



**ΥΠΕΧΘΟΛΟΓΙΚΟ ΒΙΧΠΑΙΑΝΕΥΤΙΚΟ ΚΑΡΥΩΜΑ  
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**

**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ  
ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΤΜ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :  
ΓΚΑΝΑΒΙΑΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ  
ΚΛΙΤΣΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

|                           |
|---------------------------|
| <b>ΤΣΙΛ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ</b>   |
| ΘΕΣΣΟΝΙΚΗ                 |
| Αριθ Έισαγωγής <u>406</u> |

**Εισηγητής Καθηγητής:  
Δρ. Δρόσος Λάμπρος**

**Ι.Π. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007**

**ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ  
ΔΙΚΤΥΑ ΑΤΜ**

Σπουδαστές:  
Γκαναβίας Θεοφάνης  
Κλιτσίδης Παναγιώτης

ΥΠΕΡ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ  
ΕΠΙΣΤΕΥΣΗ  
Αριθμ. Εισαγωγής 406

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της υπηρεσίας βιντεοδιάσκεψης πάνω από ευρυζωνικά δίκτυα τεχνολογίας ATM. Για την επίτευξη του τελικού στόχου, ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση των αναγκών των τηλεματικών λειτουργιών πάνω από τα ευρυζωνικά δίκτυα, η οποία έγινε σε τέσσερα επίπεδα:

Σε πρώτο επίπεδο, διερευνήθηκε η κατάσταση του ευρυζωνικού δικτύου τεχνολογίας ATM στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Ειδικότερα, αξιολογήθηκαν οι παράγοντες διαθεσιμότητας, οι δυνατότητες και ευκολίες που προσφέρονται στο συνδρομητή, οι μέθοδοι εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων καθώς και οι πολιτικές διάθεσης των πόρων τους στους συνδρομητές. Η όλη έρευνα βασίστηκε σε συμπεράσματα ειδικών φορέων και οργανισμών που ασχολούνται με το ATM, όπως το ATM Forum και η European Market Awareness Committee (EMAC).....

Σε δεύτερο επίπεδο, ερευνήθηκαν και αναλύθηκαν οι δυνατοί τρόποι άμεσης πρόσβασης (interfaces) των συνδρομητών σε ευρυζωνικά δίκτυα. Συγκεκριμένα, εξετάσθηκαν οι δυνατοί τρόποι δισημειακής (point-to-point), σημειοπολυσημειακής (point-to-multipoint) και τέλος πολυσημειακής-πολυσημειακής (multipoint-to-multipoint) επικοινωνίας συνδρομητών.

Σε τρίτο επίπεδο, διερευνήθηκαν οι τηλεματικές λειτουργίες που μπορούν να υποστηριχθούν από ATM δίκτυα καθώς και οι ανάγκες των συνδρομητών των δικτύων αυτών.

Σε τέταρτο επίπεδο, έγινε εκτενής μελέτη στη βιβλιογραφία σχετικά με θέματα δεκτικότητας των χρηστών στη χρήση συστημάτων βιντεοδιάσκεψης σε αντικατάσταση της προσωπικής επαφής και συνεργασίας.

Στη συνέχεια έγινε μοντελοποίηση της επικοινωνιακής πλατφόρμας, η οποία επιτρέπει τη χρήση των πόρων, ευκολιών και υπηρεσιών ευρυζωνικών δικτύων, ώστε να είναι εφικτή η υποστήριξη νέων εξελιγμένων υπηρεσιών τηλεματικής. Η πλατφόρμα αυτή οριοθετεί μία κατανομημένη διαδικασία όπου πολλοί χωρικά κατανομημένοι χρήστες, που συμμετέχουν στην ίδια εφαρμογή, μπορούν να ανταλλάσσουν και να επεξεργάζονται κοινή πληροφορία. Ειδικότερα, εξετάσθηκε η παγκόσμια αγορά προϊόντων τερματικών διατάξεων (συστημάτων και υπηρεσιών) που βασίζονται σε ευρυζωνικά δίκτυα και αξιολογήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά, η αρχιτεκτονική σχεδίασης και ο βαθμός ολοκλήρωσής των.

Ειδικό βάρος δόθηκε στον εξοπλισμό εκείνο που διασφαλίζει διαφανείς διαδικασίες διαχείρισης σηματοδοσίας και επικοινωνιών σε πραγματικό χρόνο με διαχείριση δεδομένων πολυμέσων. Η ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας (QoS) κρίθηκε σε σχέση με την ευελιξία εφαρμογής σύνθετων πρωτοκόλλων χωρικού και χρονικού συγχρονισμού διαφόρων μέσων (βίντεο, ήχου, δεδομένων, γραφικά, κλπ).

Τέλος, σχεδιάσθηκε η αρχιτεκτονική της τερματικής διάταξης και των απαιτούμενων εργαλείων για την υλοποίηση υπηρεσίας βιντεοδιάσκεψης υψηλής απόδοσης πάνω από ευρυζωνικά δίκτυα τεχνολογίας ATM.

*Αφιερώνεται στους  
γονείς μας οι οποίοι  
στήριξαν τις προσπάθειες  
μας κατά την διάρκεια  
των σπουδών μας με κάθε  
δυνατό τρόπο και στον  
κύριο Δρόσο που ανέλαβε  
την πτυχιακή εργασία  
μας*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της υπηρεσίας τηλεδιάσκεψης πάνω από δίκτυα ευρείας ζώνης τεχνολογίας ATM.

Η δομή της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρουσιάζεται στη συνέχεια: Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά της ATM τεχνολογίας. Γίνεται αναφορά στο μοντέλο του πρωτοκόλλου B-ISDN και αναλύονται τα επίπεδα από τα οποία αποτελείται. Αναφέρεται, επίσης, ο τρόπος διασυνεργασίας του ATM με το Frame Relay και τέλος παρατίθεται ένα παράδειγμα επικοινωνίας σε ATM δίκτυο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εξέλιξη των ευρυζωνικών δικτύων στην Ευρώπη. Ειδικότερα, γίνεται αναφορά στο Ελληνικό δημόσιο δίκτυο και αναλύεται ο τρόπος ανάπτυξης των ευρυζωνικών δικτύων τεχνολογίας ATM στην Ευρώπη. Δίνονται αναλυτικά στοιχεία για τις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες με αφετηρία το Πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι τρόποι άμεσης πρόσβασης των συνδρομητών στα ευρυζωνικά δίκτυα. Αρχικά, γίνεται αναφορά στις διεπαφές που υπάρχουν σε ένα δίκτυο τεχνολογίας ATM, η υλοποίηση και διαμόρφωση της διεπαφής χρήστη-δικτύου και παρατίθενται οι διεπαφές του φυσικού επιπέδου. Ακολουθώντας, παρέχεται η σηματοδότηση της διεπαφής χρήστη-δικτύου και οι ATM συνδέσεις μεταξύ των τερματικών σημείων. Τέλος, γίνεται αναφορά στον τρόπο πρόσβασης συνδρομητή στο ATM δίκτυο, στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και των κατηγοριών τους, δίνονται οι παράμετροι που ελέγχουν την απόδοση σε ένα ATM δίκτυο και οι μηχανισμοί ελέγχου της κίνησης με βάση τις συστάσεις της ITU.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η διερεύνηση των τηλεματικών λειτουργιών πάνω από ευρυζωνικά δίκτυα. Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και τα είδη των ευρυζωνικών υπηρεσιών και οι ανάγκες των συνδρομητών των δικτύων αυτών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε θέματα δεκτικότητας των χρηστών στη χρήση συστημάτων βιντεοδιάσκεψης. Παρατίθενται τα προβλήματα στην ανάπτυξη των δικτύων ATM και η στάση των συνδρομητών απέναντι σ' αυτά και τέλος τα αποτελέσματα δύο ερευνών που έγιναν με στόχο την κατανόηση και μελλοντική επίλυση των προβλημάτων αυτών.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα πρωτόκολλα βιντεοδιάσκεψης. Ειδικότερα, παρέχονται τα πρωτόκολλα κωδικοποίησης και τα είδη συμπίεσης βίντεο και ήχου. Γίνεται αναφορά σε βιντεοδιάσκεψη βασισμένη σε IP (H.323), στα τερματικά H.323, τις πύλες και τις μονάδες ελέγχου πολλαπλών σημείων και τους gatekeepers. Επίσης, αναφέρονται οι τρόποι βιντεοδιάσκεψης σε ευρυζωνικά δίκτυα B-ISDN (H.321), σε δίκτυα H.310 και σε βιντεοδιάσκεψη βασισμένη στο H.310 πάνω από δίκτυα ATM (H.323 Annex C). Στη συνέχεια, παρέχονται τα πρότυπα βιντεοδιάσκεψης δεδομένων και γίνεται αναφορά στην υπηρεσία εξομοίωσης τοπικών δικτύων (LAN Emulation), την αρχιτεκτονική τις διεπαφές στρώματος και χρήστη-δικτύου και στην πρώτη έκδοση του LAN

---

Emulation πάνω από ATM. Τέλος, αναφέρεται το πρωτόκολλο IP πάνω από ATM.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα διάφορα συστήματα βιντεοδιάσκεψης που είναι κατάλληλα για σχεδίαση και υλοποίηση ευρυζωνικών δικτύων βιντεοδιάσκεψης τεχνολογίας ATM. Εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν συστήματα βιντεοδιάσκεψης της παγκόσμιας αγοράς, τα οποία ακολουθούν τις συστάσεις της ITU-T και είναι ικανά για την παροχή υπηρεσιών τηλεματικής. Τα προϊόντα που εξετάστηκαν, εντοπίστηκαν μετά από έρευνα στο διαδίκτυο, από δημοσιεύσεις άρθρων σε περιοδικά της IEEE και από την εξέταση των αποτελεσμάτων προγραμμάτων χρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η δομή του κεφαλαίου αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος, περιλαμβάνει τις γενικές αρχές με βάση τις οποίες έγινε η αξιολόγηση. Το δεύτερο μέρος, περιλαμβάνει την αξιολόγηση κωδικοποιητών/ αποκωδικοποιητών (CODECs) εικόνας και ήχου. Το τρίτο μέρος τέλος, παρουσιάζει τη σύγκριση ATM διακοπών καθώς και ATM προσαρμογέων (adapters).

Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η σχεδίαση της αρχιτεκτονικής για την παροχή υπηρεσιών τηλεπληροφορικής σε ATM κλειστές ομάδες χρηστών από ένα τηλεπικοινωνιακό φορέα που παρέχει δικτυακές υπηρεσίες πάνω από το δημόσιο ευρυζωνικό δίκτυο τεχνολογίας ATM. Αναλυτικότερα, παρέχονται τα γενικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής με ειδικές αναφορές στην αρχιτεκτονική της τερματικής διάταξης του χρήστη, του τερματικού εξυπηρέτησης και της αρχιτεκτονικής διασύνδεσης των τερματικών διατάξεων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 8

### ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΤΜ 8

#### 1.1 Η τεχνολογία ΑΤΜ 8

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 1.1.1 | Ιδεατές συνδέσεις | 9  |
| 1.1.2 | Ιδεατά κανάλια    | 9  |
| 1.1.3 | Ιδεατές διαδρομές | 10 |

#### 1.2 Το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου Β-ISDN 10

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 1.2.1 | Το φυσικό επίπεδο       | 12 |
| 1.2.2 | Επίπεδο ΑΤΜ             | 12 |
| 1.2.3 | Επίπεδο προσαρμογής ΑΤΜ | 13 |

#### 1.3 Οι κυψέλες ΑΤΜ 15

#### 1.4 Διασυνεργασία Frame Relay-ΑΤΜ 17

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.4.1   | Η βασική ιδέα   | 17 |
| 1.4.2   | Τυποποίηση της διασυνεργασίας Frame Relay και ΑΤΜ           | 18 |
| 1.4.2.1 | Λειτουργία διασυνεργασίας δικτύου                           | 18 |
| 1.4.2.2 | Η λειτουργία διασυνεργασίας υπηρεσιών                       | 18 |
| 1.4.3   | Διασυνεργασία ΑΤΜ που ξεκινά από την εγκατάσταση του πελάτη | 19 |

#### 1.5 Παράδειγμα επικοινωνίας σε ΑΤΜ δίκτυο 19

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 20

### ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ 21

#### 2.1 Εισαγωγή 21

#### 2.2 Η κατάσταση του δικτύου ΑΤΜ στην Ελλάδα 21

#### 2.3 Η κατάσταση του δικτύου ΑΤΜ στην Ευρώπη 23

|          |  |         |
|----------|--|---------|
| 2.3.1    | Πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο ΑΤΜ             | 24      |
| 2.3.2    | Πρωτοβουλίες και δοκιμές σε Ευρωπαϊκές χώρες | 24      |
| 2.3.2.1  | Βέλγιο                                       | 24      |
| 2.3.2.2  | Δανία  | 25      |
| 2.3.2.3  | Φινλανδία                                    | 26      |
| 2.3.2.4  | Γαλλία                                       | 26      |
| 2.3.2.5  | Γερμανία                                     | 27      |
| 2.3.2.6  | Ιρλανδία                                     | 27      |
| 2.3.2.7  | Ιταλία                                       | 28      |
| 2.3.2.8  | Νορβηγία                                     | 28      |
| 2.3.2.9  | Πορτογαλία                                   | 28      |
| 2.3.2.10 |  | Ισπανία |
|          |  | 29      |
| 2.3.2.11 |  | Σουηδία |
|          |  | 29      |

|          |       |                  |    |
|----------|-------|------------------|----|
| 2.3.2.12 | _____ | Ελβετία          | 29 |
| 2.3.2.13 | _____ | Ολλανδία         | 30 |
| 2.3.2.14 | _____ | Ηνωμένο Βασίλειο | 30 |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3      32**

#### **ΔΥΝΑΤΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ      32**

##### **3.1 Εισαγωγή      32**

|         |   |       |    |
|---------|---|-------|----|
| 3.1.1   | Διεπαφές δικτύου με δίκτυο και χρήστη με δίκτυο         | _____ | 32 |
| 3.1.2   | Οι διεπαφές του φυσικού επιπέδου                        | _____ | 34 |
| 3.1.2.1 | Φυσική διεπαφή ρυθμού 155.520 kbit/s και 622.080 kbit/s | _____ | 34 |
| 3.1.2.2 | Φυσική διεπαφή ρυθμού 2.048 kbit/s                      | _____ | 34 |
| 3.1.2.3 | Φυσική διεπαφή ρυθμού 25.600 kbit/s                     | _____ | 34 |
| 3.1.3   | Σηματοδοσία της διεπαφής UNI                            | _____ | 34 |
| 3.1.3.1 | ATM συνδέσεις μεταξύ τερματικών σημείων                 | _____ | 35 |
| 3.1.4   | Πρόσβαση συνδρομητή σε δίκτυο ATM                       | _____ | 37 |
| 3.1.5   | Ποιότητα υπηρεσιών                                      | _____ | 37 |
| 3.1.5.1 | Διαχείριση της ποιότητας υπηρεσιών                      | _____ | 38 |
| 3.1.5.2 | Συμβόλαιο κίνησης                                       | _____ | 40 |
| 3.1.5.3 | Λειτουργίες διαχείρισης κίνησης                         | _____ | 40 |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4      42**

#### **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ      42**

##### **4.1 Εισαγωγή      42**

|         |  |       |    |
|---------|--|-------|----|
| 4.1.1   | Χαρακτηριστικά των ευρυζωνικών υπηρεσιών           | _____ | 42 |
| 4.1.2   | Ευρυζωνικές υπηρεσίες                              | _____ | 43 |
| 4.1.3   | Οι ανάγκες των συνδρομητών των ευρυζωνικών δικτύων | _____ | 46 |
| 4.1.3.1 | Οι απαιτήσεις των επιχειρήσεων                     | _____ | 46 |
| 4.1.3.2 | Οι απαιτήσεις των χρηστών οικιακών συστημάτων      | _____ | 46 |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5      48**

#### **ΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ      48**

##### **5.1 Εισαγωγή      48**

##### **5.2 Προβλήματα στην ανάπτυξη δικτύων ATM και η στάση των πελατών      48**

|       |                                  |       |    |
|-------|----------------------------------|-------|----|
| 5.2.1 | Η έρευνα στην Ιαπωνία για το ATM | _____ | 49 |
| 5.2.2 | Μία δεύτερη έρευνα               | _____ | 52 |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6      54**

#### **ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ      54**

##### **6.1 Εισαγωγή      54**

##### **6.2 Πρωτόκολλα κωδικοποίησης και συμπίεσης βίντεο      54**



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 6.2.1   | Η ανάγκη για συμπίεση του βίντεο                    | 54 |
| 6.2.2   | Συμπίεση βίντεο                                     | 56 |
| 6.2.2.1 | Ενδοπλαισιακή Συμπίεση                              | 57 |
| 6.2.2.2 | Διαπλαισιακή συμπίεση                               | 58 |
| 6.2.2.3 | Συμμετρική και μη Συμμετρική Συμπίεση / Αποσυμπίεση | 60 |
| 6.2.2.4 | Αντιστρεπτή έναντι μη αντιστρεπτής συμπίεσης        | 60 |
| 6.2.3   | Motion-JPEG   | 61 |
| 6.2.4   | MPEG-1  | 62 |
| 6.2.5   | MPEG-2  | 62 |
| 6.2.6   | MPEG-4  | 63 |
| 6.2.7   | H.261   | 64 |
| 6.2.8   | H.263   | 65 |

### **6.3 Πρωτόκολλα κωδικοποίησης και συμπίεσης ήχου 65**

#### **6.4 Τυποποιήσεις για βιντεοδιάσκεψη στα ευρυζωνικά δίκτυα 66**

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 6.4.1   | Βιντεοδιάσκεψη βασισμένη στο IP (H.323)                | 67 |
| 6.4.1.1 | Δομή τερματικού H.323                                  | 68 |
| 6.4.1.2 | Πύλες  | 69 |
| 6.4.1.3 | Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων                      | 69 |
| 6.4.1.4 | Gatekeepers  | 70 |
| 6.4.2   | Βιντεοδιάσκεψη στα ευρυζωνικά δίκτυα B-ISDN (H.321)    | 70 |
| 6.4.3   | Βιντεοδιάσκεψη σε ευρυζωνικά δίκτυα (H.310)            | 72 |
| 6.4.4   | Βιντεοδιάσκεψη βασισμένη στο H.323 πάνω από δίκτυα ATM | 73 |

#### **6.5 Πρότυπα βιντεοδιάσκεψης δεδομένων 74**

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 6.5.1   | Το πρότυπο T.120                         | 74 |
| 6.5.2   | Υπηρεσία εξομοίωσης τοπικών δικτύων      | 75 |
| 6.5.2.1 | Αρχιτεκτονική                            | 75 |
| 6.5.2.2 | Διεπαφές στρώματος                       | 76 |
| 6.5.2.3 | Η διεπαφή LAN Emulation χρήστη - δικτύου | 77 |
| 6.5.2.4 | LAN Emulation over ATM-Version 1         | 78 |
| 6.5.3   | IP πάνω από ATM                          | 78 |
| 6.5.3.1 | Ενθυλάκωση πακέτου                       | 79 |
| 6.5.3.2 | Ανάλυση της διεύθυνσης                   | 79 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 81**

### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ 81**

#### **7.1 Γενικά 81**

#### **7.2 Κριτήρια αξιολόγησης 81**

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 7.2.1 | Συμμόρφωση με τα πρότυπα της ITU-T | 81 |
|-------|------------------------------------|----|

#### **7.3 Διαδικασία αξιολόγησης 82**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 7.3.1 | Διαδικασία συλλογής τεχνικών προδιαγραφών των προϊόντων | 82 |
|-------|---|----|

#### **7.4 Πίνακας αξιολόγησης 82**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 7.4.1 | Πίνακας αξιολόγησης κωδικοποιητών/αποκωδικοποιητών (Codec) _____ | 82 |
| 7.4.2 | Πίνακας αξιολόγησης ATM προσαρμογέων (ATM adapters) _____        | 83 |
| 7.4.3 | Πίνακας αξιολόγησης διατάξεων μεταγωγής _____                    | 84 |
| 7.4.4 | Πίνακας αξιολόγησης πυλών _____                                  | 85 |
| 7.4.5 | Πίνακας αξιολόγησης MCU _____                                    | 85 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8      86**

### **ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ      86**

#### **8.1 Εισαγωγή      86**

#### **8.2 Γενικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής      86**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 8.2.1 | Αρχιτεκτονική της τερματικής διάταξης του χρήστη _____ | 87 |
| 8.2.2 | Αρχιτεκτονική του τερματικού εξυπηρέτησης _____        | 88 |

#### **8.3 Αρχιτεκτονική διασύνδεσης τερματικών διατάξεων      88**

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ      94**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Σχήμα 1:  | Ιδεατά κυκλώματα και ιδεατές διαδρομές   | 10 |
| Σχήμα 2:  | Το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου B-ISDN                                     | 11 |
| Σχήμα 3:  | Κατηγορίες υπηρεσιών για το AAL  | 14 |
| Σχήμα 4:  | Η δομή του ATM κελιού  | 15 |
| Σχήμα 5:  | Δίκτυο Frame Relay-ATM με IWF στα άκρα του ATM                                 | 17 |
| Σχήμα 6:  | Διασυνεργασία στην εγκατάσταση του πελάτη                                      | 17 |
| Σχήμα 7:  | Χαρτογράφηση του frame πάνω σε κυψέλες (κελιά) ATM18                           |    |
| Σχήμα 8:  | Διατάξεις ATM και Frame Relay τοποθετημένες σε ένα δίκτυο ATM                  | 19 |
| Σχήμα 9:  | Το δίκτυο ATM στην Ελλάδα  | 23 |
| Σχήμα 10: | Το δίκτυο ATM  | 32 |
| Σχήμα 11: | Υλοποιήσεις της ATM διεπαφής χρήστη-δικτύου (UNI)                              | 33 |
| Σχήμα 12: | Διαμόρφωση διεπαφών χρήστη-δικτύου   | 33 |
| Σχήμα 13: | Πρόσβαση σε ATM βασισμένη στον εξοπλισμό του χρήστη                            | 37 |
| Σχήμα 14: | Απαιτήσεις για εφαρμογές   | 50 |
| Σχήμα 15: | Δίκτυα διασύνδεσης των LAN   | 50 |
| Σχήμα 16: | Εντυπώσεις από την τεχνολογία ATM  | 51 |
| Σχήμα 17: | Παράγοντες που οδηγούν στην εγκατάσταση επιτραπέζιου ATM                       | 53 |
| Σχήμα 18: | Παράδειγμα ψηφιοποίησης εικόνας  | 57 |
| Σχήμα 19: | Δομή τερματικού H.323  | 68 |
| Σχήμα 20: | Ένα παράδειγμα βιντεοδιάσκεψης μεταξύ πολλαπλών τερματικών τύπου H.321/H.32071 |    |
| Σχήμα 21: | Αρχιτεκτονική του προτύπου H.321   | 72 |
| Σχήμα 22: | Αρχιτεκτονική του προτύπου H.310   | 72 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Σχήμα 23: | H.323 Annex C   | 74 |
| Σχήμα 24: | Αρχιτεκτονική των στρωμάτων του LAN Emulation   | 77 |
| Σχήμα 25: | Η διεπαφή LAN Emulation χρήστη με δίκτυο (LUNI)                                       | 78 |
| Σχήμα 26: | Αρχιτεκτονική διασύνδεσης τερματικών διατάξεων  | 89 |
| Σχήμα 27: | Αναλυτική σχηματική περιγραφή της αρχιτεκτονικής διασύνδεσης των τερματικών διατάξεων | 90 |
| Σχήμα 28: | Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.323                                   | 91 |
| Σχήμα 29: | Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.323 Annex C                           | 92 |
| Σχήμα 30: | Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.321                                   | 92 |

## ΒΑΣΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ATM

### *Η τεχνολογία ATM*

Οι βασικές αρχές του ATM, όπως τέθηκαν από την ITU-T στη σύσταση I.150, είναι:

- Το ATM θεωρείται ως μία εξειδικευμένη πακετοστρεφής (packet oriented) τεχνική μετάδοσης βασισμένη σε πακέτα σταθερού μήκους (κυψέλες - cells). Κάθε cell αποτελείται από το πεδίο πληροφορίας και την κεφαλίδα (header), η οποία είναι υπεύθυνη για τον καθορισμό του ιδεατού καναλιού (Virtual Channel ή VC) και της κατάλληλης δρομολόγησης. Η ακολουθιακή ακεραιότητα των cells εξασφαλίζεται σε κάθε ιδεατό κανάλι.
- Το ATM είναι συνδεδειστροφής (connection oriented) τεχνική. Σε κάθε τμήμα της σύνδεσης, η τιμή που ανατίθεται στην κεφαλίδα παραμένει σταθερή για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Η σηματοδότηση και η πληροφορία που στέλνει ο χρήστης μεταδίδονται σε ξεχωριστά ιδεατά κανάλια.
- Το πεδίο πληροφορίας ενός ATM cell μεταφέρεται με διαφάνεια μέσα από το δίκτυο. Καμία επεξεργασία, όπως έλεγχος βλαβών (fault control), δε γίνεται σ' αυτό από το δίκτυο.
- Όλες οι υπηρεσίες (φωνή, βίντεο, δεδομένα, κλπ) μπορούν να μεταφερθούν μέσω του ATM, ακόμη και ασυνδεδεστικές (connectionless) υπηρεσίες. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορες υπηρεσίες, παρέχεται στο ATM μία λειτουργία προσαρμογής για να μπορεί να ταιριάζει την πληροφορία όλων των υπηρεσιών στα ATM cells και να είναι έτσι σε θέση να παρέχει διάφορες διευκολύνσεις στις υπηρεσίες αυτές (π.χ. ανάκτηση χρονισμού – clock recovery, ανάκτηση χαμένων cells, κ.λ.π.).

Μιας και το ATM είναι συνδεδειστροφής τεχνική, υπάρχει εγκατάσταση συνδέσεων για όλη την διάρκεια της κλήσης. Η εγκατάσταση αυτή περιλαμβάνει την διάθεση ενός αναγνωριστικού ιδεατού καναλιού (Virtual Channel Identifier - VCI) και/ή ενός αναγνωριστικού ιδεατής διαδρομής (Virtual Path Identifier - VPI) αλλά και τη διάθεση των απαιτούμενων πόρων (resources) για την πρόσβαση του χρήστη στο δίκτυο. Οι πόροι αυτοί συχνά εκφράζονται συναρτήσεως του ρυθμού διεκπεραιωσιμότητας (throughput). Ο ρυθμός αυτός μπορεί να είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ χρήστη και δικτύου και θα επιβλέπεται από το δίκτυο για να διαπιστώνεται, αν ο χρήστης τηρεί αυτό το ρυθμό που του επιτρέπει κατόπιν διαπραγμάτευσης. Η διαπραγμάτευση μεταξύ χρήστη και δικτύου για τη διάθεση των πόρων γίνεται από ένα ξεχωριστό ιδεατό κανάλι σηματοδότησης.

Για την αποκατάσταση και την απόλυση ενός ιδεατού καναλιού σηματοδότησης χρησιμοποιείται ένα ειδικό κανάλι μετασηματοδότησης (meta-signalling). Το κανάλι μετασηματοδότησης μεταφέρεται μέσω ενός προανατεθειμένου VCI/VPI που καθορίζεται από τη διεπαφή χρήστη-δικτύου

(User-Network Interface - UNI). Η διαδικασία της μετασηματοδοσίας διαπραγματεύεται βασικά το VCI/VPI όπως και τον απαιτούμενο ρυθμό εξυπηρέτησης. Στη διεπαφή χρήστη - δικτύου ορίζονται, επίσης, άλλες προανατεθειμένες τιμές για τα cells που δεν έχουν παραχωρηθεί, για τα άεργα (idle) cells, για τα γενικά cells εκπομπής σηματοδοσίας και για τα cells λειτουργίας διοίκησης και συντήρησης του φυσικού επιπέδου (Operation Administration and Maintenance - OAM).

Υπάρχουν δύο ειδών συνδέσεις: συνδέσεις ιδεατών καναλιών (VCC) και συνδέσεις ιδεατών διαδρομών (VPC). Μία VPC μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο από VCC. Η μεταγωγή/πολύπλεξη πρέπει να γίνεται βάσει των VPI's και των VCI's. Μία οντότητα (μεταγωγέας - switch) εκτελεί μόνο μία μεταγωγή VP ενώ άλλες εκτελούν VC μεταγωγή (στην ουσία εκτελούν και VC και VP μεταγωγή). Σε μερικές περιπτώσεις το κομμάτι της VP μεταγωγής μπορεί να είναι άεργο οπότε έχουμε καθαρά VC μεταγωγή.

### **Ιδεατές συνδέσεις**

Ένα από τα χαρακτηριστικά του ATM είναι και οι περιορισμένες λειτουργίες στην κεφαλίδα. Ο περιορισμός αυτός επιτυγχάνεται κυρίως χάρη στο συνδεδειστροπή χαρακτήρα του ATM. Πράγματι, στα ATM δίκτυα δεν χρειάζονται λειτουργίες όπως η διεύθυνση καλούντος και καλούμενου και η αρίθμηση πακέτων αν και είναι απαραίτητες στα ασυνδεδειστροπή δίκτυα. Εδώ, κάθε ιδεατή σύνδεση (virtual connection) αντιπροσωπεύεται από έναν αναγνωριστικό αριθμό, ο οποίος έχει μόνο τοπική σημασία για κάθε ζεύξη (link) της ιδεατής σύνδεσης.

Επίσης, δεν έχουμε τον έλεγχο λαθών όπως παρουσιάζεται στα δίκτυα X.25, δηλαδή σε κάθε ζεύξη, αλλά έχουμε έναν έλεγχο, όταν αυτό απαιτείται, από άκρο σε άκρο από την συγκεκριμένη υπηρεσία. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να παραληφθεί και τελείως λόγω της χρήσης ζεύξης πολύ καλής ποιότητας (π.χ. οπτικές ίνες). Στα ATM δίκτυα παραλείπεται επίσης και ο έλεγχος ροής (flow control) σε κάθε ζεύξη, λόγω της ύπαρξης ενός πολύ καλού μηχανισμού ελέγχου εισδοχής κλήσεων. Αυτό μας εξασφαλίζει έναν αποδεκτό αριθμό χαμένων cells.

Η βασική λειτουργία που παραμένει στην κεφαλίδα είναι η αναγνώριση ταυτότητας της ιδεατής σύνδεσης. Η λειτουργία αυτή εκτελείται από δυο τμήματα της επικεφαλίδας, το VCI και το VPI. Ο VCI αναγνωρίζει δυναμικά αναθέσιμες συνδέσεις και ο VPI αναγνωρίζει στατικά αναθέσιμες συνδέσεις.

### **Ιδεατά κανάλια**

Η λειτουργία αυτή εκτελείται από τον VCI της κεφαλίδας. Στο μελλοντικό δίκτυο ευρείας ζώνης, θα έχουμε τη δυνατότητα εγκατάστασης οπτικών μέσων μετάδοσης. Οι ζεύξεις αυτές έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς εκατοντάδων Mbit/s, ενώ τα ιδεατά κανάλια καταλαμβάνουν μόνο μερικά kbit/s. Αυτό συνεπάγεται την ταυτόχρονη μετάδοση πολλών καναλιών μέσα από την ίδια ζεύξη. Έτσι, για παράδειγμα, για 10000 ταυτόχρονα μεταδιδόμενα κανάλια, το πεδίο του VCI πρέπει να είναι μέχρι 18 bits.

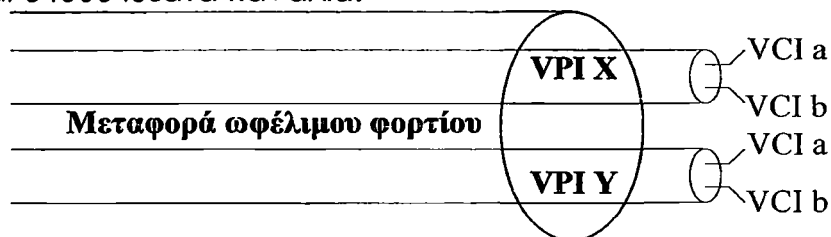
Κάθε σύνδεση ορίζεται και από ένα VCI, ο οποίος της ανατίθεται κατά την αποκατάσταση της κλήσης (call set-up). Ένας VCI έχει ισχύ μόνο για μία ζεύξη μεταξύ δύο ATM κόμβων και μεταφράζεται στους κόμβους αυτούς. Όταν μία σύνδεση παύει να ισχύει, τότε οι εμπλεκόμενοι VCI μπορούν να δοθούν σε άλλες συνδέσεις.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της αρχής των VCI, είναι η χρήση πολλαπλών τιμών του VCI για υπηρεσίες που αποτελούν την σύνθεση πολλών άλλων υπηρεσιών. Για παράδειγμα η εικονοτηλεφωνία αποτελεί την σύνθεση δύο υπηρεσιών, βίντεο και φωνής, οι οποίες μεταδίδονται ξεχωριστά με δύο διαφορετικούς VCI. Αυτό επιτρέπει στο δίκτυο να προσθέτει ή να αφαιρεί ένα ή μερικούς από τους παράγοντες που συνθέτουν την υπηρεσία. Στην βιντεοφωνία, για παράδειγμα, η υπηρεσία μπορεί να ξεκινήσει μόνο με φωνή (με ένα VCI), μετά από λίγο να προστεθεί (ή αν υπήρχε να αφαιρεθεί) η εικόνα με ξεχωριστό VCI, ενώ η σηματοδότηση θα μεταδίδεται με ένα τρίτο VCI.

### Ιδεατές διαδρομές

Το μελλοντικό δίκτυο ευρείας ζώνης προβλέπεται ότι θα πρέπει να υποστηρίζει ημιμόνιμες (semi-permanent) συνδέσεις μεταξύ τερματικών. Αυτές οι ημιμόνιμες συνδέσεις θα πρέπει να μεταφέρουν ένα μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων. Η ιδέα είναι επίσης γνωστή ως "ιδεατή διαδρομή" (virtual path) ή "ιδεατό δίκτυο". Με βάση την ιδέα αυτή διατίθενται προσωρινά πόροι του δικτύου για να μας επιτρέψουν μία αποδοτικότερη και απλή διαχείριση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου. Για τη δημιουργία αυτού του ιδεατού δικτύου προστίθεται στην κεφαλίδα άλλο ένα πεδίο που ονομάζεται αναγνωριστικό ιδεατής διαδρομής.

Η διαχείριση αυτών των ημιμόνιμων διαδρομών σε ένα δίκτυο, δεν γίνεται μόνο από μία λογική σύνδεση χαμηλού ρυθμού, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται από μία ομάδα λογικών συνδέσεων. Για τον λόγο αυτό, το πεδίο του VPI αποτελείται από 8 έως 12 δυφία (bits) για να επιτρέψει την ύπαρξη από 256 έως 4096 ιδεατών διαδρομών (VPs). Κάθε ιδεατή διαδρομή αποτελείται από μέχρι και 64000 ιδεατά κανάλια.



Σχήμα 1: Ιδεατά κυκλώματα και ιδεατές διαδρομές

### Το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου B-ISDN

Το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου B-ISDN που καθορίστηκε από την ITU-T, φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2: Το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου B-ISDN

Διακρίνονται τα εξής τμήματα:

- **Το επίπεδο χρήστη (User plane ή U-plane):** Μόλις αποκατασταθεί η σύνδεση μεταδίδονται τα δεδομένα του χρήστη χρησιμοποιώντας κάποιο από τα πρωτόκολλα του U-plane.
- **Το επίπεδο ελέγχου (Control Plane ή C-plane):** Υποστηρίζει τον έλεγχο των συνδέσεων (connection control) με λειτουργίες αποκαταστάσεως (connection set-up) ή απόλυσης (release) των συνδέσεων.

Και τα δύο αυτά επίπεδα (User και Control planes) χρησιμοποιούν κατώτερα στρώματα για την μετάδοση των δεδομένων και των μηνυμάτων, αντιστοίχως.

- **Το επίπεδο διαχείρισης,** παρέχει δύο διαφορετικές λειτουργίες:
  - Τις λειτουργίες του επιπέδου ελέγχου, που έχουν σχέση με όλο το σύστημα και παρέχουν συνεργασία μεταξύ όλων των επιπέδων.
  - Τις λειτουργίες της στιβάδας ελέγχου, που έχουν σχέση με τις πηγές και τις υπάρχουσες παραμέτρους πρωτοκόλλων. Διαχειρίζονται την ροή πληροφοριών λειτουργίας και συντήρησης ειδικά για τη συγκεκριμένη στιβάδα.
- **Στρώμα φυσικού μέσου (Physical Layer):** Οι υπηρεσίες που προσφέρονται σ' αυτό το στρώμα περιλαμβάνουν: δυφιακό χρονισμό (bit timing), προδιαγραφές για τρέμουλο (jitter) και αργοκύμανση (wander), χρονισμό δικτύου και μέγιστο λόγο δυφιακών σφαλμάτων (Bit Error Rate - BER)".
- **Στρώμα τρόπου μεταφοράς (Transfer Mode Layer):** Ορίζει πώς θα απεικονισθεί στο στρώμα του φυσικού μέσου η πληροφορία των ανωτέρω στρωμάτων.
- **Στρώμα προσαρμογής (Adaptation Layer):** Υποστηρίζει τις λειτουργίες των υπερκειμένων στρωμάτων των επιπέδων U και C.

Οι λειτουργίες του στρώματος προσαρμογής περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, υπηρεσίες προσανατολισμένες σε συνεχές δυφίορευμα (continuous bit-stream-oriented services), ασυνδειστρεφείς υπηρεσίες στις τερματικές συσκευές (end-to-end) για την μεταβίβαση της πληροφορίας και πακετοτροπικές υπηρεσίες (packet-mode services).

Σύμφωνα με την ITU-T, στα επίπεδα του B-ISDN ATM μπορεί να γίνει ένας επιπλέον διαχωρισμός όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Εδώ έχουμε τρία κύρια επίπεδα. Το PHY (φυσικό επίπεδο) το οποίο μεταφέρει βασικά την πληροφορία (bits/cell), το επίπεδο ATM το οποίο αναλαμβάνει την

μεταγωγή/δρομολόγηση και πολύπλεξη και το στρώμα προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layer - AAL) το οποίο αναλαμβάνει την μετατροπή της πληροφορίας μιας υπηρεσίας σε ένα ATM ρεύμα. Τα τρία κύρια επίπεδα χωρίζονται σε υποεπίπεδα τα οποία εξετάζονται στη συνέχεια.

|                        |  |                   |                                 |
|------------------------|--|-------------------|---------------------------------|
| Διαχείριση<br>επιπέδου | Λειτουργίες υψηλότερου επιπέδου  | Υψηλότερα επίπεδα |                                 |
|                        | Σύγκλισης  | CS                | Επίπεδο<br>προσαρμογής<br>(AAL) |
|                        | Τεμαχισμού και συναρμολόγησης  | SAR               |                                 |
|                        | Σε σχέση με τον έλεγχο της ροής<br>Δημιουργία και απόσπαση επικεφαλίδας<br>Μετάφραση του VPI/VCI του κελιού<br>Πολύπλεξη και αποπολύπλεξη του κελιού   | Επίπεδο ATM       |                                 |
|                        | Αποδέσμευση ρυθμού κελιών<br>Δημιουργία του πεδίου ελέγχου της<br>επικεφαλίδας των κελιών κατά την μετάδοση<br>και έλεγχος του CRC κατά τη λήψη<br>Μηχανισμός διάκρισης των κελιών με βάση<br>τον αλγόριθμο Έλεγχος σφαλμάτων<br>κεφαλίδας (Header Error Control- HEC)<br>Περίπλεξη των δυφίων στο πλαίσιο<br>μετάδοσης<br>Αναγνώριση και εξαγωγή των κελιών από<br>την ακολουθία των bit του φυσικού μέσου<br>και αντιστρόφως | TC                | Φυσικό<br>επίπεδο               |
|                        | Χρονισμός δυφίων<br>Φυσικό μέσο (συνεστραμμένα ζεύγη,<br>ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες κλπ.)  | PM                |                                 |

### Το φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο του B-ISDN αποτελείται από 2 υποεπίπεδα. Αυτό του φυσικού μέσου (PM), το οποίο υποστηρίζει λειτουργίες των bit που εξαρτώνται αποκλειστικά από το μέσο μετάδοσης και αυτό της σύγκλισης μετάδοσης (transmission convergence -TC) το οποίο μετατρέπει το ρεύμα των ATM cells σε bits έτοιμα προς μετάδοση από το μέσο μετάδοσης.

### Επίπεδο ATM

Το επίπεδο ATM είναι εντελώς ανεξάρτητο από το μέσο που χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση των ATM cells και κατά συνέπεια και από το φυσικό επίπεδο (PHY). Το επίπεδο αυτό εκτελεί τις ακόλουθες κύριες λειτουργίες:

- Η πρώτη είναι η **πολύπλεξη και αποπολύπλεξη cells** που προέρχονται από διαφορετικές συνδέσεις (ξεχωρίζουν από τα διαφορετικά VCI και/ή VPI) σε ένα απλό (ενιαίο) ρεύμα cells.
- Πολλές φορές απαιτείται **μεταφορά του cell identifier** στους ATM μεταγωγείς ή κατανεμητές (cross-connectors). Αυτό συμβαίνει όταν



γίνεται μεταγωγή των ATM cells από μία φυσική ζεύξη σε μία άλλη. Η μετάφραση αυτή μπορεί να εκτελεστεί είτε βάσει μόνο του VCI, είτε βάσει μόνο του VPI, είτε βάσει και των δύο ταυτόχρονα.

- Πριν (μετά) το cell παραδοθεί στο (παραληφθεί από το) επίπεδο προσαρμογής, γίνεται **απομάκρυνση (προσθήκη) της κεφαλίδας**.
- Στη διασύνδεση χρήστη-δικτύου έχουμε ένα **γένιο έλεγχο σφάλματος (Generic Fault Control-GFC)** που υποστηρίζεται από τα bits ελέγχου της ροής της κεφαλίδας.
- Δίνει στον χρήστη μία VCC ή VPC με **συγκεκριμένη κατηγορία ποιότητας υπηρεσίας** (Quality of Service - QoS class), από ένα σύνολο κατηγοριών QoS που υποστηρίζονται από το δίκτυο. Ορισμένες υπηρεσίες μπορεί να απαιτούν μία συγκεκριμένη τιμή QoS για ένα μόνο μέρος της ροής των ATM cells και ενδεχομένως μικρότερη τιμή QoS για το υπόλοιπο μέρος. Η διάκριση αυτή γίνεται με την χρήση του CLP bit της επικεφαλίδας του ATM cell.
- **Λειτουργίες διαχείρισης:** η κεφαλίδα των ATM cells των χρηστών παρέχει ένδειξη συμφόρησης και διαχείρισης (ανάλογα με τον τύπο του ωφέλιμου φόρτου ή Payload Type-PT) που μπορούν να την αξιοποιήσουν οι ATM χρήστες στην μεταξύ τους επικοινωνία.

### Επίπεδο προσαρμογής ATM

Το επίπεδο προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layer – AAL) είναι υπεύθυνο για την προσαρμογή της πληροφορίας των ανώτερων επιπέδων σε ATM cells. Το AAL μπορεί να αναβαθμίσει την υπηρεσία που του παρέχεται από το επίπεδο ATM στις απαιτήσεις μιας ειδικής υπηρεσίας (I.362). Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι είτε υπηρεσίες χρήστη είτε λειτουργίες ελέγχου (π.χ. σηματοδότηση) και διαχείρισης. Το AAL απεικονίζει τη μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου (Protocol Data Unit - PDU) χρήστη/ελέγχου/διαχείρισης στο πεδίο πληροφορίας του ATM cell και αντίστροφα.

