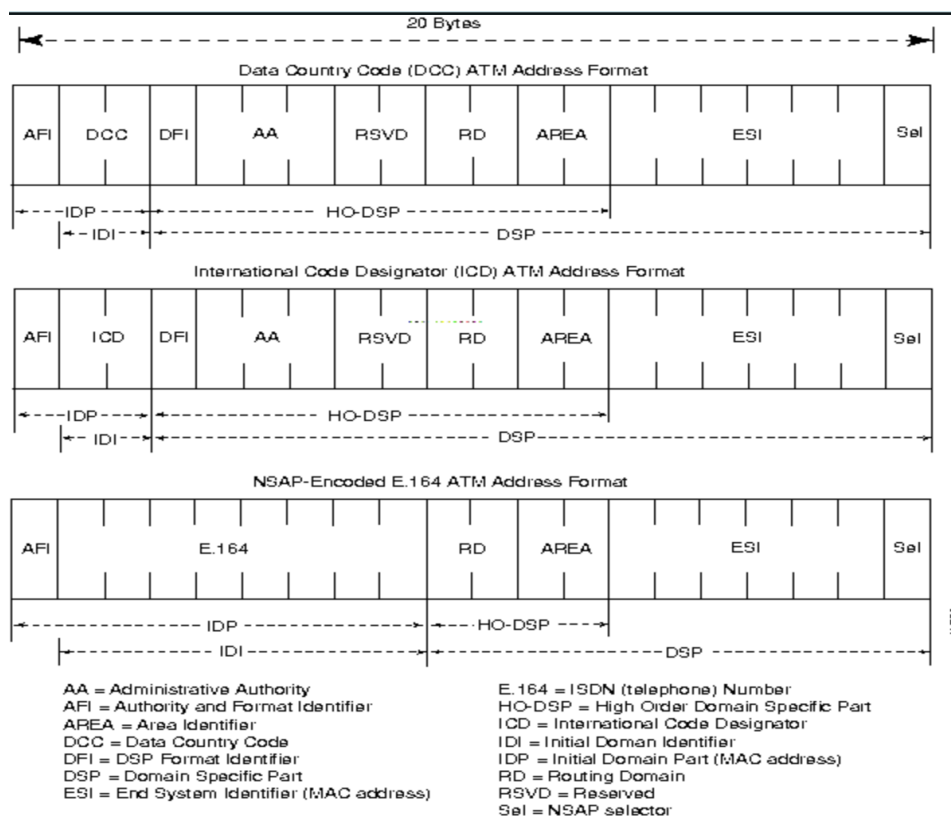
Στα δίκτυα STM, με την μεταπήδηση ενός πακέτου από κάποιον ενδιάμεσο σύνδεσμο (link) σε οποιοδήποτε άλλο, η θέση των πακέτων σε ένα bucket μπορεί να αλλάξει. Αντιστοίχως σε ένα δίκτυο ATM, το περιεχόμενο της επικεφαλίδας αναγνωριστικού εικονικής σύνδεσης (VCI) αλλάζει κατά την μεταπήδηση ενός πακέτου ATM από τη μία πλευρά ενός κόμβου ATM σε κάποια άλλη. Για την διεξαγωγή της δρομολόγησης, σε κάθε κόμβο, χρησιμοποιούνται πίνακες αντιστοίχισης, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την αντιστοίχιση των VCI εισερχομένων πακέτων με τα VCI εξερχόμενων πακέτων.

## **7. Αναδυόμενα ζητήματα από το ATM**

### **7.1 Διευθυνσιοδότηση**

Κάθε πρωτόκολλο σηματοδότησης είναι αναγκαίο να έχει ένα σχήμα διευθυνσιοδότησης για την εξακρίβωση τόσο της ταυτότητας της πηγής όσο και του προορισμού της επικείμενης σύνδεσης. Ο οργανισμός ITU-T είχε κατασταλάξει στην αξιοποίηση ενός αριθμητικού συστήματος E.164 σαν τη δομή διευθυνσιοδότησης για το δημόσιο δίκτυο B-ISDN. Λόγω του