Οι υπηρεσίες που θα μεταδίδονται από το επίπεδο ATM έχουν ταξινομηθεί σε 4 κατηγορίες που η κάθε μία έχει ξεχωριστές απαιτήσεις από το AAL. Για την εξασφάλιση των 4 αυτών κατηγοριών, οι υπηρεσίες έχουν χωριστεί με βάση 3 παραμέτρους:

- **Συγχρονισμός μεταξύ πηγής και προορισμού:** Σε μερικές υπηρεσίες παρουσιάζεται συγγένεια χρόνου μεταξύ πηγής και προορισμού ενώ σε μερικές άλλες όχι. Για παράδειγμα στην μετάδοση φωνής από την PCM 64 kbit/s υπάρχει καθαρή συσχέτιση χρόνου μεταξύ πομπών και δέκτη. Αντίθετα στην μεταφορά πληροφορίας μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών δεν υπάρχει συσχέτιση χρόνου. Οι υπηρεσίες οι οποίες απαιτούν συγχρονισμό πομπού-δέκτη ονομάζονται υπηρεσίες πραγματικού χρόνου (real time services).
- **Ρυθμός μετάδοσης:** Μερικές υπηρεσίες έχουν σταθερό ρυθμό μετάδοσης ενώ άλλες έχουν μεταβλητό ρυθμό.
- **Τρόπος σύνδεσης:** Οι υπηρεσίες μπορεί να συνδεδειστρεφείς ή όχι.

Από τους 8 θεωρητικούς συνδυασμούς των τριών αυτών παραμέτρων μόνο οι 4 οδηγούν σε υπάρχουσες υπηρεσίες. Για το λόγο αυτό, η ITU-T όρισε 4 κατηγορίες σύμφωνα με τις βασικές παραμέτρους.

- **Στην πρώτη κατηγορία** έχουμε συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη, ο ρυθμός μετάδοσης είναι σταθερός και η υπηρεσία είναι συνδεδειστροφής. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η φωνή των 64 kbit/s όπως και το βίντεο σταθερού δυφιακού ρυθμού.
- **Στην δεύτερη κατηγορία** έχουμε πάλι συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη για μία συνδεδειστροφή υπηρεσία. Η διαφορά της από την πρώτη κατηγορία είναι ότι στην δεύτερη κατηγορία η πηγή έχει μεταβλητό δυφιακό ρυθμό. Τυπικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι το βίντεο και ο ήχος μεταβλητού δυφιακού ρυθμού.
- **Στην τρίτη κατηγορία** δεν έχουμε συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη και ο ρυθμός μετάδοσης είναι μεταβλητός. Η υπηρεσία εξακολουθεί να είναι συνδεδειστροφής. Παραδείγματα έχουμε στην συνδεδειστροφή μεταφορά δεδομένων και στην σηματοδοσία.
- **Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία** είναι κοντά στην τρίτη, με την διαφορά ότι η υπηρεσία είναι ασυνδεδειστροφής. Ένα παράδειγμα είναι οι υπηρεσίες δεδομένων πολυμεγαδυφιακής μεταγωγής (Switched Multimegabit Data Services - SMDS).

|                                      | Κατηγορία A<br>(Class A)                         | Κατηγορία B<br>(Class B)        | Κατηγορία C<br>(Class C)                            | Κατηγορία D<br>(Class D)                  |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|---|---|
| Συγχρονισμός πομπού & δέκτη          | ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ                                       |                                 | ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ                                      |   |
| Δυφιακός ρυθμός (Bit Rate)           | ΣΤΑΘΕΡΟΣ   | ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ                      |   |   |
| Συνδεσμικός τρόπος (Connection mode) | Συνδεδειστροφής                                  |                                 |   | Ασυνδεδειστροφής                          |
| Πρωτόκολλο AAL                       | Τύπου 1  | Τύπου 2                         | Τύπου 3/4, 5  | Τύπου 3/4, 5                              |
| Παραδείγματα                         | DS1, E1, Nx64 kbps, telephone, circuit emulation | Video, Audio, (analog VBR data) | Frame Relay (5), X.25 (3/4), SMDS (3/4), MPEG-2 (5) | IP packets, LAN Emulation (5), SMDS (3/4) |

Σχήμα 3: Κατηγορίες υπηρεσιών για το AAL

Το AAL επίπεδο χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα:

- **Υποεπίπεδο τεμαχισμού και συναρμολόγησης (segmentation and reassembly - SAR):** Το υποεπίπεδο SAR έχει ως βασικό σκοπό τον τεμαχισμό της πληροφορίας των ανωτέρω επιπέδων σε ATM cells όπως και την αντίθετη λειτουργία.
- **Υποεπίπεδο σύγκλισης (convergence sublayer - CS):** Το υποεπίπεδο σύγκλισης εξαρτάται από την παρεχόμενη υπηρεσία και εκτελεί λειτουργίες όπως η αναγνώριση μηνυμάτων, ανάκτηση χρονισμού κ.λ.π.

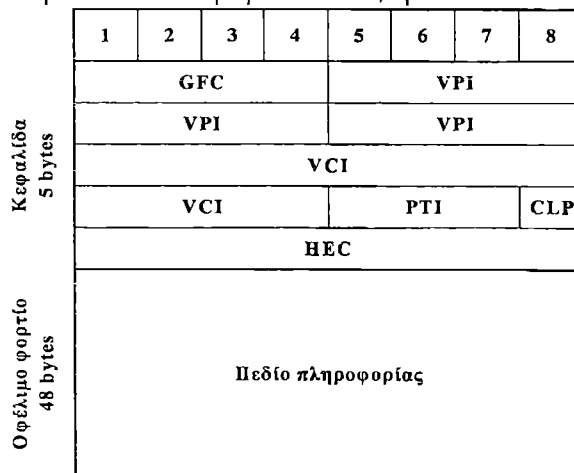
Στην σύσταση I.363 περιγράφεται ένας συγκεκριμένος συνδυασμός των πρωτοκόλλων SAR και CS για την εφαρμογή τους στις κατηγορίες υπηρεσιών που έχουν περιγραφεί προηγουμένως. Ωστόσο η ITU-T έχει αφήσει ελεύθερη την επιλογή άλλων συνδυασμών για τα SAR και CS όπως και τον ορισμό νέων SAR και CS.

Είναι πιθανόν ορισμένοι χρήστες της υπηρεσίας AAL να εξυπηρετούνται πλήρως από την υπηρεσία που προσφέρει το ATM επίπεδο και να μη χρειάζονται το AAL επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή το πρωτόκολλο AAL θα είναι κενό.

Για κάθε μία από τις ανωτέρω κατηγορίες υπηρεσιών έχουν καθορισθεί πέντε τύποι πρωτοκόλλων για το επίπεδο AAL, με ονομασίες Τύπου 1, Τύπου 2, Τύπου 3, Τύπου 4 και Τύποι 5. Στη σύσταση I.362 ορίζεται ότι οι υπηρεσίες σταθερού δυφιακού ρυθμού (Constant Bit Rate – CBR) χρησιμοποιούν πρωτόκολλο AAL Τύπου 1. Το πρωτόκολλο Τύπου 2 εξυπηρετεί υπηρεσίες μεταβλητού δυφιακού ρυθμού, οι οποίες απαιτούν ισχυρή χρονική συσχέτιση μεταξύ πομπού και δέκτη (βίντεο, ήχος). Οι συνδεδειστροφεείς υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο AAL Τύπου 3 και οι ασυνδεδειστροφεείς το πρωτόκολλο AAL Τύπου 4. Επειδή οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων AAL Τύπου 3 και 4 είναι παρόμοιες, έχει δημιουργηθεί το ενοποιημένο πρωτόκολλο AAL Τύπου 3/4. Το πρωτόκολλο AAL Τύπου 5 απλοποιεί το πρωτόκολλο Τύπου 3/4 για την τρίτη κατηγορία υπηρεσιών.

### Οι κυψέλες ATM

Στη σύσταση I.361 γίνεται λεπτομερής περιγραφή του τρόπου κωδικοποίησης των ATM cells. Το μέγεθος των cells αυτών είναι συνολικά 53 δυφιοσυλλαβές (bytes), εκ των οποίων οι 48 αποτελούν το πεδίο πληροφορίας και οι 5 το πεδίο της κεφαλίδας. Όταν γίνεται η μετάδοση των ATM cells, τα bytes (οκτάδες δυφίων) στέλνονται κατ' αύξουσα σειρά αρχίζοντας από την κεφαλίδα ενώ τα δυφία μιας οκτάδας στέλνονται κατά φθίνουσα σειρά, δηλαδή πρώτα το όγδοο και τελευταίο το πρώτο. Η δομή του cell, φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 4: Η δομή του ATM cell

Ειδικότερα, για την κεφαλίδα:

- **Το πρώτο πεδίο** αποτελείται από 4 bits και αντιπροσωπεύει το πεδίο ελέγχου ροής.
- **Το δεύτερο πεδίο** είναι το πεδίο δρομολόγησης που υποδιαιρείται σε δύο υποπεδία, αυτό του VPI, που είναι 8 bits, και αυτό του VCI, που είναι 16 bits.
- **Τρίτο είναι το πεδίο Payload Type Identifier**, το οποίο χαρακτηρίζει το περιεχόμενο του πεδίου πληροφορίας και αποτελείται από 3 bits.
- **Το τέταρτο πεδίο** αποτελείται από ένα bit και ορίζει τον βαθμό προτεραιότητας του cell (Cell Loss Priority – CLP). Για υψηλή προτεραιότητα η τιμή του είναι μηδέν (CLP=0).
- Τέλος, **το πέμπτο πεδίο** είναι το πεδίο ελέγχου σφαλμάτων της κεφαλίδας (HEC) και αποτελείται από 8 bits.

Στην διασύνδεση δικτυακού κόμβου (Network Node Interconnection-NNI) η διαμόρφωση της κεφαλίδας είναι σχεδόν η ίδια με αυτή της διασύνδεσης δικτυακού χρήστη. Η μόνη διαφορά βρίσκεται στο ότι εδώ έχουμε αντικατάσταση του πεδίου GFC από 4 επιπλέον VPI bits, με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα πεδίο VPI των 12 bits.

Υπάρχει μία διάκριση μεταξύ των cells τα οποία είναι ορατά μόνο στο φυσικό επίπεδο και δεν περνούν στο επίπεδο ATM και στα cells τα οποία είναι ορατά και στα δύο επίπεδα. Η διάκριση αυτή γίνεται από το bit “ένα” της τέταρτης οκτάδας της επικεφαλίδας (CLP).

Η ITU-T έχει επίσης ορίσει τους ακόλουθους τύπους cells:

- **Ανεκχώρητες κυψέλες** (Unassigned cells), τα οποία δεν περιέχουν οποιαδήποτε χρήσιμη πληροφορία για τον χρήστη.
- **Άεργες κυψέλες** (Idle cells), που χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν το αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης στο φυσικό επίπεδο. Η διαφορά τους από τα ανεκχώρητα έγκειται στο ότι τα ανεκχώρητα cells είναι ορατά και από το φυσικό και από το ATM επίπεδο ενώ τα άεργα είναι ορατά μόνο από το φυσικό επίπεδο.

Τα ανεκχώρητα και τα άεργα cells στέλνονται όποτε ο πομπός δεν έχει διαθέσιμη πληροφορία να στείλει και επιτρέπουν την ασύγχρονη λειτουργία του πομπού και του δέκτη, εξ ου και η ονομασία Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (ATM). Σημειωτέον ότι τα άεργα cells δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πεδίο GFC της κεφαλίδας καθώς ο έλεγχος GFC δεν αποτελεί λειτουργία του φυσικού επιπέδου. Τα ανεκχώρητα cells μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πεδίο GFC (στο ATM επίπεδο). Επίσης, μερικά bits προκρατούνται για χρήση στο ATM ή στο φυσικό επίπεδο.

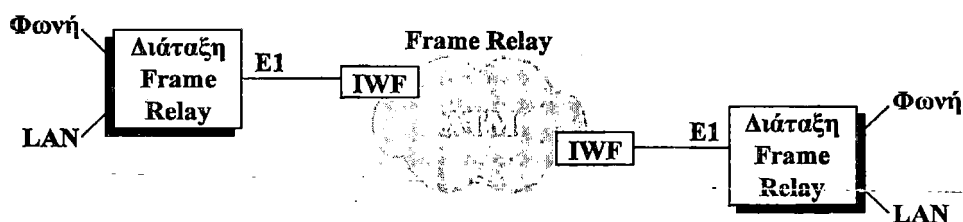
- **Κυψέλες μετασηματοδοσίας** (Meta-signaling cells), που χρησιμοποιούνται για την διαπραγμάτευση του VCI της σηματοδοσίας και των πόρων της.
- **Γενικής φύσης κυψέλες σηματοδοσίας ευρυεκπομπής** (General broadcast signaling cells), που μεταφέρουν πληροφορία η οποία πρέπει να μεταδοθεί σε όλα τα τερματικά στην σύνδεση δικτυακού χρήστη.
- **Διάφορες κυψέλες φυσικού επιπέδου** (Physical Layer OAM cells). Τα OAM cells φυσικού επιπέδου μεταφέρουν πληροφορίες συντήρησης που έχουν σχέση με το φυσικό επίπεδο.

- Κυψέλες για την διαχείριση των πόρων του δικτύου (Resource management cells).
- Κυψέλες χρηστικής πληροφορίας (User Information cells).

## Διασυνεργασία Frame Relay-ATM

### Η βασική ιδέα

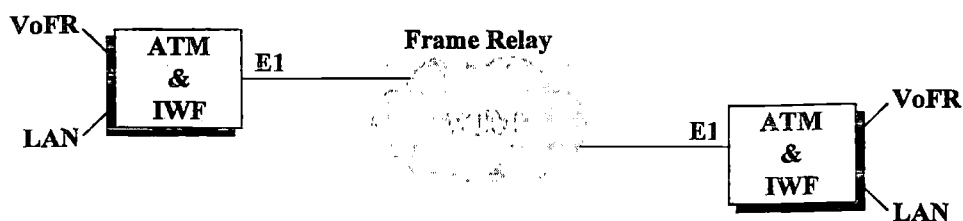
Το ATM χρησιμοποιείται ως δίκτυο βασικού κορμού διασυνδέοντας δύο ξεχωριστά δίκτυα Frame Relay. Η διασύνδεση είναι διαφανής στο χρήστη.



Σχήμα 5: Δίκτυο Frame Relay-ATM με IWF στα άκρα του ATM

Οι συσκευές Frame Relay δε γνωρίζουν τίποτε σχετικά με την σύνδεση στο ATM διότι ο εξοπλισμός του δικτύου, οι μεταγωγείς ATM WAN, παρέχουν την απαραίτητη λειτουργία διασυνεργασίας (Interworking Function). Ένας κορμός ATM μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλά δίκτυα Frame Relay. Έτσι δημιουργείται ένα διαβαθμισμένο δίκτυο για τους χρήστες Frame Relay και τους σχεδιαστές των δικτύων που δεν απαιτεί αλλαγές στον εξοπλισμό της εγκατάστασης των χρηστών. Παρέχεται συνεπώς μία αρχιτεκτονική που υποστηρίζει τόσο την ευελιξία και την φτηνή πρόσβαση που παρέχει το Frame Relay όσο και την υψηλή ταχύτητα αλλά και τις άλλες δυνατότητες της υποδομής του ATM.

Μια δεύτερη προσέγγιση είναι η τοποθέτηση της λειτουργίας διασυνεργασίας μέσα στη συσκευή που κάνει την απευθείας σύνδεση στο ATM. Το πλεονέκτημα είναι ότι παρέχεται η δυνατότητα της διασυνεργασίας αλλά και της διαβεβαίωσης για QoS στην εγκατάσταση του χρήστη. Οι μεταγωγείς ATM πλεονεκτούν επίσης αν η λειτουργία διασυνεργασίας περάσει στην εγκατάσταση του πελάτη, αφού το μόνο που κάνουν είναι να διαχειρίζονται τις κυψέλες του ATM. Έτσι, η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την εύκολη αναβάθμιση αν ο πελάτης χρειαστεί περισσότερες πηγές WAN. Αν χρειαστούν μεγαλύτεροι δυφιακοί ρυθμοί από αυτούς που παρέχει το E1, τότε η μόνη διάταξη που θα πρέπει να τροποποιηθεί είναι η IWF.



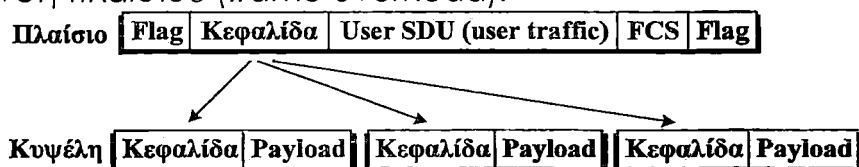
Σχήμα 6: Διασυνεργασία στην εγκατάσταση του πελάτη

## Τυποποίηση της διασυνεργασίας Frame Relay και ATM

Το ερώτημα που τίθεται είναι το πώς θα μπορέσουν να συνεργαστούν τα δίκτυα Frame Relay με τα δίκτυα ATM. Η απάντηση έρχεται μέσα από δύο σενάρια: διασυνεργασία δικτύων και διασυνεργασία υπηρεσιών. Η λειτουργία της διασυνεργασίας δικτύων παρέχει μία μεταφορά μεταξύ δύο διατάξεων Frame Relay και η λειτουργία της διασυνεργασίας υπηρεσιών κάνει ένα χρήστη ATM να συνεργάζεται με ένα χρήστη Frame Relay χωρίς να ξέρει κανείς από τους δύο ότι ο άλλος χρησιμοποιεί διαφορετική τεχνολογία.

Από την πλευρά τους, οι διαχειριστές δικτύων δεν προβληματίζονται στο ποια από τις δύο τεχνολογίες πρέπει να εγκαταστήσουν. Συμπληρωματικά, αν και οι δύο μορφές λειτουργούν ταυτόχρονα, μπορούν να εγκατασταθούν ξεχωριστά στοιχεία δικτύου, ανάλογα με την περίπτωση, με οποιαδήποτε από τις δύο τεχνολογίες.

Η διασυνεργασία, μπορεί να εμφανίζεται με διάφανη τρόπο ή με τρόπο μεταφοράς (translation mode). Κατά τον πρώτο, η εγκατάσταση του εξοπλισμού του συνδρομητή δέχεται την κίνηση Frame Relay όπως είναι και εκτελεί την λειτουργία της συναρμολόγησης και του τεμαχισμού ολόκληρου του πλαισίου μέσα και έξω από τις κυψέλες ATM, συμπεριλαμβάνοντας ολόκληρη την επιβάρυνση πλαισίου (frame overhead).



Σχήμα 7: Χαρτογράφηση του frame πάνω σε κυψέλες (κελιά) ATM

Στον τρόπο μεταφοράς, το πλαίσιο τεμαχίζεται και η επιβάρυνση πλαισίου απεικονίζεται πάνω σε μία κυψέλη ATM, αντικαθιστώντας το πρωτόκολλο του πλαισίου, μειώνοντας έτσι την επιβάρυνση.

## Λειτουργία διασυνεργασίας δικτύου

Η λειτουργία διασυνεργασίας δικτύου (Network Interworking Function-NIWF), που ενσωματώνεται τυπικά σε μεταγωγέα ATM ή Frame Relay, διευκολύνει τη διάφανη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη Frame Relay και της σηματοδότησης από ένα δίκτυο Frame Relay σε ένα άλλο συνδεδεμένο με ATM κορμό (backbone). Το πλαίσιο του Frame Relay, τοποθετείται σε μία σειρά ATM κυψελών. Κάθε Frame Relay PVC απεικονίζεται απευθείας πάνω σε ATM PVC.

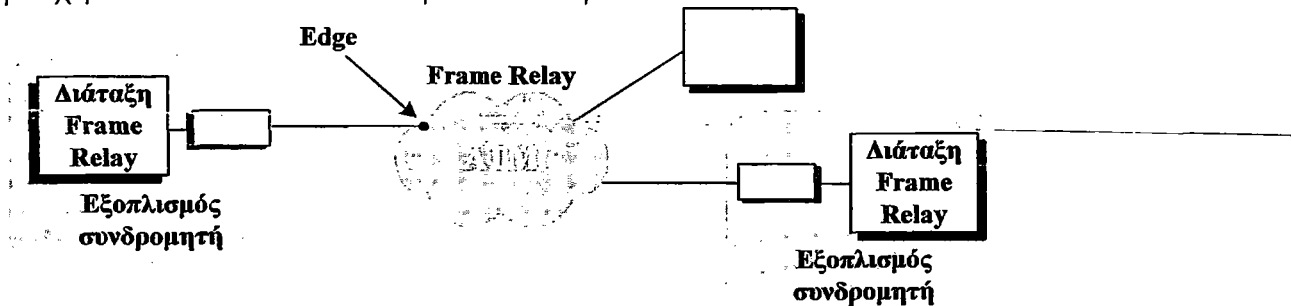
Υπάρχουν τρεις κύριοι τρόποι για εγκατάσταση της NIWF. Μπορεί να τοποθετηθεί μέσα στο δίκτυο Frame Relay, συνδεδεμένη σαν μία ATM διεπαφή χρήστη – δικτύου στον κορμό. Το σημείο σύνδεσης με το ATM, μπορεί επίσης να παρέχει την IWF μέσα στο μεταγωγέα, παρέχοντας τη UNI (είναι η πιο κοινή διαμόρφωση). Σ' αυτή την περίπτωση, η μεταφορά θα μπορούσε να γίνει στην Service Specific Convergence Sublayer της στιβάδας του πρωτοκόλλου ATM. Τέλος, μπορεί να παρέχει τη μεταφορά και μία ενδιάμεση διάταξη.

## Η λειτουργία διασυνεργασίας υπηρεσιών

Αυτή η λειτουργία δεν μεταφέρει με διάφανο τρόπο την κίνηση. Σε αντίθεση με την IWF, η SIWF (Service IWF) δρα σαν ένας μετατροπέας πρωτοκόλλου. Σ' αυτή

την διάταξη, η κίνηση του Frame Relay γίνεται μέσω του δικτύου Frame Relay. Εκεί μετατρέπεται στην κατάλληλη δομή ATM και απεικονίζεται κατευθείαν πάνω σε ATM PVC. Έτσι, απομακρύνονται τα στοιχεία πρωτοκόλλου και μετατρέπονται μόνο τα δεδομένα σε ωφέλιμη πληροφορία με δομή κελιού ATM.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της SIWF, το PVC του Frame Relay απεικονίζεται στο ισοδύναμο ATM PVC χωρίς γνώση αν η διάταξη προορισμού είναι τοποθετημένη σε Frame Relay ή την άλλη πλευρά του ATM δικτύου. Στην πραγματικότητα, η απομακρυσμένη διάταξη δεν χρειάζεται να είναι διάταξη Frame Relay (φαίνεται και στο επόμενο σχήμα). Με τη συνεργασία υπηρεσιών, ουσιαστικά επιτρέπεται μία ανάπτυξη του Frame Relay «όπου χρειάζεται» σε κάθε περιοχή του δικτύου που θεωρείται αναγκαίο.



Σχήμα 8: Διατάξεις ATM και Frame Relay τοποθετημένες σε ένα δίκτυο ATM

### Διασυνεργασία ATM που ξεκινά από την εγκατάσταση του πελάτη

Οι συνδρομητές μπορούν να συνδέσουν υπάρχοντα εξοπλισμό σε δίκτυα που βασίζονται στο ATM. Υπάρχουν διάφοροι δρομολογητές και συσκευές πρόσβασης που επιτρέπουν τη σύνδεση σε μισθωμένη γραμμή, Frame Relay ή ATM. Οι επιλογές μπορούν να είναι ενσωματωμένα μοντέλα που μπορούν να γεφυρώσουν ή να δρομολογήσουν υπάρχοντα Ethernets σε σύνδεση E1 (και ως εκ τούτου σε σύνδεση Frame Relay/ATM), ή μεμονωμένοι συγκεντρωτές που μπορούν να δέχονται διάφορες εισόδους.

Οι τυπικές διατάξεις περιλαμβάνουν διεπαφές σε υπάρχοντα LAN όπως το Ethernet/Fast Ethernet ή το Token Ring. Τυπικές διεπαφές WAN περιλαμβάνουν E1, Frame Relay, X.25 και SMDS. Έτσι, αυτοί οι συγκεντρωτές, μπορούν να δεχτούν διάφορες υπάρχουσες εισόδους και να τις δρομολογούν ή να τις γεφυρώνουν σε σύνδεση Frame Relay.

### Παράδειγμα επικοινωνίας σε ATM δίκτυο

Ένα παράδειγμα επικοινωνίας σε δίκτυο ATM περιλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ δύο συνδρομητών με εικονοτηλέφωνα. Ο καλών συνδρομητής καλεί τον "αριθμό" του καλούμενου. Το εικονοτηλέφωνο του καλούντος αποστέλλει σήμα "SETUP" (κατά το πρωτόκολλο Q.931 της CCITT) που τεμαχίζεται σε ATM-cells από τις λειτουργίες της AAL. Ως παράμετρος σ' αυτό το σήμα περιλαμβάνεται ο περιγραφέας της κίνησης (traffic descriptor) που ζητεί ο καλών συνδρομητής να διεκπεραιώσει το δίκτυο. Τα ATM-cells αυτού του σήματος μεταδίδονται πάνω στην VCC (Virtual Channel Connection) που εκτείνεται από το εικονοτηλέφωνο

του καλούντος μέχρι τον επεξεργαστή (H/Y) του VC κόμβου στον οποίο ανήκει ο καλών (1ος VC κόμβος).

Ο 1ος VC κόμβος επιλέγει ένα VP ανάλογα με την διεύθυνση του καλούμενου και το σχέδιο δρομολόγησης της κίνησης που έχει στην διάθεσή του ο κόμβος αυτός και κατόπιν ελέγχει μέσω ενός αλγορίθμου ελέγχου εισδοχής κλήσης (Call Admission Control - CAC) αν μπορεί ή όχι να δεχθεί αυτήν την σύνδεση (αυτό το VC όπως λέμε στην ATM ορολογία). Αν αυτό το VC γίνει αποδεκτό για αυτό το VP, η αρχική διεύθυνση (IAM signal) αποστέλλεται στον επόμενο VC κόμβο. Το IAM σήμα επίσης τεμαχίζεται σε ATM-cells και αποστέλλεται πάνω σε VCC που εγκαθίσταται μεταξύ των δύο VC κόμβων. Ο επόμενος λοιπόν κόμβος, με την σειρά του, θα εκτελέσει και αυτός περαιτέρω δρομολόγηση (routing) και CAC. Τελικώς, αν η VCC που ζητήθηκε μεταξύ των δύο εικονοτηλεφώνων γίνει αποδεκτή σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια, ειδοποιείται ο καλών και ο καλούμενος συνδρομητής με κατάλληλους ηχητικούς τόνους, "ελεύθερου" (ring-back) και "κώδωνισμού" (ringing), αντιστοίχως. Μόλις ο καλούμενος σηκώσει το ακουστικό του, τα ATM-cells με την πληροφορία των χρηστών μεταδίδονται σύμφωνα με τις διαδικασίες του U-plane.

Η πληροφορία ήχου και εικόνας κωδικοποιείται και το πρωτόκολλο AAL τύπου 2 (ή τύπου 1 αν πρόκειται για υπηρεσία CBR σχηματίζει τα ATM-cells για την μεταφορά αυτής της υπηρεσίας. Ανάλογα με την τεχνική κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται, κάποια ATM-cells κρίνονται ότι δεν μεταφέρουν αξιόλογη πληροφορία. Οι τιμές των VCI/VPI που φέρουν τα ATM-cells είναι τέτοιες που δηλώνουν την VCC ανάμεσα στα δύο τερματικά (εικονοτηλέφωνα). Στην είσοδο του δικτύου (του 1ου VC κόμβου) ελέγχεται η ροή των ATM-cells μέσω της τιμής του ελέγχου παραμέτρων χρήσης (Usage Parameter Control - UPC) ώστε να διαπιστώνεται ότι η πραγματική ροή των cells ανταποκρίνεται στην περιγραφή της κίνησης που δηλώθηκε κατά την διαδικασία "SETUP".

Ο VC κόμβος επιλέγει ένα εξερχόμενο VP σύμφωνα με τις τιμές VPI/VCI των επικεφαλίδων των cells και του πίνακα δρομολόγησης (routing table) της κίνησης. Οι τιμές VPI/VCI επαναγράφονται στιγμιαίως στην έξοδο του VC κόμβου.

Στην έξοδο κάθε μεταγωγέα (VC κόμβου), πριν από την γραμμή μετάδοσης, υπάρχουν ενδιάμεσες μνήμες (buffers) που συσχετίζονται με τα εξερχόμενα VPs. Το προσφερόμενο φορτίο κίνησης σε ένα εξερχόμενο VP πιθανώς να υπερβαίνει προσωρινά το εύρος ζώνης του VP και γι' αυτό σχηματίζεται ουρά στο buffer. Είναι δε πιθανό να υπερχειλίσει ο buffer.

Σημειώνεται ότι σε ένα ATM δίκτυο μεταξύ των VC κόμβων συνήθως υπάρχουν και VP κόμβοι ή ATM κατανεμητές, όπως λέγονται στην ATM ορολογία. Σ' αυτούς γίνεται μόνο μετάφραση του VPI (δηλ. στην έξοδο γράφεται πάλι μία τιμή VPI) και δεν γίνεται καμία άλλη διαδικασία ελέγχου ή "SETUP".

Τα cells που φθάνουν στο μέρος του καλούμενου (τελευταίος VC κόμβος) αποσυναρμολογούνται (disassembled) και δημιουργείται πληροφορία.



## Διερεύνηση της κατάστασης των ευρυζωνικών δικτύων στην Ευρώπη

### Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατάσταση των ευρυζωνικών δικτύων τεχνολογίας ATM στην Ελλάδα και Ευρώπη. Η δομή του παρόντος κεφαλαίου αποτελείται από δύο τμήματα.

Το πρώτο τμήμα περιλαμβάνει την κατάσταση του ευρυζωνικού δικτύου τεχνολογίας ATM στην Ελλάδα. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται βασίζονται κυρίως στις τεχνικές αναφορές του Ιουνίου και Οκτωβρίου 1999 της Διεύθυνσης Σχεδιασμού Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος του ΟΤΕ. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στη δομή του ελληνικού δημοσίου δικτύου ευρείας ζώνης τεχνολογίας ATM, στο τύπο των συνδέσεων που παρέχει, στις παρεχόμενες υπηρεσίες ATM και στις διεπαφές χρήστη-δικτύου.

Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει την κατάσταση του ευρυζωνικού δικτύου τεχνολογίας ATM στην Ευρώπη. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται βασίζονται σε μελέτες της EMAC (European Market Awareness and Communications Committee) του ATM Forum και σε πληροφορίες που βρέθηκαν στο διαδίκτυο.

### **Η κατάσταση του δικτύου ATM στην Ελλάδα**

Ο ΟΤΕ αξιολογεί το ευρυζωνικό δίκτυο τεχνολογίας ATM τόσο ως ένα δίκτυο κορμού υψηλής απόδοσης όσο και ως λύση κλειδί για ευρυζωνικές επικοινωνίες από χρήστη σε χρήστη. Η τεχνολογία ATM χρησιμοποιείται κυρίως στη σχεδίαση και υλοποίηση του κορμού (core) των ευρυζωνικών δικτύων. Ωστόσο, το ATM μπορεί να εξελιχθεί σε συνδρομητικό δίκτυο παρέχοντας στο χρήστη εγγυημένη ποιότητα εξυπηρέτησης και καλύτερη ευελιξία στην υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο πάνω από δίκτυα ευρείας ζώνης. Συνεπώς, το ATM αναπτύσσεται από τερματικό χρήστη σε τερματικό χρήστη.

Ο ΟΤΕ υλοποιεί το ελληνικό δημόσιο δίκτυο ATM, HellasStream. Το δίκτυο αυτό καλύπτει όλο τον Ελλαδικό χώρο με κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους μέσω συστήματος μετάδοσης SDH, το οποίο παρέχει προστασία αυτόματης αναμετάδοσης. Επίσης, το SDH παρέχει κεντρική διαχείριση των συνδέσεων από άκρο σε άκρο. Οι υπηρεσίες ATM απευθύνονται κυρίως σε μεγάλους εταιρικούς χρήστες (άνω των 100 χρηστών) που έχουν ανάγκη για επικοινωνία σε ρυθμούς άνω των 2 Mbit/sec.

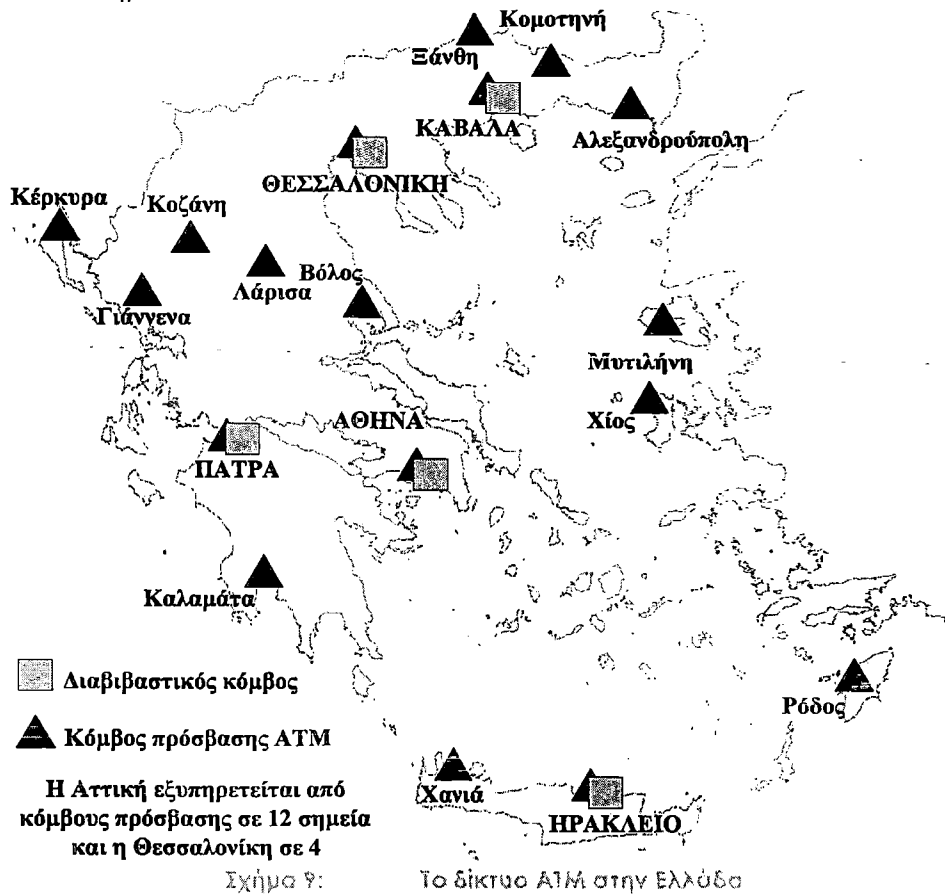
Το δίκτυο HellasStream συμμορφώνεται στην παρούσα φάση με τις ακόλουθες συστάσεις του ATM Forum: ATM UNI 3.0/3.1 (ATM User-Network Interface specification v3.0/3.1), PNNI V1.0 (Private Network-Network Interface v1.0), B-ICI V2.0 (B-ISDN Inter Carrier Interface v2.0), TM 4.0 (Traffic Management 4.0) και UNI Signalling 4.0. Οι υπηρεσίες που παρέχονται σήμερα, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

|                      | CBR   | rt-VBR   | nrt-VBR  | FRS   | CES                      |
|----------------------|---|--|--|---|--------------------------|
| Σύνδεση              | PVC (VP VC)                                 | PVC (VC)   | PVC (VC)   | PVC   | PVC                      |
| Διεπαφή              | Cell relay                                  | Cell relay   | Cell relay   | Frame relay   | Circuit Emulation        |
| Ρυθμός Πρόσβασης     | E1 (2 Mbps)<br>E3 (34 Mbps)                 | E1 (2 Mbps)<br>E3 (34 Mbps)  | E1 (2 Mbps)<br>E3 (34 Mbps)  | E1 (2 Mbps)<br>Nx64 Kbps                                  | E1 (2 Mbps)<br>Nx64 Kbps |
| Παράμετροι ποιότητας | CLR: $10^{-9}$<br>CDVT                      | CLR: $10^{-9}$<br>CDVT   | CLR: $10^{-5}$<br>CDVT   | CLR: $10^{-9}$<br>CDVT                                    | CLR: $10^{-9}$<br>CDVT   |
| Περιγραφείς          | PCR (σε βήματα του 1 Mbps από 2 ως 33 Mbps) | PCR (σε βήματα του 1 Mbps από 2 ως 33 Mbps)<br>SCR,<br>MBS=100 cells | PCR (σε βήματα του 1 Mbps από 2 ως 33 Mbps)<br>SCR,<br>MBS=200 cells |   |                          |
| SCR/PCR              |   | 1/2, 1/3, 1/4  | 1/2, 1/3, 1/4  |   |                          |
| Παράμετροι κίνησης   |   |  |  | CIR 8, 16, 24, 32, 40, 48, 64, 80, 96, 128, 192, 256 Kbps | E1 Nx64 Basic            |

Ο ΟΤΕ παρέχει ήδη σε εμπορική εκμετάλλευση υπηρεσία διεθνούς διασύνδεσης ATM και διασύνδεσης στο Internet πάνω σε δίκτυο ATM, μέσω κόμβων ATM του ΟΤΕ σε Αθήνα, Λονδίνο και Νέα Υόρκη.

Ο εξοπλισμός του ελληνικού δημόσιου δικτύου ATM προέρχεται από δύο κατασκευαστικούς οίκους, ERICSSON-GDC και SIEMENS-NEWBRIDGE. Η δομή του δικτύου ATM αποτελείται από δύο επίπεδα ιεραρχίας, το διαβιβαστικό επίπεδο με επτά διαβιβαστικούς κόμβους (Δκ) και το επίπεδο πρόσβασης με τριάντα δύο κόμβους πρόσβασης (Πκ). Οι τύποι των κόμβων Δκ είναι AXD-301 (Ericsson) και MSX-36170 (Siemens). Οι κόμβοι Πκ είναι AXD-311 (Ericsson) και MSX-36140 (Siemens).

Στην παρούσα φάση λειτουργίας το ελληνικό δημόσιο δίκτυο ATM παρέχει μόνο μόνιμες ιδεατές συνδέσεις PVC (Permanent Virtual connections) και δεν παρέχει την υπηρεσία Διαθέσιμου Δυφιακού Ρυθμού (Available Bit Rate - ABR). Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται μία γεωγραφική απεικόνιση των κόμβων του ελληνικού δημόσιου δικτύου ATM.



### Η κατάσταση του δικτύου ATM στην Ευρώπη

Η ανάπτυξη των δικτύων ευρείας ζώνης και των παρεχομένων υπηρεσιών ATM στην Ευρώπη επιτυγχάνεται μέσω των ευρωπαϊκών οργανισμών εκμετάλλευσης δημόσιων δικτύων (Public Network Operators - PNOs). Από το 1994 μέχρι σήμερα παρατηρείται μία σχεδίαση πιλοτικών δικτύων ATM με στόχο την ταχεία ανάπτυξη εμπορικών προϊόντων και υπηρεσιών αποσκοπώντας στην αποδοχή και τις ανάγκες των χρηστών.

Μέχρι σήμερα, η ανάπτυξη του ATM έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο περισσότερο σε εθνικό παρά σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Ξεκινώντας από τις Σκανδιναβικές χώρες (η πρώτη ομάδα εργασίας ήταν στη Σουηδία), η σειρά περιέλαβε το Ενωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ιταλία με απώτερο στόχο όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες. Έγιναν πολλές δοκιμές, με την ανάμιξη και των τελικών χρηστών, με στόχο την προσέγγιση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας και ταυτόχρονα των μελλοντικών απαιτήσεων αλλά και τη βραχυχρόνια δημιουργία ώριμων δικτύων και παρεχομένων υπηρεσιών. Η

σπουδαιότερη από αυτές τις προσπάθειες, ήταν το Πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο ATM.

### **Πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο ATM**

Το Νοέμβριο του 1992 ξεκίνησε η ανάπτυξη του πανευρωπαϊκού πιλοτικού δικτύου ATM με τη συμμετοχή αρχικά πέντε και στη συνέχεια δεκαοχτώ ευρωπαϊκών τηλεπικοινωνιακών οργανισμών (PNOs). Το πιλοτικό δίκτυο ATM θα χρησιμοποιούνταν για να επικυρώσει τις τεχνικές αποδοχές και τυποποιήσεις για την υποστήριξη των υπηρεσιών σε διεθνές επίπεδο.

Τα αρχικά μέλη ήταν: ATC Φινλανδίας, PTT Αυστρίας, Belgacom, British Telecom, DBP Telekom, Telecom Γαλλίας, Telecom Νορβηγίας, Royal PTT Ολλανδίας, STET/Iritel, PTT Ελβετίας, Telecom της Δημοκρατίας του ΕΙΡΕ, Telecom Φινλανδίας, Tele Δανίας, Telefonica, Telia, Telecom Πορτογαλίας, TLP Πορτογαλίας.

Δημιουργήθηκε ένας διεθνής κόμβος σε κάθε χώρα. Το δίκτυο, αρχικά υποστήριξε ζεύξεις πλησιόχρονης ψηφιακής ιεραρχίας (Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH) στα 34 Mbit/s και σύγχρονης ψηφιακής ιεραρχίας (Synchronous Digital Hierarchy - SDH) στα 155 Mbit/s. Σταδιακά, αυτά τα δεδομένα μπορούσαν να αλλάξουν. Ο κάθε κόμβος, υποστηρίζει τη λειτουργία μεταγωγής σύμφωνα με τις συστάσεις της ITU-T, τις τυποποιήσεις ETSI και τις διατάξεις της EURESCOM, και τουλάχιστον 256 ιδεατές διαδρομές ανά είσοδο.

Ο κάθε οργανισμός, ελέγχει την τοπική κίνηση και την κίνηση στους κόμβους μεταγωγής. Υπάρχει και ένα ελάχιστο σύνολο λειτουργιών διαχείρισης σε κάθε κόμβο. Σε πρώτη φάση, το δίκτυο θα παρείχε δισημειακές ζεύξεις (point to point) με την προοπτική να προστεθούν αργότερα πολυσημειακές ζεύξεις.

Οι υπηρεσίες που παρέχονταν μεταξύ άλλων περιλάμβαναν: Κομιστική υπηρεσία πλαισιακού τρόπου/πλαισιομετάδοση (Frame Mode Bearer Service/Frame relay - FMBS/FR), ασυνδεσιμική υπηρεσία δεδομένων ευρείας ζώνης/Υπηρεσία δεδομένων πολυμεγαδυφιακής μεταγωγής (Connectionless Broadband Data Service/Switched Multi-megabit Data Service - CBDS/SMDS) και CBR. Επίσης, το ATM θα διευκόλυε αρχικά πειράματα μεταξύ των εργαστηρίων του κάθε οργανισμού, με τη βοήθεια της ανάπτυξης τεχνικών λύσεων για πιθανές μελλοντικές εφαρμογές. Οι πειραματικές περιοχές, περιλαμβάνουν την «Υπηρεσία Εικονικής Διαδρομής για Διαρκείς και Μετρημένες Τηλεπικοινωνίες», όπως περιγράφεται στο Draft ETS DE/NA 10020.