ότι το E.164 είναι δημόσιος πόρος και είναι εφικτό να καταλώνεται για ιδιωτικά δίκτυα, το ATM προχώρησε στη δημιουργία διευθύνσεων ιδιωτικής χρήσης. Στην προσπάθεια του UNI3.0/3.1 για ανάπτυξη διευθύνσεων στα ιδιωτικά δίκτυα, εξετάστηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα διευθυνσιοδότησης. Το πρώτο είναι το peer addressing και δεύτερο είναι το subnetwork or overlay addressing model. Κυριάρχησε το δεύτερο καθώς εξασφαλίζει ότι κάθε επίπεδο αναπτύσσεται ανεξάρτητα των άλλων, μια δυνατότητα ιδιαίτερα σημαντική για την εξέλιξη του ATM στον κατασκευαστικό και εμπορικό τομέα. Με την επιλογή του μοντέλου το ATM Forum, καθορίστηκε και η μορφή των ιδιωτικών διευθύνσεων οι οποίες βασίζονται στη NSAP (Network Service Access Point) διεύθυνση του OSI.



**Εικόνα με τους τύπους διευθύνσεων.**

## 7.2 Ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS)

Μέχρι και τώρα, η ποιότητα εξυπηρέτησης διαχωρίζει το ATM με το Gigabit Ethernet. Το ATM ήταν η μόνη τεχνολογία που υποσχέθηκε ποιότητα εξυπηρέτησης για τη φωνή, τα βίντεο και τα δεδομένα. Ορίζει το QoS όσον αφορά τη διαχείριση της καθυστέρησης και της απώλειας κυψελών μέσω του δικτύου. Επομένως, αντιπροσωπεύει την απόδοση δικτύου από άκρο σε άκρο για τη μετάδοση κελιού από την πηγή στον προορισμό, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το router. Οι προδιαγραφές του φόρουμ καθορίζουν συγκεκριμένες παραμέτρους ποιότητας εξυπηρέτησης που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της καθυστέρησης και απώλειας κελιών.

Table 1-1 ATM Traffic Parameters and QoS Parameters by Service Category

ATM Service Category	Application Examples	Traffic Parameters	ATM QoS Parameters
ABR	Critical data transfer, such as for defense information where rapid access to network bandwidth is important.	MCR, PCR	CLR (optional)
CBR	Telephone conversations, voice mail, or audio services (radio, or audio library).  Videoconferencing, video on demand.	PCR, CDVT	Peak-to-peak CDV, maxCTD, CLR
nrt-VBR	Airline reservations, banking transactions.	PCR, CDVT, SCR, MBS	CLR
rt-VBR	Compressed or packetized voice or video including telephone conversations, voicemail, HDTV.	PCR, CDVT, SCR, MBS	Peak-to-peak CDV, maxCTD, CLR
UBR	File transfer and e-mail.	PCR (optional) <sup>1</sup>	None supported
UBR+ <sup>2</sup>	Interconnecting IP routers with virtual channel connections (VCCs) or virtual path connections (VPCs).	PCR (optional), MCR	None supported

**Πίνακας των παραμέτρων κίνησης και ποιότητας εξυπηρέτησης.**

### 7.2.1 Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM

Οι υπηρεσίες χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες σύμφωνα με το ATM Forum:

Real Time Services

- ◆ Constant Bit Rate (CBE)

- ◆ Real Time Variable Bit Rate (rt – VBR)

#### Non – Real Time Services

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

Οι Real Time Services χρειάζονται αυστηρό περιορισμό στην καθυστέρηση και μεταβολή σε αυτές. Ο ρυθμός ροής των κελιών είναι συνεχής. Εάν ένα κελί χαθεί ή η ροή διακοπεί για κάποιο λόγο, τότε η ποιότητα της υπηρεσίας (Quality of Service/QoS) εξασθενεί. Από την άλλη, στις Non – real time services υπάρχει ευελιξία στον περιορισμό της καθυστέρησης. Έτσι, οι υπηρεσίες αυτές έχουν μεγαλύτερο βαθμό στατιστικής πολυπλεξίας και χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά τις πηγές του δικτύου. [1][2]

Για την παροχή εγγυημένης ποιότητας εξυπηρέτησης, τα ATM δίκτυα προσφέρουν ένα σύνολο από τάξεις υπηρεσιών. Τέτοιες υπηρεσίες βέλτιστης προσπάθειας είναι επαρκείς για την υποστήριξη των περισσότερων από τις υπάρχουσες εφαρμογές δεδομένων. Οι τάξεις QoS όπως έχουν καθοριστεί είναι οι εξής:

- CBR (Constant bit rate): Σε αυτήν την κατηγορία μεταφέρονται οι πληροφορίες με σταθερό bit rate από CBR τύπου συνδέσεις καθώς και με σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων.
- Rt-VBR (Real-time variable bit rate): χρησιμοποιείται σε συνδέσεις που μεταφέρουν πληροφορία με μεταβλητό bit-rate, στις οποίες όμως υπάρχει σταθερή χρονική σχέση μεταξύ των ποσοτήτων των δεδομένων. Είναι κατάλληλο για εφαρμογές φωνής και βίντεο.
- Nrt-VBR (Non real time variable bit rate): 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 η απαίτηση για ποιοτική υπηρεσία.
- ABR (Available Bit Rate): υποστηρίζει και αυτή μετάδοση πληροφορίας με μεταβλητό bit rate, χωρίς να υπάρχει κάποια χρονική σχέση μεταξύ της πηγής και του προορισμού των δεδομένων.

- UBR (Unspecified Bit Rate): Η UBR υπηρεσία δεν προσφέρει καμία εγγυημένη παροχή. Ο χρήστης μπορεί να στείλει οποιαδήποτε ποσότητα δεδομένων, μέχρι έναν καθορισμένο αριθμό. Το δίκτυο δεν παρέχει καμία εγγύηση για την καθυστέρηση ή για την απώλεια. Λόγω του ότι η υπηρεσία αυτή δεν παρέχει κανένα μηχανισμό για τον έλεγχο ροής ή πληροφορίας ή και κάποιο περιορισμό για τη συμφόρηση, οι ATM μεταγωγείς είναι αυτοί που αναλαμβάνουν το βάρος των λειτουργιών. Γι' αυτό έχουν μηχανισμούς για τον έλεγχο συμφόρησης και για την αποθήκευση δεδομένων, έτσι ώστε να μην υπάρχουν απώλειες στην κίνηση πληροφορίας που παρουσιάζει συχνά το δικτυακό περιβάλλον ενός LAN.
- GFR (Guaranteed Frame Rate): έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές που ενδέχεται να απαιτούν εγγύηση ελαχίστου ποσοστού και μπορούν να επωφεληθούν από την πρόσβαση στο εύρος ζώνης που είναι διαθέσιμο στο δίκτυο. Δεν απαιτεί τήρηση πρωτοκόλλου ελέγχου ροής.

### 7.3 Μορφοποίηση Κίνησης

Για κάθε χρήστη είναι ιδιαίτερα σημαντική η αποστολή ακολουθιών κυψελίδων, που θα συμβαδίζουν πλήρως με τις παραμέτρους κίνησης που αναφέρονται στο συμβόλαιο κίνησης, έτσι ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες κυψελίδων κατά τον έλεγχο παραμέτρων χρήσης (UPC). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται μορφοποίηση (Shaping). Διάφορες πιθανές υλοποιήσεις της διαδικασίας μορφοποίησης κίνησης είναι:

1. Η ενδιάμεση αποθήκευση (buffering):

Προσωρινή αποθήκευση των κυψελίδων, μέχρι να επιτραπεί η είσοδος από τον μηχανισμό που υλοποιεί τον αλγόριθμο του διαρρέοντος κάδου.

2. Η αραίωση κυψελίδων (spacing):

Μαζί με τον προγραμματισμό της αναχώρησης κυψελίδων από τον τερματικό σταθμό, τον περιορισμό του μέγιστου ρυθμού τους, τον καταγισμό κίνησης και τον περιορισμό του ρυθμού της πηγής, έχουν στόχο στην κίνηση με μικρότερες παραμέτρους από αυτές του συμβολαίου κίνησης.

3. Η χρήση προτεραιοτήτων αναμονής (priority queuing) ή αλλιώς έλεγχος προτεραιότητας (priority control):

Σε αυτό το κομμάτι έχουμε δημιουργία πολλαπλών ουρών αναμονής στα ATM, με σκοπό την καλύτερη απόδοση προτεραιοτήτων.

4. Η πλαισίωση (framing):

Προγραμματίζονται με προτεραιότητα οι αναχωρήσεις κυψελίδων, για τις οποίες απαιτείται έλεγχος στις μεταβολές καθυστέρησης.