Χρησιμοποιήθηκαν διεθνώς συνδέσεις ιδεατού κυκλώματος ATM στα 34 Mbit/s, κυκλώματα PDH των 140 Mbit/s και κυκλώματα SDH στα 155 Mbit/s όπου ήταν πιο πρακτικό. Οι διεπαφές PDH, βασίζονται σε Draft ETS DE/TM 3007/G804. Η εγκατάσταση και οι δοκιμές σε τοπικό επίπεδο των συνδέσεων μεταφοράς, έγιναν στις αρχές του 1994.

### **Πρωτοβουλίες και δοκιμές σε Ευρωπαϊκές χώρες**

#### **Βέλγιο**

Ο Βελγικός PNO, Belgacom, συμμετέχοντας στο πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο ATM εγκατέστησε το Μάιο του 1994 ένα κόμβο ATM. Ο κόμβος συνδέθηκε με το

Παρίσι, το Λονδίνο, την Κολωνία και το Άμστερνταμ με σύνδεση στα 34 Mbit/s. Οι τύποι σύνδεσης ήταν:

- 34 Mbit/s PDH ATM
- 155 Mbit/s SDH ATM
- 2 Mbit/s

Το Βελγικό δίκτυο ATM υποστηρίζει τις εξής υπηρεσίες: Frame Relay, δομημένου και αδόμετου CBR, διασύνδεση των Ethernet LANs και διασύνδεση των MAN στις Βρυξέλλες.

Ο οργανισμός, ηγείται ομάδας εργασίας σε εθνικό επίπεδο που καλείται ATM Platform, η οποία υποκινεί και συντονίζει πρωτοβουλίες για την εισαγωγή του ATM στο Βέλγιο.

### Δανία

Ο κόμβος μεταγωγής διεθνών συνδέσεων του οργανισμού Tele είναι στην Κοπεγχάγη. Παρέχει υπηρεσίες ως ο εθνικός κόμβος υπηρεσιών για την περιοχή της Κοπεγχάγης (KTAS). Στο δυτικό μέρος της χώρας είναι τοποθετημένος ένας κόμβος μεταγωγής ATM (Jydsk Telefon) με χρήση SDH συνδέσεων.

Δύο κύρια προγράμματα εφαρμόστηκαν:

- **ARAMIS (RACE II)**: Εφαρμογή πραγματικού χρόνου αεροπορικής γραμμής, για συντήρηση πληροφοριακών συστημάτων. Τον Αύγουστο του 1994, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση του αεροδρομίου της Κοπεγχάγης με το αεροδρόμιο Arlanda της Στοκχόλμης στη Σουηδία μέσω του κόμβου ATM της Κοπεγχάγης. Η εφαρμογή τρέχει πάνω σε 34Mbit/s PDH με σύνδεση στον κόμβο του Gothenburg.
- **Batman Project** (Tele Δανίας σε συνεργασία με την DTH): Αναβάθμιση του DIKON-ISND συστήματος με την ανάπτυξη κόμβου μεταγωγής 2Mbit/s ATM για δοκιμαστικούς και πειραματικούς σκοπούς.

Σε πρώτη φάση, χρησιμοποιήθηκαν συνδέσεις 2Mbit/s. Σε δεύτερη φάση (το δεύτερο μισό του 1994), προστέθηκαν interfaces STM-1 155 Mbit/s. Οι υπηρεσίες ευρείας ζώνης είναι η διασύνδεση των LAN, καλωδιακή τηλεόραση, 2 Mbit/s ισόχρονο και πολυμέσα.

Ο οργανισμός Tele, παγίωσε τα υπάρχοντα κυκλώματα και τα δίκτυα μεταφοράς πακέτων σε ένα κοινό ATM κορμό, συνενώνοντας τα χαρακτηριστικά του σταθερού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και τα χαρακτηριστικά των πακέτων μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Το δίκτυο περιλαμβάνει ένα πλέγμα μικρών και έξυπνων ATM υπηρεσιών μεταγωγής και εκτελεί το υπάρχον τρίτο μέρος του X.25 όπως και τον υπάρχοντα εξοπλισμό μεταγωγής κυκλώματος. Η κίνηση, μεταφέρεται σε κορμό 2 Mbit/s ή 34 Mbit/s. Το δίκτυο ATM, χρησιμοποιείται επίσης για την σύνδεση κίνησης Frame Relay, διασύνδεση LAN, circuit emulation και διάφορες άλλες υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες αυτές, είναι εμπορικά διαθέσιμες από τις αρχές του 1995.

## Φινλανδία

Ο Φινλανδικός PNO, Telecom, εγκατέστησε τον πρώτο σε παγκόσμιο επίπεδο πιλοτικό δίκτυο ATM, το Μάιο του 1993. Διασυνδέθηκαν έτσι δίκτυα κτιριοσυγκροτημάτων (campus) του Ελσίνκι και του πανεπιστημίου του Τάμπερε (απόσταση 200 χιλιομέτρων περίπου) μέσω ζεύξεων 34 Mbit/s G703 PDH. Τα δίκτυα αυτά αποτελούνταν από διασυνδεδεμένους μεταγωγείς, με οπτικές ζεύξεις των 100 Mbit/s (με βάση τις προτάσεις του ATM Forum). Οι τερματικοί σταθμοί διέθεταν διεπαφές δικτύου Ethernet υποστηρίζοντας λειτουργίες προσαρμογής βασισμένες σε AAL3/4 και AAL5. Επιπρόσθετα, τοποθετήθηκαν νέοι μεταγωγείς στα τέλη του 1993 και τις αρχές του 1994.

Ο οργανισμός, παρέχει υπηρεσίες διασύνδεσης παραδοσιακών LANs και LANs βασισμένα σε ATM, όπως επίσης και υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας Frame Relay.

Σε ανταγωνισμό με τον Φινλανδικό οργανισμό Telecom, ο οργανισμός Telecom του Ελσίνκι, κατασκεύασε ένα δοκιμαστικό δίκτυο ATM τεσσάρων κόμβων τον Οκτώβριο του 1993. Αυτό το δίκτυο, διασυνδέει το Ελσίνκι με το Τάμπερε και λειτουργεί από τον Ιούνιο του 1994.

## Γαλλία

Στα τέλη του 1993, ο Γαλλικός PNO, France Telecom, ξεκίνησε την ανάπτυξη του ATM που αποτελείτο από 20-30 μεταγωγείς με στόχο την παροχή υπηρεσιών ATM στους χρήστες. Αρκετά προγράμματα έχουν εφαρμοσθεί, όπως:

- **BREHAT Project** (FT): Είναι ένα ATM δίκτυο που υποστηρίζει μόνιμες ιδεατές συνδέσεις μεταξύ Lannion, Rennes και Παρισιού με ζεύξεις PDH των 34 Mbit/s. Η εφαρμογή έγινε από τα εργαστήρια R&D και τη βιομηχανία. Υπήρχαν φαρμακευτικές εφαρμογές. Λειτουργήσε το 1993. Μελετήθηκε η σύνδεσή του με το πανευρωπαϊκό πιλοτικό δίκτυο ATM.
- **TRANSLER**: Υπηρεσία μεταγωγής που παρέχει διασύνδεση LAN. Υπηρεσία δεδομένων χωρίς σύνδεση (CL) σε ATM, με χρήση CBDS. Πλήρης γκάμα ταχυτήτων σύνδεσης από 64 bit/s ως 34 Mbit/s. Πύλες (gateways) προς το χαμηλότερης ταχύτητας δίκτυο Transpac (X.25).
- **Δίκτυο IRLE**: Υπηρεσίες συνδειστρεφείς και ασυνδειστρεφείς. Υπηρεσία IP, SMDS/CBDS (πάνω σε ATM και HDLC). Υπηρεσία ATM VP. Η εγκατάσταση έγινε το 1994 και η υπηρεσία είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμη από το Δεκέμβριο του 1994.
- **RENATER**: Κεντρικός κορμός ATM των 34 Mbit/s σε PDH.
- **Δίκτυο SOCRATE** του υπουργείου Εθνικής Άμυνας: Το μέγεθος του δικτύου είναι 100 κόμβοι (τελείωσε το 1996). Οι συνδρομητές, οι περισσότεροι μέσω PBX, είναι 500.000. Υπηρεσίες: εξομοίωση μισθωμένης γραμμής (leased line emulation), N-ISDN (30B+D, 2B+D), X.25/X.75, υπηρεσία VP, διασύνδεση LAN. Η εγκατάσταση άρχισε το 1993, ενώ οι πρώτοι χρήστες συνδέθηκαν κατά το 1994.
- **BETEL**: Ευρωζωνικές συναλλαγές μέσω Ευρωπαϊκών ζεύξεων μεταφοράς (πρόγραμμα RACE). Το πρώτο πείραμα σε ATM έγινε πάνω σε κορμό των 34 Mbit/s μεταξύ Λυών, Σόφιας Αντίπολης, Γενεύης και Λοζάννης.

- **EDID:** Περιβάλλον για σχεδίαση (πρόγραμμα RACE) CAD/CAM για την αεροδιαστημική βιομηχανία.

### Γερμανία

Το 1991, η Deutsche Bundespost (DBP), αποφάσισε να αρχίσει ένα πιλοτικό πρόγραμμα ISDN ευρείας ζώνης βασισμένο στην τεχνολογία ATM και σε εξάρτηση με το ισχύον καθεστώς διεθνών τυποποιήσεων. Το πρόγραμμα είχε στόχο την απόκτηση εμπειρίας στον τομέα των υπηρεσιών και των εφαρμογών, της τεχνολογίας και των λειτουργιών. Στόχοι στους τομείς των υπηρεσιών και των εφαρμογών, ήταν:

- Επέκταση των προσφερόμενων υπηρεσιών για να συμπεριληφθούν επικοινωνίες πολυμέσων και ευρυζωνικές επικοινωνίες (βιντεοδιάσκεψη, επικοινωνίες δεδομένων, ήχος, μεταφορά τηλεοπτικού σήματος, και άλλα).
- Συνδεδεισμένης ευρυζωνική υπηρεσία μεταφοράς (με κλήση από το συνδρομητή) για ομιλία, δεδομένα, εικόνες και εφαρμογές πολυμέσων
- Ασυνδεδεισμένης ευρυζωνική υπηρεσία μεταφοράς για εφαρμογές δεδομένων μεγάλων δυφιακών ρυθμών (π.χ. διασύνδεση LAN).
- Διασύνδεση συμβατικών υπηρεσιών (υπηρεσίες audio-visual, τηλεφωνία, βιντεοτηλεφωνία, και άλλες υπηρεσίες των 64 bits/s ISDN).

Ο πιλότος ευρείας ζώνης, χωρίστηκε σε διάφορα μέρη (σε Ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο). Το 1<sup>ο</sup> εθνικό τμήμα (Μάρτιος του 1994), περιλαμβάνει πρόβλεψη για κόμβους δικτύου, διασύνδεση με συστήματα μεταφοράς SDH των 155 Mbits/s, αποκλειστικά κυκλώματα, τερματικό εξοπλισμό, παροχές για ασυνδεδεισμένες υπηρεσίες. Το 2<sup>ο</sup> τμήμα, άρχισε το Σεπτέμβριο του 1994 και περιλαμβάνει επιπρόσθετες υπηρεσίες όπως σηματοδότηση, διαχείριση και σύνδεση με το Euro-ISDN.

Αρχίζοντας από τον Ιούνιο του 1994, στο Ευρωπαϊκό τμήμα είναι διαθέσιμα αποκλειστικά διεθνή κυκλώματα B-ISDN. Οι κόμβοι είναι στο Βερολίνο, στην Κολωνία και στο Αμβούργο (στη Βόννη ένα remote - ATM).

Οι αρχικές χρεώσεις γίνονταν βάσει της εγκατάστασης. Έχουν ήδη ανακοινωθεί μηνιαίες χρεώσεις και χρεώσεις σύνδεσης για 2, 34 και 155 Mbits/s ικανοποιώντας τις απαιτήσεις των χρηστών για κάθε εφαρμογή. Αναμένεται να αναβαθμιστεί το συντομότερο δυνατόν ως πλήρως εμπορευματοποιημένη υπηρεσία.

### Ιρλανδία

Ο οργανισμός Telecom της Ιρλανδίας, σχεδίασε ένα μεταγωγέα ATM ιδεατής διαδρομής για σύνδεση με το Ευρωπαϊκό πιλοτικό ATM δίκτυο. Ο κόμβος μεταγωγής είναι στο Δουβλίνο με αρχική ζεύξη με το Ευρωπαϊκό δίκτυο στα 34 Mbit/s PDH. Οι υπηρεσίες που δοκιμάστηκαν συμπεριέλαβαν υπηρεσία ATM VP, SMDS/CBDS και CBR για υποστήριξη προσομοίωσης κυκλώματος. Μελετάται και η ανάπτυξη δοκιμαστικού ταχυδρομείου.

## Ιταλία

Το πρόγραμμα του Ιταλικού ATM, υλοποιείται από τον Ιταλικό οργανισμό Telecom που δημιουργήθηκε μετά τη συγχώνευση των οργανισμών SIP, Iritel και Italcable. Το πιλοτικό πρόγραμμα είναι ο πρόδρομος εμπορικά προσφερόμενων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Αρχικά, εγκαταστάθηκε σε κτίριο της Iritel στο Μιλάνο ένας κόμβος ο οποίος λειτουργούσε ως πύλη για τη σύνδεση με το Ευρωπαϊκό δίκτυο ATM. Δύο άλλοι κόμβοι, εγκαταστάθηκαν στη Ρώμη σε κτίρια των SID και Italcable και επέτρεπαν διηπειρωτικές ζεύξεις. Η φυσική δομή βασίστηκε σε διαθέσιμα συστήματα μεταφοράς, όπως η ζεύξη 34 Mbits/s PDH. Τον Μάρτιο του 1995, το ιταλικό ATM δίκτυο παρείχε υπηρεσίες μόνιμης ιδεατής διαδρομής βασισμένες στις προδιαγραφές ETSI. Το 1994 αναπτύχθηκε πλαισιόχρονο δίκτυο, το οποίο συγχρονίστηκε με το Ευρωπαϊκό δίκτυο ATM. Αργότερα, εγκαταστάθηκε εξοπλισμός σύνδεσης σε πολλές μεγάλες πόλεις. Οι λύσεις, όσον αφορά στη σύνδεση, καθορίζονται από τον πελάτη και βασίζονται σε δρομολογητές και DSUs για τη διασύνδεση των υπαρχόντων LANs. Οι λύσεις που υποστηρίζουν το δίκτυο είναι συμπλήρωμα της διασύνδεσης του βασισμένου σε ATM VP LAN και Local ATM (LATM), υπηρεσίες CBDS/SMDS, Frame Relay (FR) και CBR. Έχουν ήδη εγκατασταθεί υψηλής ταχύτητας δίκτυα, όπως MAN και αποκλειστικά δίκτυα FR που μελετώνται σαν πιθανές διευκολύνσεις που θα υποκινήσουν μία ενιαία μορφή παροχής υπηρεσιών. Είναι υπό μελέτη η ανάπτυξη στον τομέα των υπηρεσιών μεταγωγής και της υποστήριξης πολυμέσων, δημιουργώντας προσδοκίες για οικιακές εφαρμογές πελατών, όπως video-on-demand και διαλογική τηλεόραση (interactive television).

## Νορβηγία

Είναι σε εξέλιξη ή ήδη εφαρμόζονται αρκετές πρωτοβουλίες ως αποτέλεσμα σύμπραξης πολλών ερευνητικών προγραμμάτων (Supernet, RACE, Eurescom, Πανερωπαϊκό δίκτυο). Κυρίως υλοποιήθηκαν διασυνδέσεις τοπικών ATM LANs πάνω σε FDDI περιβάλλον με δημόσιο ATM δίκτυο στα 155 Mbits/s, με βάση το RACE 1022.

Είναι σε εξέλιξη εργαστηριακές έρευνες, συνδυάζοντας τρεις ATM μεταγωγείς. Δεν υπάρχουν σχέδια εμπορικής εκμετάλλευσης από την εισαγωγή του ATM.

## Πορτογαλία

Το εθνικό πιλοτικό δίκτυο, εγκαταστάθηκε στα τέλη του 1994. Περιλαμβάνει τρεις ATM VP κόμβους μεταγωγής, τοποθετημένους στη Λισσαβόνα (TLP), το Πόρτο (TLP) και το Αβέιρο (Telecom), συνδεδεμένες με ζεύξεις PDH των 34 Mbits/s. Ο κόμβος στο Αβέιρο, αποτελεί και το διεθνή κόμβο της Πορτογαλίας για σύνδεση με το Ευρωπαϊκό δίκτυο. Οι δοκιμαστικές υπηρεσίες, περιλαμβάνουν υπηρεσία ιδεατής διαδρομής (προδιαγραφές ETSI), CBDS/SMDS, και εξομοίωση κυκλώματος σταθερού δυφιακού ρυθμού στα 2 Mbits/s. Η σύνδεση των συνδρομητών στον κόμβο, υλοποιείται με πολυπλέκτες υπηρεσιών ή DSU/δρομολογητές. Το εθνικό δίκτυο ATM, παρέχει επίσης ATM διασύνδεση των δύο MAN της Λισσαβόνας και του Πόρτο.



Η συνεργασία των δύο οργανισμών (TLP και Telecom) στις δοκιμές και τα προγράμματα του ATM, περιλαμβάνει:

- **RACE CATALIST and EXPLOIT** (συμμετοχή της CET, του κέντρου R&D του Telecom Portugal).
- Προγράμματα **ISABEL** και **IBER** για ATM διασύνδεση μεταξύ Αβέιρο και Μαδρίτης (συμμετοχή της CET και της Ισπανικής Telefonica)
- Πρόγραμμα **TEN-IBC STEN** (Scientific Trans-European Network) με συμμετοχή CET και TLP, και BINET (Broadband Interconnection Network) από τη CET.
- Εθνικά προγράμματα **READA** (συμμετοχή των CET και της εθνικής R&D μαζί με εργοστασιακούς κατασκευαστές) και **BARCA** (Telecom Portugal με την TLP και την εθνική R&D με πανεπιστημιακούς συνεργάτες).

### Ισπανία

Η Telefonica, υλοποίησε ένα πρόγραμμα με το όνομα RECIBA. Οι εργασίες άρχισαν το 1992 σύμφωνα με τα περιεχόμενα του RACE II. Το δίκτυο περιλαμβάνει σημεία μεταγωγής των 155 Mbits/s SDH και 2 Mbits/s PDH χρησιμοποιώντας ομοαξονικό καλώδιο και μονοτροπική οπτική ίνα. Αναπτύχθηκαν διάφορες υπηρεσίες βασισμένες στο βίντεο και εφαρμογές δεδομένων υψηλής ταχύτητας.

Το πρόγραμμα RECIBA II (έλαβε χώρα στο διάστημα 1993-1995), βασίστηκε σε τυποποιήσεις του 1992 της ETSI/ITU με ανάπτυξη υπηρεσιών πολυμέσων, ATM σε 622 Mbit/s SDH, 34 και 140 Mbit/s PDH.

Επιπλέον, στα πλαίσια του προγράμματος ISABEL, εγκαταστάθηκε μία ευρυζωνική διασύνδεση μεταξύ Αβέιρο (Πορτογαλία) και Μαδρίτης.

### Σουηδία

Ο οργανισμός Telia AB International, εγκατέστησε κόμβο ATM στο Γκόθενμπεργκ και κόμβους υπηρεσιών στο Γκόθενμπεργκ και τη Στοκχόλμη. Εξυπηρετούνται και άλλες τοποθεσίες μέσω πολυπλεκτών. Περιλαμβάνονται εθνικές και διεθνείς διασυνδέσεις των 34 και 155 Mbits/s.

Υλοποιήθηκαν συνδέσεις χρήστη-δικτύου εξομοίωσης κυκλώματος και Frame Relay. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν διασύνδεση LAN. Το δίκτυο λειτούργησε τον Ιούλιο του 1994. Η δοκιμαστική του λειτουργία έληξε το 1996. Η έρευνα αρχικά, περιέλαβε την EXPANA που είναι ένα πειραματικό πρόγραμμα που επιδιώκει κυρίως την έρευνα για διαχείριση και πειράματα σηματοδότησης. Το σχέδιο ARAMIS εφαρμόστηκε στο αεροδρόμιο Arlanda της Στοκχόλμης, που συνδέθηκε μέσω κόμβου στο Γκόθενμπεργκ στο σχέδιο ARAMIS του αεροδρομίου της Κοπεγχάγης της Δανίας.

### Ελβετία

Ο Ελβετικός οργανισμός Telecom PTT, ανέπτυξε ένα δίκτυο ιδεατής διαδρομής ATM για σύνδεση με το Ευρωπαϊκό ATM. Ο εξοπλισμός μεταγωγής, τοποθετήθηκε στη Ζυρίχη ενώ δικτυακοί πολυπλέκτες τοποθετήθηκαν στις Βέρνη,

Γενεύη και Λουγκάνο. Οι ζεύξεις μεταφοράς μεταξύ των κόμβων αλλά και για τις γειτονικές χώρες, βασίζονταν σε 155 Mbits/s SDH αλλά και 34 Mbits/s PDH.

Οι υπηρεσίες, περιελάμβαναν υπηρεσία φορέα VP, CBR, SMDS/CBDS, και γεφυρωτές LAN. Στην πρώτη φάση, συμμετείχαν τα εργαστήρια R&D, εργοστάσια αλλά και πανεπιστήμια. Προβλέπονταν να ακολουθήσουν πιθανές επεκτάσεις με εμπορικές εφαρμογές. Το πιλοτικό δίκτυο, άρχισε τη λειτουργία του τον Ιούνιο του 1994 και την τελείωσε στα τέλη του 1995.

## Ολλανδία

Ο Ολλανδικός τηλεπικοινωνιακός οργανισμός (PTT) είχε προβλέψει ATM κόμβους μεταγωγής για PVC το 1995 ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει πιθανή ανάπτυξη των υπηρεσιών ευρείας ζώνης μέσω ATM για οικιακή χρήση παρέχοντας σύνδεση χρηστών μέσω καλωδιακής τηλεόρασης.

Ο οργανισμός εγκατέστησε τα εθνικά και διεθνή δίκτυα μέχρι το 1996. Οι υπηρεσίες, που πρόσφερε ήταν ιδιωτικά κυκλώματα T1/E1, γέφυρες LAN, Frame Relay και εύρος ζώνης κατ' απαίτηση (bandwidth on demand).

Σήμερα, ο Ολλανδικός PTT έχει υλοποιήσει το δίκτυο FlexiStream, το οποίο είναι το εθνικό ευρυζωνικό δίκτυο τεχνολογίας ATM και παρέχει υπηρεσίες σε εταιρείες και φορείς που παρέχουν τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Ο συνδρομητής, έχει τη δυνατότητα επιλογής του εύρους ζώνης για κάθε λογική σύνδεση στο ευρυζωνικό δίκτυο. Παρέχονται διαβαθμίσεις του 1 Mbit/sec και έτσι ο συνδρομητής μπορεί να ρυθμίσει το εύρος ζώνης σύμφωνα με τις επιθυμίες του. Αν είναι αναγκαίο, αυτό μπορεί να γίνεται και σε καθημερινή βάση. Η μεγαλύτερη χωρητικότητα είναι 34 Mbit/sec αλλά μπορεί να καλυφθούν και επιπλέον πρόσκαιρες ανάγκες για εύρος.

Προσφέρονται τρία διαφορετικά είδη FlexiStream:

- Αμιγές ATM (για σταθμούς εργασίας ATM υψηλής ταχύτητας, ATM LANs και ATM routers) με δυνατότητες για point-to-point, DBR, SBR, ABR
- Εξομοίωση διασύνδεσης LANs (για τμήματα LAN, σταθμούς εργασίας υψηλής ταχύτητας, και προσωπικούς υπολογιστές) με δυνατότητες για point-to-point, διαφανή γεφύρωση, διαβίβαση μέσω LAN και καθορισμένο εύρος ζώνης
- Εξομοίωση κυκλώματος (για PBX και χώρους βιντεοδιάσκεψης) με δυνατότητες για point-to-point και CBR

Τα διαθέσιμα επίπεδα σύνδεσης είναι:

- Ατομική (A-net)
- με δύο φυσικά διαχωρισμένα δίκτυα (A&B-net)
- City Premium

Το δίκτυο διαθέτει συνεχή διαχείριση για τερματικές συνδέσεις, μηνιαίες αναφορές, υποστήριξη ενώ ο χρόνος για επισκευή κάποιου πιθανού σφάλματος είναι κάτω των 8 ωρών σε όλες τις περιπτώσεις ενώ ένα 80% επισκευάζεται μέσα σε 4 ώρες.

## Ηνωμένο Βασίλειο

Έχουν γίνει δοκιμές σε κυκλώματα μεταγωγής ATM από διάφορους οργανισμούς, όπως ο οργανισμός BT.

Η συνεργασία μεταξύ του ΒΤ και της Βρετανικής ακαδημαϊκής κοινότητας, οδήγησε σε μία αναβαθμισμένη ευρυζωνική πλατφόρμα, βασισμένη σε ATM και δίκτυο οπτικής ίνας, με αλλαγή δρομολόγησης από τις υπηρεσίες δεδομένων στις πολλαπλές υπηρεσίες (πχ από το JANET SuperJANET). Το σχέδιο εφαρμόστηκε από το Μάρτιο του 1993 και ως τα μέσα του 1995. Ακολούθησαν οι εμπορικές εφαρμογές.

Η καλωδιακή και η ασύρματη επικοινωνία θα δημιουργήσουν ένα πεδίο δοκιμών για τους συνδρομητές του ATM σε παγκόσμιο επίπεδο, με ζεύξεις στο Λονδίνο, τη Νέα Υόρκη και το Χονγκ Κονγκ προσφέροντας ATM VP και VC. Οι μεταγωγείς του ATM, εγκαταστάθηκαν το Δεκέμβρη του 1993. Επτά χώρες συνδέθηκαν πλήρως εμπορικά, στο τέλος του ίδιου έτους. Η σύνδεση προσφέρεται στα 34 Mbits/s ή στα 155 Mbits/s, ανάλογα με τις ανάγκες των συνδρομητών.

---

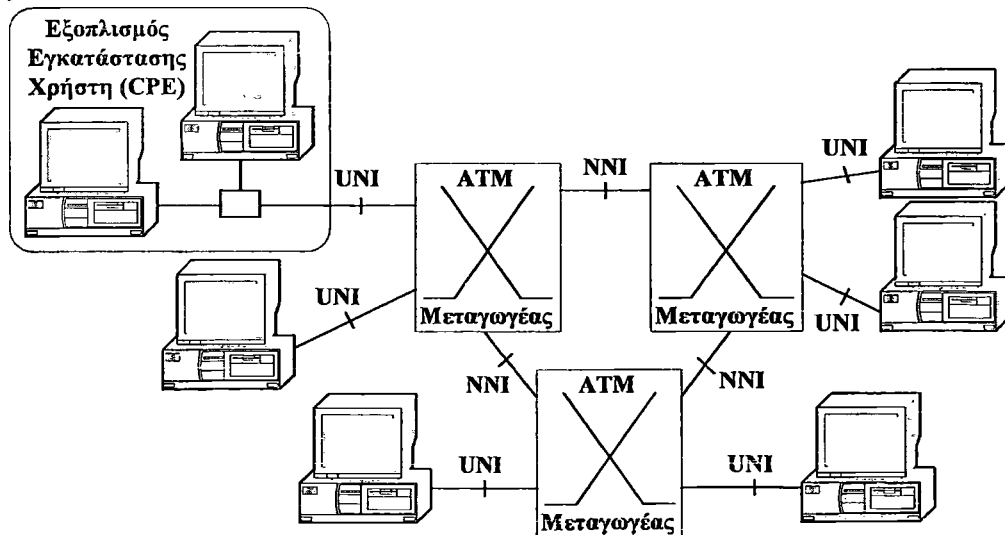
## Δυνατοί τρόποι άμεσης πρόσβασης των συνδρομητών σε δίκτυα ευρείας ζώνης

### Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει τους δυνατούς τρόπους άμεσης πρόσβασης των συνδρομητών σε ευρυζωνικά δίκτυα τεχνολογίας ATM. Το ATM Forum έχει προδιαγράψει τη διεπαφή χρήστη-δικτύου. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές εκδόσεις της προδιαγραφής αυτής, οι οποίες είναι οι UNI 3.0, 3.1 και 4.0. Το ATM Forum, έχει προσδιορίσει μηχανισμούς σηματοδότησης για αυτές τις περιπτώσεις με τις προδιαγραφές UNI 3.0/3.1 που περιγράφουν ακόμη και την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών για τη σύνδεση αλλά και τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που θα σταλούν.

### Διεπαφές δικτύου με δίκτυο και χρήστη με δίκτυο

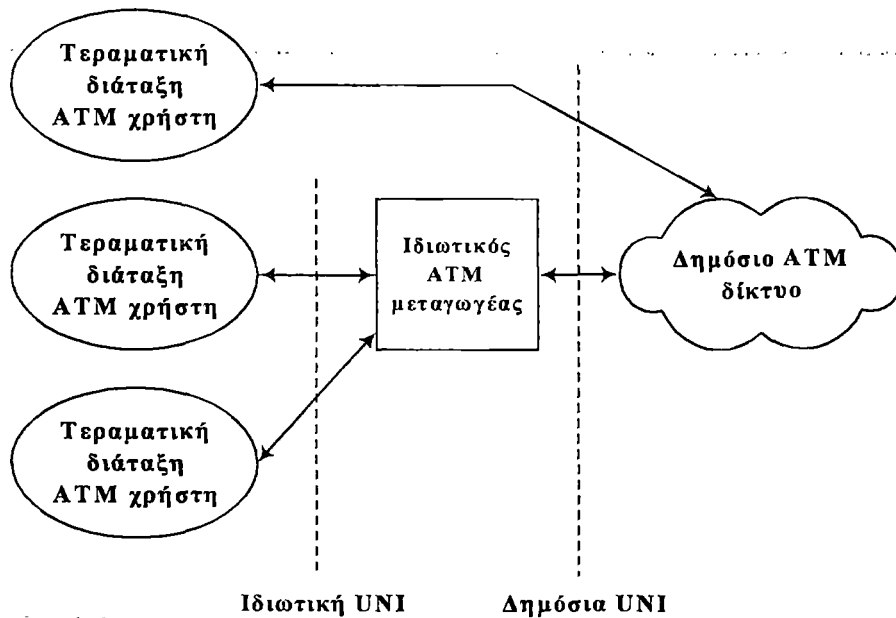
Ένα τυπικό ATM δίκτυο αποτελείται από ATM μεταγωγείς, οι οποίοι διασυνδέονται μεταξύ τους με ATM δισημειακές ζεύξεις μέσω διεπαφών χρήστη με δίκτυο (UNI) και διεπαφών δικτύου με δίκτυο (NNI - Network-to-Network Interface). Οι διεπαφές UNI συνδέουν τα τερματικά συστήματα (που μπορεί να είναι μεταγωγείς LAN, ATM δρομολογητές, σταθμοί εργασίας) με τους ATM μεταγωγείς. Οι διεπαφές NNI συνδέουν μεταξύ τους δύο ATM μεταγωγείς. Το επόμενο σχήμα, παρουσιάζει τις ATM διεπαφές χρήστη-δικτύου και δικτύου-δικτύου.



Σχήμα 10: Το δίκτυο ATM

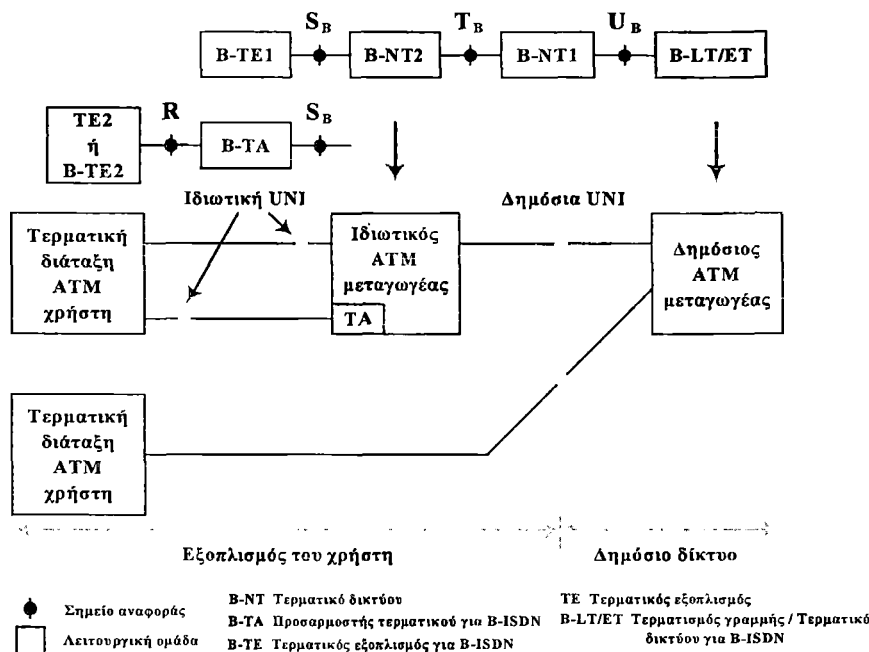
Στη συνέχεια γίνεται αναφορά μόνο για τις διεπαφές UNI, οι οποίες διακρίνονται σε ιδιωτικές ή δημόσιες. Μία ιδιωτική διεπαφή UNI, συνδέει ένα ATM τερματικό με ένα ιδιωτικό ATM μεταγωγέα, ενώ μία δημόσια διεπαφή UNI, συνδέει ένα ATM τερματικό ή ιδιωτικό μεταγωγέα με ένα δημόσιο ATM μεταγωγέα.

Η βασική διαφορά μεταξύ των δημοσίων και ιδιωτικών διεπαφών χρήστη με δίκτυο, βρίσκεται στη φυσική προσέγγιση. Υπάρχουν βέβαια και οι λειτουργικές διαφορές, που οφείλονται στις απαιτήσεις των εφαρμογών που σχετίζονται μ' αυτές.



Σχήμα 11: Υλοποιήσεις της ATM διασποφής χρήστη-δικτύου (UNI)

Στο επόμενο σχήμα, φαίνεται η απεικόνιση των δημόσιων και ιδιωτικών διεπαφών χρήστη με δίκτυο με βάση τη διαμόρφωση του μοντέλου αναφοράς B-ISDN.



Σχήμα 12: Διαμόρφωση διεπαφών χρήστη-δικτύου

Η δημόσια διεπαφή, περιλαμβάνει τα φυσικά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στα σημεία αναφοράς  $U_B$  και  $T_B$  και προσδιορίζει τα κριτήρια για τη σύνδεση του εξοπλισμού του χρήστη σε ένα δημόσιο ATM μεταγωγέα.

Η ιδιωτική διεπαφή, προορίζεται για εφαρμογές που βασίζονται στον εξοπλισμό ή για τοπικές εγκαταστάσεις. Προσφέρει μία ολοκληρωμένη διεπαφή φυσικού στρώματος, για ζεύξεις σε μικρές αποστάσεις, με μειωμένη πολυπλοκότητα τόσο ως προς τη λειτουργία όσο και ως προς τη διαχείριση. Προσδιορίζει τα κριτήρια για τη σύνδεση του εξοπλισμού του χρήστη σε ένα ιδιωτικό ATM μεταγωγέα.

Μία ATM διάταξη (B-NT2) μπορεί να είναι:

- **Ένα σύστημα διασύνδεσης μέσω** (Intermediate System – IS), όπως ένας δρομολογητής IP, που συγκεντρώνει τα δεδομένα σε ATM κυψέλες και τις προωθεί κατά μήκος μίας ATM διεπαφής UNI σε ένα μεταγωγέα (δημόσιο ή ιδιωτικό).
- **Ένας ιδιωτικός ATM μεταγωγέας** που χρησιμοποιεί το δημόσιο ATM δίκτυο για να μεταφέρει τις ATM κυψέλες (μεταξύ των δημόσιων UNIs).

Οι ATM κυψέλες, μεταφέρονται μεταξύ διαφορετικών ATM τερματικών συστημάτων μέσω συνδέσεων ATM που διασχίζουν τη ζεύξη UNI από την τερματική πηγή στον μεταγωγέα και εν συνεχεία, μέσω διασυνδεδεμένων μεταγωγέων και ζεύξεων, στο μεταγωγέα στον οποίο συνδέεται το τερματικό προορισμού. Όλες οι συνδέσεις στο ATM, αναγνωρίζονται από στοιχεία που υπάρχουν στις επικεφαλίδες των κυψελών που στέλνονται.

Για να πραγματοποιηθεί μία σύνδεση στο δίκτυο ATM, πρέπει να διαμορφωθεί και να σταλεί ένα σήμα αίτησης σύνδεσης στο δίκτυο από το τερματικό που καλεί, μέσω της διεπαφής UNI.

### Οι διεπαφές του φυσικού επιπέδου

#### **Φυσική διεπαφή ρυθμού 155.520 kbit/s και 622.080 kbit/s**

Παρέχει τη μετάδοση ATM κυψελών σε ρυθμούς μετάδοσης 155.520 και 622.080 kbit/s πάνω από ομοαξονικό καλώδιο και οπτική ίνα στα σημεία αναφοράς  $T_B$  και  $S_B$  της διεπαφής χρήστη με δίκτυο του ευρυζωνικού ISDN (B-ISDN). Η μέγιστη απόσταση είναι περίπου 2 km για οπτική ίνα και 200 m για ομοαξονικό καλώδιο.

#### **Φυσική διεπαφή ρυθμού 2.048 kbit/s**

Παρέχει τη μετάδοση ATM κυψελών χρησιμοποιώντας υπάρχοντα συστήματα παροχής πρωτεύουσας πρόσβασης ISDN σε ρυθμούς μετάδοσης 2.048 kbit/s στα σημεία αναφοράς  $T_B$  και  $S_B$  της διεπαφής δικτύου – χρήστη (UNI) του ευρυζωνικού ISDN (B-ISDN).

#### **Φυσική διεπαφή ρυθμού 25.600 kbit/s**

Παρέχει τη μετάδοση ATM κυψελών σε ρυθμούς μετάδοσης 25.600 kbit/s πάνω από καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους 100Ω UTP, 120Ω και 150Ω STP στο σημείο αναφοράς  $S_B$  της διεπαφής χρήστη με δίκτυο του ευρυζωνικού ISDN (B-ISDN). Η μέγιστη απόσταση είναι περίπου 100 m.

### Σηματοδοσία της διεπαφής UNI

Η σηματοδοσία UNI περιγράφει τις διαδικασίες που απαιτούνται για τη δυναμική εγκατάσταση, συντήρηση και εκκαθάριση των ATM συνδέσεων μέσω της διεπαφής χρήστη-δικτύου.

Οι δυνατότητες που υποστηρίζονται είναι οι εξής:

1. Συνδέσεις απαιτούμενων καναλιών (για μεταγωγή).
2. Δισημειακές και σημείο-πολυσημειακές συνδέσεις καναλιών μεταγωγής.
3. Συνδέσεις με συμμετρικές ή ασύμμετρες ευρυζωνικές απαιτήσεις.

4. Κλήσεις απλής σύνδεσης (από σημείο σε σημείο και από σημείο σε πολλαπλά σημεία).
5. Λειτουργίες βασικής σηματοδοσίας μέσω μηνυμάτων πρωτοκόλλου, πληροφοριακών στοιχείων και διαδικασιών.
6. ATM υπηρεσίες μεταφοράς κλάσης X, A, C.
7. Αίτηση και ένδειξη παραμέτρων σηματοδοσίας.
8. Εκχώρηση VPCI/VPI/VCI.
9. Ένα κανάλι, εκτός του βασικού καναλιού, για όλα τα μηνύματα σηματοδοσίας.
10. Ανάκτηση σφάλματος.
11. Διαμορφώσεις διευθύνσεων δημόσιων και ιδιωτικών UNI για το μοναδικό προσδιορισμό των ATM τερματικών σημείων.
12. Ένα μηχανισμό εγγραφής (registration) του συνδρομητή για τη συναλλαγή πληροφοριών διευθύνσεων κατά μήκος μίας UNI.
13. Προσδιορισμό παραμέτρου συμβατότητας από άκρο σε άκρο.

### **ATM συνδέσεις μεταξύ τερματικών σημείων**

Το ATM, υποστηρίζει δύο τύπους συνδέσεων: δισημειακές και σημείο-πολυσημειακές.

Η δισημειακή σύνδεση είναι ένα σύνολο ATM ζεύξεων ιδεατών καναλιών ή διαδρομών που συνδέουν δύο ATM τερματικά συστήματα και μπορεί η επικοινωνία να είναι μονόδρομη ή αμφίδρομη.

Η σημείο-πολυσημειακή σύνδεση είναι ένα σύνολο ATM ζεύξεων ιδεατών καναλιών ή διαδρομών από ένα τερματικό σύστημα μοναδικής πηγής (γνωστό σαν ριζικό κόμβο – root node) σε πολλαπλά τερματικά συστήματα προορισμού (γνωστά ως φύλλα - leaves). Αυτού του είδους οι συνδέσεις είναι μόνο μονόδρομες. Οι ριζικοί κόμβοι μπορούν να μεταδίδουν στα φύλλα, αλλά τα φύλλα δεν μπορούν να μεταδίδουν στους ριζικούς κόμβους ή σε άλλα φύλλα της ίδιας σύνδεσης.

Στα δίκτυα ATM θα ήταν επιθυμητό να υπάρχουν αμφίδρομες πολυσημειακές-πολυσημειακές (multipoint to multipoint) συνδέσεις. Τέτοιου είδους συνδέσεις, είναι ανάλογες των δυνατοτήτων εκπομπής (broadcasting) και πολυεκπομπής (multicasting) των LANs μεριζόμενων μέσων (shared-media LANs), όπως το Ethernet και το Token Ring. Είναι εύκολο να αναπτυχθεί στα shared-media LANs μία δυνατότητα εκπομπής, όπου όλοι οι κόμβοι σε ένα τμήμα του LAN πρέπει να προωθήσουν όλα τα πακέτα που στέλνονται σ' αυτό το τμήμα. Δυστυχώς, όμως, δεν μπορεί να αναπτυχθεί μία multipoint to multipoint δυνατότητα χρησιμοποιώντας το AAL-5, που είναι το πλέον κοινό επίπεδο προσαρμογής για τη μετάδοση δεδομένων κατά μήκος ενός ATM δικτύου. Σε αντίθεση με το AAL-3/4, που έχει το αναγνωριστικό μηνύματος (Message Identifier - MID), το AAL-5 δεν παρέχει ένα τρόπο στη διαμόρφωση της κυψέλης του που να διαστρωματώνει κυψέλες από διαφορετικά AAL-5 πακέτα σε μία μοναδική σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα AAL-5 πακέτα, που στέλνονται σε ένα συγκεκριμένο προορισμό κατά μήκος μίας συγκεκριμένης σύνδεσης, πρέπει να λαμβάνονται με τη σειρά αλλιώς η διαδικασία επαναδόμησης στον προορισμό δε θα μπορεί να ξανασυνθέσει τα πακέτα. Αυτός είναι ο λόγος που οι σημείο-

πολυσημειακές συνδέσεις στο επίπεδο AAL-5 μπορούν να είναι μόνο μονόδρομες. Αν, για παράδειγμα, μεταδοθεί ένα AAL-5 πακέτο από ένα φύλλο πάνω σε μία σύνδεση, θα ληφθεί και από το ριζικό κόμβο και από τα άλλα φύλλα. Σ' αυτούς τους κόμβους, το πακέτο που στέλνεται από τα φύλλα διαστρωματώνεται με πακέτα που στέλνονται από το ριζικό κόμβο και πιθανόν άλλα φύλλα αποκλείοντας την αποσυναρμολόγηση κάποιου από τα διαστρωματωμένα πακέτα.

Το ATM απαιτεί κάποιου είδους δυνατότητα multicast. Το AAL-5 σήμερα, δεν υποστηρίζει τα διαστρωματωμένα πακέτα, άρα δεν υποστηρίζει το multicasting. Αν ένα φύλλο μετέδιδε ένα πακέτο πάνω σε μία AAL-5 σύνδεση, το πακέτο μπορεί να διαπλεχτεί με άλλα πακέτα και να αποσυναρμολογηθεί με ακατάλληλο τρόπο. Για τη λύση αυτού του προβλήματος, έχουν προταθεί τρεις μέθοδοι:

- **Πολυεκπομπή ιδεατής διαδρομής (VP multicasting)**, που μία ιδεατή διαδρομή συνδέει όλους τους κόμβους σε ένα "multicast group", και σε κάθε κόμβο δίνεται μία μοναδική VCI τιμή στο VP. Δυστυχώς, αυτός ο μηχανισμός θα χρειαζόταν ένα πρωτόκολλο για να δώσει μοναδικές VCI τιμές σε όλους τους κόμβους, και τέτοιος μηχανισμός πρωτοκόλλου δεν υπάρχει σήμερα. Επίσης, δεν είναι ευδιάκριτο αν οι διατάξεις SAR που υπάρχουν σήμερα μπορούν να υποστηρίξουν εύκολα τέτοιου είδους λειτουργία.
- Μια άλλη υποθετική λύση στο πρόβλημα του multicasting πάνω σε ATM, είναι ένας **εξυπηρετητής πολυεκπομπής (multicast server)**. Σ' αυτό το σενάριο, όλοι οι κόμβοι θέλουν να μεταδώσουν πάνω σε multicast group εγκαθιστώντας μία δισημειακή σύνδεση με μία εξωτερική διάταξη που είναι γνωστή ως "multicast server". Ο multicast server συνδέεται σε όλους τους κόμβους, περιμένοντας να λάβει τα multicast πακέτα μέσω μίας σημείο-πολυσημειακής σύνδεσης. Ο multicast server λαμβάνει πακέτα κατά μήκος των δισημειακών συνδέσεων και τα αναμεταδίδει κατά μήκος μίας σημείο-πολυσημειακής σύνδεσης, αλλά μόνο αν υπάρχει η διαβεβαίωση ότι ένα πακέτο στέλνεται μετά από κάποιο άλλο αφού πρώτα έχει ολοκληρωθεί η μετάδοση του προηγούμενου. Σ' αυτή την περίπτωση αποκλείεται η διαστρωμάτωση των κυψελών.
- Η τρίτη λύση είναι μία **δισημειακή σύνδεση υπέρθεσης (overlaid point to point)**. Κατά τη μέθοδο αυτή, όλοι οι κόμβοι μίας ομάδας πολυεκπομπής εγκαθιστούν μεταξύ τους μία σύνδεση σημείο (ριζικός κόμβος) - πολυσημειακή (φύλλα). Όλες οι συνδέσεις είναι ισοδύναμες. Όλοι οι κόμβοι μπορούν να λαμβάνουν και να μεταδίδουν από και προς όλους τους κόμβους. Αυτή η λύση, απαιτεί ο κάθε κόμβος να διατηρεί μία σύνδεση για κάθε μέλος της ομάδας που μεταδίδει κι έτσι ο μηχανισμός του multicast server απαιτεί μόνο δύο συνδέσεις. Αυτού του είδους η σύνδεση, θα χρειαζόταν επίσης μία διαδικασία εγγραφής (registration process) για να πληροφορήσει τους κόμβους για τη σύνδεση σε μία ομάδα έτσι, ώστε οι νέοι κόμβοι να μπορούν να διαμορφώσουν τη σημείο-πολυσημειακή σύνδεση. Οι άλλοι κόμβοι πρέπει να γνωρίζουν για τον καινούριο κόμβο έτσι, ώστε να μπορούν



να τον προσθέτουν τις δικές τους σημείο-πολυσημειακές συνδέσεις. Ο μηχανισμός του multicast server είναι περισσότερο διαβαθμισμένος σε περιπτώσεις σύνδεσης πόρων αλλά έχει το πρόβλημα της απαίτησης ενός κεντροποιημένου μηχανισμού επαναδιάταξης (centralized resequencer) που είναι από τη μία μεριά πιθανό σημείο εμπλοκής και από την άλλη σημείο απωλειών.

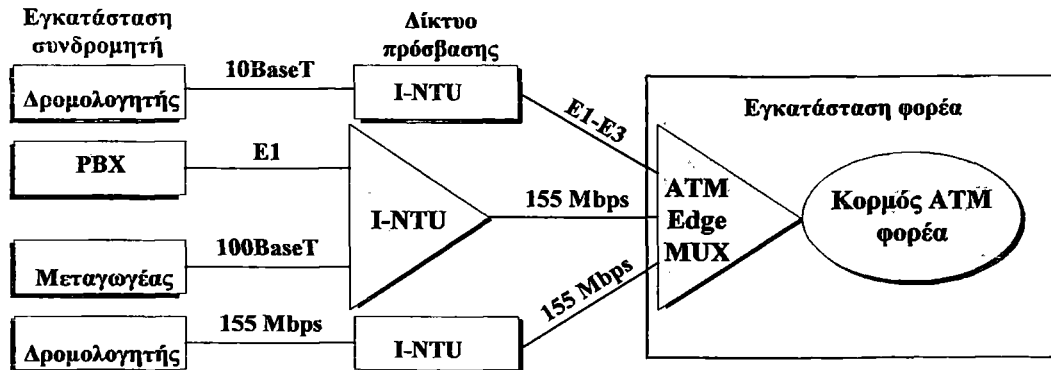
### Πρόσβαση συνδρομητή σε δίκτυο ATM

Επειδή οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς των δικτύων ATM δεν τερματίζουν τη συνδρομητική ζεύξη με μονάδες τερματισμού δικτύου (Network Termination Unit), είναι φανερό ότι η πρόσβαση του χρήστη σε δίκτυο ATM απαιτεί τη χρήση μεταγωγέων στο άκρο του δικτύου. Οι μονάδες αυτές θα πρέπει να υποστηρίζουν λειτουργίες τερματισμού του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου ATM καθώς και όλα τα αναγκαία πρωτόκολλα που προδιαγράφονται από την ITU-T ώστε να υπάρχει αποδοτική πρόσβαση στο δίκτυο.

Οι μονάδες τερματισμού του δικτύου ATM πρέπει να εξυπηρετούν τις ανάγκες διαφορετικών ομάδων συνδρομητών αλλά και να επιτρέπουν:

- Πλήρη καταμερισμό ευθυνών μεταξύ φορέα και συνδρομητών
- Έλεγχο QoS
- Διαχείριση κίνησης από άκρο σε άκρο
- Εντοπισμό σφάλματος (μεταξύ συνδρομητή και κεντρικής υπηρεσίας)
- Ευελιξία υπηρεσίας – μετατροπή μέσων και ρυθμών

Στο επόμενο σχήμα, φαίνονται καθαρά τα όρια μεταξύ του εξοπλισμού του συνδρομητή και των τμημάτων του δικτύου ATM.



Σχήμα 13: Πρόσβαση σε ATM βασισμένη στον εξοπλισμό του χρήστη

Η συσκευή σύνδεσης στο ATM, προσφέρει το σημείο σύνδεσης του εξοπλισμού του συνδρομητή στο δίκτυο. Αυτή μπορεί να περιέχει απομακρυσμένη σύνδεση για φωνή (διεπαφή E1), Ethernet, Frame Relay, IP, αμιγές ATM και άλλους τύπους κίνησης.

### Ποιότητα υπηρεσιών

Κάθε ροή κίνησης, στα δίκτυα ATM, είναι διαφορετική και απαιτεί ιδιαίτερη συμφωνία ποιότητας υπηρεσιών για κάθε χρήστη. Οι προδιαγραφές για την ποιότητα υπηρεσιών, πρέπει να εξετάζονται στη διεπαφή μεταξύ χρήστη και δικτύου και να επιβάλλονται ανάλογα με τη μορφή της κίνησης και τη διευθέτησή της. Ο φορέας παροχής υπηρεσιών πρέπει να ελέγχει και να

επιβεβαιώνει ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ποιότητα. Πρέπει επίσης να παρακολουθεί την απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης.

### Διαχείριση της ποιότητας υπηρεσιών

Κάθε ρεύμα δεδομένων που προέρχεται από διάταξη χρήστη, πρέπει να καθορίζει τις απαιτήσεις για QoS κάθε φορά που εγκαθίσταται μία σύνδεση ιδεατού καναλιού ή ιδεατής διαδρομής. Αυτό ολοκληρώνεται μέσω ATM σηματοδοσίας στην UNI.

Έχουν προσδιοριστεί τέσσερις κατηγορίες υπηρεσιών για το ATM:

- **Σταθερού δυφιακού ρυθμού (CBR)** που προσφέρει αυστηρές εγγυήσεις για το εύρος ζώνης, τη μικρότερη καθυστέρηση και τη μεταβολή της. Είναι κατάλληλη για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως η τηλεφωνία και το βίντεο. Η κατηγορία αυτή δεν είναι ανεκτική στην καθυστέρηση και στις απώλειες.
- **Μεταβλητού δυφιακού ρυθμού (VBR)** που είναι κατάλληλη για διασύνδεση LAN και παρόμοιες εφαρμογές που δεν έχουν αυστηρές απαιτήσεις για το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση και τις μεταβολές της. Το ATM Forum προσδιορίζει την υπηρεσία VBR σε πραγματικό (rt) και μη πραγματικό (nrt) χρόνο. Η rt-VBR είναι κοντά στη CBR, υποστηρίζει εφαρμογές στατιστικής πολύπλεξης πόρων σε πραγματικό χρόνο και είναι κατάλληλη για εφαρμογές ευαίσθητες στο χρόνο, ανεκτικές σε μικρές μεταβολές της καθυστέρησης και των απωλειών κυψέλης. Η nrt-VBR χρησιμοποιείται για εφαρμογές με απότομη μεταφορά κίνησης όπου ο χρόνος απόκρισης θεωρείται κρίσιμη συνιστώσα, όπως το στατικό βίντεο και οι επι-γραμμής (on line) συναλλαγές.
- **Διαθέσιμου δυφιακού ρυθμού (ABR)** που κάνει χρήση του εύρους ζώνης που διατίθεται κάθε χρονική στιγμή για εφαρμογές που μπορεί να είναι ανεκτικές σε διαχείριση χαμηλής προτεραιότητας αλλά ευαίσθητες στις απώλειες κυψέλης, όπως η μεταφορά αρχείων. Αυτές οι εφαρμογές δεν είναι ευαίσθητες ως προς το χρόνο.
- **Απροσδιόριστου δυφιακού ρυθμού (UBR)** που είναι μία οικονομική κατηγορία υπηρεσίας, παρόμοια με την ABR ως προς τη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης αλλά χωρίς εγγυήσεις ως προς το επίπεδο της υπηρεσίας.

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες αναπτύσσονται σε ιδεατά κανάλια που εγκαθίστανται ως διαδρομές κίνησης μέσα στο δίκτυο μεταξύ των σημείων τερματισμού. Οι τυποποιήσεις για την QoS επιδρούν στους κανόνες που καθοδηγούν τα κριτήρια απόδοσης:

- **Παράμετροι τοπικού χαρακτήρα**, που μετριοούνται στη διεπαφή CPE (το σημείο που η κίνηση εισέρχεται στο δημόσιο δίκτυο)
  - Κορυφοτιμή κυτταρικού ρυθμού (Peak cell rate - PCR), που είναι η μέγιστη τιμή του μεταφερόμενου κυτταρικού ρυθμού που επιτρέπεται στη διεπαφή

- Διατηρήσιμος κυτταρικός ρυθμός (Sustainable cell rate - SCR), που είναι η μέση τιμή του μεταφερόμενου κυτταρικού ρυθμού που επιτρέπεται στη διεπαφή
  - Ανοχή μεταβολής καθυστέρησης κυττάρου (Cell delay variation tolerance-CDVT), που είναι το τρέμουλο ή η μέση μεταβολή στην χρονική διάρκεια μεταξύ των κυψελών
  - Ελάχιστο κυτταρικού ρυθμού (Minimum cell rate - MCR), που είναι η μικρότερη τιμή του μεταφερόμενου κυτταρικού ρυθμού που επιτρέπεται στη διεπαφή
  - Μέγεθος ριπής (Burst size - BS), που είναι ο μέγιστος αριθμός κυψελών που μπορούν να μεταφερθούν στο μέγιστο κυτταρικό ρυθμό
- **Παράμετροι δικτύου**, που μετριοούνται μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο
- Καθυστέρηση κυττάρου (Cell delay), που είναι η μέγιστη επιτρεπτή καθυστέρηση κυψέλης από το ένα τέλος στο άλλο
  - Μεταβολή της καθυστέρησης κυττάρου (Cell delay variation - CDV), που είναι η μέγιστη επιτρεπτή μεταβολή στην καθυστέρηση κυψέλης
  - Απώλεια κυττάρου (Cell loss), που είναι η μέγιστη επιτρεπτή ποσοστώση της κίνησης που μπορεί να χαθεί ή να απορριφθεί
- Παράμετροι που μετριοούνται σε κάθε σύνδεση ATM
- Λόγος απώλειας κυττάρων (Cell Loss Ratio - CLR), που είναι ο λόγος των χαμένων προς τις συνολικά μεταδιδόμενες κυψέλες.
  - Μέγιστη καθυστέρηση μεταφοράς κυττάρου (Maximum Cell Transfer Delay-maxCTD), που είναι ο συνολικός χρόνος που απαιτείται ώστε να μεταδοθούν τα κύτταρα μέσω του δικτύου ATM από την πηγή (τη στιγμή που το κύτταρο αφήνει την εφαρμογή) μέχρι τον προορισμό (τη στιγμή που το κύτταρο μπαίνει στην εφαρμογή προορισμού)
  - Μεταβολή της καθυστέρησης κυττάρου (Cell delay variation - CDV), που περιγράφει την μέγιστη επιτρεπτή μεταβολή στην μετάδοση μίας σειράς κυψελών.

Η συσκευή πρόσβασης στο ATM, επιτρέπει να γίνονται οι έλεγχοι συμμόρφωσης της κίνησης στο σημείο που μπαίνει η κίνηση των χρηστών στο δημόσιο δίκτυο, αφήνοντας στους φορείς την παρακολούθηση αυτών των τοπικών παραμέτρων. Παρέχει επίσης ένα σημείο παρατήρησης καθορισμένο από το χρήστη, όπου μπορούν να παρθούν οι μετρήσεις της μεταβολής του cell delay και του cell loss από το ένα τέρμα στο άλλο. Χωρίς την συσκευή πρόσβασης, ο φορέας περιορίζεται σε μετρήσεις από το ένα άκρο στο άλλο (από μία κεντρική υπηρεσία σε μία άλλη). Η δυνατότητα της αποδοτικής παρατήρησης και αναφοράς του τι συμβαίνει, είναι θεμελιώδης στην διαχείριση του δικτύου όπως και ο έλεγχος για την QoS και την ασφάλεια μεταφοράς.

## Συμβόλαιο κίνησης

Για την εγκατάσταση μίας σύνδεσης, απαιτείται ένα συμβόλαιο μεταξύ του πελάτη και του φορέα που περιλαμβάνει δύο βασικές συμφωνίες: την περιγραφή της κίνησης στη σύνδεση και την περιγραφή της κίνησης από την πηγή.

Η πρώτη, περιέχει τη συζητούμενη QoS που ελέγχει την ποιότητα των εισερχομένων στο δίκτυο δεδομένων. Η δεύτερη περιέχει τον έλεγχο των παραμέτρων PCR, SCR, MCR, CDVT και maxBS. Αυτές οι παράμετροι ρυθμίζουν τις μέγιστες αλλά και τη μέση τιμή του απαιτούμενου εύρους ζώνης. Κάθε σφάλμα από τη μεριά του χρήστη που θίγει τη συμφωνία για την υπηρεσία (για παράδειγμα η αποστολή πάρα πολλών δεδομένων), μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα του παροχέα να ικανοποιήσει τις ανάγκες του χρήστη, και πρέπει να αποφευχθεί. Η συσκευή πρόσβασης στο ATM, μπορεί να αναμιχθεί και στην τακτική πρόσβασης (αποτρέποντας κακή χρήση) και τη μορφή της κίνησης.

## Λειτουργίες διαχείρισης κίνησης

Η ITU, με τις συστάσεις της I.371 και I.610, περιγράφει πέντε μηχανισμούς για τον έλεγχο της κίνησης σε ένα δίκτυο ATM, έτσι ώστε να προσαρμόζεται στις τοπικές παραμέτρους και στις παραμέτρους απόδοσης. Τρεις μηχανισμοί, που πρέπει να αναπτυχθούν στην συσκευή NTU του ATM, ελέγχουν ειδικότερα την τοπική πρόσβαση:

- **Παρακολούθηση της κίνησης:** ελέγχει την προσαρμογή του CPE στις τυποποιήσεις για την QoS.
- **Τακτική κίνησης:** προσδιορίζει και σημειώνει μη προσαρμοσμένες κυψέλες αλλάζοντας το bit της CLP, προκαλώντας την απόρριψή τους όταν συμβαίνει συμφόρηση στο δίκτυο.
- **Μορφή της κίνησης:** Ρυθμίζει την εισερχόμενη κίνηση στο δίκτυο και πραγματοποιεί την προσαρμογή του ρυθμού ώστε να επιβεβαιωθεί η συμμόρφωση με τις τοπικές παραμέτρους.

Η ενίσχυση των συμφωνιών για την κίνηση, προστατεύει το δίκτυο του φορέα από σφάλματα των χρηστών. Η κίνηση που έρχεται σε αντίθεση με τις συμφωνηθέντες παραμέτρους, μπορεί να επηρεάσει σοβαρά άλλους πελάτες που μοιράζονται το WAN. Ο φορέας, χρειάζεται να εξετάζει την κίνηση που παρουσιάζεται και να δέχεται ή να απορρίπτει (ή να σημειώνει) κάθε απαίτηση εκτός ορίων πριν μπει στο δίκτυο. Μία συσκευή διεπαφής δικτύου στην εγκατάσταση του πελάτη, ελαχιστοποιεί την τρωτότητα του δικτύου ενώ παρέχει και ευελιξία. Ο φορέας πρέπει να εξετάσει αν τηρούνται τα απαιτούμενα επίπεδα για την QoS, όχι μόνο σε μία νέα σύνδεση που πρόκειται να εγκατασταθεί, αλλά και στις ήδη υπάρχουσες (CAC).

Ο φορέας, σπάνια μπορεί να υπαγορεύσει τις τεχνολογίες και τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν από τον πελάτη. Πρέπει όμως να είναι ικανός να διασυνδέει και να δουλεύει μ' αυτά, ένα μεγάλο πλήθος πιθανών διαμορφώσεων και τυποποιήσεων. Ο εγκατεστημένος εξοπλισμός του πελάτη μπορεί να έχει εύρος από απλούς σταθμούς εργασίας ATM μέχρι πολύπλοκα υπάρχοντα δίκτυα. Συχνά απαιτούνται ταχύτητα και μετατροπή μέσων. Για παράδειγμα, ο χάλκινος αγωγός μίας θέσης να πρέπει να διασυνδεθεί με έναν

οπτικό αγωγό πρόσβασης δικτύου. Χρειάζονται ενδεχομένως και μετατροπές πρωτοκόλλων, για παράδειγμα ολόκληρα πλαίσια ενός Fast Ethernet μεταγωγής να μετατραπούν σε κυψέλες ATM για μετάδοση πάνω σε ζεύξη E1.

# Διερεύνηση των τηλεματικών λειτουργιών πάνω από ευρυζωνικά δίκτυα

## Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, οι υπηρεσίες τηλεπληροφορικής που μπορούν να παρέχονται από ευρυζωνικά δίκτυα τεχνολογίας ATM καθώς και η διαθεσιμότητα, το κόστος και η αποδοχή τους από τους χρήστες.

## Χαρακτηριστικά των ευρυζωνικών υπηρεσιών

Οι υπηρεσίες τηλεπληροφορικής που υποστηρίζονται από ευρυζωνικά δίκτυα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- **Διαδραστικές υπηρεσίες** που εμπλέκουν ανταλλαγή υπηρεσιών μεταξύ του αρχικού διαχειριστή και του αντικειμένου της υπηρεσίας, που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι μία μηχανή, για παράδειγμα μία βάση δεδομένων ή μία υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αλλά όχι ένας άλλος διαχειριστής.
- **Υπηρεσίες διανομής** που μπορεί να υποδιαιρούνται σε υπηρεσίες που εμπλέκουν το λήπτη και τον αποστολέα (περιλαμβάνοντας εφαρμογές δισημειακές και πολυεκπομπής), υπηρεσίες ανάκτησης, που έχουν ως επακόλουθο την ανάκτηση αποθηκευμένης πληροφορίας από βάσεις δεδομένων και υπηρεσίες μηνυμάτων, που εμπλέκουν την αποστολή πληροφορίας σε μία βάση δεδομένων για τη μετέπειτα επεξεργασία τους και την ηλεκτρονική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.

Ο μηχανισμός μεταφοράς στο ATM, επιτρέπει την ευέλικτη κατάληψη εύρους ζώνης για τις διάφορες υπηρεσίες. Έτσι, μπορούν να χαρακτηριστούν οι διάφορες υπηρεσίες σε σχέση με το είδος του εύρους ζώνης που απαιτούν:

- **Προσανατολισμένες σε συνεχές δυφιόρρευμα** (Continuous Bit Oriented), όπου η πηγή είναι ρεύμα. Αυτές οι πηγές απαιτούν εξομοίωση κυκλωματικού τρόπου (circuit-mode emulation) και συνδεδειστροφές πρωτόκολλο για την εγκατάσταση κλήσης.
- **Προσανατολισμένες σε ριπαίο δυφιόρρευμα** (Bursty Bit Oriented), που αφορά τις περισσότερες τυχαίες πηγές που τυπικά χρησιμοποιούν ένα είδος μορφής πακέτου και χρειάζονται συνδεδειστροφές ή ασυνδεδειστροφές πρωτόκολλο.

Το χαρακτηριστικό της ασύγχρονης μορφής του ATM, χωρίς κατανομή καθορισμένων καναλιών, επιτρέπει επίσης την ανεξάρτητη κατάληψη εύρους ζώνης και προς τις δύο κατευθύνσεις μίας κλήσης. Έτσι, οι υπηρεσίες πρέπει να χαρακτηριστούν και σύμφωνα με την κατεύθυνση. Για παράδειγμα, μία υπηρεσία διανομής τηλεοπτικού σήματος περιέχει μεταφορά ασύμμετρων ή υψηλής κατευθυντικότητας δεδομένων. Έτσι, έχουμε:

- **Συμμετρικές**, όπως μία τηλεφωνική κλήση
- **Ασύμμετρες κατά κλήση**, όπως η αποστολή ενός fax
- **Ασύμμετρες κατά περίπτωση**, όπως σε διανομή τηλεοπτικού σήματος.

## Ευρυζωνικές υπηρεσίες

Μερικές από τις έννοιες που σχετίζονται με τις ευρυζωνικές υπηρεσίες ξεκαθαρίζονται αν σκεφτούμε τις χρήσεις αυτών των υπηρεσιών και τις απαιτήσεις τους. Εδώ θα συζητηθούν διαφορετικές υπηρεσίες, που δεν έχουν αντίστοιχες σε στενό εύρος ζώνης, που μπορούν δηλαδή να υπάρχουν μόνο σε περιπτώσεις που διατίθεται μεγάλο εύρος ζώνης.

- **Διανομή τηλεοπτικού σήματος** που επιτρέπει τη λήψη από τους συνδρομητές, ενός ή περισσότερων τηλεοπτικών προγραμμάτων επιλεγμένης ποιότητας (όπως η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας αλλά και η τυποποιημένη τηλεόραση) σε πραγματικό χρόνο και χωρίς εμπόδια. Η φυσική πρόσβαση στην υπηρεσία αυτή, γίνεται σε δύο σκέλη: Σε πρώτη φάση, κατά την εγκατάσταση της κλήσης, ο συνδρομητής επιλέγει ένα σύνολο καναλιών που θα παρακολουθήσει. Σε δεύτερη φάση, επιλέγονται προγράμματα από αυτήν την ομάδα καναλιών, με χρήση διαδικασίας σηματοδότησης. Η διανομή τηλεοπτικού σήματος έχει αντικειμενικό στόχο την προσφορά σε εφαρμογές διασκέδασης και εκπαίδευσης.
- **Διανομή Hi-Fi**, που επιτρέπει στο συνδρομητή να λαμβάνει ένα ή περισσότερα ηχητικά προγράμματα υψηλής ποιότητας. Στόχος και πάλι είναι οι εφαρμογές εκπαίδευσης και διασκέδασης όπως και στην διανομή τηλεοπτικού σήματος.
- **Εικονοτηλεφωνία** που είναι μία οπτικοακουστική υπηρεσία τηλεπικοινωνιών πραγματικού χρόνου, μίας ή δύο κατευθύνσεων, που παρέχει επικοινωνία προσώπου σε πρόσωπο για τη μεταφορά φωνής, κινούμενης ή/και σαρωμένης εικόνας μεταξύ δύο τοποθεσιών. Η συγκεκριμένη υπηρεσία, αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως μέσο διαπροσωπικής επικοινωνίας αλλά και για τη μεταφορά μαγνητοσκοπημένου υλικού video αλλά και εγγράφων σε ευρυζωνικά δίκτυα. Οι πιθανές εφαρμογές είναι πολυάριθμες και καλά ορισμένες. Τυπικές χρήσεις είναι:
  - Η μεμονωμένη ή ομαδική διαπροσωπική επικοινωνία
  - Ακίνητες εικόνες (αντικείμενα, σχέδια κ.α.)
  - Οδηγίες και εκπαίδευση
  - Επαγγελματικές γνωματεύσεις
  - Ασχολία με παιχνίδια (αλληλεπίδρασης ή πολλαπλών χρηστών)
  - Επαγγελματικές συζητήσεις
  - Συνεντεύξεις
  - Αγορές και πωλήσεις
  - Παρακολούθηση εξ αποστάσεως
  - Βιντεοταχυδρομείο.
- **Εφαρμογές ανάκτησης βίντεο** που περιλαμβάνουν βίντεο κατ' απαίτηση (video-on-demand), διαφήμιση, εκπαίδευση μέσω βίντεο και παρόμοιες χρήσεις. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των εφαρμογών είναι ότι το υλικό στέλνεται ταυτόχρονα σε πολλούς συνδρομητές. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το υλικό μεταφέρεται σε μη πραγματικό χρόνο και έτσι θα πρέπει να μαγνητοσκοπηθεί

ανάλογα με τις προτιμήσεις του συνδρομητή. Αυτή η προϋπόθεση λαμβάνεται από τη σκοπιά των υπερβολικών απαιτήσεων για εύρος και στο διακομιστή και στο δίκτυο. Έτσι, η πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο φαίνεται σε όλο το φάσμα υποθετικών πιθανών προγραμμάτων πάνω σε περιοχή υπηρεσιών λογικού μεγέθους. Είναι μία υπηρεσία εντελώς ξεχωριστή από την τηλεόραση με πληρωμή (pay TV) που ανήκει στην κατηγορία της διανομής τηλεοπτικού σήματος.

- **Τηλε-εικονογραφία με βίντεο** (motion videotex) είναι η ισοδύναμη υπάρχουσα υπηρεσία τηλε-εικονογραφίας για ευρυζωνικά δίκτυα. Έτσι, προβλέπεται η πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων μέσω τηλεπικοινωνιακού δικτύου χρησιμοποιώντας τα ίδια στοιχεία υπηρεσιών με τη διανομή τηλεοπτικού σήματος. Πιθανές εφαρμογές περιλαμβάνουν:
  - Εκπαίδευση
  - Καταφόρτωση (downloading) αρχείων
  - Τηλε-αγορές
  - Ανάκτηση ειδήσεων
  - Διαφήμιση
- **Ευρυζωνικά Δεδομένα.** Η μεταφορά δεδομένων χρειάζεται υπηρεσίες συζήτησης, μηνυμάτων και ανάκτησης. Τα χαρακτηριστικά και τα περιεχόμενα αυτών των υπηρεσιών ποικίλουν ανάλογα με την υπηρεσία. Αυτό όμως που περιπλέκει τις εφαρμογές, είναι το μέγεθος των δεδομένων που μεταφέρονται σε σχέση με τον απαιτούμενο χρόνο απόκρισης και το σφάλμα της απόδοσης της ζεύξης.

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει μερικές τυπικές εφαρμογές και τα χαρακτηριστικά τους.

| Εφαρμογή  | Χαρακτηριστικά           |                      |
|---|--------------------------|----------------------|
|   | Τυπικό μέγεθος δεδομένων | Κριτήρια             |
| Διασύνδεση LAN-LAN                                | $\leq 1$ kbit            | Καθυστέρηση          |
| Μεταφορά αρχείων κεντρικού Υπολογιστή (mainframe) | $\geq 1$ kbit            | Σφάλμα               |
| Μεταφορά αρχείων PCs                              | $\leq 1$ kbit            | Καθυστέρηση / σφάλμα |
| Ανάκτηση εικόνας                                  | 1 Mbit                   | Καθυστέρηση / σφάλμα |
| Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο                           | 1 kbit                   | Καθυστέρηση          |

Οι επόμενοι πίνακες παρουσιάζουν την αξιολόγηση διαφόρων περιοχών εφαρμογών με βάση τις υπηρεσίες φορέα και τα χαρακτηριστικά του δικτύου ATM.



| Περιοχή εφαρμογών                             | CB           | rt-VBR | nrt-VBR | ABR | UBR |
|---|--------------|--------|---------|-----|-----|
|   | R            |        |         |     |     |
| Κρίσιμα δεδομένα                              | **           | *      | ***     | *   | A   |
| Διασύνδεση και συνεργασία LAN                 | *            | *      | **      | *** | **  |
| Μεταφορά δεδομένων<br>συνεργασία (IP-FR-SMDS) | /*           | *      | **      | *** | **  |
| Circuit Emulation – PABX                      | ***          | **     | A       | A   | A   |
| POTS / ISDN – Βιντεοδιάσκεψη                  | .1.1.1<br>** | A      | A       | A   | A   |
| Συμπίεσμένος ήχος                             | *            | ***    | **      | **  | *   |
| Κατανομή βίντεο                               | ***          | **     | *       | A   | A   |
| Πολυμέσα αλληλεπίδρασης                       | ***          | ***    | **      | **  | *   |

A: Ακατάλληλη υπηρεσία\* : Μέτρια συμπεριφορά \*\* : Καλή συμπεριφορά  
\*\*\*: Άψογη συμπεριφορά

| Χαρακτηριστικά δικτύου           | ΕΦΑΡΜΟΓΗ       |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|----------------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|---------|----------------------------|
|                                  | Υπερυπολογιστώ | Διασύνδεση LAN | Μεταφορά εικόνων | Τηλεδιάσκεψη | Πολυμέσα και ταχυδρομείο | Ανάκτηση πολυμέσων | Μεταφορά προγραμμάτων | Διανομή τηλεοπτικού | σάματας | Τηλεοπτικού σήματος υψηλής |
| Bit rates <= 10 Mbit/s<br>χρήστη |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
| Ροή κίνησης                      |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
| Διαμόρφωση                       |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
| Συμμετρία                        |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
| Τρόπος σύνδεσης                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |
|                                  |                |                |                  |              |                          |                    |                       |                     |         |                            |

Τα χρωματιστά τμήματα, δείχνουν πού πλεονεκτεί το δίκτυο ATM.

## **Οι ανάγκες των συνδρομητών των ευρυζωνικών δικτύων**

### **Οι απαιτήσεις των επιχειρήσεων**

Ο τομέας των επικοινωνιών, οφείλει να προβλέπει τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των τερματικών χρηστών. Όμως, παρ' όλα αυτά, πολλές φορές φαίνεται να είναι πιο πίσω από αυτές. Ο επιχειρηματικός τομέας είναι ένα καλό παράδειγμα του γεγονότος αυτού.

Παλαιότερα, δεν υπήρχαν συγκεκριμένες απαιτήσεις συμβατότητας για τις εφαρμογές και τα συστήματα που χρησιμοποιούνταν. Στη σημερινή εποχή, ένας μεγάλος στόχος είναι η δυνατότητα συνεργασίας σε εκτεταμένο γεωγραφικό επίπεδο. Οι πελάτες τείνουν να αποδεχτούν τις προτάσεις που επιτρέπουν την ισχυροποίηση και την προστασία των επενδύσεών τους. Υπάρχει η ανάγκη για τη δημιουργία και την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων αλλά και για επικοινωνία μεταξύ των ατόμων της ίδιας ή διαφορετικών εταιρειών για ανταλλαγή απόψεων και πληροφοριών. Αυτό πρέπει να γίνεται έστω κι αν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Έτσι οι εικονοδιασκέψεις αντικαθιστούν τα μεγάλα κόστους ταξίδια. Στο συγκεκριμένο ζήτημα, ο κυριότερος περιορισμός είναι το υψηλό κόστος αλλά και η απόδοση των υπαρχόντων δικτύων. Τίθεται, δηλαδή, ένα συγκεκριμένο όριο που ενδεχομένως να έρχεται σε σύγκρουση με τις αυξανόμενες ανάγκες.

Μια ακόμη μεγάλη απαίτηση στις επιχειρήσεις, είναι και η διασύνδεση των τοπικών δικτύων (LANs) που επιτρέπει την μεταφορά δεδομένων και εικόνας, όπως εφαρμογές υπολογιστών ή επικοινωνίες πολυμέσων με υψηλή ταχύτητα. Πρέπει πάντως να υπάρχει η ικανότητα σωστής διαχείρισης της ταχύτητας, της διαθεσιμότητας, της ποιότητας και της ασφάλειας σ' αυτά τα δίκτυα. Με άλλα λόγια υπάρχει η ανάγκη να μεταφερθεί η προσφερόμενη απόδοση από τα LANs σε ευρυζωνικά δίκτυα. Άρα, είναι αναγκαία η υψηλή ταχύτητα (της τάξης των Mbit/s), και η μικρή καθυστέρηση συνοδευόμενη από υψηλή ποιότητα. Έτσι, οι επιχειρηματικοί πόροι μπορούν να διανέμονται με περισσότερη αποδοτικότητα και οικονομία, αφού συνενώνονται διαφορετικού τύπου υπηρεσίες σε μία βασική δικτυακή δομή.

### **Οι απαιτήσεις των χρηστών οικιακών συστημάτων**

Τα οικιακά συστήματα, είναι σαφώς πιο φτηνά στον εξοπλισμό και στις εφαρμογές. Η μεγάλη επιτυχία τους, οφείλεται κατά κύριο λόγο στο φιλικό περιβάλλον που αντιμετωπίζει ο χρήστης, αφού χρησιμοποιούνται οπτικοακουστικά μέσα και διάφορες άλλες λειτουργίες που δίνουν την εντύπωση μίας αρμονικής σχέσης μεταξύ ανθρώπου και μηχανής.

Ένα κύριο συστατικό των εφαρμογών τέτοιων συστημάτων είναι τα πολυμέσα. Η μεγάλη πρόκληση είναι η επέκταση των πολυμέσων σε επικοινωνιακό επίπεδο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μέσω του προσωπικού υπολογιστή, είτε μέσω του τηλεοπτικού δέκτη, που πρέπει να γίνει «έξυπνος» για να μπορεί να ανταποκριθεί στην αλληλεπίδραση.

Παραδείγματα εφαρμογών που θα έλκυαν το κοινό είναι το βίντεο/πληροφορία κατ' απαίτηση (video/information on demand), όπου ο συνδρομητής έχει τον έλεγχο για το ποια ταινία ή πληροφορία θα δει. Μπορεί να υπάρχει και

αλληλεπίδραση μεταξύ πελάτη και δικτύου (διαδραστική τηλεόραση), όπου τα δεδομένα και τα σήματα ελέγχου ανταλλάσσονται σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχουν και άλλες εφαρμογές που αναφέρονται στην διαπροσωπική επικοινωνία, που μπορεί πλέον να πραγματοποιείται όχι μόνο μέσω του ήχου αλλά και του video σε πραγματικό χρόνο, αλλά και άλλες δικτυακές δυνατότητες που προσφέρονται και αφορούν στην επικοινωνία του χρήστη με το γειτονικό ή όχι περιβάλλον του.

Αρχίζει να γίνεται σιγά-σιγά πραγματικότητα και σε λίγα χρόνια θα μπορεί κανείς από το σπίτι του να πραγματοποιεί όλες τις ανάγκες του που αφορούν σε επικοινωνία, διασκέδαση και εκπαίδευση. Θα μπορεί να παρακολουθεί εκπαιδευτικά σεμινάρια, συζητήσεις, τηλεοπτικά προγράμματα που τον αφορούν και επιστημονικές διαλέξεις.

## **Δεκτικότητα των χρηστών στη χρήση συστημάτων βιντεοδιάσκεψης**

### **Εισαγωγή**

Οι εξελίξεις στο χώρο των τηλεπικοινωνιών οδηγούν στη συγχώνευση των όρων τηλεπικοινωνίες και επικοινωνίες δεδομένων καθώς σήμερα, τα παραδοσιακά όρια επανεξετάζονται. Οι επικοινωνίες δεδομένων και γενικά τα δεδομένα δικτύων, είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες αγορές επικοινωνιών και γίνονταν για χρόνια με πολλούς τρόπους. Οι νέες τάσεις προγραμματισμού, τα τοπικά και τα ευρυζωνικά δίκτυα καθώς και το περιβάλλον εργασίας, δημιούργησαν ανάγκες για υψηλότερη ταχύτητα και πολλαπλές υπηρεσίες. Ενώ παλιότερα οι δουλειές βασιζόνταν αποκλειστικά στην τηλεφωνία την τηλεομοιοτυπία και την αλληλογραφία, στη σημερινή δικτυακή εποχή οι νέες εφαρμογές έχουν αλλάξει το περιβάλλον εργασίας. Η διαπροσωπική επικοινωνία βασίζεται στη φωνή και περισσότερο στην εικόνα.

Το ATM πέρασε μέσα από πολλά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου και του γεγονότος ότι η νέα τεχνολογία θα επέφερε μεγάλες αλλαγές στην ήδη υπάρχουσα. Η αναγκαιότητα του ATM δεν έγινε αποδεκτή αρχικά από όλες τις πλευρές που έψαχναν άλλες λύσεις για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Ενώ λοιπόν υπήρχαν εμπόδια για την ανάπτυξη του ATM σαν ένα ομοιογενές δίκτυο, οι προσπάθειες για ανάπτυξη επικεντρώθηκαν στο πώς θα τοποθετηθεί το ATM ως κορμό στα δίκτυα και στο πώς θα προσαρμοστούν τα υπάρχοντα πρωτόκολλα στο προκύπτον ATM δίκτυο.

### **Προβλήματα στην ανάπτυξη δικτύων ATM και η στάση των πελατών**

Είναι γεγονός πως οι χρήστες χρησιμοποιούν το ATM μόλις αντιληφθούν την χρησιμότητά του. Επίσης, δεν περνά απαρατήρητο το γεγονός ότι το ATM προκαλεί την αλλαγή της υπάρχουσας δικτυακής δομής.

Καταρχήν, η δομή μεταγωγής πρέπει να είναι ATM. Πρέπει να αντικατασταθούν οι χιλιάδες μεταγωγείς και δρομολογητές που υπάρχουν και που συνθέτουν τους κορμούς για τη συνεργασία των ιδιωτικών και δημοσίων δικτύων. Έπειτα, πρέπει να μεταλλαχθούν σε ATM και τα περιβάλλοντα LAN. Τέλος, θα πρέπει να είναι συμβατά με το ATM και τα τερματικά συστήματα των χρηστών. Όλες αυτές οι αλλαγές κοστίζουν και χρόνο και χρήμα. Και φυσικά αλλαγές τέτοιας κλίμακας δεν γίνονται εύκολα αποδεκτές. Χρειάζεται δηλαδή μια καλή δικαιολογία για να προβεί κανείς σε μια τέτοια επένδυση. Η χρήση του ATM οριοθετείται από τους "power users" σε περιπτώσεις συνεργασίας. Αυτοί έχουν την ανάγκη για επικοινωνίες μεγάλου εύρους ζώνης, όπως η βιντεοδιάσκεψη, και αποτελούν ένα μόνο μικρό κομμάτι της δικτυακής κοινότητας σε μια εταιρεία. Έτσι, χρειάζεται αρκετή πίστη και όραμα για να υποστηρίξει μια εταιρεία τέτοιου είδους εφαρμογές αλλάζοντας όλη τη δικτυακή της δομή.

Άλλη μια πλευρά της ανάπτυξης του ATM είναι οι τυποποιήσεις. Για παράδειγμα, οι τυποποιήσεις LAN Emulation και Multiprotocol over ATM,

ανέχονται τα παραδοσιακά LAN, συνεργάζονται και συνυπάρχουν με τα δίκτυα ATM και αποτελούν το κλειδί ανάπτυξης του ATM. Εδώ μπαίνει και ένα νέο δίλημμα. Μόνο ένα μικρό μέρος τερματικού εξοπλισμού προσφέρεται με διεπαφές συμβατές με το ATM. Η ανάπτυξη του ATM, έχει επιβραδυνθεί λόγω του κόστους εγκατάστασης, την ανάγκη για τυποποίηση και την δικτυακή δομή. Όμως, στα πλαίσια της εξέλιξης των δικτύων και της επικοινωνίας πολυμέσων, φάνηκε ότι οι απαιτήσεις για υψηλή απόδοση και εφαρμογές πολυμέσων επαρκούς εύρους ζώνης, ελάχιστη καθυστέρηση, δυνατότητα επικοινωνίας πολλαπλών σημείων και αξιοπιστία δεδομένων, καλύπτονται αποκλειστικά από το ATM.

Η πρόκληση είναι να βρεθεί η καλύτερη μέθοδος ώστε να πάρει κανείς τα πλεονεκτήματα του ATM πετυχαίνοντας υψηλή απόδοση και χαμηλό κόστος. Έτσι, πρέπει να δημιουργηθεί ένας βασικός δικτυακός κορμός ATM στον οποίο θα συνενωθούν όλοι οι σταθμοί εργασιών και οι εξοπλισμοί των χρηστών που δουλεύουν με διαφορετικά πρωτόκολλα, με βάση ένα οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Μ' αυτό τον τρόπο, διασώζεται ο υπάρχων εξοπλισμός, προσφέρεται το μέγιστο εύρος ζώνης ενώ ταυτόχρονα επιτρέπεται η προσθήκη χρηστών συμβατών με ATM όπου χρειάζεται.

Οι πελάτες όμως, παραμένουν επιφυλακτικοί, πράγμα που το φανερώνουν και δύο έρευνες που παρουσιάζονται παρακάτω και που έγιναν για λογαριασμό του ATM Forum.