## **7.4 Wireless ATM**

Το ασύρματο ATM αποτελείται από ένα κεντρικό δίκτυο ATM με ένα ασύρματο δίκτυο πρόσβασης. Τα κελιά ATM μεταδίδονται από σταθμούς βάσης σε κινητά τερματικά. Οι λειτουργίες κινητικότητας εκτελούνται σε διακόπτη ATM στο κεντρικό δίκτυο, ο οποίος είναι παρόμοιος με το MSC (Mobile Switching Center) των GSM δικτύων. Το πλεονέκτημα του ασύρματου ATM είναι το υψηλό εύρος ζώνης και οι μεταβιβάσεις υψηλής ταχύτητας. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, τα ερευνητικά εργαστήρια Bell Labs and NEC δούλεψαν ενεργά σε αυτόν τον τομέα. Ο Andy Hopper από το Cambridge University Computer Laboratory εργάστηκε επίσης σε αυτό το κομμάτι. Δημιουργήθηκε λοιπόν, ένα ασύρματο φόρουμ ATM για να τυποποιηθεί η τεχνολογία πίσω από τα ασύρματα δίκτυα ATM. Το φόρουμ υποστηρίχθηκε από διάφορες εταιρείες τηλεπικοινωνιών. Το ασύρματο ATM στοχεύει στην παροχή υψηλής ταχύτητας τεχνολογίας επικοινωνιακών πολυμέσων, ικανή να παρέχει ευρυζωνικές κινητές επικοινωνίες πέρα από αυτήν των GSM και WLAN.

## **7.5 Ασφάλεια στο ATM**

Η ασφάλεια αποτελεί σίγουρα σημαντικό παράγοντα της αξιοπιστίας ενός δικτύου. Πλέον στα δίκτυα τηλεφωνίας η παρακολούθηση σύνδεσης είναι μία σχετικά απλή υπόθεση, αφού η πορεία ενός κυκλώματος είναι προβλέψιμη και παραμένει σταθερή κατά τη συνομιλία. Στα περισσότερα δίκτυα υπολογιστών μικρής και μεσαίας απόστασης τα δεδομένα ταξιδεύουν πάνω στο κοινό μέσο είτε είναι αυτό το καλώδιο είτε οπτική ίνα και δεν είναι προστατευμένα από αυτούς που θέλουν να κλέψουν τα δεδομένα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο μόνος αναγκαίος εξοπλισμός είναι ένας

προσαρμογέας δικτύου σε «αδιάκριτη» κατάσταση (promiscuous mode) και ένα διαθέσιμο εργαλείο ανάλυσης δικτύου, που είναι ικανό να φιλτράρει όλα τα πακέτα που περνάνε από το μέσο μετάδοσης και να κρατήσει όσα παρουσιάζουν ενδιαφέρον, όπως κωδικούς εισόδου (passwords), αριθμούς πιστωτικών καρτών κ.ο.κ.

Η έρευνα πάνω στην κρυπτογράφηση και την ασφάλεια των τηλεπικοινωνιακών δικτύων έχει εφεύρει ήδη αλγόριθμους κρυπτογράφησης, εύκολα υλοποιήσιμους, που μπορούν να αποθαρρύνουν τους υποκλοπείς. Η έρευνα πάνω στον τομέα αυτόν πρέπει να συμπεριλάβει τις ταχύτητες μεταφοράς του ATM με αποτέλεσμα να προσανατολίσει τους αλγόριθμους με ικανοποιητικά αποτελέσματα αλλά και χωρίς μεγάλη πολυπλοκότητα, έτσι ώστε η επιβάρυνση να είναι μειωμένη στα τελικά σημεία της σύνδεσης.

## 7.6 Στατιστική πολυπλεξία

Στα δίκτυα STM, εμφανίζεται το πρόβλημα του αχρησιμοποίητου πακέτου, ένα πρόβλημα απόδοσης που εντύνεται από το προφίλ των σύγχρονων συνδέσεων δεδομένων. Όταν πραγματοποιείται μία σύνδεση STM, αξιοποιείται ένα πλήθος πόρων του δικτύου, το οποίο παραμένει σταθερό, ανεξάρτητα από το βαθμό αξιοποίησης της σύνδεσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό του διαθέσιμου Εύρους Ζώνης να παραμένει ανεκμετάλλευτο.

Στο σχήμα γρήγορης μεταγωγής πακέτου, γίνεται μια προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος χρησιμοποιώντας "στατιστική πολυπλεξία". Με αυτήν την τεχνική, πολλές συνδέσεις μπορούν να μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Αν π.χ. πολλές συνδέσεις έχουν χαρακτηριστικά "καταράκτη (bursty)", γεγονός που σημαίνει ότι ο λόγος του μέγιστου ρυθμού μεταγωγής προς το μέσο ρυθμό είναι αρκετά μεγάλος (π.χ. 10:1), τότε είναι εφικτό να αξιοποιούν το ίδιο διαθέσιμο εύρος με την ελπίδα, ότι στατιστικά δεν θα συμβεί



ταυτόχρονη εκπομπή πακέτου από όλες τις συνδέσεις. Ακόμα και αν συμβεί, έχει εξασφαλιστεί χώρος προσωρινής αποθήκευσης των πακέτων (buffer), για να μην υπάρχουν απώλειες.

Το παραπάνω σχήμα αντιπροσωπεύει την στατιστική πολυπλεξία και εξασφαλίζει ότι το άθροισμα των απαιτήσεων σε Εύρος Ζώνης για όλες τις επιμέρους συνδέσεις, δεν ξεπερνάει το Εύρος Ζώνης του μέσου μετάδοσης. Αυτό ως ώρα δεν ήταν εφικτό στα δίκτυα STM και αποτελεί το κύριο σημείο διαφοροποίησης με το ATM.

## 7.7 Πρότυπα διασυνδέσεων με τον χρήστη

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

- 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.
- 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.
- 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.

## 8. Εφαρμογές ATM

Οι δυνατότητες δικτύωσης υψηλής ταχύτητας του ATM θα είναι πιθανώς το κλειδί που επιτρέπει την τεχνολογία δικτύωσης για αναδυόμενες εφαρμογές στους τομείς της επιστήμης, της ιατρικής και της εκπαίδευσης. Οι ακόλουθες υποενότητες απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η τεχνολογία ATM σήμερα, περιγράφοντας μερικές εφαρμογές δείγματος και μελέτες περιπτώσεων.

Η διάκριση ανάμεσα στις υπηρεσίες ευρείας και στενής ζώνης γίνεται με βάση τον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης. Οι υπηρεσίες ευρείας ζώνης απαιτούν ρυθμό μετάδοσης μεγαλύτερο από 2 Mbit/s ενώ οι υπηρεσίες στενής ζώνης απαιτούν ρυθμό μετάδοσης μικρότερο από 2 Mbit/s. Τα δίκτυα ευρείας ζώνης υποστηρίζουν και τις δυο αυτές κατηγορίες υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες ευρείας ζώνης μπορούν να προσφέρουν ταυτόχρονα περισσότερες από ένα τύπο πληροφορίας και γι' αυτό ονομάζονται και υπηρεσίες πολυμέσων. Οι οικιακοί χρήστες και οι επιχειρήσεις δεν έχουν τα ίδια ενδιαφέροντα σε ό,τι αφορά τις υπηρεσίες ευρείας ζώνης. Για τον λόγο αυτόν, οι δύο αυτές κατηγορίες χρηστών εξετάζονται ξεχωριστά ως προς τις πιθανές υπηρεσίες που τους ενδιαφέρουν και τον βαθμό διείσδυσης των υπηρεσιών αυτών.

### 8.1.1 Διασυνδεδετικά δίκτυα

Οι διηπειρωτικές δοκιμές ATM απέδειξαν την έννοια ενός διηπειρωτικού συνδέσμου τον Φεβρουάριο του 1995. Πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά σε συνδυασμό με την υπουργική διάσκεψη G-7 για την κοινωνία της πληροφορίας στις Βρυξέλλες, στο Βέλγιο. Ο μακρύτερος σύνδεσμος ATM στον κόσμο εκείνη την εποχή δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του συνεδρίου G7 στον αυτοκινητόδρομο πληροφοριών. Ο σύνδεσμος των 11.000 χιλιομέτρων προήλθε από το Βανκούβερ, τον Καναδά και έληξε στις Βρυξέλλες. Οι δοκιμές περιλάμβαναν έναν αριθμό εφαρμογών που έχουν σημαντικές δυνατότητες για επιχειρήσεις, επιστήμες, εκπαίδευση και τέχνες. δηλαδή βίντεο κατ' απαίτηση, τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική και διαδραστικό 3-D. Η επιτυχία των δοκιμών απέδειξε τόσο την τεχνική σκοπιμότητα όσο και το