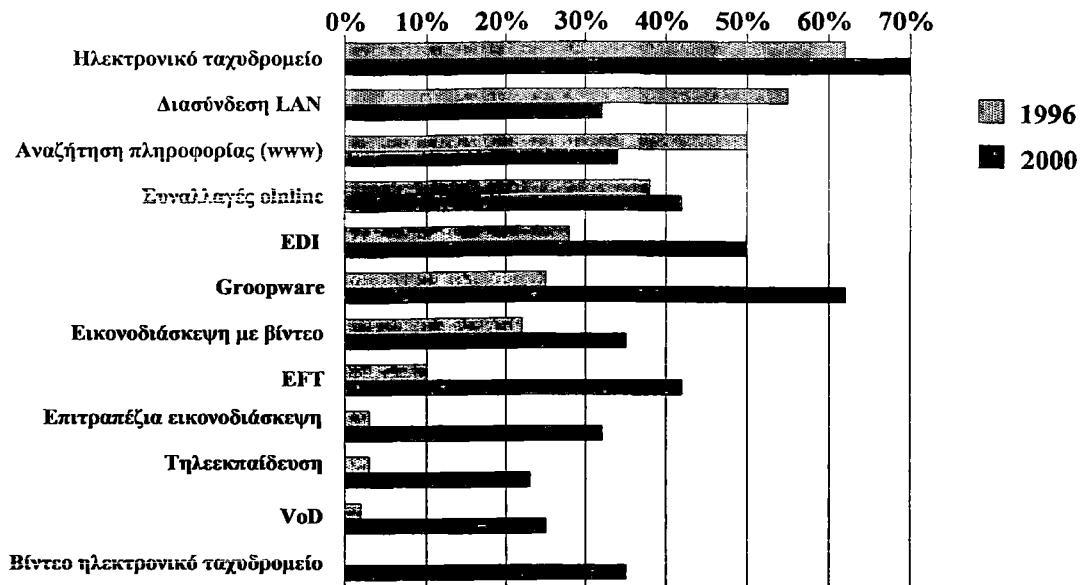
### **Η έρευνα στην Ιαπωνία για το ATM**

Η έρευνα που έγινε στην Ιαπωνία, και αφορά στην εκεί ανάπτυξη δικτύου ATM, καταδεικνύει τα προβλήματα αλλά και τις απαιτήσεις που έχουν οι ενδιαφερόμενοι. Η έρευνα, έγινε σε μια χώρα που είναι από τις πλέον αναπτυγμένες στον πλανήτη και για την οποία το ATM Forum έχει αντιληφθεί τον πολύ μεγάλο ρόλο που μπορεί να παίξει στη μελλοντική επιτυχία της τεχνολογίας του ATM.

Η Ιαπωνική ομάδα για το ATM, με μέλη 100 οργανισμούς, ιδρύθηκε το 1993 και έχει ως ρόλο την προώθηση της τεχνολογίας και των εφαρμογών του ATM στην Ιαπωνία. Για να διευκολυνθούν οι συμφωνίες μεταξύ πελατών και παροχέων, η ομάδα εργάζεται πυρετωδώς για να προσδιορίσει το μέλλον των εφαρμογών του ATM στη χώρα. Μέσω αυτής της ομάδας, επιχειρήθηκε μια μελέτη από συνεντεύξεις των εμπλεκόμενων μερών (δηλαδή των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και των συνδρομητών) για να αποκτηθούν πληροφορίες που στόχο είχαν να δείξουν την κατεύθυνση.

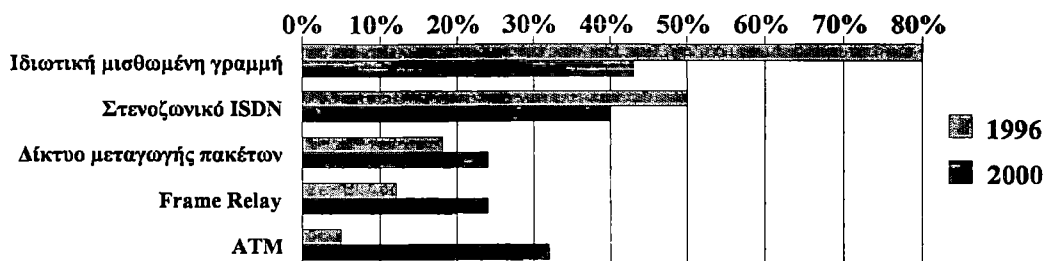
Η έρευνα, που είναι και η μεγαλύτερη μελέτη ως τώρα στην Ιαπωνία για το ATM, προσδιόρισε τις απαραίτητες απαιτήσεις σε μια επιχείρηση που πρόκειται να αλλάξει τις υπηρεσίες ευρείας ζώνης. Το 1996, οι πιο χρήσιμες εφαρμογές είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail) (62%), η διασύνδεση των LAN (56%), η πληροφοριακή έρευνα πολυμέσων (www) (50%) και οι online συναλλαγές (39%). Μέχρι το 2000, οι απαιτήσεις των χρηστών από τις υπηρεσίες ευρείας ζώνης, θα περιλαμβάνουν και το βίντεο-ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (video email), την επιτραπέζια (desktop) βιντεοδιάσκεψη και την βιντεοδιάσκεψη ομάδων. Επίσης, φαίνεται πως εταιρείες παραγωγής ηλεκτρονικών ή

ηλεκτρικών ειδών όπως και οικονομικές και ασφαλιστικές επιχειρήσεις θα χρησιμοποιούν πολλές από αυτές τις εφαρμογές.



Σχήμα 14: Απαιτήσεις για εφαρμογές

Τα είδη των δικτύων που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των LAN, για τις πιο πάνω εφαρμογές ήταν το 1996 κυρίως ιδιωτικές μισθωμένες γραμμές (80%), και στενοζωνικό ISDN (50%). Κατά το 2000, θα συνεχίσουν να προηγούνται τα πιο πάνω είδη αλλά με μειωμένα ποσοστά (43% και 39% αντίστοιχα). Απ' την άλλη, θα ανέβουν τα ποσοστά για χρήση frame relay (24%) και ATM (32%).



Σχήμα 15: Δίκτυα διασύνδεσης των LAN

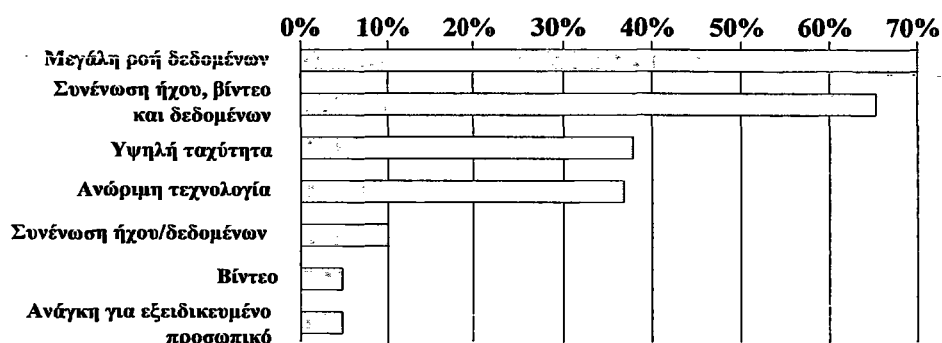
Στην ομάδα μελέτης, ήταν σημαντικό να αποκαλυφθεί ποια παραδοχή και παρουσία (αν υπήρχε) έχει το ATM. Βρέθηκε, ότι το 66% των ανταποκρινόμενων, γνώριζαν το ATM. Κατασκευαστές μηχανών, ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών, οικονομικές και ασφαλιστικές επιχειρήσεις, κατασκευαστικές και τηλεπικοινωνιακές επιχειρήσεις, έχουν ήδη εγκαταστήσει ATM ενώ μελετάται η εγκατάσταση και σε πολλές άλλες τοποθεσίες. Αυτό σημαίνει ότι το ATM έγινε αποδεκτό στους χώρους δουλειάς και θα ακολουθήσουν δημόσιες εφαρμογές. Απ' την άλλη, υπάρχουν ορισμένα εργοστάσια, όπως η βαριά βιομηχανία και μεταφορές, που δεν είναι έτοιμες να εφαρμόσουν ATM.

Η μελέτη περιέλαβε απαιτήσεις νέων εφαρμογών εργασίας. Φαίνεται πως υπάρχει μια συνάρτηση μεταξύ των νέων εφαρμογών και των σχεδίων εγκατάστασης ATM. Καταδεικνύεται το γεγονός ότι ήδη χρησιμοποιείται το ATM από εφαρμογές όπως video on demand, τηλε-εποπτεία και τραπεζικές

εργασίες από το σπίτι. Ο αριθμός συμπεριλαμβάνει και τους χρήστες δοκιμαστικού ΝΤΤ ΑΤΜ.

Το 70% των χρηστών βλέπουν το ΑΤΜ ως ισχυρό μέσο μετάδοσης δεδομένων ενώ το 63%, έχουν την άποψη ότι «το ΑΤΜ είναι η συνένωση φωνής, video και δεδομένων». Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ήχος στην Ιαπωνία, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στις επικοινωνίες μεταξύ των επιχειρήσεων. Είναι φανερό ότι η δυνατότητα για φωνή είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην απόφαση για εγκατάσταση ΑΤΜ.

Το 37% των χρηστών, από την άλλη μεριά, σκέφτονται ότι «το ΑΤΜ δεν είναι μια ώριμη τεχνολογία». Αυτό καταδεικνύει ότι οι χρήστες είναι διστακτικοί στην εγκατάσταση του ΑΤΜ. Βγαίνει έτσι το συμπέρασμα ότι η σταθερότητα που προσφέρουν οι τυποποιήσεις για το ΑΤΜ είναι πολύ σημαντικός παράγοντας, και πως πρέπει να ολοκληρωθούν το συντομότερο δυνατό, προκειμένου να αλλάξει η άποψη όσων σκέφτονται κατ' αυτό τον τρόπο.



Σχήμα 16: Εντυπώσεις από την τεχνολογία ΑΤΜ

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα της έρευνας, είναι φανερό ότι η αγορά ΑΤΜ της Ιαπωνίας μεγαλώνει και είναι έτοιμη για την ανάπτυξη του. Τα αποτελέσματα, μας επιτρέπουν να υποδείξουμε σημεία που χρειάζεται να δοθεί προσοχή, όπως θα γινόταν και στην Ιαπωνία.

- Η άποψη των οργανισμών μετάδοσης είναι «Το ΑΤΜ είναι πολύ σημαντικό. Εντούτοις, οι απώλειες κυψέλης είναι μεγάλο πρόβλημα». Στα νοσοκομεία, η άποψη είναι «Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής χρειάζονται πολύ καλή ποιότητα video. Πολύ σημαντικά στοιχεία είναι το δίκτυο ΑΤΜ και οι τερματικές συσκευές».
- Στην Ιαπωνία, το 70%-80% της κίνησης των ιδιωτικών δικτύων, είναι η φωνή. Η φωνή και η τηλεφωνία στο ΑΤΜ, είναι πολύ σημαντική.
- Κατά την άποψη των χρηστών, η συνεργασία μεταξύ των πωλητών προϊόντων, είναι ουσιαστική για την ανάπτυξη του ΑΤΜ.
- Οι χρήστες σκέφτονται επίσης, ότι το ΑΤΜ δεν είναι ώριμη τεχνολογία και αυτός είναι ο λόγος που τους κάνει διστακτικούς στην εγκατάστασή του. Για τους χρήστες, είναι αναγκαία η σταθερή θεμελίωση του ΑΤΜ. Θα προτιμούσαν επίσης, να αναβαθμίζουν το ΑΤΜ μέσω λογισμικού και όχι αγοράζοντας νέα προϊόντα.

Το ΑΤΜ Forum έχει την ευκαιρία, μέσα από αυτή τη μελέτη, να βγάλει συμπεράσματα που θα αφορούν όχι μόνο την Ιαπωνία, αλλά και όλο τον κόσμο.

### Μια δεύτερη έρευνα

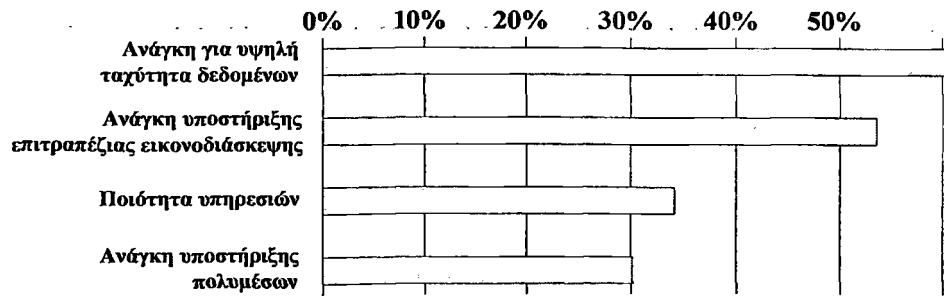
Μια δεύτερη έρευνα, πραγματοποιήθηκε μεταξύ 114 πελατών ATM LAN. Η έρευνα εστιάστηκε και σε θέματα δεκτικότητας των χρηστών για τη νέα αυτή τεχνολογία. Αποδείχτηκε λοιπόν πως το 83% των χρηστών είναι τόσο ικανοποιημένοι που σκέφτονται να κάνουν και νέες επενδύσεις στο ATM δίκτυό τους. Μόνο το 14% δεν θα επιχειρούσε κάτι τέτοιο. Πάντως και εδώ υπάρχουν αποφασιστικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις τους, όπως η διαθεσιμότητα εργαλείων διαχείρισης του δικτύου, η ανάπτυξη υψηλής ποιότητας εφαρμογών δεδομένων, η ανάπτυξη ευαίσθητων στις καθυστερήσεις εφαρμογών και το κόστος των ATM μεταγωγών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ποιότητα υπηρεσιών φαίνεται, παραδόξως, να μην παίζει ιδιαίτερο ρόλο στην απόφαση για εγκατάσταση του δικτύου ATM αφού μόλις το 10% τονίζει πως του είναι άκρως απαραίτητη. Επίσης, οι απόψεις στο θέμα του τι περίμεναν από το δίκτυο πριν την εγκατάστασή του και ποιες ήταν οι τελικές τους εντυπώσεις από αυτό ήταν ενθαρρυντικές αφού το 70% περίπου των ερωτηθέντων εισέπραξαν, τελικά, κάτι παραπάνω ή τουλάχιστον αυτό που περίμεναν από τη νέα τεχνολογία.

Η χρήση του ATM σε περιβάλλον γραφείου είναι περιορισμένη. Εντούτοις, με βάση πάντα την ίδια έρευνα, το 30% των πελατών του ATM θα το κάνουν στα επόμενα χρόνια. Ποιοι είναι όμως οι παράγοντες που οδηγούν ένα ποσοστό της τάξης του 18% να μην το κάνει; Ο κύριος λόγος είναι το κόστος. Όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί, αυτό υποστηρίζεται από το 82% των ερωτηθέντων. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι παράγοντες.

|   | Συμφωνώ<br>απόλυτα | Συμφωνώ | Ουδέτερη<br>στάση | Διαφωνώ | Διαφωνώ<br>απόλυτα |
|---|--------------------|---------|-------------------|---------|--------------------|
| Πολύ ακριβό   | 50%                | 32%     | 11%               | 4%      | 4%                 |
| Δεν είναι αναγκαίο τόσο μεγάλο εύρος                                    | 32%                | 20%     | 27%               | 16%     | 5%                 |
| Δεν υπάρχουν απαιτήσεις για ποιότητα στο desktop                        | 21%                | 20%     | 50%               | 9%      | 0%                 |
| Η απαιτούμενη ποιότητα, μπορεί να επιτευχθεί και μέσω άλλων τεχνολογιών | 16%                | 11%     | 46%               | 14%     | 13%                |

Η επόμενη ερώτηση, ήταν επακόλουθη της άποψης περί απόλυτης συμφωνίας. Η ερώτηση ήταν: Τι θα ήταν εκείνο που θα σας οδηγούσε στην εγκατάσταση του επιτραπέζιου ATM; Οι σημαντικότερες απαντήσεις φαίνονται πιο κάτω.





Σχήμα 17: Παράγοντες που οδηγούν στην εγκατάσταση επιτραπέζιου ΑΤΜ

Ένα σημαντικό στοιχείο, είναι ότι το 88% των πελατών, χρησιμοποιούν ή σχεδιάζουν να χρησιμοποιήσουν εφαρμογές συνεργασίας (όπως το NetMeeting).

Βλέπουμε πως τα αποτελέσματα και σ' αυτή την έρευνα, πλησιάζουν εκείνα της έρευνας στην Ιαπωνία. Υπάρχουν οι επιφυλάξεις αλλά φαίνεται και η ανάγκη σε πολλούς πελάτες να χρησιμοποιήσουν τη νέα τεχνολογία. Όλοι αυτοί, πάντως, είναι έτοιμοι να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές μεθόδους επικοινωνίας με τις νέες τους μορφές, αρκεί να έχουν τα κατάλληλα εχέγγυα από τους παροχείς αλλά και τη βιομηχανία παραγωγής νέων προϊόντων.

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ

### *Εισαγωγή*

Η βιντεοδιάσκεψη είναι μία διεθνής υπηρεσία που επιτρέπει την σε πραγματικό χρόνο διάσκεψη μεταξύ γεωγραφικά διασκορπισμένων των χρηστών, οι οποίοι διασυνδέονται μέσω τερματικών και τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Η βιντεοδιάσκεψη μπορεί να είναι μία υπηρεσία πολυμέσων αφού διαφορετικά μέσα μπορούν να μεταδίδονται μέσα από το ίδιο κανάλι.

Η βιντεοδιάσκεψη, παρέχει τις απαιτούμενες διευκολύνσεις για την πραγματοποίηση συνδιασκέψεων πραγματικού χρόνου ανάμεσα σε απλούς χρήστες ή ομάδες χρηστών σε δύο ή περισσότερους χώρους. Οι συμμετέχοντες σε μία βιντεοδιάσκεψη πραγματικού χρόνου έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων διαφορετικών μέσων, από ανταλλαγή απλών κλήσεων φωνής μέχρι εικονοδιασκέψεις με ταυτόχρονη ανταλλαγή ήχου, εικόνας και δεδομένων.

Σημαντικές είναι και οι νέες ευκολίες που διατίθενται στα συστήματα βιντεοδιάσκεψης. Από τα συστήματα που επέτρεπαν επικοινωνία μιας κατεύθυνσης μεταξύ των δύο μερών είναι δυνατή η εμπλοκή αρκετών συμμετεχόντων σε μία επικοινωνία N χρηστών με M χρήστες. Για τη διασύνδεση του τερματικού εξοπλισμού σε τρεις ή περισσότερες τοποθεσίες, απαιτείται μία ειδική δικτυακή συσκευή, η Μονάδα Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Control Unit - MCU), στην οποία διασυνδέονται όλες οι τοποθεσίες. Η MCU είναι υπεύθυνη για το βασικό συγχρονισμό των συρμών δεδομένων.

Η προσθήκη ευκολιών, όπως ο ηλεκτρονικός ασπρόπινακας, η μεταφορά εγγράφων και ο διαμοιρασμός εφαρμογών έχει αυξήσει τη δυναμική χρησιμοποίησης συστημάτων βιντεοδιάσκεψης. Για την περιγραφή της ολοκλήρωσης των διαφόρων εφαρμογών δεδομένων στη βασική επικοινωνία ήχου και βίντεο έχει προταθεί ο όρος "**mullimedia communication**".

### **Πρωτόκολλα κωδικοποίησης και συμπίεσης βίντεο**

Για να γίνει δυνατή η μεταφορά βίντεο και ήχου πάνω από τα υπάρχοντα μέσα μετάδοσης είναι απαραίτητη η συμπίεσή τους. Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι διάφορες τεχνικές συμπίεσης καθώς και τα πρότυπα κωδικοποίησης βίντεο.

### **Η ανάγκη για συμπίεση του βίντεο**

Το ψηφιακό βίντεο, είτε πρόκειται για εφαρμογές αποθήκευσης με τη μορφή συνεχούς ρεύματος οπτικοακουστικών δεδομένων (streaming applications) μιας κατεύθυνσης ή για ζωντανές και δυναμικά διαδραστικές επικοινωνίες, χρησιμοποιείται τυπικά μόνο σε συμπιεσμένη μορφή. Η συμπίεση αυτή είναι αναγκαία, διότι η ποσότητα των δεδομένων που αντιστοιχεί στο ασυμπιεστο βίντεο υπερβαίνει την χωρητικότητα των ψηφιακών δικτύων που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοσή του.

Πράγματι, είναι γνωστό ότι η κινούμενη εικόνα είναι στην πραγματικότητα μία γρήγορα κινούμενη ακολουθία από σταθερές εικόνες. Στις ταινίες ο αριθμός των ακίνητων εικόνων ή πλαισίων είναι 24/sec. Για τεχνικούς λόγους, η

τηλεόραση και το βίντεο χρησιμοποιούν 30 frame/sec στην Ιαπωνία και τις Η.Π.Α. και 25 στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο.

Καθένα από αυτά τα πλαίσια, στα συστήματα τηλεόρασης και βίντεο, διαιρείται σε πολύ μικρά τμήματα οπτικής πληροφορίας που ονομάζονται εικονοψηφίδες ή εικονοστοιχεία (picture element - pixel). Για πολλές εφαρμογές ψηφιακού βίντεο, κάθε πλαίσιο έχει 328 ή 352 pixel στην οριζόντια κατεύθυνση και 240 ή 288 pixel στην κατακόρυφη κατεύθυνση. Οποιοδήποτε χρώμα του φάσματος φωτός, μπορεί να δημιουργηθεί με συνδυασμό διάφορων ποσοτήτων του κόκκινου, του πράσινου και του γαλάζιου φωτός, που λέγονται σήματα RGB (Red, Green, Blue). Για να απεικονιστεί οποιοδήποτε χρώμα στην ορατή περιοχή με μεγάλη ακρίβεια, χρειάζονται κάπου 250 διαφορετικά επίπεδα για κάθε χρώμα. Για την αναπαράσταση 256 επιπέδων έντασης απαιτούνται 8 δυφία ( $2^8$ ). Έτσι, κάθε pixel απαιτεί για την αναπαράσταση ολόκληρης της περιοχής των ορατών χρωμάτων 24 δυφία (8 δυφία επί 3 χρώματα).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση ο υπολογισμός του εύρους ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση ασυμπιεστού βίντεο είναι ο εξής (για το αμερικανικό σύστημα):

$$\begin{aligned}
 \text{Pixels/frame} &= \text{Horizontal pixels} \times \text{Vertical pixels} \\
 &= 352 \times 288 \\
 &= 101.376 \\
 \text{Bits/frame} &= \text{Pixels/frame} \times \text{Bits/Pixel} \\
 &= 101.376 \times 24 \\
 &= 2.433.024 \\
 \text{Bits/sec} &= \text{Bits/frame} \times \text{Frames/sec} \\
 &= 2.433.024 \times 30 \\
 &= 72.990.720
 \end{aligned}$$

Επομένως η μετάδοση ασυμπιεστού βίντεο θα απαιτούσε εύρος ζώνης περίπου 73 Mbps που είναι περισσότερο από επτά φορές μεγαλύτερο από το διαθέσιμο εύρος ζώνης σε ένα συμβατικό δίκτυο Ethernet (10 Mbps) και περισσότερο από 1100 φορές από το εύρος ζώνης που παρέχει ένα B κανάλι (64 Kbps) στο ISDN. Με αυτά τα δεδομένα η μετάδοση ασυμπιεστού βίντεο δεν είναι εφικτή ούτε από τεχνικής ούτε από οικονομικής πλευράς.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην πράξη τα σήματα RGB μετατρέπονται σε ένα σήμα φωτεινότητας (Y) και στα δύο σήματα χρωματισμού (U ή R-Y και V ή B-Y αντίστοιχα), επειδή κάθε χρώμα χαρακτηρίζεται από τρία μεγέθη, τη φωτεινότητα (luminance) και δύο σήματα χρωματισμού, το χρωματικό τόνο ή απόχρωση (hue) και τον κορεσμό (saturation).

Η φωτεινότητα είναι ανάλογη με την ισχύ της ακτινοβολίας και αναπαριστά το ποσό φωτός σε μία εικόνα (για ασπρόμαυρες εικόνες αναπαριστά τις διαβαθμίσεις του γκριζου), η απόχρωση εξαρτάται από το μήκος κύματος των ακτινών και καθορίζει αν πρόκειται για χρώμα κόκκινο, κίτρινο μπλε κ.λ.π. και ο κορεσμός καθορίζει τη διαβάθμιση του τόνου στην έντασή του (αν πρόκειται για αμυδρό ή έντονο χρώμα) για συγκεκριμένη απόχρωση. Η απόχρωση και ο κορεσμός αποδίδονται με την ονομασία χρωματικότητα (chrominance). Περισσότερο σημαντικό τμήμα της πληροφορίας περιέχεται στο σήμα φωτεινότητας Y.

## Συμπίεση βίντεο

Όπως προαναφέρθηκε, η συμπίεση του βίντεο είναι αναγκαία για κάθε πρακτικά εφικτό σύστημα μετάδοσης. Υπάρχει μία μεγάλη γκάμα τεχνικών συμπίεσης βίντεο, οι οποίες με ένα κατάλληλο πρότυπο καλύπτουν ουσιαστικά κάθε είδος εφαρμογής.

Η συμπίεση του βίντεο διαφέρει σημαντικά από τη συμπίεση ακίνητης εικόνας. Η συμπίεση ακίνητης εικόνας βασίζεται μόνο σε ενδοπλαισιακές (intraframe) τεχνικές, ενώ η συμπίεση βίντεο χρησιμοποιεί και ενδοπλαισιακές και διαπλαισιακές (interframe) τεχνικές. Επιπλέον, μερικές τεχνικές συμπίεσης βίντεο είναι συμμετρικές και άλλες μη συμμετρικές. Μερικές είναι χωρίς απώλειες (lossless) και άλλες με απώλειες (lossy). Οι όροι αυτοί θα εξηγηθούν στη συνέχεια.

Η μετάδοση του ψηφιακού βίντεο βασίζεται σε μία διαδικασία τριών βημάτων:

- **Σύλληψη ή Ψηφιοποίηση.** Στο σημερινό κόσμο, το βίντεο είναι αρχικά σε αναλογική μορφή. Συγκεκριμένες παράμετροι της εικόνας μετατρέπονται σε ηλεκτρικούς παλμούς με ιδιότητες που αντιστοιχούν σ' αυτά τα αντικείμενα. Για παράδειγμα, η λαμπρότητα (brightness) μπορεί να ρυθμιστεί να αντιστοιχεί στην τάση. Όσο πιο φωτεινή είναι η εικόνα, τόσο μεγαλύτερη η τάση του ηλεκτρικού σήματος.

Για να γίνει η συμπίεση, πρέπει η μορφή του βίντεο να μετατραπεί από αναλογική σε ψηφιακή. Για να μετατραπεί ένα σήμα σε ψηφιακή μορφή, μετριέται ή δειγματοληπτείται η φυσική ποσότητα που παριστά καθώς αλλάζει με το χρόνο. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στο μέγεθος του σήματος σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή φυλάσσονται (αποθηκεύονται). Η δειγματοληψία των δεδομένων και η αποθήκευσή τους αναφέρονται ως *σύλληψη* (capture) ή *ψηφιοποίηση* (digitization) του αρχικού σήματος. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης του σήματος τυπικά συμβαίνει στην ίδια διάταξη που είναι υπεύθυνη για την συμπίεση που ακολουθεί, εκτός αν η συμπίεση γίνεται μόνο με λογισμικό (Software ή S/W). Τυπικά όμως χρειάζεται μία κάρτα ψηφιοποίησης για PC, καθώς η ψηφιοποίηση πάντοτε απαιτεί τουλάχιστον κάποια μεσολάβηση υλισμικού (Hardware ή H/W).

- **Συμπίεση ή κωδικοποίηση.** Από τη στιγμή που το βίντεο έχει ψηφιοποιηθεί, μπορεί να συμπιεστεί ή να κωδικοποιηθεί με συστηματική αναζήτηση σχημάτων (μορφών) πλεονασμού ή μεγάλης ομοιότητας. Ο πλεονασμός ή η ομοιότητα μέσα σε ένα πλαίσιο ή εικόνα οδηγεί σε ενδοπλαισιακή συμπίεση. Ο πλεονασμός ή η ομοιότητα μεταξύ διαδοχικών πλαισίων σε μία ακολουθία βίντεο που βασίζεται στο χρόνο, οδηγεί στην διαπλαισιακή συμπίεση.

Όταν βρεθούν αυτά τα σχήματα, μεταφράζονται από μαθηματικούς τύπους σε αριθμητικές τιμές. Η αρχική εικόνα μπορεί εικόνα να επανέλθει στην αρχική της μορφή, με μεγαλύτερη ή μικρότερη ακρίβεια, με αυτούς τους μαθηματικούς τύπους και με μία μικρή ποσότητα δεδομένων από την αρχική. Τα μη αναγκαία δεδομένα αποβάλλονται. Η συμπίεση συμβαίνει διότι οι μαθηματικοί τύποι καταναλίσκουν μικρότερο αριθμό byte από τα δεδομένα που εξαλείφονται. Τα δεδομένα που απομένουν μαζί με τις μαθηματικές αναπαραστάσεις απαρτίζουν το συμπιεσμένο βίντεο.

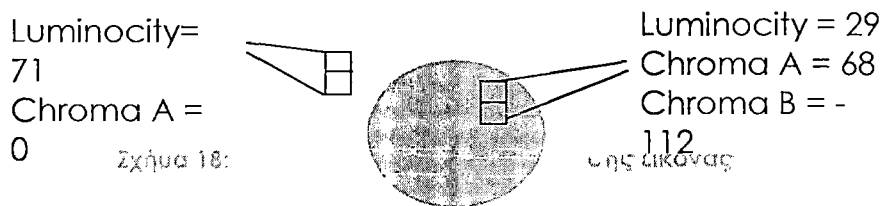
Η συμπίεση βίντεο με ποιότητα εκπομπής τυπικά συμβαίνει σε αφιερωμένες πλατφόρμες υλικού που είναι γνώστες ως κωδικοποιητές (encoder). Σε επίπεδο ενδιάμεσης ποιότητας οι κωδικοποιητές είναι επίσης διαθέσιμοι ως κάρτες για PC και σταθμούς εργασίας. Η συμπίεση, τέλος, μπορεί να υλοποιηθεί με χρήση αυτόνομου λογισμικού σε PC.

- **Αποσυμπίεση ή αποκωδικοποίηση.** Το συμπιεσμένο βίντεο πρέπει να αποσυμπίεστεί ή να ανασυσταθεί μαθηματικά στον προορισμό του, ώστε να εμφανιστεί σε μία οθόνη τηλεόρασης ή υπολογιστή. Η αποσυμπίεση γίνεται στον υπολογιστή εμφάνισης του βίντεο που συνήθως υλοποιείται με λογισμικό που τρέχει στα συστήματα αυτά. Η αποσυμπίεση μπορεί επίσης να υποβοηθείται από ειδικό H/W, που παρέχεται ως κάρτα υπολογιστή, για εφαρμογές υψηλής ποιότητας όπως η τηλεόραση εκπομπής.

### Ενδοπλαισιακή Συμπίεση

Η πιο βασική τεχνική για την επίτευξη συμπίεσης των ψηφιοποιημένων φωτογραφικών εικόνων είναι η ενδοπλαισιακή συμπίεση. Όταν συλλαμβάνεται ή ψηφιοποιείται μία μοναδική εικόνα, σαρώνεται σε **pixel** με μία διαδικασία που είναι γνωστή ως ψηφιακή δειγματοληψία. Κάθε pixel είναι ένα διάκριτο σημείο στην εικόνα. Στα χρώματα αυτών των σημείων δίνονται (εκχωρούνται) τιμές μέσα σε μία περιοχή χρωμάτων (color space). Στις περισσότερες τεχνικές σύλληψης/συμπίεσης, το εισερχόμενο σήμα βίντεο αποσυντίθεται σε μία τιμή για την φωτεινότητα (luminosity) και δύο τιμές για τις διαφορές χρώματος (chroma). Στο pixel δίνεται μία τιμή για κάθε μία από αυτές τις μεταβλητές.

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται η εικόνα μιας σταθερά μπλε σφαίρας (ball) έναντι ενός σταθερά γκριζου υπόβαθρου. Η εικόνα αποτελείται από δύο μόνο χρώματα, το μπλε της σφαίρας και το γκριζο του υπόβαθρου. Όταν αυτή η εικόνα ψηφιοποιείται, κάθε μπλε pixel έχει τις ίδιες αριθμητικές τιμές και κάθε γκριζο pixel έχει τις ίδιες αριθμητικές τιμές, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Στις μπλε και γκριζες περιοχές της οθόνης, τα περισσότερα γειτονικά μεταξύ τους pixel έχουν τις ίδιες τιμές και η εικόνα παρουσιάζει αυτό που ονομάζεται χωρικός πλεονασμός (spatial redundancy). Η ενδοπλαισιακή συμπίεση εκμεταλλεύεται το χωρικό πλεονασμό.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όταν ψηφιοποιείται μία εικόνα, τα χαρακτηριστικά κάθε pixel αναπαριστώνται με τρεις αριθμούς. Για την κωδικοποίηση κάθε μιας από τις τρεις τιμές χρησιμοποιούνται 8 bit (1 byte), έτσι χρειάζονται 24 bit (3 byte) για την κωδικοποίηση κάθε pixel. Από τη στιγμή που προσδιοριστούν οι τιμές κάθε pixel, η ενδοπλαισιακή συμπίεση υποδιαιρεί το πλαίσιο σε τετραγωνικές περιοχές, που είναι γνωστές ως block. Ο αριθμός και το μέγεθος των block προσδιορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως

το μέγεθος της εικόνας και το μέγεθος της επιθυμητής συμπίεσης. Αν και η διάσταση των block μπορεί να είναι θεωρητικά  $N \times N$  pixel, ένα πολύ συνηθισμένο μέγεθος block είναι το  $8 \times 8$ . Στο υπόλοιπο κείμενο, ως μέγεθος του block θεωρείται το  $8 \times 8$  pixel.

Από τη στιγμή που το πλαίσιο έχει υποδιαιρεθεί, εφαρμόζονται αρκετοί αλγόριθμοι ή μετασχηματισμοί (transform) σε καθένα από τα block. Ο πιο κοινός αλγόριθμος είναι ο μετασχηματισμός διακριτού συνημίτονου (discrete cosine transform, DCT). Η βασική ιδέα του αλγορίθμου DCT είναι ότι μετασχηματίζει τη χωρική πληροφορία (δηλαδή τον πίνακα των pixel στο πλαίσιο) σε πληροφορία συχνοτήτων. Αυτό το βήμα παράγει πληροφορία για το πώς κατανέμονται η φωτεινότητα και το χρώμα σ' ένα δοσμένο block. Εφόσον χρειάζονται τρία byte ανά pixel, ένα για τη φωτεινότητα και δύο για τις χρωματικές διαφορές, για να περιγραφεί ένα block  $8 \times 8$  pixel χρειάζονται 192 byte.

Η πραγματική συμπίεση των δεδομένων συμβαίνει όταν η πληροφορία συχνοτήτων που παράγεται από το DCT υφίσταται μία διαδικασία κβαντοποίησης και κωδικοποίησης. Η πληροφορία συχνοτήτων και χρώματος που περιέχεται στο block των pixel ελαττώνεται σε ένα μόνο αριθμό των 24 bit που σχετίζεται μαθηματικά με τη μέση φωτεινότητα και το χρώμα του block (έναν αριθμό των 8 bit για τη φωτεινότητα και δύο των 8 bit για τις χρωματικές διαφορές). Επίσης, δημιουργούνται 63 επιπρόσθετοι αριθμοί που δείχνουν πιθανές αποκλίσεις στα ξεχωριστά pixel.

Στο παράδειγμα της μπλε σφαίρας έναντι του γκριζου υπόβαθρου, αν και μερικά block περιέχουν μπλε και γκριζα pixel, τα περισσότερα block είναι καθαρά μπλε ή γκριζα. Τα καθαρά block παρουσιάζουν μηδενική απόκλιση, δηλαδή οι τρεις τιμές, για κάθε μία από τις 63 μεταβλητές διαφορών, είναι όλες μηδενικές και μπορεί να αγνοηθούν. Το συνολικό block αναπαριστάται από ένα σύνολο τριών byte. Επομένως, τα δεδομένα που αναπαριστούν τα καθαρά block ελαττώνονται από 192 σε 3 byte, επιτυγχάνοντας έτσι μία συμπίεση δεδομένων 64 προς 1. Για τη συνολική εικόνα, η μέση συμπίεση που επιτυγχάνεται είναι πιο πιθανό να βρίσκεται ανάμεσα στο 50 προς 1 και το 60 προς 1. Μπορεί να επιτευχθεί ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση με επιλογή μεγαλύτερου μεγέθους block.

### **Διαπλαισιακή συμπίεση**

Μια κινούμενη εικόνα είναι μία ακολουθία από ακίνητες εικόνες που συλλαμβάνουν την κίνηση σε μικρές αυξήσεις (βήματα). Όταν η ακολουθία αυτή ξαναπαιχθεί με κατάλληλη ταχύτητα, η κίνηση φαίνεται συνεχής. Συχνά, υπάρχει μεγάλη ποσότητα πλεονασμού μεταξύ των πλαισίων, ιδιαίτερα όταν αλλάζει ένα μικρό μόνο τμήμα τους. Επειδή κάθε ξεχωριστή εικόνα ή πλαίσιο είναι ουσιαστικά μία ακίνητη φωτογραφική εικόνα, οι τεχνικές ενδοπλαισιακής συμπίεσης που συζητήθηκαν πιο πάνω παίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπίεση και των κινούμενων εικόνων. Ενώ αυτές οι ενδοπλαισιακές τεχνικές εκμεταλλεύονται, όπως προαναφέρθηκε, το χωρικό πλεονασμό για κάθε ακίνητη εικόνα, δεν εκμεταλλεύονται τον πλεονασμό που μπορεί να υπάρχει από πλαίσιο σε πλαίσιο, στη διάρκεια του χρόνου. Οι τεχνικές διαπλαισιακής συμπίεσης έχουν αναπτυχθεί για να επιδράσουν σ' αυτόν το χρονικό πλεονασμό. Πράγματι, υπάρχει αρκετός

πλεονασμός ανάμεσα σε γειτονικά πλαίσια, διότι μέσα σε ένα στιγμιότυπο, το υπόβαθρο, για παράδειγμα, τείνει να παραμένει σταθερό. Η διαπλαισιακή συμπίεση, επομένως, εκμεταλλεύεται τους χρονικούς πλεονασμούς ανάμεσα σε ρίxel που βρίσκονται στην ίδια θέση αλλά σε γειτονικά πλαίσια.

Η πιο σημαντική εμπορικά τεχνική διαπλαισιακής συμπίεσης είναι η τεχνική προσαρμογής των block (block - matching) και εκτίμησης και αντιστάθμισης της κίνησης (motion estimation and compensation). Η τεχνική αντιστάθμισης είναι πολύ απλή και είναι όμοια με την DCT στο ότι υποδιαιρεί το πλαίσιο σε block (τυπικά μεγαλύτερα block από την DCT). Από τη στιγμή που το πλαίσιο υποδιαιρεθεί, εφαρμόζονται ένας ή περισσότεροι αλγόριθμοι μετασχηματισμού στα δεδομένα των ρίxel στα block, για να μετατρέψουν τα χωρικά δεδομένα σε άλλες ισοδύναμες μαθηματικές αναπαραστάσεις.

Όταν έχει υποστεί επεξεργασία το πλαίσιο  $N$ , ο αλγόριθμος κινείται στο επόμενο πλαίσιο ( $N+1$ ). Προσπαθεί τότε να ταιριάξει τα block στο πλαίσιο  $N$  με τα block στο πλαίσιο  $N+1$  εφαρμόζοντας ουσιαστικά τα ίδια βήματα στο νέο πλαίσιο. Αν παρατηρηθεί ότι ένα block κινήθηκε από το  $N$  στο  $N+1$ , τότε ο αλγόριθμος εκτιμά το ποσόν της μετατόπισης από πλαίσιο σε πλαίσιο σε σχέση με τα ρίxel και υπολογίζει το διάνυσμα κίνησης για αυτήν τη μετατόπιση.

Όταν ολοκληρωθεί η ανάλυση για όλα τα block του πλαισίου, ο αλγόριθμος προχωρεί στο επόμενο πλαίσιο ( $N+2$ ). Εκτελούνται τα ίδια βασικά βήματα με μία σημαντική διαφορά. Όποια διανύσματα κίνησης υπολογίστηκαν στα προηγούμενα βήματα, χρησιμοποιούνται ως πρόβλεψη. Το ισοδύναμο block αναζητείται αρχικά σε μία συγκεκριμένη θέση που βασίζεται στην προηγούμενη πορεία του. Αν ανιχνευθεί κίνηση, το σύστημα αυτό ρυθμίζει ξανά τις τιμές μέσα στο block. Αυτή η τελευταία ρύθμιση είναι το βήμα αντιστάθμισης κίνησης και μπορεί να μην είναι αναγκαίο. Αν και ο αλγόριθμος προσαρμογής των block, εκτίμησης και αντιστάθμισης κίνησης έχει περιγραφεί ως διαδικασία κίνησης προς τα εμπρός (forward-moving process) μέσα στο χρόνο, οι περισσότερες πραγματικές υλοποιήσεις του αλγορίθμου αυτού επιτυγχάνουν μέγιστη αντιστάθμιση και ποιότητα με επεξεργασία της ακολουθίας των πλαισίων με βήματα και προς τα εμπρός και προς τα πίσω.

Όμως, συχνά αυτά τα βήματα από μόνα τους δεν παράγουν αποδεκτά αποτελέσματα, κι έτσι οι περισσότερες διαπλαισιακές μέθοδοι προσθέτουν τουλάχιστον ένα ακόμη τέχνασμα. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από την προσαρμογή των block και τα διανύσματα κίνησης, δημιουργούν πολύ συμπιεσμένα ενδιάμεσα πλαίσια. Ουσιαστικά, το σχήμα αντιστάθμισης παράγει το ενδιάμεσο πλαίσιο από τα δεδομένα κίνησης και τότε το αφαιρεί από το προβλεπόμενο πλαίσιο. Αυτό το πλαίσιο διαφοράς συμπιέζεται, με κάποια από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην ενδοπλαισιακή συμπίεση.

Η τελική ροή συμπιεσμένου βίντεο αποτελείται από μία ακολουθία από συμπιεσμένα πλαίσια αναφοράς που λέγονται I-Frames, διεσπαρμένων με αυτά τα συμπιεσμένα ενδιάμεσα πλαίσια. Τα I-Frame πρέπει να στέλνονται περιοδικά για να εξασφαλίζουν ότι ο αποκωδικοποιητής χειρίζεται κανονικά ένα πακέτο χαμένου I-Frame και να εξασφαλίζει ότι τα πλαίσια διαφορών δεν γίνονται πολύ πολύπλοκα.

## Συμμετρική και μη Συμμετρική Συμπίεση/Αποσυμπίεση

Από μαθηματικής πλευράς, σχετίζονται πολύ οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για συμπίεση και αποσυμπίεση. Στην πραγματικότητα είναι αντίστροφες διαδικασίες. Η χρήση μιας τεχνικής συμπίεσης επιβάλλει τη χρήση μιας αντίστοιχης τεχνικής αποσυμπίεσης. Όμως, οι τεχνικές αυτές δεν απαιτούν αναγκαστικά την ίδια ποσότητα εργασίας. Συστήματα στα οποία η κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση απαιτούν προσεγγιστικά την ίδια ποσότητα υπολογιστικής προσπάθειας αναφέρονται ως συμμετρικά συστήματα. Συστήματα που απαιτούν πολύ διαφορετική υπολογιστική προσπάθεια είναι γνωστά ως μη συμμετρικά συστήματα.

Οι ασυμμετρίες συμβαίνουν στην πλευρά είτε της κωδικοποίησης είτε της αποκωδικοποίησης, αλλά στην πράξη η ασυμμετρία ενδιαφέρει μόνον όταν η κωδικοποίηση απαιτεί περισσότερη προσπάθεια από την αποκωδικοποίηση. Οι τεχνικές μη συμμετρικής συμπίεσης είναι σημαντικές σε εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου, όπως η εκπομπή ή η ροή βίντεο, στις οποίες:

- Η ποιότητα είναι πολύ σημαντική.
- Το κόστος κωδικοποίησης είναι σχετικά ασήμαντο
- Η κωδικοποίηση συμβαίνει μόνο μία φορά αλλά το συμπιεσμένο βίντεο παίζεται πολλές φορές
- Η αποκωδικοποίηση πρέπει να είναι φθηνή και πιθανώς να υλοποιείται με λογισμικό.

Μερικές τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές που βασίζονται στο βίντεο χρησιμοποιούν μη συμμετρικά σχήματα, όταν η ποιότητα του βίντεο είναι πιο σημαντική από το κόστος. Για εφαρμογές στις οποίες το κόστος είναι πιο σημαντικό, χρησιμοποιούνται συμμετρικά σχήματα.

## Αντιστρεπτή έναντι μη αντιστρεπτής συμπίεσης

Οι διαφορετικές προσεγγίσεις για συμπίεση/αποσυμπίεση, παρέχουν και διαφορετικούς τρόπους χειρισμού των δεδομένων που συμπιέζονται. Η κατηγοριοποίηση αυτών των διαφορών σχετίζεται με το αν μία συμπιεσμένη εικόνα ή ένα πλαίσιο βίντεο μπορεί να αναδημιουργηθεί με ακρίβεια ή μόνο προσεγγιστικά.

Αν η τεχνική συμπίεσης/αποσυμπίεσης παρέχει ακριβή ανακατασκευή της εικόνας κάθε φορά που χρησιμοποιείται, τότε είναι προσέγγιση χωρίς απώλειες (η αρχική ψηφιοποίηση του αναλογικού σήματος περιλαμβάνει μία συγκεκριμένη ποσότητα απωλειών). Η τεχνική αυτή εξασφαλίζει ότι κάθε κόκκινη, πράσινη και μπλε τιμή για κάθε pixel και για κάθε πλαίσιο μπορεί να επαναφερθεί μετά την αποσυμπίεση για να ταιριάζει ακριβώς στις αντίστοιχες τιμές στο αρχικό πλαίσιο. Εφαρμογές ιατρικών εικόνων, όπως δεδομένα βίντεο υπερήχων (video sonogram data), είναι καλό παράδειγμα χρήσης αντιστρεπτού σχήματος συμπίεσης.

Αν η τεχνική συμπίεσης/αποσυμπίεσης έχει ως αποτέλεσμα, όταν εφαρμόζεται, μερικές φορές μία προσέγγιση της αρχικής εικόνας, είναι προσέγγιση με απώλειες (lossy). Μερικά από τα πλαίσια που συμπιέστηκαν με αυτό τον τρόπο, καταλήγουν να έχουν ελαφρά διαφορετικές μερικές τιμές των pixel από τις



αντίστοιχές τους, στο αρχικό σχήμα. Υψηλότερα επίπεδα συμπίεσης προκαλούν, τυπικά, απώλεια περισσότερης πληροφορίας.

Τα σχήματα συμπίεσης με απώλειες μπορεί να επιτύχουν πολύ υψηλότερα επίπεδα συμπίεσης από αυτά χωρίς απώλειες. Τα σχήματα συμπίεσης χωρίς απώλειες επιτυγχάνουν λόγους συμπίεσης 2 προς 1 ή 3 προς 1, ενώ τα σχήματα συμπίεσης με απώλειες λόγους 10 προς 1 ως 200 προς 1. Η ποσότητα της πληροφορίας βίντεο είναι μία παράμετρος που μπορεί να ρυθμιστεί και μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής. Αν μία εφαρμογή πρέπει να τρέχει σε περιβάλλον πολύ περιορισμένου εύρους ζώνης, μπορεί να αυξηθεί η απώλεια για να ελαχιστοποιηθεί η χρήση του εύρους ζώνης.

### **Motion-JPEG**

Ένα από τα πρώτα σχήματα συμπίεσης που εφαρμόστηκαν στο βίντεο, σχεδιάστηκε αρχικά για να παρέχει έναν τρόπο συμπίεσης των δεδομένων σε ψηφιοποιημένες ακίνητες εικόνες. Το πρότυπο προσδιορίστηκε από μία ομάδα που είναι γνωστή ως Joint Photographic Experts Group και ονομάζεται JPEG. Επειδή το πρότυπο JPEG αρχικά προοριζόταν για χρήση με τις ακίνητες εικόνες, χρησιμοποιεί την ενδοπλαισιακή συμπίεση, η οποία εξετάζει τα δεδομένα μόνο μέσα στο πλαίσιο. Για να τα συμπίεσει ψάχνει για ομοιότητες ανάμεσα σε γειτονικά pixels, σε αντίθεση με τη διαπλαισιακή συμπίεση που ασχολείται με ομοιότητες ανάμεσα σε γειτονικά πλαίσια. Όμως, ενώ οι διαπλαισιακές τεχνικές κανονικά επιτυγχάνουν μεγαλύτερους λόγους συμπίεσης από τις ενδοπλαισιακές τεχνικές, απαιτούν και περισσότερο χρόνο για να ανιχνεύσουν τους διαπλαισιακούς πλεονασμούς.

Εφόσον το βίντεο είναι μία σειρά από ακίνητες εικόνες, ήταν σχετικά εύκολο να προσαρμοστεί το πρότυπο JPEG για χρήση στο βίντεο απλά χρησιμοποιώντας το για συμπίεση των δεδομένων σε κάθε ξεχωριστό πλαίσιο. Τα δεδομένα που προκύπτουν αναφέρονται ως δεδομένα Motion JPEG (M-JPEG). Τα περισσότερα από τα πρώτα βίντεο σε υπολογιστές βασιζόνταν στη συμπίεση M-JPEG και απαιτούσαν τη χρήση καρτών συμπίεσης/αποσυμπίεσης. Αν και το M-JPEG προσδιορίζει τον τρόπο που αποθηκεύονται τα δεδομένα εικόνας (ως ακίνητες εικόνες JPEG), δεν προσδιορίζει μία μορφή μετάδοσης.

Αν και τα πρότυπα συμπίεσης βίντεο και η αγορά έχουν εξελιχθεί σημαντικά από τότε που εισήχθη το M-JPEG στις αρχές του 1990, το πρότυπο έχει ακόμη χρήστες στον κόσμο του ψηφιακού βίντεο. Για παράδειγμα, επειδή ασχολείται μόνο με δεδομένα που περιέχονται σε ένα πλαίσιο, η M-JPEG συμπίεση/αποσυμπίεση είναι τυπικά ταχύτερη από άλλα πρότυπα που βασίζονται στην διαπλαισιακή συμπίεση. Έτσι, η M-JPEG είναι χρήσιμη σε καταστάσεις που απαιτούν την ικανότητα να δείχνουν με ακρίβεια και ταχύτητα ακριβώς σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Ένα πρακτικό παράδειγμα μίας εφαρμογής που απαιτεί αυτή την ικανότητα είναι η επεξεργασία βίντεο.

Το M-JPEG είναι επίσης χρήσιμο σε εφαρμογές τηλεπικοινωνιών που βασίζονται στο βίντεο, απαιτούν υψηλή ποιότητα και είναι σχετικά απεριόριστες από πλευράς εύρους ζώνης. Είναι, ιστορικά, το πρότυπο συμπίεσης που επιλέγεται σε εφαρμογές άμυνας ή υψηλής ασφάλειας πληροφοριών, στις οποίες υπάρχουν δίκτυα υψηλού εύρους ζώνης αφιερωμένα στη μετάδοση

εικόνων βίντεο υψηλής ανάλυσης και απαιτείται η διατήρηση των ξεχωριστών πλαισίων με υψηλή ανάλυση.

### **MPEG-1**

Το 1992 εμφανίστηκε το πρότυπο MPEG-1, το οποίο σχεδιάστηκε ως τεχνολογία σύλληψης και αναπαραγωγής ψηφιακού βίντεο για διαδραστικό και αποθηκευμένο βίντεο σε CD-ROM. Αντίθετα με το M-JPEG, το MPEG χρησιμοποιεί και διαπλαισιακές και ενδοπλαισιακές τεχνικές για συμπίεση, ώστε να επιτευχθούν λόγοι συμπίεσης πολύ μεγαλύτεροι από αυτούς που μπορεί να δώσει το M-JPEG. Επιπλέον, επιτυγχάνονται λόγοι συμπίεσης με επίπεδο ποιότητας που είναι κατά προσέγγιση ίδιο με αυτό που παρέχεται από βιντεοκασέτες VHS.

Για τους λόγους αυτούς, το MPEG-1 είναι η λογική επιλογή συμπίεσης σε πολλές εφαρμογές ροής ζωντανού βίντεο. Σε εφαρμογές βιντεοδιάσκεψης, η δυνατότητα εφαρμογής του MPEG-1 περιορίζεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν τα απαιτούμενα πρότυπα για πρόσθετες δυνατότητες. Το MPEG-1 δεν παρέχει λειτουργίες, όπως προγραμματισμό διάσκεψης, αποκατάσταση κλήσης και εξουσιοδότηση συμμετεχόντων. Επιπλέον, οι περισσότερες εφαρμογές της MPEG-1 είναι ρυθμισμένες για ροή βίντεο μίας κατεύθυνσης, όπου για τη βελτίωση της απόδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί προσωρινή αποθήκευση και επομένως εισάγουν καθυστέρηση μεγαλύτερη από την επιτρεπτή από τις προδιαγραφές βιντεοδιάσκεψης (μέχρι 200 msec περίπου).

Η MPEG-1 έχει και άλλους περιορισμούς που μπορεί να περιορίσουν επιπλέον τη δυνατότητα εφαρμογής της. Η συμπίεση MPEG-1, όπως τα περισσότερα πρότυπα που χρησιμοποιούν διαπλαισιακές τεχνικές, προκαλεί παρεμβαλλόμενα πλαίσια, τα οποία πρέπει να ξαναφτιαχτούν πλήρως από τους κώδικες συμπίεσης δεδομένων και όχι από τα αρχικά δεδομένα της εικόνας. Με άλλα λόγια η MPEG-1 εξαλείφει εντελώς μερικά πλαίσια ή ακολουθίες πλαισίων κατά τη διάρκεια της συμπίεσης και τα ξαναφτιάχνει κατά την αποσυμπίεση. Όσο μεγαλύτερος λόγος συμπίεσης απαιτείται, τόσο υπάρχουν περισσότερα παρεμβαλλόμενα πλαίσια.

Ως αποτέλεσμα της παρεμβολής πλαισίων, δεν υπάρχει τρόπος να εγγυηθεί κανείς ότι οι αναδομηθείσες (δηλαδή οι αποσυμπίεσθεισες) ακολουθίες θα ταιριάζουν στις ακολουθίες της πηγής με απόλυτη ακρίβεια. Οι αναδομηθείσες ακολουθίες μπορεί να διαφέρουν από τις αρχικές κατά ένα ή περισσότερα πλαίσια. Από τα πιο πάνω φαίνεται ότι η MPEG-1 δεν χρησιμοποιείται κανονικά σε εφαρμογές επεξεργασίας βίντεο.

Επιπλέον, αν και αρκετοί άνθρωποι θεωρούν την ποιότητα της ταινίας VHS ικανοποιητική, δεν είναι αρκετή για όλες τις εφαρμογές. Το τηλεοπτικό δίκτυο εκπομπής, για παράδειγμα, απαιτεί υψηλότερα επίπεδα ποιότητας βίντεο από αυτά που μπορεί να προσφέρει η MPEG-1. Αυτό το όριο στην ποιότητα προκαλείται από το γεγονός ότι το πρότυπο MPEG-1 προσδιόρισε ένα μέγιστο εύρος ζώνης 1.5 Mbps για τη συμπίεσμένη ροή βίντεο.

### **MPEG-2**

Το MPEG-2 ενσωματώνει σημαντικά εμπλουτισμένες δυνατότητες σε σύγκριση με το MPEG-1. Το MPEG-2 υποστηρίζει επίπεδα εύρους ζώνης από 1.5-έως 24

Mbps, που είναι υπεραρκετό για να υποστηρίξει τη στάνταρ τηλεόραση που χρειάζεται 6 με 8 Mbps. Είναι επίσης αρκετό για να υποστηρίξει την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (High Definition TV ή HDTV).

Το MPEG-2 είναι το πρότυπο συμπίεσης που επιλέγεται σε δημοφιλείς εφαρμογές καταναλωτών, όπως σε δορυφόρους άμεσης ευρυεκπομπής (Direct Broadcast Satellite - DBS) και κωδικοποίηση δίσκων DVD.

Όπως το MPEG-1 έτσι και το MPEG-2 χρησιμοποιεί διαπλαισιακές τεχνικές που μπορεί να προκαλέσουν υπολογιστική καθυστέρηση και μερικές μικρότερες ασυμφωνίες ανάμεσα στο βίντεο της πηγής και το αντίστοιχο συμπιεσμένο/αποσυμπιεσμένο βίντεο. Έτσι, το MPEG-2 δε χρησιμοποιείται για τη μετάδοση υλικού που προορίζεται για επακόλουθη επεξεργασία. Επίσης, όπως και το MPEG-1, δεν έχει ενσωματώσει μέχρι τώρα όλες τις λειτουργίες που χρειάζονται για την βιντεοδιάσκεψη.

### MPEG-4

Ένας ενδογενής περιορισμός και στο MPEG-1 και στο MPEG-2 είναι η αδυναμία τους να υποστηρίξουν βίντεο λογικής ποιότητας σε χαμηλές ταχύτητες, ένα μειονέκτημα που περιορίζει την δυνατότητα εφαρμογής τους σε εφαρμογές βιντεοδιάσκεψης ή ροής βίντεο μέσα από το Internet. Για το λόγο αυτό, το 1994 η επιτροπή MPEG άρχισε να εργάζεται σε ένα άλλο πρότυπο, το MPEG-4.

Το MPEG-4 έχει υποστεί ουσιώδεις τροποποιήσεις στη διάρκεια της ζωής του, επειδή η ανάπτυξή του επικαλύφθηκε με σημαντικές αλλαγές στον κόσμο των ψηφιακών μέσων και πολυμέσων, η πιο σημαντική από τις οποίες είναι η εμφάνιση του Παγκόσμιου Δικτυακού Ιστού (World Wide Web ή www). Ενσωματώνει την εμπειρία, τις τεχνικές και τη λειτουργικότητα από την ψηφιακή τηλεόραση, τα γραφικά υπολογιστών και τα διαδραστικά πολυμέσα (interactive multimedia). Η τελική έγκριση του προτύπου έγινε το 1999.

Ενώ τα MPEG-1 και MPEG-2 ήταν πρότυπα μόνο συμπίεσης και μετάδοσης, το MPEG-4 είναι πρότυπο συμπίεσης βίντεο, μετάδοσης και αντικειμενοστραφούς πλαισίου (framework), που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει συμβατικές εφαρμογές και εφαρμογές διαδραστικού ψηφιακού βίντεο σε επίπεδα εύρους ζώνης που εκτείνονται από 5 Kbps έως 4 Mbps ή περισσότερο. Με τον προσδιορισμό ενός πλαισίου, το MPEG-4 παρέχει νέες δυνατότητες παροχής εξουσιοδότησης χρήσης της πληροφορίας και εμπλουτισμένη ευελιξία σε ότι αφορά στους τρόπους παράδοσης. Με αυτά τα χαρακτηριστικά, το MPEG-4:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέσα που είτε παρέχονται από ένα δίκτυο είτε είναι αποθηκευμένα
- Επιτρέπει τη μίξη φυσικών και συνθετικών συνόλων εικόνων
- Εξυπηρετεί όλους τους τύπους και τις τεχνολογίες δικτύων
- Είναι αντικειμενοστραφές για μέγιστη εξουσιοδότηση
- Υποστηρίζει υψηλά επίπεδα διαδραστικότητας του χρήστη

Το MPEG-4 παρέχει ισχυρό, ανθεκτικό και ευέλικτο πλαίσιο για εξουσιοδότηση χρήσης της προσανατολισμένης ως προς το βίντεο πληροφορίας, ώστε να παραδώσει νέα επίπεδα διαδραστικότητας στους τελικούς χρήστες. Σχεδιασμένο να υποστηρίξει μεγάλη γκάμα εφαρμογών, από βιντεοδιάσκεψη πολύ χαμηλής ταχύτητας μέχρι εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης, το πρότυπο δεν προσδιορίζει αποκλειστικά ένα μηχανισμό μετάδοσης, δηλαδή δεν απαιτεί

...μία συγκεκριμένη μορφή για τα οπτικοακουστικά δεδομένα συνεχούς ροής. Αντίθετα, ορίζει ένα σύνολο μορφότυπων (format) δεδομένων και API για να εξασφαλίσει μέγιστη ευελιξία σε ότι αφορά στο δίκτυο μετάδοσης και στους μηχανισμούς παράδοσης. Για παράδειγμα, οι ροές MPEG-4 μπορεί να μεταφερθούν πάνω από MPEG-2 ή ροές μετάδοσης IP.

Από πλευράς συμπίεσης βίντεο, το πρότυπο MPEG-4 ενσωματώνει δύο βασικές ομάδες αλγορίθμων:

- Βίντεο πολύ χαμηλής ταχύτητας μετάδοσης (Very Low Bit Rate Video - VLBV). Παρέχει μία ομάδα αλγορίθμων και εργαλείων σχεδιασμένων να υποστηρίζουν ψηφιακό βίντεο χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης πλαισίων και ανάλυσης, σε εύρος ζώνης που κυμαίνεται από 5 έως 64 Kbps. Αυτά τα επίπεδα εύρους ζώνης είναι αρκετά για να παρέχουν βίντεο στη μεγάλη πλειοψηφία της εγκατεστημένης βάσης χρηστών διαποδιαμορφωτών (modem) του www. Η βασική ομάδα VLBV σχεδιάστηκε επιπλέον για να υποστηρίζει επιλογές διαδραστικότητας χρήστη καθώς και τυχαία προσπέλαση σε βάσεις δεδομένων ψηφιακού βίντεο.
- Βίντεο υψηλότερης ταχύτητας μετάδοσης (higher Bit Rate Video - HBV). Παρέχει μία ανάλογη ομάδα αλγορίθμων και εργαλείων σχεδιασμένων να παρέχουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης πλαισίων και ανάλυση, σε εύρος ζώνης που κυμαίνεται από 64 Kbps μέχρι το πάνω όριο που είναι 4 Mbps. Συγκεκριμένες υλοποιήσεις της βασικής ομάδας HBV, όπως αυτή που διατίθεται από τη Microsoft, επεκτείνουν το πάνω όριο του εύρους ζώνης. Εκτός από την υποστήριξη των στάνταρ επιλογών πρόσβασης όπως "reverse", "fast forward" και αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων με τυχαία προσπέλαση, η HBV υποστηρίζει επίσης προχωρημένες επιλογές διαδραστικότητας χρήστη που βασίζονται στο περιεχόμενο. Αυτές οι πρόσθετες λειτουργίες χρησιμοποιούν τα χαρακτηριστικά του προτύπου MPEG-4 για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση του αντικειμένου, ώστε να υποστηρίξει μία νέα ομάδα εφαρμογών, όπως είναι οι προχωρημένες τεχνικές σύνθεσης που επιτρέπουν τη μετάδοση υβριδικών εικόνων που περιέχουν φυσικές και συνθετικές εικόνες.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το πρότυπο MPEG-4 περιλαμβάνει το Audio Level 3 του MPEG, που αναφέρεται συχνά ως MP3. Το MP3 έχει ήδη γίνει ένα σημαντικό πρότυπο για ροή ψηφιακού ήχου πάνω από το Web και είναι πιθανό να κερδίσει με τον καιρό σε σπουδαιότητα για τέτοιες εφαρμογές.

## H.261

Το πρότυπο H.261 έχει αναπτυχθεί ειδικά για να εξυπηρετεί το τμήμα συμπίεσης βίντεο του προτύπου βιντεοδιάσκεψης H.320. Αυτό σημαίνει ότι έχει βελτιστοποιηθεί για να συμπιέζει βίντεο για μετάδοση πάνω από γραμμές ISDN που παρέχουν εύρος ζώνης στην περιοχή από 64 Kbps μέχρι 2 Mbps σε βήματα των 64 Kbps. Όπως τα πρότυπα MPEG, η H.261 προσδιορίζει κατάλληλες μορφές για αποθήκευση και για μετάδοση συμπιεσμένου βίντεο.

Το H.261 έχει εφαρμοστεί ιδιαίτερα στην υλοποίηση των ομαδικών (group ή room) συστημάτων βιντεοδιάσκεψης H.320. Προσδιορίζει τον αλγόριθμο

συμπίεσης και αποκωδικοποίησης για να εξασφαλιστεί ότι θα υπάρχει διαλειτουργικότητα στον εξοπλισμό H.261 που προέρχεται από διάφορους κατασκευαστές. Όμως, επειδή η βιντεοδιάσκεψη είναι από τη φύση της μία εφαρμογή σχετικά μικρού εύρους ζώνης και απαιτεί συμπίεση βίντεο για να βελτιστοποιηθεί για εφαρμογές πραγματικού χρόνου με μικρή καθυστέρηση, η συμπίεση H.261 δεν είναι ιδανική για χρήση σε περιβάλλοντα που απαιτούν υψηλότερη ποιότητα, όπως εκπομπή, ή ακόμη δισημειακές επικοινωνίες, στις οποίες η ποιότητα βίντεο εκπομπής είναι σημαντική.

Οι μορφές των δεδομένων που χρησιμοποιούνται προσδιορίζουν την ανάλυση της εικόνας του συμπιεσμένου βίντεο και τις μέγιστες ταχύτητες πλαισίων. Η πρώτη από αυτές αναφέρεται ως κοινό μορφότυπο ανταλλαγής (Common Interchange Format, CIF) και προσδιορίζει ανάλυση εικόνας 352 pixel οριζόντια επί 288 pixel κατακόρυφα ή περίπου το μισό της ανάλυσης μίας εικόνας της στάνταρ αναλογικής τηλεόρασης (NTSC TV). Η μορφή για ακόμη χαμηλότερης ανάλυσης εφαρμογές είναι το Quarter CIF (QCIF), το οποίο προσδιορίζει ένα μέγεθος εικόνας που είναι, όπως υπονοείται και από το όνομά του, περίπου το ένα τέταρτο του CIF (176 x 144 pixel). Ενώ το βίντεο μπορεί να κλιμακωθεί σε μεγαλύτερα μεγέθη στις οθόνες των PC, όσο χαμηλότερη είναι η ανάλυση της πραγματικά μεταδιδόμενης εικόνας, τόσο η εμφανιζόμενη εικόνα γίνεται περισσότερο "μπλοκαρισμένη" (blocky) και με εμφανείς τις εικονοψηφίδες ("pixelated").

### H.263

Το πρότυπο H.263 προσφέρει υψηλότερη ποιότητα βίντεο από το H.261 σε κάθε επίπεδο εύρους ζώνης, συμπεριλαμβανομένου του ISDN, με τη εφαρμογή ενός πιο αποδοτικού αλγορίθμου συμπίεσης βίντεο. Το H.263 επιτρέπει τη μετάδοση του βίντεο στην πολύ χαμηλή ταχύτητα που απαιτείται από τα modem (15 με 20 Kbps). Ο αρχικός σκοπός ήταν να κάνει δυνατές τις κλήσεις βίντεο και την βιντεοδιάσκεψη πάνω από τις συμβατικές τηλεφωνικές γραμμές. Αν και το QCIF μπορεί να υποστηρίξει αυτές τις εφαρμογές, για να εξασφαλιστεί η δυνατότητα αυτή, έχει προστεθεί μία νέα κατηγορία ανάλυσης η Sub-QCIF. Επιπλέον, προστέθηκαν υψηλότερες αναλύσεις που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που εμφανίζονται με τις νεότερες τεχνολογίες μετάδοσης και συμπίεσης. Το Sub-QCIF (SQCIF) επιτρέπει τη μετάδοση βίντεο μικρής ανάλυσης (128x96). Οι άλλες δύο προσθήκες υποστηρίζουν αναλύσεις εικόνας που είναι τέσσερις φορές και δεκαέξι φορές το μέγεθος της εικόνας CIF (δηλ. 704x576 pixel και 1408x1152 pixel αντίστοιχα). Από αυτές η συσκευή H.263 πρέπει να υποστηρίζει μόνο την SQCIF, την QCIF και την CIF. Οι άλλες είναι προαιρετικές.

Αν και η H.263 εγκρίθηκε το 1996, την υποστηρίζουν οι περισσότεροι μεγάλοι προμηθευτές H.320 συστημάτων.

### **Πρωτόκολλα κωδικοποίησης και συμπίεσης ήχου**

Πολλές από τις εφαρμογές πολυμέσων, όπως η βιντεοδιάσκεψη, περιλαμβάνουν την υποστήριξη ήχου. Όπως και το ψηφιακό βίντεο, ο ψηφιακός ήχος αρχίζει συνήθως από κάποια αναλογική πηγή, επομένως απαιτείται η μετατροπή του από αναλογική σε ψηφιακή μορφή. Για την ψηφιοποίηση

απαιτείται δειγματοληψία, ο ρυθμός της οποίας, μαζί με τον αριθμό bit ανά δείγμα, καθορίζει την ποιότητα του ψηφιακού σήματος.

Οι περισσότερες χρησιμοποιούμενες τεχνικές κωδικοποίησης/συμπίεσης ήχου βασίζονται στα πρότυπα:

- G.711 που ακολουθεί την μέθοδο παλμοκωδικής διαμόρφωσης (Pulse Code Modulation - PCM)
- G.721 που χρησιμοποιεί την προσαρμοστική διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (Adaptive Differential Pulse Code Modulation - ADPCM)
- G.722 που χρησιμοποιεί την Dual Band ADPCM
- G.723.1 που περιγράφει κωδικοποίηση ήχου για εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης,
- G.728 που επίσης παρέχει κωδικοποίηση ήχου χαμηλού εύρους ζώνης
- MPEG-1, 2, που πραγματοποιούν και συμπίεση ήχου.

### ***Τυποποιήσεις για βιντεοδιάσκεψη στα ευρυζωνικά δίκτυα***

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι τρέχουσες τυποποιήσεις που υποστηρίζουν την βιντεοδιάσκεψη στα ευρυζωνικά δίκτυα. Μέχρι πρόσφατα, ο καλύτερος τρόπος προσέγγισης της βιντεοδιάσκεψης (διάσκεψης πολυμέσων) ήταν η χρήση εξοπλισμού που βασίζεται στο πρότυπο H.320. Όμως, η ανάπτυξη των τεχνολογιών των ευρυζωνικών δικτύων και η πρόοδος στις τεχνικές κωδικοποίησης και συμπίεσης ήχου και βίντεο καθιστούν δυνατή την πραγματοποίηση βιντεοδιάσκεψης καλύτερης ποιότητας.

Η εμφάνιση της τεχνολογίας των ευρυζωνικών δικτύων έχει δημιουργήσει την ανάγκη χρήσης τεχνολογιών που υποστηρίζουν βιντεοδιάσκεψη με απαιτήσεις μεγάλου εύρους ζώνης. Το ATM είναι η τεχνολογία που έχει επιλεγεί για τα δίκτυα B-ISDN και επομένως η ITU-T επικεντρώθηκε στην τυποποίηση των συστημάτων βιντεοδιάσκεψης σε περιβάλλον ATM. Μερικά χαρακτηριστικά του ATM το καθιστούν εξαιρετική υποδομή υποστήριξης συστημάτων βιντεοδιάσκεψης. Μεταξύ αυτών είναι τα ακόλουθα:

- Διαθεσιμότητα υψηλού εύρους ζώνης
- Ευελιξία στη χρήση του εύρους ζώνης
- Δυνατότητα μεταβλητού δυφιακού ρυθμού
- Ολοκλήρωση υπηρεσιών
- Χρησιμοποίηση της "cell loss priority"
- Πολυσημειακή διανομή
- Ευέλικτη πολύπλεξη

Όμως, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα:

- Απώλεια κυψέλης
- Μεταβολή της καθυστέρησης κελιών (τρέμουλο)
- Καθυστέρηση δημιουργίας πακέτων (packetization)

Στον ορισμό διαφόρων προτύπων για βιντεοδιάσκεψη πάνω από οποιοδήποτε δίκτυο η ITU-T θεωρεί πάντοτε ως βασικό ζήτημα τη διαλειτουργικότητα με συστήματα που συνδέονται με άλλα δίκτυα. Αυτό έχει επηρεάσει τα διάφορα πρότυπα που αναπτύχθηκαν από την ITU-T για βιντεοδιάσκεψη πάνω από το ATM, όπως θα περιγραφεί στα επόμενα κεφάλαια.

Η παράγραφος αυτή παρουσιάζει και συγκρίνει τους διάφορους τρόπους υποστήριξης βιντεοδιάσκεψης πάνω από ευρυζωνικά δίκτυα. Ειδικότερα θα αναφερθεί στις συστάσεις της ITU-T H.321, H.310, H.323 και H.323 Annex C.

| Δίκτυο                  | Πρότυπο | Video       | Audio             | MUX   | Ctrl/Signal |
|-------------------------|---------|-------------|-------------------|-------|-------------|
| N-ISDN                  | H.320   | H.261       | G.711/G.722/G.728 | H.221 | H.242       |
| B-ISDN                  | H.321   | H.261       | G.711/G.722/G.728 | H.221 | Q.931       |
| ATM                     | H.310   | H.261/H.262 | Same + MPEG 1, 2  | H.222 | H.245       |
| PSTN                    | H.324   | H.261/H.263 | G.723.1           | H.223 | H.225       |
| Mobile                  | H.324/M |             | G.723.1           | H.223 | H.245       |
| LAN (Εγγυημένη QoS)     | H.322   |             | G.711/G.722/G.728 | H.221 | H.242       |
| LANs (Μη εγγυημένη QoS) | H.323   | H.261       | G.711/G.722/G.728 | H.225 | H.245       |

### Βιντεοδιάσκεψη βασισμένη στο IP (H.323)

Το πρότυπο H.323 ορίστηκε για να παρέχει δυνατότητες βιντεοδιάσκεψης πάνω από παραδοσιακά δίκτυα IP, όπως τα LAN και οι επεκτάσεις τους στην ευρεία περιοχή. Το πρότυπο H.323 ορίζει το ίδιο βασικά σύνολο λειτουργιών με αυτό που ορίζεται για το H.320. Όμως, για ορισμένες λειτουργίες της H.323 αναφέρονται διαφορετικά πρότυπα. Οι λειτουργίες που προσδιορίζονται και τα πρότυπα που αναφέρονται από την ομπρέλα προτύπων βιντεοδιάσκεψης H.323 περιλαμβάνουν:

- **Συμπίεση ήχου**, όπως προδιαγράφεται από οποιοδήποτε από τα πρότυπα συμπίεσης ήχου G.711, G.722, G.723, G.728 ή G.729. Το πρότυπο συμπίεσης που θα επιλεγεί θα βασίζεται πάλι στο διαθέσιμο εύρος ζώνης και στον επιθυμητό ρυθμό δειγματοληψίας.
- **Συμπίεση βίντεο**, όπως προσδιορίζεται τυπικά από το H.263 (χαμηλό εύρος ζώνης). Το H.323 υποστηρίζει επίσης συμπίεση βίντεο H.261 και το πρότυπο H.245 που εγκαθιστά ένα ρυθμό μετάδοσης που βασίζεται στη διαπραγμάτευση μεταξύ των τερματικών σταθμών.
- **Βιντεοδιάσκεψη δεδομένων/διανομή εγγράφων**, όπως προδιαγράφεται από τη σειρά προτύπων T.120. Αυτές οι λειτουργίες είναι και πάλι η βάση για τη διανομή δεδομένων και εφαρμογών ανάμεσα στους συμμετέχοντες της βιντεοδιάσκεψης.
- **Πολύπλεξη**, όπως προσδιορίζεται από το πρότυπο H.225. Στην περίπτωση αυτή το πρότυπο H.225 ορίζει τις δυνατότητες πολύπλεξης για μετάδοση σε LAN.
- **Έλεγχος συστήματος**, όπως προσδιορίζεται από τα πρότυπα H.225 και H.245. Αν και αυτή η λειτουργία είναι ανάλογη με αυτήν που προσδιορίζεται από το H.320, το πρότυπο που την ορίζει σχετίζεται με τα LAN και όχι με τα δίκτυα ISDN.

- **Πολυσημειακές δυνατότητες.** Αυτές οι δυνατότητες ορίζονται ως προαιρετικές στα δίκτυα δεδομένων στα πλαίσια του προτύπου H.323 και γίνεται αναφορά στα πρότυπα IP Multicast που είναι τμήμα της σειράς πρωτοκόλλων TCP/IP.
- **Ασφάλεια και μυστικότητα,** όπως προσδιορίζονται από τα πρότυπα H.233 και H.234. Τα πρότυπα αυτά ορίζουν τα πρωτόκολλα κρυπτογράφησης και τις δομές δεδομένων που απαιτούνται για την παροχή βιντεοδιάσκεψης με τα αναγκαία επίπεδα ασφάλειας και μυστικότητας.

Το H.323 προσδιορίζει το ίδιο είδος λειτουργικότητας που στο πρότυπο H.320 είναι γνωστό ως φάσεις. Στο H.323 αυτές οι λειτουργίες δεν ονομάζονται φάσεις αλλά ενσωματώνονται σε ευρύτερες περιοχές προδιαγραφών που περιγράφουν τις απαιτούμενες δυνατότητες σηματοδότησης των διαφόρων συστατικών του συστήματος.

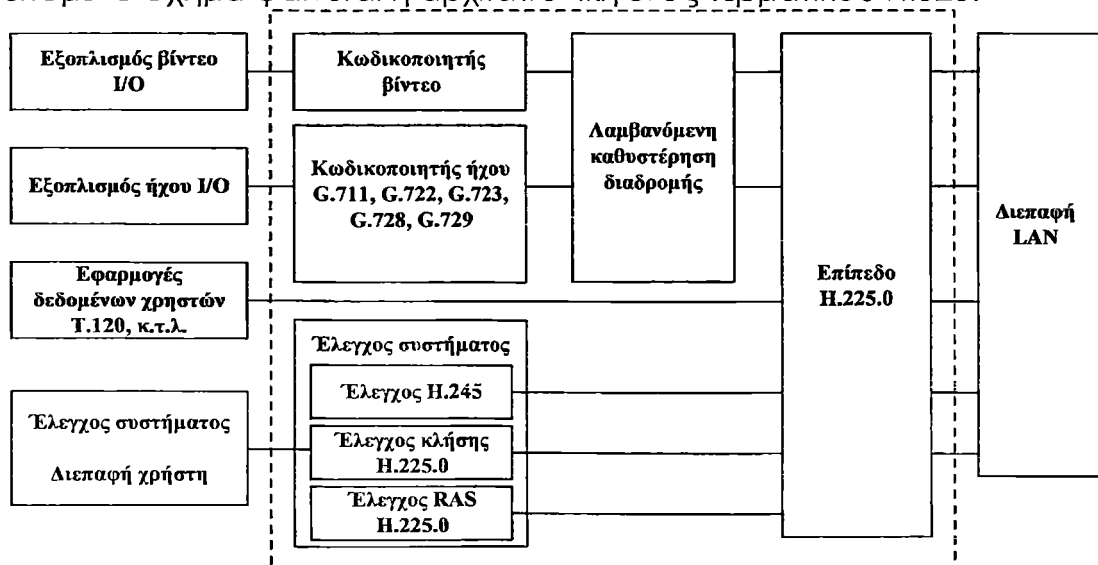
Οι συσκευές που βασίζονται στο πρότυπο H.323 μπήκαν στην αγορά το 1997. Όμως είναι πιθανό να γίνει με το χρόνο το κύριο πρότυπο βιντεοδιάσκεψης επειδή το πρότυπο αυτό παρέχει μία ιδανική βάση για βιντεοδιάσκεψη από τερματικό σε τερματικό και από τερματικό σε ομαδικό σύστημα. Είναι ένα γενικό πρότυπο που επιτρέπει στα πακέτα IP να ταξιδεύουν πάνω από μοντέρνες συνδέσεις τύπου LAN, WAN και ψηφιακά δορυφορικά συστήματα εκπομπής.

Επίσης, το πρότυπο παρέχει μία βάση για εφαρμογές που δεν είναι βασισμένες στο βίντεο, όπως η Voice-over-IP (VoIP), λόγω της συμπίεσης ήχου, της αποκατάστασης και της απόλυσης της κλήσης και των καθορισμένων διεπαφών με άλλα πρότυπα, όπως το TCP/IP. Η εφαρμογή VoIP μπορεί να θεωρηθεί ότι χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο του προτύπου H.323 που περιλαμβάνει τον κωδικοποιητή ήχου, την αποκατάσταση και τον τερματισμό κλήσης και δυνατότητες απόλυσης.

Το H.323 ορίζει για τα δίκτυα βιντεοδιάσκεψης που βασίζονται σε LAN τέσσερα μεγάλα αρχιτεκτονικά συστατικά.

### Δομή τερματικού H.323

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αρχιτεκτονική ενός τερματικού H.323.





Τα τερματικά H.323 είναι συνήθως προσωπικοί υπολογιστές που διαθέτουν εξοπλισμό ήχου/βίντεο, όπως κάμερα, μικρόφωνο και ηχεία. Τα δεδομένα που μεταδίδονται και λαμβάνονται από αυτές τις συσκευές αποτελούνται από εντολές, δεδομένα ήχου/βίντεο και δεδομένα που υποστηρίζουν μεταξύ άλλων την βιντεοδιάσκεψη δεδομένων. Τα πρότυπα που ελέγχουν τις τερματικές συσκευές είναι:

- Το H.245 για τον έλεγχο των λειτουργιών όπως το άνοιγμα και κλείσιμο λογικών καναλιών, ο προσδιορισμός της καθυστέρησης πλήρους διαδρομής (round-trip delay) και η ανταλλαγή άλλων πληροφοριών σχετικά με τα ίδια τα τερματικά και τα επικοινωνιακά δίκτυα των οποίων αποτελούν τμήμα.
- Το H.225 για τη μορφοποίηση των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων του συγχρονισμού και της πολύπλεξης ή της αποπολύπλεξης των διαφόρων RTP/RTCP ροών δεδομένων που απαιτούνται για την βιντεοδιάσκεψη.

## Πύλες

Οι πύλες (Gateways) είναι συσκευές που επιτρέπουν είσοδο και έξοδο στα δίκτυα. Οι πύλες H.323 επιτρέπουν επικοινωνίες με άλλα συστήματα βιντεοδιάσκεψης, όπως τα συστήματα H.320. Ενώ οι πύλες ορίζονται ως προαιρετικές μέσα στο πρότυπο, είναι πρακτικά αναγκαίες σε πολλές εφαρμογές.

Οι πύλες υποστηρίζουν επικοινωνίες πραγματικού χρόνου δύο κατευθύνσεων μεταξύ ενός H.323 τερματικού σε ένα LAN και σε άλλα τυποποιημένα τερματικά σε ένα WAN ή σε άλλη πύλη H.323. Εκτελούν λειτουργίες, όπως:

- Μεταγλώττιση των πακέτων επίβλεψης και ελέγχου ανάμεσα σε συστήματα που βασίζονται, για παράδειγμα, στα H.323 και H.320.
- Μεταγλώττιση ανάμεσα σε διαφορετικές μορφές ήχου και βίντεο, για παράδειγμα, μεταξύ CIF και QCIF. Αυτή η μεταγλώττιση αναφέρεται ως διακωδικοποίηση και προσθέτει κάποια καθυστέρηση σε εφαρμογές όπου είναι αναγκαία.
- Μεταγλώττιση πακέτων δεδομένων και πρωτοκόλλων από ένα τύπο συστήματος σε άλλο, όπως από ISDN σε TCP/IP.

## Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων

Οι Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Control Unit-MCU) είναι ανάλογες με αυτές που ορίστηκαν για συστήματα H.320. Οι H.323 MCU χρειάζονται μόνο μία σύνδεση LAN. Η πλήρης υλοποίηση της MCU είναι προαιρετική, όπως ορίζεται στο πρότυπο, αλλά είναι και αυτή πρακτικά αναγκαία για πολλές εφαρμογές. Το πρότυπο υποστηρίζει αρκετές μεθόδους πολυσημειακών συνδέσεων.

Κατά τη μέθοδο ενεργοποίησης με φωνή, η μεταδιδόμενη εικόνα βίντεο πάντοτε αντιστοιχεί στο πρόσωπο του ομιλούντος. Η μέθοδος αυτή ταιριάζει καλύτερα για παρουσιάσεις ή όταν υπάρχει μόνο ένας κύριος ομιλητής κάθε φορά, διότι συχνά υπάρχει καθυστέρηση κατά τη μεταγωγή μεταξύ των ομιλητών που απορυθμίζει τη διαδραστικότητα.

Αντίθετα, κατά τη μέθοδο συνεχούς παρουσίας, οι εικόνες βίντεο των συμμετεχόντων στην βιντεοδιάσκεψη συνδυάζονται ως μικρά παράθυρα μέσα σε ένα μεγαλύτερο παράθυρο, ώστε να είναι δυνατόν να φαίνονται ταυτόχρονα περισσότεροι συμμετέχοντες. Ο τρόπος αυτός αναφέρεται επίσης ως Hollywood Squares ή Brady Bunch. Η συνεχής παρουσία ταιριάζει καλύτερα για εικονοδιασκέψεις στις οποίες αλληλεπιδρούν αρκετοί συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια μίας συνάντησης. Ένα μειονέκτημα της συνεχούς παρουσίας είναι ότι αυξάνει σημαντικά την από άκρο σε άκρο καθυστέρηση φωνής και βίντεο σε πολλά συστήματα.

Το πρότυπο H.323 ορίζει δύο σημαντικά συστατικά για την MCU. Αυτά είναι ο πολυσημειακός ελεγκτής (Multipoint Controller, MC) και ένας πολυσημειακός επεξεργαστής (Multipoint Processor, MP).

Για να είναι σε συμφωνία με το πρότυπο οι συσκευές, είναι υποχρεωτική η υλοποίηση της MC και τυπικά πραγματοποιείται με λογισμικό. Αποτελεί τμήμα που προσδιορίζει τη μορφή ήχου/βίντεο, με βάση υπολογισμούς στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Επίσης, προσδιορίζει το αν οι ροές που προκύπτουν θα είναι unicast ή multicast.

Το MP είναι προαιρετικό και απαιτείται για την διακωδικοποίηση ήχου και/η βίντεο και για να δημιουργεί εικονοδιασκέψεις συνεχούς παρουσίας.

## Gatekeepers

Οι Gatekeepers (GK) παρέχουν τη διαχείριση που είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστούν ελάχιστα επίπεδα υπηρεσίας σε περιβάλλοντα που είναι σχετικά περιορισμένα ως προς το εύρος ζώνης. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, περιορίζουν την ποσότητα εύρους ζώνης που διατίθεται για τα ρεύματα ήχου και βίντεο σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Εκτός από τη διαχείριση της χρήσης του εύρους ζώνης για τα πολυμέσα, οι GK ελέγχουν και υπηρεσίες καταλόγου, την εγγραφή εφαρμογής, τη μεταγλώττιση διευθύνσεων, τον έλεγχο εισδοχής κλήσης και εργασίες απόλυσης που απαιτούνται όταν τερματίζεται μία βιντεοδιάσκεψη.

Οι GK παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες με την εγκατάσταση H.323 ζωνών μέσα σε IP δίκτυα. Μία H.323 ζώνη αποτελείται από μία ομάδα τερματικών (τυπικά PC), πυλών και MCU. Κάθε ζώνη διευθύνεται από ένα μόνο GK, και μπορεί να έχει ένα και μόνο GK. Εκτός από το GK, μία H.323 ζώνη απαιτείται να περιέχει ένα τουλάχιστον τερματικό αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει αρκετές πύλες και/ή MCU. Η ζώνη μπορεί να εκτείνεται σε πολλά τμήματα LAN, τα οποία αλληλοσυνδέονται με δρομολογητές ή άλλες συσκευές διασύνδεσης.