τεράστιο εμπορικό δυναμικό ανάπτυξης προηγμένων τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών, όπως το ATM. Τα μονοπάτια πιστώθηκαν με την απόδειξη ότι οι εξελιγμένες υπηρεσίες ATM όπως οι χαμηλού κόστους, διατλαντικές επιχειρηματικές διασκέψεις δεν ήταν μόνο τεχνικά εφικτές, αλλά σύντομα θα ήταν πραγματικότητα. Σε μια διαδικτυακή επίδειξη, οι γιατροί από το Ινστιτούτο Καρδιών του Βερολίνου μπόρεσαν να παρακολουθήσουν από απόσταση μια πρωτότυπη τεχνητή καρδιά που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Οττάβα. Οι ειδικοί και στις δύο πλευρές του Ατλαντικού μπόρεσαν να παρακολουθούν ταυτόχρονα τις αλλαγές στην απόδοση της συσκευής και να συμβουλευτούν τα χαρακτηριστικά της. Οι Καναδοί γιατροί είχαν επίσης πρόσβαση σε αρχεία ασθενών που βασίζονται σε πολυμέσα από το Berlin Heart Institute. Η επίδειξη απέδειξε ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας ευρυζωνικών επικοινωνιών στον ιατρικό τομέα θα επιτρέψει την εξ αποστάσεως διαβούλευση μεταξύ ιατρών, ακόμη και σε διηπειρωτικές αποστάσεις. Άλλες επιδείξεις επικύρωσαν έργα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης πολυμέσων.

Η Tele Danmark, ο μεγαλύτερος πάροχος τηλεπικοινωνιών της Δανίας, άρχισε να λειτουργεί ένα εθνικό δίκτυο οπτικών ινών μήκους 5000 χλμ χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATM για διαδραστικές επικοινωνίες και πολυμέσα τον Φεβρουάριο του 1996. Το δίκτυο διαθέτει συνδέσμους ATM προς Στοκχόλμη, Σουηδία και Όσλο, Νορβηγία, Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

### **8.1.2 Αντίστροφη πολυπλεξία στο ATM (Inverse Multiplexing over ATM)**

Τον Φεβρουάριο του 1997, η PacifiCare απέκτησε το Foundation Health Plan (FHP), έναν πάροχο φροντίδας με έδρα στην Καλιφόρνια παρόμοιου μεγέθους και πόρων. Το αποτέλεσμα ήταν ένας συνδυασμένος οργανισμός που έγινε το πέμπτο μεγαλύτερο HMO του έθνους. Η συγχώνευση ώθησε επίσης την PacifiCare να μετατοπίσει την έδρα της από την Cypress, CA, όπου διατηρεί το κέντρο δεδομένων της, στο πρώην κεντρικό γραφείο της FHP στη Santa Ana, CA. Η κίνηση, που απαιτούσε το HMO να εγκαταστήσει διάφορα τμήματα και εκατοντάδες υπαλλήλους, απαιτούσε μια

υψηλής ταχύτητας διασύνδεση που συνδέει τη Santa Ana και το Cypress.

Το ΗΜΟ, το οποίο αρχικά έκλεισε μια εφαρμογή Frame Relay λόγω περιορισμών ταχύτητας, εκπλήρωσε αυτήν την πολύπλοκη εργασία χρησιμοποιώντας πολλαπλά T1s ομαδοποιημένα. Η υπηρεσία, που ονομάζεται Inverse Multiplexing over ATM (IMA), υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τέσσερις διακόπτες πρόσβασης 3Com PathBuilder S600 WAN. Οι συμβατικοί πολυπλέκτες υποστηρίζουν μόνο ένα κύκλωμα T1 1,544 Mbps κάθε φορά και δεν μπορούσαν να παραδώσουν αξιόπιστα δεδομένα στα 20 μίλια μεταξύ Santa Ana και Cypress. Αντίθετα, ο διακόπτης PathBuilder S600 μπορεί να προγραμματιστεί για να συνδυάσει πολλαπλά T1 (IMA), αυξάνοντας το διαθέσιμο εύρος ζώνης στα 12 Mbps το μέγιστο. Οι διακόπτες πρόσβασης 3Com λειτουργούν επίσης σε μεγάλη απόσταση χωρίς υποβάθμιση της υπηρεσίας.