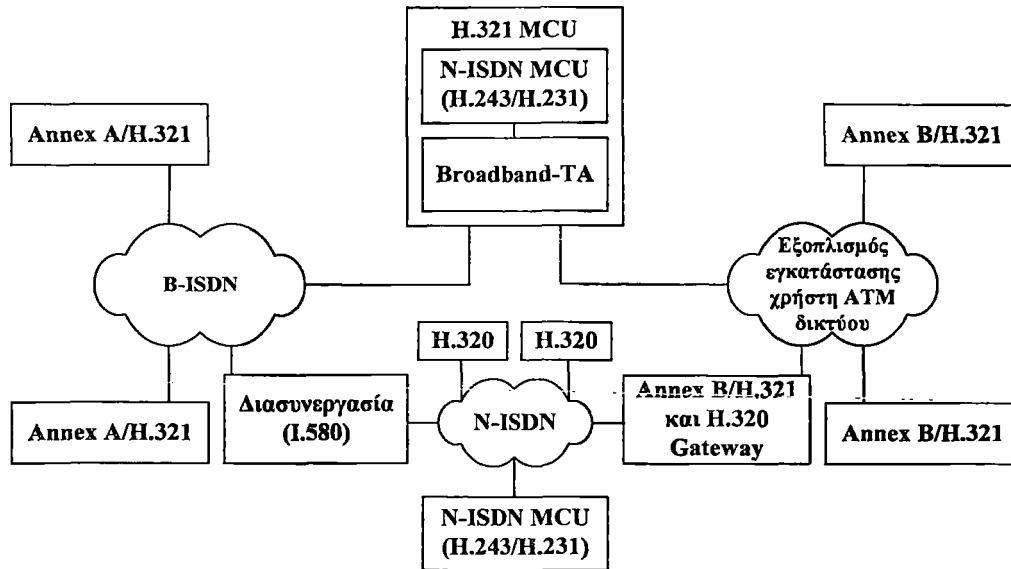
Το πρότυπο θεωρεί το GK ως προαιρετικό, αν και οι περισσότερες εφαρμογές ουσιαστικά το απαιτούν.

## Βιντεοδιάσκεψη στα ευρυζωνικά δίκτυα B-ISDN (H.321)

Το πρότυπο H.321 ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για την προσαρμογή των τερματικών H.320 στο περιβάλλον του ευρυζωνικού ISDN (B-ISDN). Το πρότυπο επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα ενός τερματικού H.321 με τερματικά ίδιου τύπου που συνδέονται στο B-ISDN, καθώς και με τερματικά H.320 του N-ISDN. Για τη διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας, οι βασικές τεχνολογίες που

χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση και συμπίεση του ήχου και του βίντεο βασίζονται πάλι στα πρότυπα G.711 και H.261, όπως στο H.320.

Το επόμενο σχήμα δείχνει τη διασύνδεση μεταξύ ενός H.321 τερματικού του B-ISDN και ενός H.320 τερματικού του N-ISDN, η οποία υποστηρίζεται από τη λειτουργία διεργασίας στα σύνορα των δύο δικτύων σύμφωνα με τη σύσταση I.580.

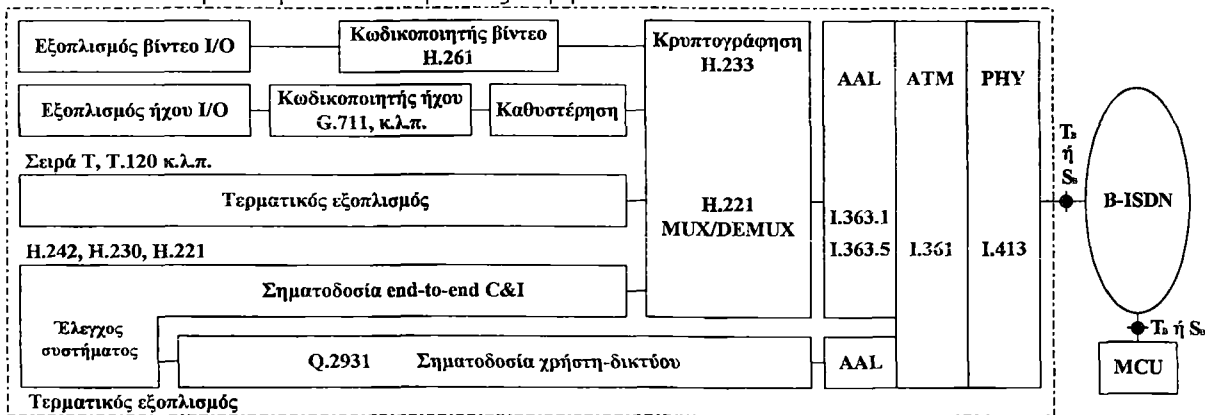


Σχήμα 20: Ένα παράδειγμα βιντεοδιάσκεψης μεταξύ πολλαπλών τερματικών τύπου H.321/H.320

Στα τερματικά H.321 η προσαρμογή των λειτουργιών του H.320 πάνω από το B-ISDN επιτυγχάνεται δια μέσου είτε του AAL-1, είτε του AAL-5. Οι λειτουργίες των υποεπιπέδων τεμαχισμού και συναρμολόγησης και σύγκλισης που ορίζονται στις συστάσεις I.363.1 και I.363.5, ισχύουν και στο H.321.

Τα τερματικά H.321 στα δημόσια B-ISDN πρέπει να συμμορφώνονται με το Παράρτημα A του H.321 για τη χρήση του AAL-1. Εναλλακτικά μπορεί να λειτουργούν σύμφωνα και με το Παράρτημα B του H.321 για τη χρήση του AAL-5. Τα τερματικά H.321 στο χώρο του χρήστη μπορεί να λειτουργούν σύμφωνα με το Παράρτημα A ή με το Παράρτημα B ή και με τα δύο.

Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει την αρχιτεκτονική ενός τερματικού H.321 και περιλαμβάνει τις βασικές λειτουργικές μονάδες που ορίζονται στο H.320 (π.χ. συσκευή I/O για βίντεο, συσκευή I/O για ήχο, κωδικοποιητές για βίντεο και ήχο, μονάδα MUX/DEMUX κλπ.) και επιπλέον τις μονάδες AAL, ATM και τις φυσικές μονάδες που παρέχουν τις λειτουργίες προσαρμογής και διεπαφής που απαιτούνται για τη σύνδεση ενός τερματικού H.321 στο B-ISDN.



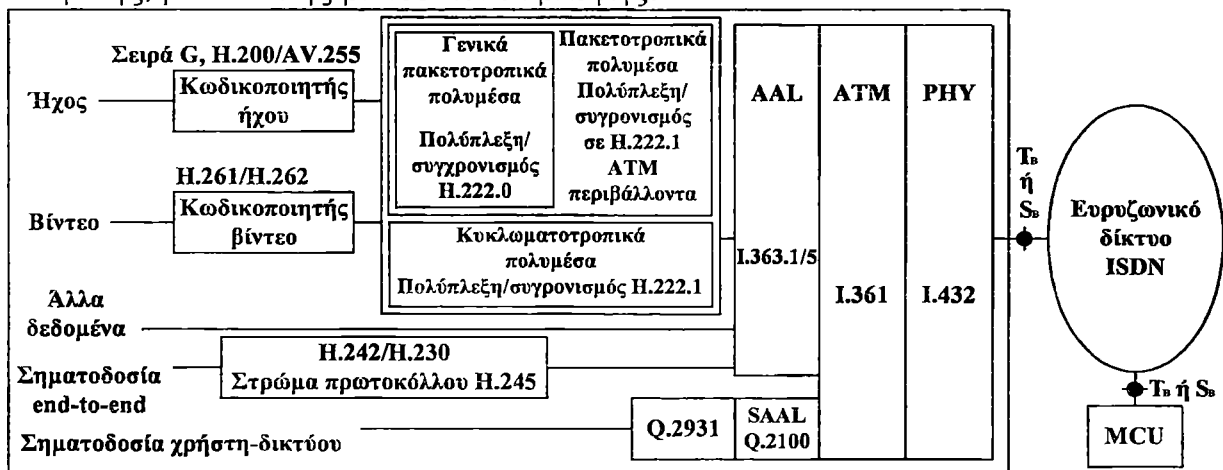
Σχήμα 21: Αρχιτεκτονική του προτύπου H.321

Όπως προαναφέρθηκε, το πρότυπο H.321 εστιάζεται κυρίως στο θέμα της διαλειτουργικότητας με το H.320, με τη χρήση ίδιου τύπου κωδικοποίησης για ήχο και βίντεο και ίδια τεχνική πολύπλεξης (H221), όπως στη σύσταση για το N-ISDN. Αυτό θέτει μερικούς περιορισμούς με συνέπεια το H.321 να μην είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί πλήρως τα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- Πρώτον, περιορίζει το μέγεθος του εύρους ζώνης που χρησιμοποιείται για εικονοδιασκέψεις στα 2 Mbps, που είναι το όριο για την H.261. Βίντεο υψηλότερης ποιότητας μπορεί να ληφθεί με άλλες τεχνικές συμπίεσης που δεν έχουν τον περιορισμό στο εύρος ζώνης, αν και το H261 CIF δίνει ανάλυση 352x288 pixels, που είναι αρκετό για πολλές εφαρμογές βιντεοδιάσκεψης.
- Επιπλέον, η χρήση του AAL1 με υπηρεσία CBR θεωρείται περιοριστική, διότι ένα σύστημα βιντεοδιάσκεψης θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί την υπηρεσία VBR που ορίζεται από το ATM, λόγω των χαρακτηριστικών της κίνησής του.

### Βιντεοδιάσκεψη σε ευρυζωνικά δίκτυα (H.310)

Το πρότυπο H.310 καλύπτει τις απαιτήσεις συστημάτων και τερματικών για οπτικοακουστική επικοινωνία πάνω από δίκτυα ATM. Η σύσταση ορίζει τερματικά μίας και δύο κατευθύνσεων και τα ταξινομεί ανάλογα με το AAL (AAL1 ή AAL5). Το H.310 καλύπτει όχι μόνο διαδραστικές υπηρεσίες, όπως βιντεοδιάσκεψη αλλά επίσης υπηρεσίες ανάκτησης μηνυμάτων, βίντεο κατ' απαίτηση, εικονοοπτικής εκπομπής, μετάδοσης βίντεο και επίβλεψης.



Σχήμα 22: Αρχιτεκτονική του προτύπου H.310

Το πρότυπο H.321 περιλαμβάνεται στο H.310, ως ένας από τους τρόπους λειτουργίας για διασυνεργασία με άλλα δίκτυα. Όμως, το H.310 αντιμετωπίζει μερικούς από τους περιορισμούς του H.321 με τον ορισμό του "Native ATM Mode". Ορίζει τη χρήση της κωδικοποίησης MPEG για τον ήχο και το βίντεο, αν και διατηρεί τις βασικές συστάσεις H.261 και G.711 για την κωδικοποίηση βίντεο και ήχου αντίστοιχα για λόγους διασυνεργασίας. Το πρότυπο MPEG (H.262) παρέχει καλύτερη ποιότητα στη λειτουργία "Native Mode". Το παραπάνω σχήμα δείχνει το μοντέλο αναφοράς του πρωτοκόλλου H.310 που συνίσταται από τους ακόλουθους στοίβες (stacks) πρωτοκόλλων:

- Εξωζωνική (out-of-band) στοίβα σηματοδοσίας πρόσβασης δικτύου για σήματα DSS2
- Ενδοζωνική στοίβα ελέγχου επικοινωνίας για μηνύματα H.245, που είναι υπεύθυνα για τη σηματοδοσία λογικών καναλιών και τις δυνατότητες ανταλλαγών.
- Στοίβα διαλειτουργικότητας H.320/H.321 με χρήση της πολύπλεξης πολυμέσων H.221.
- Στοίβα "native mode" H310 με χρήση πολύπλεξης πολυμέσων H222.1/H222.0.
- Στοίβα T.120 για εφαρμογές δεδομένων.

Όλα τα τερματικά H.310 πρέπει να υποστηρίζουν τουλάχιστον 2 ιδεατά κανάλια. Στη λειτουργία "native mode" υπάρχει ένα VC για τη μεταφορά των μηνυμάτων H.245 και τουλάχιστον ένα VC για τα πολυπλεγμένα σήματα H.222.1 (οπτικοακουστικά και δεδομένων). Είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται πρόσθετα VC για τη μεταφορά οπτικοακουστικών σημάτων ή σημάτων δεδομένων, όπως είναι τα δεδομένα T.120.

Όλα τα τερματικά H.310 υποστηρίζουν CBR σε λειτουργία "native mode". Οι προδιαγραφές για VBR, βρίσκονται στο στάδιο της μελέτης.

Όπως αναφέρθηκε, η H.310 ορίζει διαφορετικούς τύπους τερματικών με βάση, μεταξύ άλλων, το επίπεδο προσαρμογής ATM που υποστηρίζει την βιντεοδιάσκεψη.

- Τερματικά που χρησιμοποιούν το AAL1 μπορεί να εκμεταλλευτούν τις λειτουργίες υποεπιπέδου σύγκλισης (CS) AAL1. Επιπλέον, το AAL1 χρειάζεται για τη συμβατότητα με το H.321.
- Αντιθέτως, το CS AAL5 παρέχει λιγότερη λειτουργικότητα αλλά η μεγάλη διαθεσιμότητα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που το υλοποιούν και το γεγονός ότι είναι ήδη παρόν για τη σηματοδοσία Χρήστη - Δικτύου σημαίνει ότι είναι επίσης κατάλληλο για βιντεοδιάσκεψη.

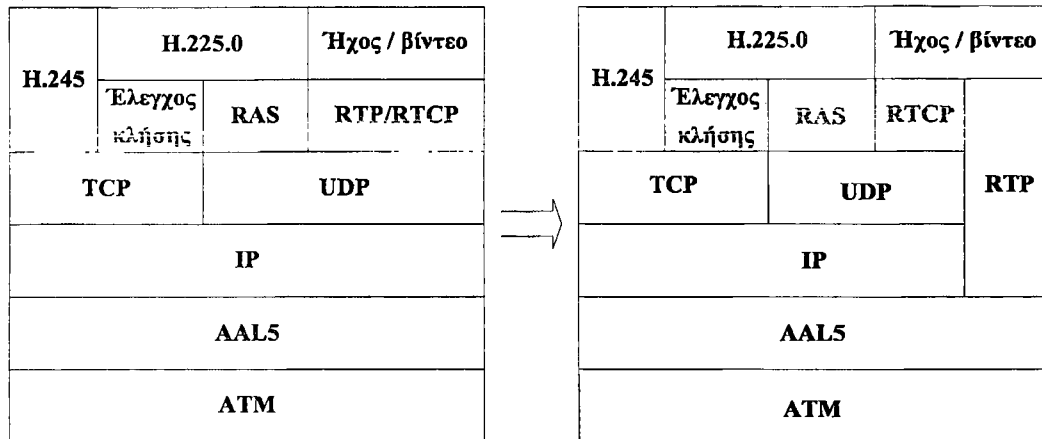
### **Βιντεοδιάσκεψη βασισμένη στο H.323 πάνω από δίκτυα ATM (H.323 Annex C)**

Όπως προαναφέρθηκε, το πρότυπο H.323 είναι η σύσταση της ITU-T για βιντεοδιάσκεψη πάνω από το LAN και το Internet. Το H.323 μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε δίκτυο μεταγωγής πακέτων ανεξάρτητα από το υποκείμενο φυσικό επίπεδο.

Το H.323 χρησιμοποιεί τυπικά έναν αξιόπιστο μηχανισμό, όπως το TCP για τη μεταφορά των πληροφοριών ελέγχου και ένα μη αξιόπιστο μηχανισμό, όπως το UDP, για τη μεταφορά των πακέτων ήχου και βίντεο χωρίς την επιβάρυνση και τη λανθάνουσα χρονική περίοδο (latency) της αναμετάδοσης, όπως ορίζεται στην H.225.0. Έτσι το H.323 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ATM, με χρήση μίας μεθόδου "IP over ATM". Με τον τρόπο αυτό, η χρήση του ATM είναι διαφανής για τα πρωτόκολλα H.323.

Η έκδοση του H.323 Annex C προδιαγράφει μία πιο αποδοτική (προαιρετική) προσέγγιση για τη μεταφορά ήχου και βίντεο με άμεση χρήση του AAL5. Στην περίπτωση αυτή η μεταφορά γίνεται με ιδεατά κυκλώματα εγγυημένης ποιότητας.

Η βασική αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου για τη μεταφορά των μηνυμάτων H.225.0 και H.245 και του τμήματος RTCP των ροών ήχου και βίντεο του IP πάνω από ATM φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Το τμήμα RTP του ήχου και του βίντεο χρησιμοποιεί άμεσα το AAL5.



Σχήμα 23:

H.323 Annex C

Η προτεινόμενη τεχνική H.323 Annex C, ενώ είναι καλύτερη από την απλή μεταφορά ροών ήχου/βίντεο με «IP over ATM», εξακολουθεί να είναι σχετικά μη αποδοτική (ιδίως για επικοινωνία πολυμέσων με φωνή μόνο), διότι το RTP προσθέτει μία αρκετά μεγάλη επιβάρυνση (12 οκτάδες δυφίων).

Ωστόσο, αυτή η μέθοδος έχει μερικά προβλήματα που πρέπει να λυθούν:

- Δεν είναι δυνατή μία αποκεντρωμένη διάσκεψη
- Υπάρχουν σε μία διάσκεψη πολλά ιδεατά κυκλώματα ανοιχτά.
- Το RTCP δεν είναι πολύ χρήσιμο όταν έχουμε ιδεατά κυκλώματα CBR.

## Πρότυπα βιντεοδιάσκεψης δεδομένων

### Το πρότυπο T.120

Σε πολλά περιβάλλοντα εφαρμογών, η ικανότητα να μοιράζονται δεδομένα και εφαρμογές μεταξύ των χρηστών (δηλ. να εγκαθιστούν και να συντηρούν εικονοδιασκέψεις δεδομένων) είναι τόσο σημαντική, όσο η ικανότητα να εγκαθιστούν εικονοδιασκέψεις. Μία τυπική βιντεοδιάσκεψη δεδομένων πρέπει να περιλαμβάνει:

- **Μια εφαρμογή**, όπως ένα λογιστικό φύλλο (spreadsheet) που μοιράζεται ταυτόχρονα ανάμεσα στους συμμετέχοντες. Πιο συχνά, ο έλεγχος της εφαρμογής μπορεί να αναληφθεί από οποιονδήποτε από τους συμμετέχοντες, ακόμη και αν κάθε δοσμένη στιγμή ένας μόνο συμμετέχων μπορεί να είναι υπό έλεγχο
- **Μια μεταφορά αρχείου** μεταξύ των συμμετεχόντων της βιντεοδιάσκεψης.
- **Έναν ιδεατό μεριζώσιμο ασπρόπινακα** (virtual shared whiteboard) που επιτρέπει στους συμμετέχοντες στην βιντεοδιάσκεψη δεδομένων να σχεδιάζουν ιδέες ο ένας για τον άλλον στα τερματικά τους, σαν να μοιράζονται ένα φυσικό ασπρόπινακα.

- **Μια σύνδεση φωνής** που επιτρέπει στους συμμετέχοντες να ομιλούν ο ένας με τον άλλον, καθώς μοιράζονται τα δεδομένα, τις εφαρμογές και τον ασπρωπίνακα.

Το πρότυπο T.120 χρησιμοποιείται κανονικά για να παρέχει τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη διαλειτουργικότητα στις εικονοδιασκέψεις δεδομένων. Αν και το πρότυπο T.120, περιλαμβάνεται κάτω από τις ομπρέλες των H.320 και H.323, είναι και το ίδιο μία ομπρέλα προτύπων καθώς αναφέρεται σε αρκετά βοηθητικά πρότυπα. Έτσι, το πρότυπο T.120 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μόνο του, ξεχωριστά από την βιντεοδιάσκεψη, για να υποστηρίξει εικονοδιασκέψεις δεδομένων. Η απαιτούμενη λειτουργικότητα για βιντεοδιάσκεψη δεδομένων και τα απαιτούμενα πρότυπα που παρέχει περιλαμβάνουν:

- Την δυνατότητα να μοιράζονται εφαρμογές χρηστών. Η λειτουργικότητα αυτή παρέχεται από:
  - Το πρότυπο T.121, που παρέχει ένα τρόπο ταυτόχρονης απεικόνισης - οποιασδήποτε ιδιοκτησιακής εφαρμογής (*generic application template*). Ιδιοκτησιακή εφαρμογή είναι οποιαδήποτε εφαρμογή που δεν αναπτύχθηκε ειδικά για να υποστηρίξει το T.120.
  - Το πρότυπο T.126, που επιτρέπει ταυτόχρονους χρήστες να μοιράζονται ακίνητες δυφιακά απεικονιζόμενες (*bit-mapped*) εικόνες και να τις σχολιάζουν. Το πρότυπο αυτό παρέχει τη βάση για τη δημιουργία και χρήση των μεριζόμενων ασπρωπίνακων.
  - Το πρότυπο T.128, που παρέχει υποστήριξη για τη μεταφορά δυαδικών αρχείων ανάμεσα σε πολλούς συμμετέχοντες.
- Την ικανότητα να ελέγχουν τα συστήματα H/W και το S/W που συμμετέχουν στην βιντεοδιάσκεψη δεδομένων. Η λειτουργία αυτή παρέχεται από :
  - Το πρότυπο T.123 που προδιαγράφει τα μέσα, με τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους τα συμμετέχοντα συστήματα.
  - Τα πρότυπα T.122 και T.125, που επιτρέπουν μαζί σε περισσότερους από δύο χρήστες να συμμετάσχουν ταυτόχρονα σε μία βιντεοδιάσκεψη
  - Το πρότυπο T.124 που παρέχει έναν γενικό ελεγκτή που προσδιορίζει, για παράδειγμα, ποιος χρήστης έχει τον έλεγχο μίας εφαρμογής σε οποιαδήποτε στιγμή.

## **Υπηρεσία εξομίωσης τοπικών δικτύων**

### **Αρχιτεκτονική**

Η υπηρεσία εξομίωσης τοπικών δικτύων (LAN Emulation), καθιστά δυνατή την υλοποίηση των προσομοιωμένων τοπικών δικτύων πάνω σε δίκτυο ATM. Ένα προσομοιωμένο τοπικό δίκτυο παρέχει επικοινωνία των πλαισίων των δεδομένων χρήστη μεταξύ όλων των χρηστών, όμοια με αυτήν του φυσικού LAN. Ένα ή περισσότερα προσομοιωμένα τοπικά δίκτυα, μπορούν να υλοποιούνται πάνω στο ίδιο ATM δίκτυο. Εντούτοις, κάθε ένα από αυτά, είναι ανεξάρτητο από τα άλλα και οι χρήστες δεν μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας περνώντας τα όρια μεταξύ των προσομοιωμένων LAN. Να σημειωθεί

ότι είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των προσομοιωμένων τοπικών δικτύων μόνο μέσω δρομολογητών ή γεφυρών (που υλοποιούνται στον ίδιο τερματικό σταθμό).

Κάθε προσομοιωμένο τοπικό δίκτυο αποτελείται από μία ομάδα LAN emulation πελατών (LE clients ή LECs) και μία υπηρεσία LAN emulation (LE Service). Αυτή η υπηρεσία αποτελείται από ένα LE Configuration Server (LECS), ένα LE Server (LES) και ένα Broadcast and Unknown Server (BUS). Κάθε LE πελάτης, είναι τμήμα ενός ATM τερματικού σταθμού. Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο χρηστών που προσδιορίζονται από τη MAC διεύθυνσή τους. Η LE Service, μπορεί να είναι τμήμα ενός τερματικού σταθμού ή ενός μεταγωγής. Μπορεί να είναι κεντροποιημένη ή κατανεμημένη σε έναν αριθμό σταθμών.

Η επικοινωνία μεταξύ των LE πελατών, καθώς και μεταξύ LE πελατών και LE Service, εκτελείται πάνω σε ATM συνδέσεις ιδεατού καναλιού. Κάθε LE πελάτης πρέπει να επικοινωνεί με την υπηρεσία LE πάνω από VCCs ελέγχου και δεδομένων. Τα προσομοιωμένα LAN λειτουργούν σε οποιοδήποτε από τα εξής περιβάλλοντα: Switched Virtual Circuit (SVC), Permanent Virtual Circuit (PVC) ή ανάμεικτο SVC/PVC.

Σε ένα τοπικό δίκτυο αμιγούς PVC δεν μπορούν να υπάρξουν διαδικασίες αποκατάστασης και απόλυσης κλήσης. Σ' αυτό το PVC περιβάλλον υπεύθυνη για την αποκατάσταση κλήσης και τον καθαρισμό των συνδέσεων είναι η διαχείριση του στρώματος, που έχει και την πλήρη ευθύνη για την διαβεβαίωση ότι λειτουργεί σωστά το προσομοιωμένο τοπικό δίκτυο.

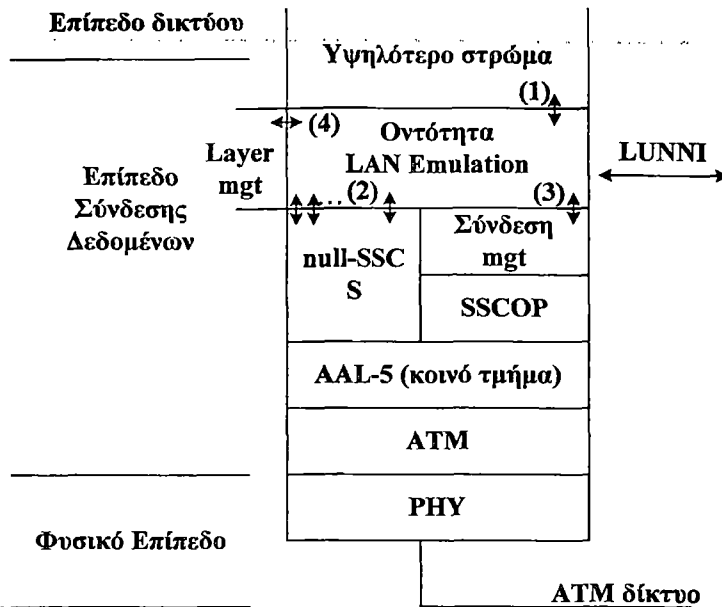
Η αρχιτεκτονική του συστήματος επικοινωνίας δίνει έμφαση στις λογικές υποδιαιρέσεις του συστήματος και το πως θα ταιριάξουν μεταξύ τους. Στην έρευνα, περιέχονται οι εξής όψεις για την αρχιτεκτονική:

- Οι εσωτερικές διεπαφές στρώματος που καθορίζουν την διάδραση μεταξύ της LAN Emulation οντότητας και άλλων οντοτήτων του τερματικού σταθμού.
- Η διεπαφή χρήστη με δίκτυο που καθορίζει την διάδραση μεταξύ ενός LE client και της LE Service πάνω στο ATM δίκτυο.

### **Διεπαφές στρώματος**

Το επόμενο σχήμα απεικονίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος ενός LE πελάτη, όπου φαίνονται τα διάφορα στρώματα και οι διεπαφές μέσω των οποίων διαδρούν.



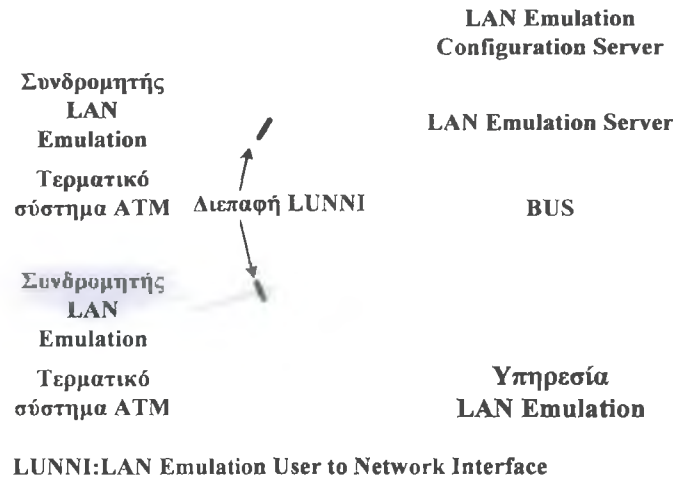


Σχήμα 24: Αρχιτεκτονική των στρώματων του LAN Emulation

- Η διεπαφή (1) μεταξύ του στρώματος του LAN Emulation και των υψηλότερων στρωμάτων, περιέχει διευκολύνσεις για τη μετάδοση και τη λήψη πλαισίων δεδομένων από το χρήστη.
- Οι διεπαφές (2) μεταξύ του στρώματος του LAN Emulation και του AAL, περιέχει διευκολύνσεις για τη μετάδοση και τη λήψη AAL-5 πλαισίων δεδομένων. Το AAL-5 χρησιμοποιεί κατώτερα στρώματα, περιέχοντας το ATM και το PHY. Η διεπαφή των σημείων πρόσβασης στην υπηρεσία, προσδιορίζεται από προσδιοριστές SAR (που έχουν απεικόνιση ένα προς ένα με τα VCCs).
- Η διεπαφή (3) μεταξύ της οντότητας LAN Emulation και της οντότητας της διαχείρισης της σύνδεσης περιέχει διευκολύνσεις για την αίτηση αποκατάστασης ή απόλυσης των ιδεατών συνδέσεων. Αυτή η οντότητα, διαχειρίζεται και τα SVCs και τα PVCs.
- Η διεπαφή (4) μεταξύ της LAN Emulation οντότητας και της οντότητας του στρώματος διαχείρισης, περιέχει διευκολύνσεις για αρχικοποίηση και τον έλεγχο της οντότητας LAN Emulation και την επιστροφή πληροφορίας κατάστασης.

### Η διεπαφή LAN Emulation χρήστη - δικτύου

Οι LE clients και η LE Service διαδρούν με τρόπο καλά ορισμένης διεπαφής, χρησιμοποιώντας PDUs και υλοποιώντας πρωτόκολλα.



Σχήμα 25: Η διαπαφή LAN Emulation χρήστη με δίκτυο (LUNNI)

Οι χρήστες συνδέονται στην υπηρεσία LAN Emulation μέσω πελατών LE. Οι LE clients είναι τυπικά υλοποιημένοι στους ATM τερματικούς σταθμούς είτε ως τμήμα ενός οδηγού λογισμικού (μεταξύ του λειτουργικού συστήματος και του ATM υλικού) είτε πάνω σε μία ειδική διαδικασία που είναι τμήμα του ATM προσαρμογέα.

Το LAN Emulation αναμένεται να χρησιμοποιηθεί σε μία από τις δύο διαμορφώσεις:

- Ενδιάμεσων συστημάτων (Intermediate Systems, π.χ. γέφυρες και δρομολογητές). Αυτές οι διατάξεις ενεργοποιούν την επικοινωνία μεταξύ «υπαρχόντων» LANs πάνω σε ATM δίκτυα κορμού.
- Τερματικών σταθμών (π.χ. hosts ή PCs). Αυτές οι διατάξεις ενεργοποιούν την επικοινωνία μεταξύ των ATM τερματικών σε «υπάρχον» LAN ή μεταξύ των ATM τερματικών.

### LAN Emulation over ATM-Version 1

Η LE Service μπορεί να υλοποιείται σε ένα ATM intermediate system ή ένα τερματικό σταθμό (π.χ. μία γέφυρα, ένα δρομολογητή). Από την άλλη, «μπορεί να είναι τμήμα ενός ATM δικτύου» υλοποιημένο σε μεταγωγείς ή άλλες ειδικές διατάξεις ATM.

Μια δυνατή υλοποίηση, μπορεί να είναι μία (κεντριοποιημένη) LE Service. Μια εναλλακτική υλοποίηση μπορεί να είναι διανεμημένη, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των εξυπηρετητών που λειτουργούν παράλληλα και παρέχουν τον πλεονασμό που απαιτείται για διόρθωση λαθών.

Η LE Service θα μπορούσε να είναι συντοπισμένη (co-located) με έναν ή περισσότερους LE clients, κερδίζοντας σε κόστος από εξοπλισμό.

### IP πάνω από ATM

Η ομάδα εργασίας της IETF IP over ATM, για να προετοιμαστεί για αυτή την ανάγκη, ανέπτυξε ένα πρωτόκολλο για μετάδοση IP πάνω σε ATM. Η μετάδοση οποιουδήποτε πρωτοκόλλου στρώματος για δίκτυα πάνω από υπόστρωμα ATM, έχει δύο όψεις: την ενθυλάκωση (encapsulation) του πακέτου και την ανάλυση της διεύθυνσης. Και οι δύο αυτές συνιστώσες αντιμετωπίστηκαν από την IETF και περιγράφονται πιο κάτω.

## Ενθυλάκωση πακέτου

Αρχικά, η δουλειά της IETF ήταν να προσδιορίσει μία μέθοδο για τη μεταφορά πακέτων πολλαπλών τύπων δικτύου ή στρώματος ζεύξης, κατά μήκος μίας σύνδεσης ATM (AAL-5) και για την πολύπλεξη πολλαπλών τύπων πακέτων πάνω στην ίδια σύνδεση. Όπως και με το LAN, υπάρχει μία τιμή για τη συνέχιση της χρήσης της ίδιας σύνδεσης για όλες τις μεταφορές δεδομένων μεταξύ δύο κόμβων, αφού πρώτα εγκατασταθεί η πρώτη σύνδεση. Αυτό είναι δυνατό μόνο αν χρησιμοποιηθούν συνδέσεις UBR ή ABR. Αν το στρώμα του δικτύου χρειάζεται εγγυήσεις για την QoS, τότε κάθε διαφορετική ροή πληροφορίας θα απαιτεί τυπικά τη δική της σύνδεση VBR.

Για να ξαναχρησιμοποιηθεί μία σύνδεση πρέπει ο κόμβος, που λαμβάνει ένα πακέτο κατά μήκος μίας ATM σύνδεσης να γνωρίζει τι είδους ήταν το πακέτο και σε ποια εφαρμογή ή σε ποια οντότητα υψηλότερου επιπέδου πρέπει να περάσει. Έτσι, πρέπει να έχει οριστεί από πριν μέσα στο πακέτο ένα πεδίο πολύπλεξης. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για να γίνει αυτό:

- **LLC/SNAP Encapsulation:** Με αυτή τη μέθοδο μπορούν να μεταφερθούν κατά μήκος μίας απλής σύνδεσης πολλαπλοί τύποι πρωτοκόλλων. Ο τύπος της ενθυλάκωσης πακέτου προσδιορίζεται από μία τυποποιημένη LLC/SNAP κεφαλίδα. Όλες οι συνδέσεις τερματίζονται στο LLC στρώμα μέσα στα τερματικά συστήματα αφού εκεί γίνεται η πολύπλεξη των πακέτων.
- **VC multiplexing:** Με βάση αυτή τη μέθοδο, μόνο ένα απλό πρωτόκολλο μεταφέρεται κατά μήκος μίας ATM σύνδεσης, του οποίου ο τύπος υπονοείται στην εγκατάσταση της σύνδεσης. Σαν αποτέλεσμα, δεν απαιτείται ούτε πολύπλεξη ούτε κάποιο πεδίο που να είναι μέσα στο πακέτο ή να μεταφέρεται μαζί μ' αυτό.

Η πρώτη μέθοδος είναι η πιο κοινή ενθυλάκωση που χρησιμοποιείται στα πρωτόκολλα IP over ATM. Η ITU-T επίσης, έχει ορίσει αυτή τη μέθοδο ως προτερόθετη (default) για τη μεταφορά πολλαπλών πρωτοκόλλων πάνω σε ATM.

Η δεύτερη μέθοδος, χρησιμοποιείται όταν είναι επιθυμητή η απευθείας ATM σύνδεση μεταξύ εφαρμογών, παρακάμπτοντας πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου.

Η ομάδα IP over ATM, προσδιόρισε επίσης και μία τυποποίηση για το μέγεθος της μέγιστης μεταφερόμενης μονάδας πάνω σε ATM (Maximum transfer unit ή MTU). Έτσι, ορίστηκε η τιμή 9180 bytes.

## Ανάλυση της διεύθυνσης

Για να λειτουργήσει το IP πάνω σε ATM, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας μηχανισμός για το διαχωρισμό των IP διευθύνσεων από τις αντίστοιχες ATM διευθύνσεις. Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί η περίπτωση δύο δρομολογητών (routers) συνδεδεμένων κατά μήκος ενός ATM δικτύου. Αν ένας router λάβει ένα πακέτο κατά μήκος μίας διεπαφής LAN, το πρώτο πράγμα που θα κάνει είναι να ελέγξει το επόμενο τμήμα του για να καθορίσει μέσω ποιας θύρας και σε ποιο router θα δώσει το πακέτο. Αν το πακέτο πρέπει να μεταδοθεί πάνω σε ATM διεπαφή, ο router πρέπει να συμβουλευτεί ένα πίνακα ανάλυσης

διευθύνσεων για να καθορίσει τη διεύθυνση του router προορισμού. Ο πίνακας μπορεί να διαμορφωθεί και με τις τιμές των VPI/VCI της PVC σύνδεσης των δύο routers. Ο πίνακας των διευθύνσεων μπορεί να διαμορφωθεί και χειροκίνητα αλλά αυτό δεν αποτελεί μία κατανοητή λύση. Η ομάδα εργασίας του IP-over-ATM, έχει προσδιορίσει ένα πρωτόκολλο για την υποστήριξη της αυτόματης ανάλυσης διευθύνσεων για τις IP διευθύνσεις, το γνωστό "classic IP over ATM". Εισάγει επίσης και την έννοια ενός λογικού υποδικτύου IP (Logical IP Subnet-LIS). Το LIS, αποτελείται από μία ομάδα IP κόμβων (όπως hosts, routers) που συνδέουν σε ένα απλό ATM δίκτυο και ανήκουν στο ίδιο IP υποδίκτυο.

Για το διαχωρισμό των διευθύνσεων των κόμβων μέσω του LIS, κάθε LIS υποστηρίζει έναν απλό παροχέα ATMARP, ενώ όλοι οι κόμβοι (LIS Clients) μέσα στο LIS διαμορφώνονται με την μοναδική ATM διεύθυνση του παροχέα, χρησιμοποιώντας τη διαμορφωμένη διεύθυνση. Αφού ανιχνευτεί από τον ATMARP παροχέα για πρώτη φορά μία σύνδεση από ένα νέο LIS client, στέλνεται από αυτόν μία αντίστροφη ARP αίτηση στον client που συνδέεται και απαιτεί την IP και ATM διεύθυνση του κόμβου, που την αποθηκεύει στον ATMARP πίνακα.

Ταυτόχρονα κάθε κόμβος μέσα στο LIS, που επιθυμεί να διαχωρίσει μία IP διεύθυνση, θα στείλει μία ATMARP αίτηση στον server που με τη σειρά του θα απαντήσει, αν βρεθεί μία χαρτογράφηση των διευθύνσεων, με μία ATMARP απάντηση. Αν δεν βρεθεί, επιστρέφει μία ATM-NAK απάντηση για να δείξει την έλλειψη μίας εγγεγραμμένης διεύθυνσης.

Όταν ένας LIS client αποκτήσει μία διεύθυνση ATM που αντιστοιχεί σε μία IP διεύθυνση, μπορεί να εγκαταστήσει πλέον μία σύνδεση στη διεύθυνση.

Η λειτουργία του κλασικού μοντέλου είναι απλή. Υπάρχουν όμως κάποιοι περιορισμοί. Ένας από αυτούς προσδιορίζεται με τη φράση «κλασικός», που σημαίνει ότι το πρωτόκολλο δεν προσπαθεί να αλλάξει την απαίτηση που έχει ο IP host να στέλνεται σε ένα default router κάθε πακέτο με προορισμό έξω από την πηγή του κόμβου του υποδικτύου IP. Αυτή η απαίτηση εντούτοις, δεν ταιριάζει στη λειτουργία του IP πάνω σε ATM αλλά και σε όλο το φάσμα των άλλων "non-broadcast multi-access" δικτύων, όπως το frame relay και το X.25. Σε όλα αυτά τα δίκτυα, είναι δυνατό να προσδιοριστούν πολλαπλοί LIS και το δίκτυο από μόνο του θα μπορούσε να υποστηρίξει απευθείας επικοινωνίες μεταξύ δύο hosts δύο διαφορετικών LISs.

## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΙΝΤΕΟΔΙΑΣΚΕΨΗΣ**

### *Γενικά*

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορα συστήματα βιντεοδιάσκεψης, τα οποία είναι κατάλληλα για σχεδίαση και υλοποίηση ευρυζωνικών δικτύων βιντεοδιάσκεψης τεχνολογίας ATM. Εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν συστήματα βιντεοδιάσκεψης της παγκόσμιας αγοράς, τα οποία ακολουθούν τις συστάσεις της ITU-T και είναι ικανά για την παροχή υπηρεσιών τηλεματικής.

Τα προϊόντα που εξετάστηκαν, εντοπίστηκαν μετά από έρευνα στο διαδίκτυο, από δημοσιεύσεις άρθρων σε περιοδικά της IEEE και από την εξέταση των αποτελεσμάτων προγραμμάτων χρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η δομή του παρόντος κεφαλαίου αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος, περιλαμβάνει τις γενικές αρχές με βάση τις οποίες έγινε η αξιολόγηση. Το δεύτερο μέρος, περιλαμβάνει την αξιολόγηση κωδικοποιητών/αποκωδικοποιητών (CODECS) εικόνας και ήχου. Το τρίτο μέρος, παρουσιάζει τη σύγκριση ATM μεταγωγέων καθώς και ATM προσαρμογέων.

### *Κριτήρια αξιολόγησης*

Η αξιολόγηση των προϊόντων βιντεοδιάσκεψης ευρυζωνικών δικτύων τεχνολογίας ATM βασίστηκε στις τεχνικές προδιαγραφές τους ακολουθώντας τα παρακάτω κριτήρια:

- Συμμόρφωση με τα πρότυπα της ITU-T και ATM Forum για βιντεοδιάσκεψη σε ευρυζωνικά δίκτυα
- Ευκολία στη χρήση
- Δυνατότητα διαχείρισης
- Δυνατότητα ανάπτυξης εξειδικευμένων υπηρεσιών τηλεπληροφορικής
- Λόγος αποδοτικότητα/κόστος

### **Συμμόρφωση με τα πρότυπα της ITU-T**

Οι τεχνικές προδιαγραφές των υπό αξιολόγηση προϊόντων κατηγοριοποιούνται με βάση τα πρότυπα της ITU-T και του ATM Forum για βιντεοδιάσκεψη σε ευρυζωνικά δίκτυα που είναι τα H.310, H.321, H.323 και H.323 Annex C.

Η συμμόρφωση των προϊόντων που ακολουθούν το πρότυπο H.310 περιλαμβάνει δυνατότητες κωδικοποίησης των βίντεο, ήχου και δεδομένων, δυνατότητες σηματοδότησης και προσαρμογής των συστημάτων στο δίκτυο και δυνατότητες επικοινωνίας πολλαπλών σημείων.

Η συμμόρφωση των προϊόντων που ακολουθούν το πρότυπο H.321 περιλαμβάνει:

- Κωδικοποίηση ήχου
- Κωδικοποίηση βίντεο
- Συγχρονισμό και πολύπλεξη πολυμέσων

- Διατερματικό (end-to-end) έλεγχο
- Λειτουργίες επιπέδου προσαρμογής AAL
- Ικανότητα μεταφοράς ATM
- Προσαρμογή στο δίκτυο

### **Διαδικασία αξιολόγησης**

Η διαδικασία αξιολόγησης περιλαμβάνει τη συλλογή των τεχνικών προδιαγραφών των προϊόντων βιντεοδιάσκεψης σε ευρυζωνικά δίκτυα τεχνολογίας ATM και την επεξεργασία τους με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης.

### **Διαδικασία συλλογής τεχνικών προδιαγραφών των προϊόντων**

Η διαδικασία συλλογής βασίστηκε σε τέσσερις πηγές που ήταν:

- Ιστοσελίδες των κατασκευαστικών οίκων συστημάτων βιντεοδιάσκεψης σε δίκτυα ευρείας ζώνης τεχνολογίας ATM
- Μηχανές εύρεσης του διαδικτύου
- Δημοσιευμένα άρθρα σε περιοδικά της IEEE και ειδικότερα το "IEEE transactions on information technology in biomedicine"
- Επικοινωνία με ελληνικές προμηθευτικές εταιρείες αντίστοιχων συστημάτων

### **Πίνακας αξιολόγησης**

Η βιντεοδιάσκεψη είναι ο πιο βασικός τύπος μετάδοσης βίντεο και ομιλίας ανάμεσα σε δύο επικοινωνούντα σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες. Η βιντεοδιάσκεψη πραγματοποιείται με τη χρήση κάμερας (για τη σύλληψη και αποστολή του βίντεο), οθόνης (για την εμφάνιση του λαμβανόμενου βίντεο), μικροφώνων (για τη σύλληψη και αποστολή του ήχου) και ηχείων (για την ακρόαση του ήχου). Εμπλέκει, επίσης, μία σειρά από διατάξεις ή συσκευές, οι οποίες εκτελούν τις λειτουργίες που περιλαμβάνει. Στις λειτουργίες αυτές περιλαμβάνονται αφενός η κωδικοποίηση του ήχου και της εικόνας και αφετέρου λειτουργίες έλεγχου, συγχρονισμού, προσαρμογής πρωτοκόλλων, μεταγωγής και πρόσβασης στα χρησιμοποιούμενα κυκλώματα.

### **Πίνακας αξιολόγησης κωδικοποιητών/αποκωδικοποιητών (Codec)**

Πραγματοποιούν τη συμπίεση και κωδικοποίηση του ήχου και του βίντεο, ώστε να καταστεί δυνατή η μετάδοσή τους μέσα από τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Οι κωδικοποιητές / αποκωδικοποιητές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από προσαρμογείς που υποστηρίζουν την PCI ή ISA αρτηρία κατάλληλοι για επιτραπέζια υπολογιστικά συστήματα (desktop systems) ή από ξεχωριστές (αυτόνομες) διατάξεις. Παρέχουν, επίσης, ολοκληρωμένα εργαλεία ανάπτυξης για εφαρμογές τηλεπληροφορικής.

Οι κωδικοποιητές αξιολογούνται με βάση τις προδιαγραφές κωδικοποίησης βίντεο και ήχου που υποστηρίζουν, τη δυνατότητα υποστήριξης διαμοιρασμού δεδομένων (T.120), τη διεπαφή δικτύου, τον έλεγχο από απόσταση (για τα ομαδικά συστήματα), τη διαθεσιμότητα εργαλείων ανάπτυξης, το πρωτόκολλο βιντεοδιάσκεψης (π.χ. H.321, H.323 κλπ.) και το εύρος ζώνης που

υποστηρίζουν, τις απαιτήσεις του υπολογιστικού συστήματος στο οποίο εφαρμόζονται (π.χ. λειτουργικό σύστημα, επεξεργαστής, μνήμη, αρτηρία κλπ.). Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει τους ATM κωδικοποιητές/αποκωδικοποιητές που αξιολογήθηκαν αναφέροντας τον κατασκευαστικό οίκο και μοντέλο.

| Κατασκευαστικός οίκος         | Μοντέλο                   |
|-------------------------------|---------------------------|
| Zydacron                      | Z.340                     |
|                               | Z.350                     |
|                               | Z.360                     |
| FVC.COM                       | VaN                       |
|                               | VaN II                    |
|                               | Σειρά BVS                 |
| VCON                          | Cruiser 150               |
|                               | Cruiser 384               |
| PictureTel                    | PT 550                    |
| Marconi (πρώην Fore Systems)  | Stream Runner AVA/ATV-300 |
| VTEL                          | LC 5000                   |
| Intel corporation             | Intel Proshare            |
| Optivision                    | Σειρά NAC 3000            |
| Litton Network Access Systems | CamVision-2 7615          |
| CellStack Systems             | CS-Aurora                 |
|                               | CS-CAP/V                  |

### Πίνακας αξιολόγησης ATM προσαρμογέων (ATM adapters)

Οι ATM προσαρμογείς καθιστούν δυνατή τη μεταγωγή ανάμεσα στην αρτηρία (PCI ή ISA bus) του PC, το δίκτυο ATM και τη διεπαφή MVIP (Multi-Vendor Integration Protocol).

Η διεπαφή MVIP καθιστά δυνατή την προσαρμογή μίας (προαιρετικής) θυγατρικής κάρτας που επιτρέπει την άμεση σύνδεση των συσκευών βιντεοδιάσκεψης στην κάρτα ATM. Άρα, η κίνηση βίντεο δεν περνά μέσα από την αρτηρία.

Συνήθως, οι ATM προσαρμογείς υποστηρίζουν την PCI ή ISA αρτηρία. Υλοποιούν την τυποποίηση UNI έκδοσης 3.x πάνω από φυσική διεπαφή ρυθμού 25 Mbps ή 155 Mbps. Το φυσικό μέσο μπορεί να είναι χάλκινο καλώδιο τύπου UTP-5 ή UTP-3 ή οπτική ίνα (μονότροπη ή πολύτροπη).

Μερικοί από τους προσαρμογείς υποστηρίζουν το πρωτόκολλο LANE ή/και το Classical IP για να επιτύχουν τη διαφανή πρόσβαση σε εξυπηρετητές αρχείων (file servers) ή βάσεων δεδομένων (database servers). Λειτουργούν σε περιβάλλον Windows 95 ή 98 ή NT. Χρησιμοποιούν για εφαρμογές πολυμέσων.

Οι ATM προσαρμογείς υποστηρίζουν διάφορες κλάσεις υπηρεσίας (π.χ. CBR και VBR) για τη μετάδοση της κίνησης βίντεο καθώς και UBR για μετάδοσή

δεδομένων με χρήση του πρωτοκόλλου LAN Emulation. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει στον ATM προσαρμογέα να λειτουργεί σε περιβάλλον που πρέπει να συνδυάζει κίνηση πολυμέσων και την κίνηση ενός παραδοσιακού LAN. Η υποστήριξη της ποιότητας υπηρεσίας από την κάρτα ATM είναι η κρίσιμη διαφορά στην υλοποίηση δικτύων, στα οποία μεταδίδεται βίντεο.

Οι ATM προσαρμογείς που αξιολογήθηκαν είναι οι παρακάτω:

| Κατασκευαστικός οίκος        | Μοντέλο             |
|------------------------------|---------------------|
| Marconi (πρώην Fore Systems) | Fore Runner 200E    |
|                              | Fore Runner HE 155  |
|                              | Fore Runner LE 25   |
| FVC.COM                      | VAM 4000            |
|                              | V-NIC               |
|                              | VC-NIC              |
| IML                          | ArTeMux C000 Client |
|                              | ArTeMux Client      |
|                              | ArTeMux S001 Server |

### Πίνακας αξιολόγησης διατάξεων μεταγωγής

Οι διατάξεις μεταγωγής ATM διασυνδέουν τερματικές διατάξεις βιντεοδιάσκεψης. Έχουν, επίσης, τη δυνατότητα σύνδεσης με το δημόσιο δίκτυο ATM. Επομένως καθιστούν δυνατή την πραγματοποίηση βιντεοδιάσκεψης εσωτερικά σ' ένα επιχειρησιακό περιβάλλον αλλά και μεταξύ απομακρυσμένων τερματικών διατάξεων δια μέσου του δημόσιου δικτύου ATM.

Πολλές φορές πραγματοποιούν και λειτουργίες μετατροπής πρωτοκόλλων. Συνήθως έχουν τη δυνατότητα διασύνδεσης τερματικών διατάξεων που υποστηρίζουν διαφορετικά πρωτόκολλα και διεπαφές (π.χ. ATM 25 Mbps, 155 Mbps, Ethernet, E1, LANE κλπ.).

Οι τερματικές διατάξεις ATM συνδέονται στη διάταξη μεταγωγής με φυσική σύνδεση UTP ή με οπτικό καλώδιο και με ταχύτητες 25 Mbps ή 155 Mbps. Η σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο ATM γίνεται, συνήθως, με οπτική ίνα (πολύτροπη ή μονότροπη) και ρυθμό 155 Mbps.

Οι διατάξεις μεταγωγής που αξιολογήθηκαν είναι οι παρακάτω:

| Κατασκευαστικός οίκος        | Μοντέλο                         |
|------------------------------|---------------------------------|
| Marconi (πρώην Fore Systems) | Fore Runner ASX-200BX/1000/1200 |
|                              | Marconi LE 155                  |



|         |                   |
|---------|-------------------|
|         | Marconi LE 25     |
|         | ES 2810           |
| FVC.COM | Access NGI        |
| CISCO   | MGX 8850          |
|         | Σειρά Lightstream |

### Πίνακας αξιολόγησης πυλών

Οι πύλες (Gateways) παρέχουν υπηρεσίες «δια-κωδικοποίησης» (transcoding), όπως είναι η μετατροπή διευθύνσεων, μετατροπή πρωτοκόλλων δικτύων, μετατροπή κωδικοποίησης βίντεο και ήχου ανάμεσα σε ανόμοια μέσα. Καθιστά δυνατή, επομένως, την πραγματοποίηση βιντεοδιάσκεψης μεταξύ τερματικών διατάξεων που υποστηρίζουν διαφορετικά πρότυπα (π.χ. H.323, H.321, H.320) και παρέχουν διαλειτουργικότητα μεταξύ τερματικών διατάξεων που συνδέονται σε διαφορετικού τύπου δίκτυα, όπως το ATM, το ISDN και το IP. Μερικές από αυτές ενσωματώνουν και τις λειτουργίες του "Gatekeeper" που προδιαγράφονται στο πρότυπο H.323.

Οι πύλες είναι συνήθως επεκτάσιμες και μπορεί να επιλέξει ο χρήστης την κατάλληλη διαμόρφωση με βάση τις ανάγκες του. Μπορεί, για παράδειγμα, να επιλέξει εξοπλισμό για διασύνδεση διατάξεων ISDN και ATM ή Ethernet και ATM. Οι πύλες που αξιολογήθηκαν είναι τα μοντέλα V-GATE 4000 και onLAN των κατασκευαστικών οίκων FVC.COM και RADVision αντίστοιχα.

### Πίνακας αξιολόγησης MCU

Η μονάδα ελέγχου βιντεοδιάσκεψης πολλαπλών σημείων καθιστά δυνατή την πραγματοποίηση βιντεοδιάσκεψης στην περίπτωση που οι συμμετέχοντες σε αυτήν είναι περισσότεροι από δύο. Η MCU συνδέει τρία ή περισσότερα συστήματα βιντεοδιάσκεψης στην ίδια βιντεοδιάσκεψη, με τη διαχείριση του ήχου και του βίντεο από κάθε συμμετέχοντα προς τους άλλους, ώστε να επιτευχθεί ομαδική επικοινωνία. Είναι δυνατός, επίσης, και ο διαμοιρασμός δεδομένων μεταξύ των συμμετεχόντων καθώς και ο προγραμματισμός μίας βιντεοδιάσκεψης εκ των προτέρων.

Οι λειτουργίες μίας MCU μπορεί να υλοποιηθούν με υλικό ή λογισμικό. Αξιολογήθηκαν MCU που υλοποιούνται με υλικό και είναι οι παρακάτω:

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Κατασκευαστικός οίκος | Μοντέλο |
| Ezenia                | 2020    |
| RADVision             | VialIP  |
| ACCORD                | MGC-50  |
|                       | MGC-100 |

## ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

### *Εισαγωγή*

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής για την παροχή υπηρεσιών τηλεπληροφορικής σε ΑΤΜ κλειστές ομάδες χρηστών από ένα τηλεπικοινωνιακό φορέα που παρέχει δικτυακές υπηρεσίες πάνω από το δημόσιο ευρυζωνικό δίκτυο τεχνολογίας ΑΤΜ.

### *Γενικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής*

Με τον όρο "ΑΤΜ κλειστή ομάδα χρηστών" εννοείται κάθε σύνολο τερματικών διατάξεων του χρήστη, το οποίο έχει πρόσβαση στο δημόσιο ΑΤΜ δίκτυο μέσω της διεπαφής χρήστη-δικτύου. Το κάθε σύνολο θα ακολουθεί συγκεκριμένα πρωτόκολλα ασφάλειας, διαλειτουργικότητας και διασυνδεσιμότητας.

Ο τηλεπικοινωνιακός φορέας που παρέχει δικτυακές υπηρεσίες θα διαθέτει ένα σύνολο τερματικών διατάξεων εξυπηρέτησης (εξυπηρετητών - servers), οι οποίες θα προσφέρουν υπηρεσίες διαδικτύου και θα υποστηρίζουν την ανταλλαγή πολυμέσων σε μη πραγματικό χρόνο. Το σύνολο των εξυπηρετητών θα προσπελαύνεται από εξουσιοδοτημένες ΑΤΜ κλειστές ομάδες χρηστών μέσω του εθνικού ΑΤΜ δικτύου. Η πρόσβαση του φορέα με το ΑΤΜ δίκτυο θα πραγματοποιείται μέσω της διεπαφής χρήστη-δικτύου (UNI).

Με τον γενικό όρο "τερματική διάταξη μίας υπηρεσίας τηλεπληροφορικής" ορίζεται ο πάσης φύσης εξοπλισμός (συμπεριλαμβανομένου υλισμικού και λογισμικού), ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο χώρο του χρήστη, διασυνδέεται στο δημόσιο ΑΤΜ δίκτυο και μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές τηλεπληροφορικής. Η αρχιτεκτονική της τερματικής διάταξης, πρέπει να είναι ανοικτή, δηλαδή:

- να υλοποιείται ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογική πλατφόρμα στην οποία βασίζεται η ανάπτυξη τερματικών χρηστών. Η τερματική διάταξη μίας υπηρεσίας τηλεπληροφορικής συνιστάται να είναι χαμηλού κόστους και πολλαπλής χρήσης και να βασίζεται στη βασική πλατφόρμα PC.
- να καλύπτει την ανάγκη άμεσης αναβάθμισης της ταχύτητας μεταφοράς των δεδομένων πολυμέσων χωρίς να απαιτείται ουσιαστική αλλαγή στα βασικά δομικά στοιχεία της τερματικής διάταξης.
- να είναι εύκολα προσαρμόσιμη στις απαιτήσεις των διαφορετικών κατηγοριών χρηστών (κατηγοριοποιούνται με βάση το είδος εργασίας τους), οι οποίες μεταβάλλονται συνεχώς και ποικίλουν από κατηγορία σε κατηγορία.
- να προσφέρει δυνατότητα εκτέλεσης σχημάτων τηλεργασίας πάνω από οποιασδήποτε τεχνολογίας δημόσια ευρυζωνικά δίκτυα, όπως Frame Relay, B-ISDN, ATM κλπ.

Η τερματική διάταξη μίας υπηρεσίας τηλεπληροφορικής θα υλοποιεί το σύνολο των διαδικασιών αποκατάστασης των κλήσεων καθώς και της συλλογής.

μεταφοράς, αποθήκευσης και διαχείρισης της πληροφορίας. Οι τερματικές διατάξεις μίας υπηρεσίας τηλεπληροφορικής θα διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες:

- σε αυτές, που θα υλοποιούν το βασικό εργασιακό περιβάλλον του χρήστη και θα είναι τοποθετημένες στο χώρο του (τερματικές διατάξεις χρήστη) και
- σε αυτές, που θα υλοποιούν κεντρικές λειτουργίες (τερματικές διατάξεις εξυπηρέτησης), θα εξυπηρετούν τις απαιτήσεις και ανάγκες του κάθε χρήστη σε επίπεδο εφαρμογής και θα είναι τοποθετημένες σε χώρο του φορέα που παρέχει υπηρεσίες τηλεπληροφορικής. Οι τερματικές διατάξεις εξυπηρέτησης θα οργανώνουν τη:
  - διαχειριστική πληροφορία αυτής καθ' αυτής της υπηρεσίας και
  - πληροφορία, που θα ανταλλάσσεται μεταξύ των χρηστών κατά την υλοποίηση τηλεεργασιών δισημειακών, σημείο-πολυσημειακών και πολυσημειακών-πολυσημειακών σχημάτων.

### **Αρχιτεκτονική της τερματικής διάταξης του χρήστη**

Η αρχιτεκτονική των τερματικών διατάξεων του χρήστη θα βασίζεται στην πλατφόρμα ενός προσωπικού υπολογιστή, ο οποίος θα είναι εφοδιασμένος με ειδικό υλισμικό και λογισμικό.

Το υλικό θα αποτελείται από διάφορες συσκευές πολυμέσων, όπως κωδικοποιητή / αποκωδικοποιητή ήχου και εικόνας, προσαρμογέα δικτύου, πηγές κινούμενης εικόνας και ήχου, κ.λ.π. Ειδικότερα, ο προσαρμογέας δικτύου θα είναι συμβατός με τα επικοινωνιακά χαρακτηριστικά της κλειστής ομάδας ATM χρηστών που ανήκει. Συνεπώς, θα μπορεί να είναι μία κάρτα δικτύου τεχνολογίας Ethernet ή ATM που ακολουθεί το πρότυπο H.323, H.323 Annex C ή το H.321.

Το λογισμικό θα υλοποιεί τη διεπαφή χρήστη-διάταξης σχεδιασμένη σε παραθυρικό περιβάλλον (MS-Windows). Ειδικότερα, θα περιλαμβάνει κατάλληλο χώρο για την οργάνωση (συγγραφή, διόρθωση, διαγραφή, ενημέρωση κλπ) ηλεκτρονικής πληροφορίας (μορφοποιημένο κείμενο, ακίνητες εικόνες) καθώς επίσης και για την αποκατάσταση και απόλυση κλήσεων μέσω του δικτύου ATM. Η διεπαφή θα πρέπει να έχει τη μορφή πλατφόρμας, δηλαδή να περιλαμβάνει:

- εργαλεία για τη σχεδίαση και ανάπτυξη εφαρμογών τηλεεργασίας, τα οποία θα είναι ανεξάρτητα της διαθέσιμης τηλεπικοινωνιακής υποδομής και του λειτουργικού συστήματος
- διαδικασίες συντονισμού λειτουργιών σε επίπεδο χρηστών. Θα εμπεριέχει αλγόριθμους παρουσίασης σε πραγματικό χρόνο των ενεργειών δύο ή περισσότερων χρηστών, οι οποίοι διαχειρίζονται δεδομένα της ίδιας εφαρμογής, τα οποία διακινούνται μέσα από τα τερματικά εξυπηρέτησης.

Η διεπαφή χρήστη-διάταξης θα αποτελείται από μία αλληλουχία παραθύρων. Αρχικά θα εμφανίζεται το παράθυρο καλωσορίσματος στην υπηρεσία τηλεεργασίας πάνω από το δίκτυο ATM. Κατόπιν θα παρουσιάζεται το παράθυρο καταχώρησης των προσωπικών στοιχείων του χρήστη (Login Name, Password), το οποίο θα αντικαθίσταται με το παράθυρο επιλογής

εφαρμογών. Η τελική μορφή των βασικών παραθύρων της διεπαφής αποτελεί αντικείμενο της φάσης υλοποίησης τερματικών διατάξεων.

Η διεπαφή χρήστη-διάταξης θα αποτελείται από δύο τμήματα, το επικοινωνιακό/διαχειριστικό και την εφαρμογή τηλεπληροφορικής του χρήστη.

- **Το επικοινωνιακό/διαχειριστικό λογισμικό** θα παρέχει στην τερματική διάταξη του χρήστη μίας κλειστής ομάδας όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες για την εγκατάσταση, υποστήριξη και απόλυση της σύνδεσης με άλλη τερματική διάταξη χρήστη μίας άλλης κλειστής ομάδας είτε με κάποια τερματική διάταξη εξυπηρέτησης.
- **Το λογισμικό εφαρμογής** θα περιλαμβάνει την υλοποίηση λειτουργιών τηλεπληροφορικής, οι οποίες σχετίζονται με την κατηγορία χρηστών στην οποία αναφέρονται. Η βασική του δομή θα περιλαμβάνει διαδικασίες ανταλλαγής αρχείων σε ASCII μορφή, ανταλλαγής μηνυμάτων, κοινή διαχείριση ασπρωπίνακα, διαμοιρασμό κοινών εφαρμογών και κάποιες εξειδικευμένες διαδικασίες, όπως επεξεργασία πληροφορίας, οι οποίες θα είναι εξαρτημένες από το κάθε σενάριο τηλεργασίας. Επίσης, θα περιλαμβάνει και μηνύματα ελέγχου, τα οποία θα διαχειρίζονται την ανταλλαγή της πληροφορίας, όπως για παράδειγμα έλεγχος της κίνησης του ποντικιού, διαχείριση δεικτών, κωδικοποίηση εντολών κλπ.

### **Αρχιτεκτονική του τερματικού εξυπηρέτησης**

Το τερματικό εξυπηρέτησης θα είναι ένας σταθμός εργασίας υψηλών δυνατοτήτων λειτουργίας και απόδοσης και θα είναι τοποθετημένος σε κάποιο σημείο πλήρως ελεγχόμενο από τον φορέα που παρέχει δικτυακές υπηρεσίες. Θα διαθέτει σύστημα διαχείρισης σχεσιακής βάσης δεδομένων και προσαρμογέα δικτύου τεχνολογίας ATM, ο οποίος θα υλοποιεί πλήρως τις λειτουργίες των πρωτοκόλλων, που προδιαγράφονται από το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM και το επίπεδο προσαρμογής του ATM.

Το τερματικό εξυπηρέτησης θα είναι εφοδιασμένο με λογισμικό, το οποίο θα υλοποιεί την επικοινωνία του με τις τερματικές διατάξεις χρηστών, τις δισημειακές και σημείο-πολυσημειακές συνδέσεις, τη διαχείριση πόρων, τον κατάλογο χρηστών και τις διάφορες εφαρμογές τηλεπληροφορικής που αφορούν την εξυπηρέτηση.

### **Αρχιτεκτονική διασύνδεσης τερματικών διατάξεων**

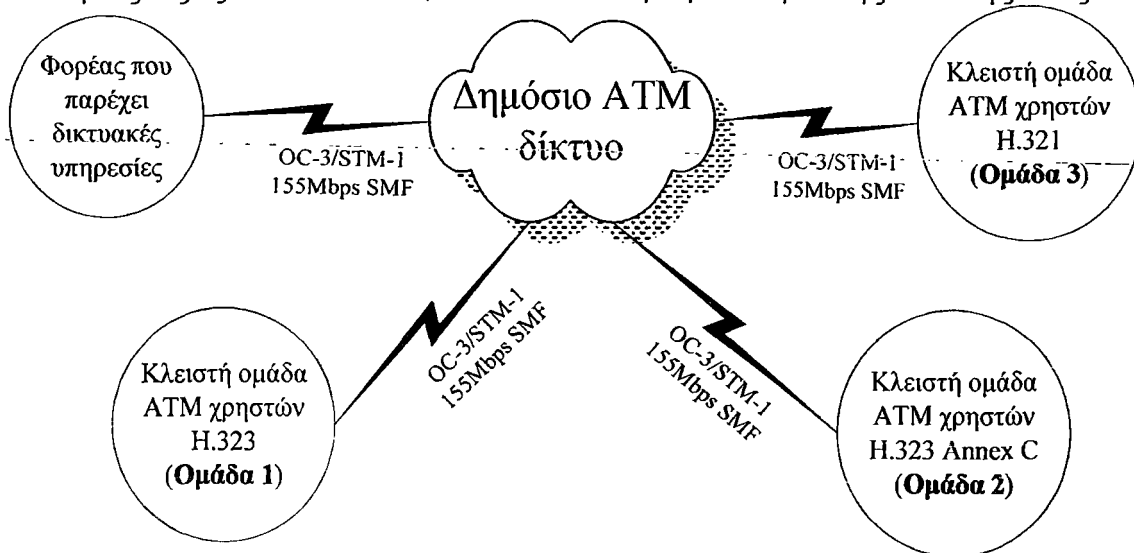
Σκοπός της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής είναι η δημιουργία ενός κλειστού δικτύου τύπου Intranet παροχής λειτουργιών ταυτόχρονης ανταλλαγής κινούμενης εικόνας, ήχου και δεδομένων υπολογιστή σε πραγματικό και μη χρόνο.

Οι κλειστές ομάδες χρηστών είναι χωρικά κατανομημένες και διασυνδέονται με τον φορέα μέσω του δημοσίου ATM δικτύου με συνδέσεις τύπου PVCs.

Η δομή των κλειστών ομάδων χρηστών είναι τοπικά δίκτυα τεχνολογίας Ethernet ή ATM. Οι κόμβοι του τοπικού δικτύου είναι οι τερματικές διατάξεις του χρήστη μίας υπηρεσίας τηλεπληροφορικής.

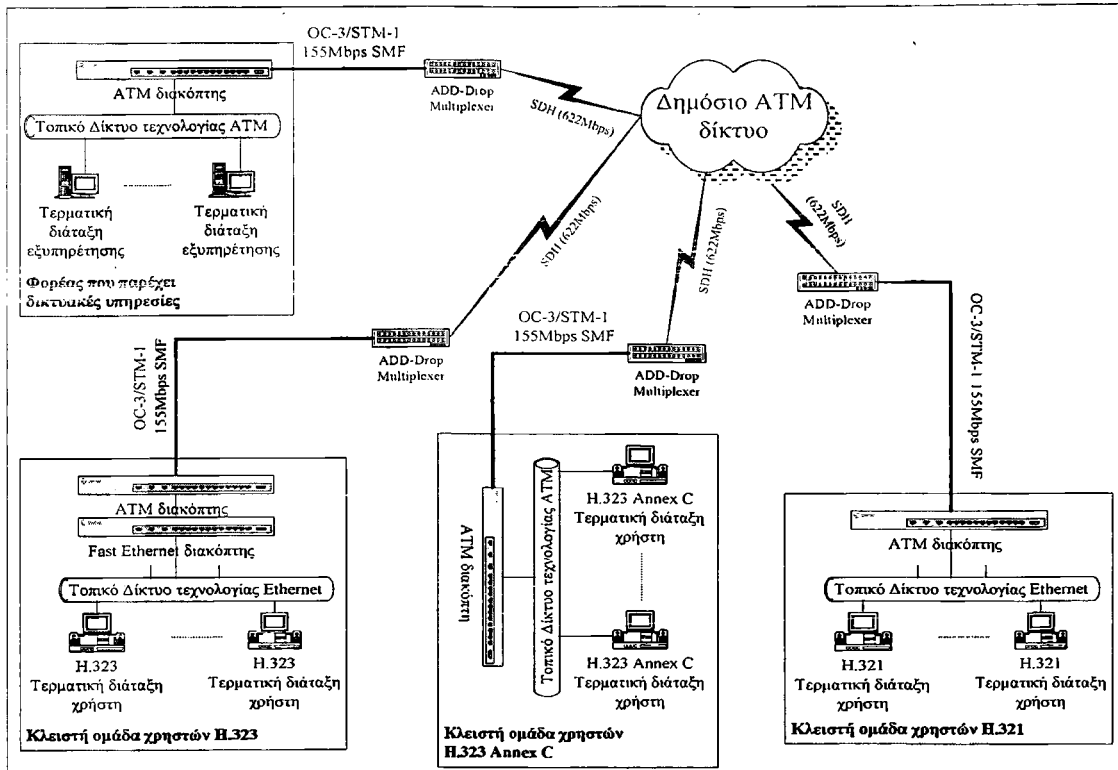
Ο τηλεπικοινωνιακός φορέας διαθέτει τερματικές διατάξεις εξυπηρέτησης ευρυζωνικών υπηρεσιών τηλεπληροφορικής καθώς και τα ανάγκαία ενεργά στοιχεία ώστε να παρέχει ευρυζωνικές δισημειακές (point-to-point) και σημειοπολυσημειακές (point-to-multipoint) συνδέσεις. Τα ενεργά στοιχεία πρέπει να υποστηρίζουν όλα τα πρωτόκολλα που υποστηρίζονται και από το δημόσιο ATM δίκτυο ώστε να είναι όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη η απόδοση των παρεχομένων υπηρεσιών τηλεπληροφορικής.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται το προτεινόμενο Intranet, το οποίο περιλαμβάνει τερματικές διατάξεις χρήστη που ακολουθούν τα πρότυπα H.321, H.323 Annex C και H.323 της ITU-T, και τερματικά εξυπηρέτησης. Η διασύνδεση όλων των τερματικών διατάξεων επιτυγχάνεται μέσω του δημόσιου ATM δικτύου με ζεύξεις τύπου OC-3/STM-1 155Mbps μονότροπης οπτικής ίνας.



Σχήμα 26: Αρχιτεκτονική διασύνδεσης τερματικών διατάξεων

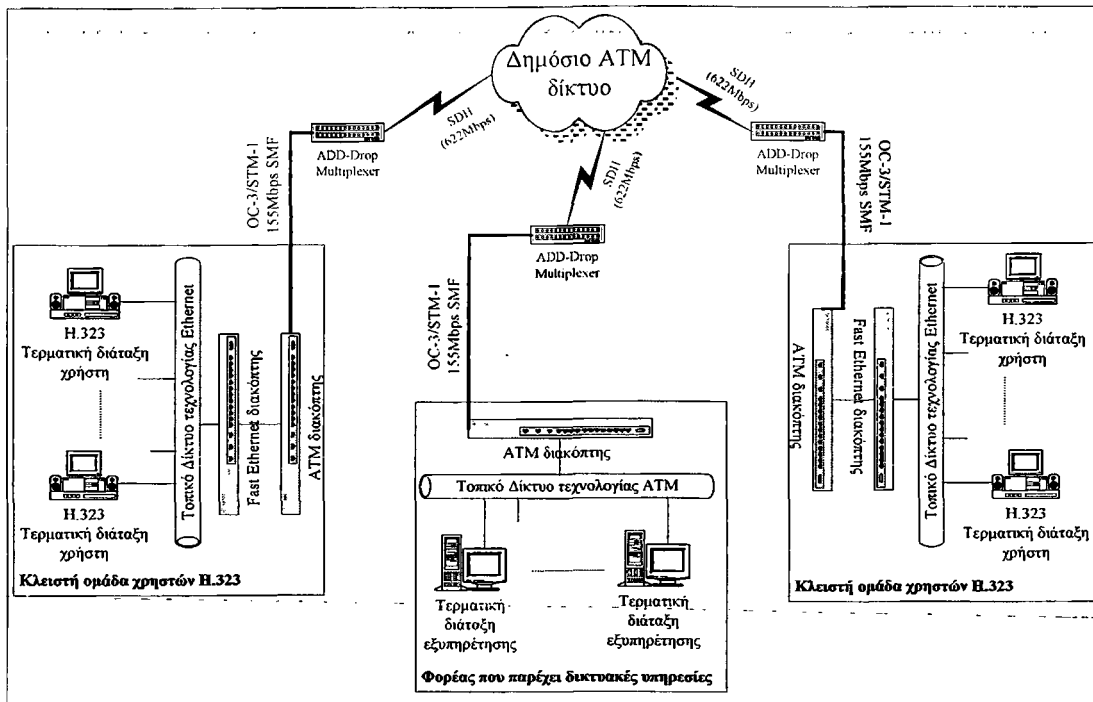
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται αναλυτικότερα η αρχιτεκτονική του Intranet.



Σχήμα 27: Αναλυτική σχηματική περιγραφή της αρχιτεκτονικής διασύνδεσης των τερματικών διατάξεων

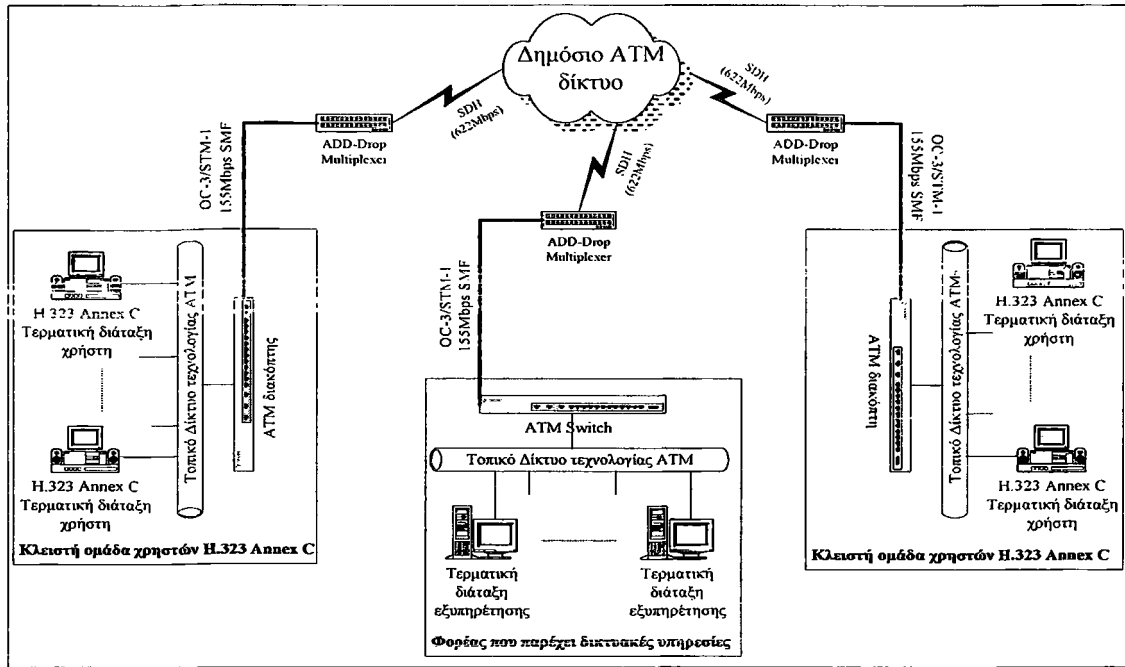
Μέσω του δημόσιου ATM δικτύου, συνδέουμε τρεις ομάδες χρηστών και ένα φορέα που παρέχει δικτυακές υπηρεσίες. Η δομή του φορέα συνίσταται από ένα ATM μεταγωγέα που υποστηρίζει LAN Emulation για τους εξυπηρετητές που συνδέονται σ' αυτόν μέσω των σχετικών συνδέσεων και ATM προσαρμογέων. Οι εξυπηρετητές προσπελαύνονται από απόσταση μέσω του ATM μεταγωγέα, που είναι συνδεδεμένος στο δημόσιο ATM δίκτυο.

- **Η πρώτη ομάδα** αποτελείται από H.323 τερματικές διατάξεις χρήστη, οι οποίες σχηματίζουν ένα τοπικό δίκτυο τεχνολογίας Ethernet. Το τοπικό δίκτυο υλοποιείται με ένα Fast Ethernet μεταγωγέα, UTP συνδέσεις και προσαρμογείς Fast Ethernet (NICs). Ο Fast Ethernet μεταγωγέας διαθέτει μία ATM θύρα (port) μέσω της οποίας συνδέεται στον ATM μεταγωγέα. Η ATM θύρα υποστηρίζει τη διεπαφή χρήστη-δικτύου έκδοσης 3.0/3.1/4.0. Ο ATM μεταγωγέας διασυνδέεται με το δημόσιο ATM δίκτυο και υποστηρίζει τα πρωτόκολλα PNNI, LAN Emulation, Classical IP και UNI 3.0/3.1/4.0.



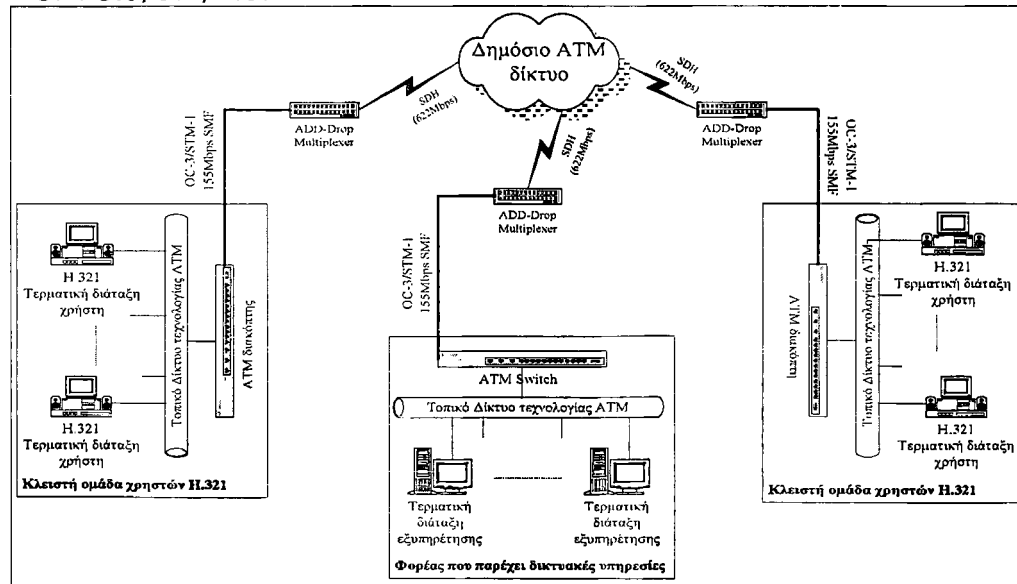
Σχήμα 28: Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.323

- **Η δεύτερη ομάδα** αποτελείται από H.323 τερματικές διατάξεις χρήστη, οι οποίες σχηματίζουν ένα τοπικό δίκτυο τεχνολογίας ATM. Το τοπικό δίκτυο υλοποιείται με ένα ATM μεταγωγέα, τις κατάλληλες συνδέσεις και προσαρμογείς ATM. Και οι ATM διακόπτες και οι ATM προσαρμογείς, πρέπει να συμμορφώνονται με την τυποποίηση H.323 Annex C. Ο ATM μεταγωγέας υποστηρίζει τα πρωτόκολλα PNNI, LAN Emulation και UNI 3.0/3.1/4.0. Οι ATM προσαρμογείς, θα πρέπει να υποστηρίζουν επίσης LAN Emulation, Classical IP και UNI 3.0/3.1/4.0. Τα ρεύματα ήχου και βίντεο μεταφέρονται σε ATM κελιά πάνω από το επίπεδο προσαρμογής AAL 5. Συνεπώς, χρησιμοποιείται η βασική ATM υπηρεσία φορέα μεταβλητού δυφιακού ρυθμού.



Σχήμα 29: Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.323 Annex C

- **Η τρίτη ομάδα** αποτελείται από H.321 Annex B τερματικές διατάξεις χρήστη, οι οποίες σχηματίζουν ένα τοπικό δίκτυο τεχνολογίας ATM. Το τοπικό δίκτυο υλοποιείται με ένα ATM μεταγωγέα, τις κατάλληλες συνδέσεις και προσαρμογείς ATM. Αυτή η αρχιτεκτονική μετατρέπει την πληροφορία των B καναλιών σε ATM κυψέλες. Είναι κατάλληλη για δίκτυα B-ISDN. Οι προσαρμογείς ATM πρέπει να συμμορφώνονται με την τυποποίηση H.321 και να υποστηρίζουν LAN Emulation. Τα ρεύματα ήχου και βίντεο μεταφέρονται σε ATM κυψέλες πάνω από το AAL 5. Έτσι, χρησιμοποιείται η μέθοδος μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης. Ο ATM μεταγωγέας, υποστηρίζει PNNI, LAN Emulation και UNI 3.0/3.1/4.0.



Σχήμα 30: Αρχιτεκτονική διασύνδεσης δύο κλειστών ομάδων H.321

Κάθε ένας από τους σταθμούς εργασίας (workstations) εξοπλίζεται με ένα codec που συμμορφώνεται με τις τυποποιήσεις H.261/H.263.



Για λόγους συνεργασίας, προτείνεται η χρήση της H.323/H.321 gateway. Διακρίνονται οι περιπτώσεις:

- **Περίπτωση 1η: Χωρίς εγκατεστημένη gateway.** Υπάρχει διαλειτουργικότητα μεταξύ των χρηστών της 1ης και της 2ης ομάδας. Οι χρήστες της 3ης ομάδας παραμένουν διαφανείς για τους χρήστες των άλλων δύο ομάδων και αντίστροφα.
- **Περίπτωση 2η: Με gateway εγκατεστημένη στην 3η ομάδα.** Υπάρχει πλήρης διαλειτουργικότητα μεταξύ των χρηστών στο H.323 δίκτυο
- **Περίπτωση 3η: Με gateway εγκατεστημένη στη 2η ομάδα.** Υπάρχει διαλειτουργικότητα μεταξύ των χρηστών των ομάδων 2 και 3 (η ροή της πληροφορίας συμμορφώνεται με το πρότυπο H.321). Επίσης, υπάρχει διαλειτουργικότητα μεταξύ των χρηστών των ομάδων 1 και 2 στο H.323 δίκτυο. Οι χρήστες της ομάδας 3 παραμένουν διαφανείς για τους χρήστες της ομάδας 1.
- **Περίπτωση 4η: Με gateway εγκατεστημένη στη 1η ομάδα.** Παρόμοια κατάσταση με αυτήν που περιγράφηκε στην περίπτωση 2 με τη διαφορά ότι διαλειτουργικότητα υπάρχει μεταξύ των χρηστών των ομάδων 1 και 3 και οι χρήστες της ομάδας 3 παραμένουν διαφανείς για τους χρήστες της ομάδας 2.

Στην περίπτωση που έχουμε gateway, που εκτελεί μετατροπή H.323/H.321/H.320 είναι δυνατόν να υπάρχει διαλειτουργικότητα και με ομάδες χρηστών δικτύου ISDN.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Edigio Perretti, and Frederic Thepot, "ATM in Europe: The user handbook", European Market Awareness Committee, version 1.0, July 1997
2. Sage Research Inc., "ATM LAN Market Analysis", October 1997
3. Anthony Alles, "The next generation ATM switch: From testbeds to production networks", Cisco Systems Inc., 1996
4. Anthony Alles, "ATM interworking", Cisco Systems Inc., May 1995
5. Gerald P. Ryan, "ATM Traffic Management", The Applied Technologies Group Inc., 1998
6. Jerry Ryan, "ATM interworking access at the customer premises", The Applied Technologies Group Inc., 1998
7. Gerald P. Ryan, "Audio, video and document conferencing", The Applied Technologies Group Inc., 1998
8. Gerald P. Ryan, "Simplified ATM access at the customer premises", The Applied Technologies Group Inc., 2000
- Roger A. Secrest, "Deployment of ATM networks and the role of the cell adaptation multiplexer", April 1997,  
<http://fiddle.visc.ece.vt.edu/courses/ee4984/projects1997/secrest.html>
10. "A view of European Wide Area multiservice networking", European Market Awareness Committee, March 1998
11. Claire Ahern, "The Euro side of ATM - A business case", FITCE FORUM, pp. 31-33, November - December 1998
12. "Δημόσιο δίκτυο ATM-Περιγραφή του δικτύου και των υπηρεσιών του", ΟΤΕ, Ιούνιος 2000
13. ATM Forum, <http://www.atmforum.com>
14. International Telecommunication Union (ITU-T), Recommendation F.701, "Teleconference service", Blue Book series, 1988
15. Λογοθέτης Μιχάλης, "Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών", Πανεπιστήμιο Πατρών Εκτυπωτικό κέντρο, 1999