Η σουίτα διασύνδεσης PathBuilder S600, η οποία μετατρέπεται άμεσα μεταξύ Ethernet και ATM, είναι ένα πλεονέκτημα απόδοσης που συνυπολογίζεται στη σχεδιαστική λύση της PacifiCare. Χρησιμοποιώντας αυτές τις διεπαφές, το ΗΜΟ μπορεί γρήγορα και εύκολα να μεταφέρει δεδομένα μεταξύ των Ethernet LAN του στη Santa Ana και το Cypress. Οι διεπαφές θα επιτρέψουν επίσης στην εταιρεία να μετεγκατασταθεί σε πλήρες ATM, εάν χρειαστεί, παρέχοντας μακροπρόθεσμη προστασία των επενδύσεων που δεν ταιριάζει με ανταγωνιστικά συστήματα. Επιπλέον, ο διακόπτης PathBuilder S600 προσφέρει απλό πρωτόκολλο διαχείρισης δικτύου (SNMP) και βοηθητικά προγράμματα διαχείρισης βάσει μενού, τα οποία επιτρέπουν στους διαχειριστές δικτύου της PacifiCare να διαχειρίζονται τους διακόπτες τοπικά και από απόσταση. Η παρακολούθηση της απόδοσης του διακόπτη πρόσβασης σε μεμονωμένες θύρες T1, παρέχοντας διαδικτυακή παρακολούθηση των εγκαταστάσεων δικτύου, πρόσθεσε την εμπιστοσύνη της PacifiCare στην αξιοπιστία του διακόπτη. Το PathBuilder S600 WAN Access Switch είναι ένα βελτιωμένο προϊόν AccessBuilder 9600 με νέες δυνατότητες εναλλαγής, φωνής και βίντεο και αντικατοπτρίζει την αλλαγή ονόματος από Access Builder σε PathBuilder. Αυτό το προϊόν δίνει στους διαχειριστές IT επιχειρήσεων και στους παρόχους υπηρεσιών οικονομική ευελιξία διαμόρφωσης. Το σασί έξι υποδοχών του διακόπτη δέχεται μια ποικιλία μονάδων κορμού, εφαρμογών, ATM και Frame Relay, για ενσωμάτωση της κίνησης φωνής, βίντεο και δεδομένων.

### **8.1.3 Ιατρικές εφαρμογές**

Οι εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης περιλαμβάνουν αποθήκευση και χειρισμό ακτίνων X, σάρωση CAT και εικόνες MRI σε ψηφιακή μορφή. Αυτές οι εικόνες πρέπει να έχουν πρόσβαση ταυτόχρονα από πολλούς ιατρούς. Η μεταφορά τους μέσω ενός δικτύου στους γιατρούς απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία ATM.

### **8.1.4 Εκπαιδευτικές εφαρμογές**

Όσον αφορά τις εκπαιδευτικές εφαρμογές, εξελίσσονται εφαρμογές εξ αποστάσεως μάθησης που επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με συμμαθητές χιλιάδες μίλια μακριά μέσω τηλεδιάσκεψης.

### **8.1.5 Επιστημονικές εφαρμογές**

Οι μελλοντικές διαστημικές αποστολές θα απαιτήσουν την ενοποίηση φωνητικών, βίντεο και επικοινωνιών δεδομένων σε αυξανόμενες ταχύτητες και με μειωμένο κόστος. Τέτοιες διαστημικές αποστολές πιθανότατα χρησιμοποιούν το NASA Jet Propulsion Laboratory Deep Space Network (DSN). Το DSN αποτελείται από ένα διαστημικό τμήμα και ένα επίγειο τμήμα. Το βασικό τμήμα βασίζεται σε ATM. Η ενσωμάτωση των πρωτοκόλλων της Διαστημικής Συμβουλευτικής Επιτροπής για Συστήματα Διαστημικών Δεδομένων (CCSDS) Advanced Orbiting Systems (AOS)

με το επίγειο τμήμα που βασίζεται στο ATM αντιμετωπίζεται από τους Hanson και Murphy (1995).

## 8.2 Πλεονεκτήματα ATM

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τις υπηρεσίες δικτύων ATM αναφέρονται παρακάτω:

Υψηλή απόδοση και λειτουργία μέσω μεταγωγής υλικού (hardware switching) και μάλιστα με προοπτικές μεταγωγής terabit στον ορίζοντα (ήδη έχει προταθεί πειραματικά).

- ◆ Δυναμικό εύρος ζώνης για κυκλοφορία καταιγισμών το οποίο ικανοποιεί τις ανάγκες των εφαρμογών και συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της χρήσης των δικτυακών πόρων.
- ◆ Υποστήριξη κλάσης υπηρεσίας (class-of-service) για την κυκλοφορία πολυμέσων η οποία επιτρέπει σε εφαρμογές με μεταβλητή κυκλοφορία και απαιτήσεις στην καθυστέρηση να λειτουργούν σωστά σε ένα και μόνο δίκτυο.
- ◆ Ευελιξία (scalability) σε ταχύτητα και μέγεθος δικτύου, καθώς υποστηρίζονται ταχύτητες T1/E1 έως και OC-12 (622 Mbps), αλλά και ταχύτητες που φθάνουν σε επίπεδα αρκετών Gbps (π.χ δίκτυα που φθάνουν σε μέγεθος τηλεφωνικού δικτύου και που απαιτούνται για οικιακές δικτυακές εφαρμογές είναι μέσα στις δυνατότητες της ATM).
- ◆ Η συνηθισμένη LAN/WAN αρχιτεκτονική επιτρέπει στην ATM να λειτουργεί με συνέπεια από την μια πλατφόρμα στην άλλη. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί παραδοσιακά οι τεχνολογίες WAN και LAN ήταν πολύ διαφορετικές και παρουσίαζαν προβλήματα στην απόδοση και συνεργασία τους.
- ◆ Η ATM προσφέρει ευκαιρίες για απλοποίηση πολλών διαδικασιών μέσω της αρχιτεκτονικής μεταγωγής με νοητά κυκλώματα. Αυτό ισχύει κυρίως για την LAN-based κυκλοφορία που σήμερα είναι προσανατολισμένη στην χωρίς σύνδεση επικοινωνία.
- ◆ Οι απλοποιήσεις που είναι δυνατές μέσω των νοητών κυκλωμάτων της ATM μπορούν να τοποθετηθούν σε διαδικασίες όπως η διαχείριση της κυκλοφορίας, η ασφάλεια και η διαχείριση διαμόρφωσης (configuration management).

- ◆ Τέλος, η σαφής ύπαρξη των διεθνών standards της ATM, τόσο σε κεντρικό- επιχειρησιακό επίπεδο, όσο και περιβάλλοντα καταναλωτών επιτρέπει την εξάπλωση της τεχνολογίας σε ευρύ πεδίο πωλήσεων.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η τεχνολογία ATM προσφέρει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα και μπορεί να προσδώσει τα μέγιστα στο σημερινό δικτυακό περιβάλλον των ολοένα και αυξανόμενων απαιτήσεων.

## 9. Επίλογος

Η ανάπτυξη του δικτύου επικοινωνίας ασύγχρονης μεταφοράς (ATM) είναι ένα κλειδί που επιτρέπει την τεχνολογία επικοινωνιών που θα εισαγάγει νέες εφαρμογές σε χρήστες και παρόχους δικτύου, καθώς και θα παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα εύρους ζώνης στο δίκτυο. Λόγω της υψηλής χωρητικότητας εύρους ζώνης και της αρχιτεκτονικής που προσανατολίζεται σε κελιά, το ATM αναμένεται να είναι η κυρίαρχη υποδομή για την παράδοση σχεδόν όλων των τύπων επικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων δεδομένων, φωνής, εικόνας και πολυμέσων, στους υπολογιστές των χρηστών σε όλο τον κόσμο. Λαμβάνοντας προσεκτικά υπόψη κρίσιμα ζητήματα απόδοσης και προσαρμόζοντας τα υπάρχοντα παλαιά συστήματα κατά τις υλοποιήσεις του ATM, ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών έχει εξασφαλίσει ότι το ATM δεν θα είναι μόνο η σχεδιαστική λύση του μέλλοντος, αλλά και ότι μπορεί να προσφέρει οικονομικά αποδοτικές εφαρμογές.



## 10. Βιβλιογραφία

Διαφάνειες μαθήματος

Βιβλία:

ATM Theory and Applications, D. E. McDysan, D. L. Spohn

URL's:

1. [http://www.islab.demokritos.gr/gr/html/ptixiakes/ATM IPv6 & SecurityConsiderations/kefalaio1.htm](http://www.islab.demokritos.gr/gr/html/ptixiakes/ATM_IPv6_&_SecurityConsiderations/kefalaio1.htm)
2. [https://www.researchgate.net/publication/256027903\\_Asynchronous\\_Transfer\\_Mode\\_ATM\\_Technology\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/256027903_Asynchronous_Transfer_Mode_ATM_Technology_and_Applications)
3. <http://www.telecomspace.com/vop-atm.html>
4. <https://www.encyclopedia.com/science-and-technology/computers-and-electrical-engineering/computers-and-computing/asynchronous>
5. <http://www.cisco.com/>
6. <http://www.ieee.com/>
7. <https://papers.ssrn.com/sol3/DisplayAbstractSearch.cfm>