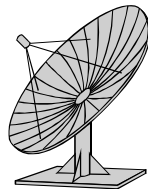


**M.I.S.**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΚΤΥΩΝ**

***Satellite ATM Networks***

*Δορυφορικά Δίκτυα ATM*



**ΝΕΒΡΑΝΤΖΑΣ ΒΑΙΟΣ**

**M30/00**

**Θεσσαλονίκη**

**Ιανουάριος 2001**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

Περίληψη (Ελληνικά-Αγγλικά)

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

Εισαγωγή

2.1 Γενικά περί δορυφόρων

2.2 Γενικά περί ATM

2.3 Παρουσία του ATM

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

**Ένα νέο είδος δικτύων: Δορυφορικά ATM δίκτυα (Satellite ATM Networks)**

3.1 Γενικά

3.2 Το δορυφορικό ATM απέναντι στις προκλήσεις

3.3 Αρχιτεκτονική δορυφορικού ATM (Satellite ATM Architecture)

3.3.1 Η μονάδα ASIU

3.3.2 Στοιβά πρωτοκόλλων για δορυφορικό ATM δίκτυο

3.3.3 Μέθοδοι πρόσβασης σε δορυφορικές συνδέσεις ATM

3.3.3.1 FDMA

3.3.3.2 TDMA

3.3.3.3 CDMA

3.3.3.4 DAMA

3.4 Standards για δορυφορικό ATM δίκτυο

3.4.1 ITU-R Working Party 4B

3.4.1.1 S.ATM

3.4.1.2 Αντικείμενα απόδοσης ATM για δορυφορικές συνδέσεις

3.4.1.3 Αντικείμενα απόδοσης ATM για δορυφορικά συστήματα

**3.4.1.4** Επιρροή των δορυφορικών χαρακτηριστικών στην απόδοση του ATM

**3.4.1.5** Σκέψεις διαθεσιμότητας ATM

### **3.4.2** TIA

**3.4.2.1** TR-34.1 CAI WG

**3.4.2.2** TR-34.1 Wireless ATM WG

**3.4.2.3** TR-34.1 Satellite over ATM Common Air Interface WG

**3.4.2.4** TR-34.1 ATM Traffic Management

**3.4.2.5** TR-34.2 2GHz Joint WG with TR-14.11 and NSMA

**3.4.2.6** TR-34.2 18 GHz Joint WG with TR-14.11 and NSMA

### **3.4.3** IEFT

**3.5** Quality of Service για δορυφορικά ATM δίκτυα

**3.6** Πρωτόκολλα πρόσβασης στα Μέσα (Media Access Protocol)

**3.7** Θέματα Διαχείρισης Κίνησης (Traffic Management Issues)

**3.7.1** Στόχος Διαχείρισης Κίνησης (Goal of Traffic Management)

**3.7.2** Παράμετροι Κίνησης (Traffic Parameters)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

**Εφαρμογή: Συνδυάζεται το TCP/IP με το δορυφορικό ATM δίκτυο;**

**4.1** Σχεδιαστικά θέματα για το TCP/IP over Satellite-ATM

**4.2** Βελτίωση του TCP over SatATM

**4.2.1** Τεχνικές για την βελτίωση της απόδοσης του TCP over SatATM

**4.2.2** Σύγκριση των ATM κατηγοριών υπηρεσιών

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

**Λόγοι χρησιμοποίησης του SatATM – Περιορισμοί**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

### **SatATM Projects**

**6.1** ESA Switched VSAT (XVSAT)

**6.2** TTCP STP-6 / STP-8

**6.3** NASA ACTS

**6.4** AKT ATM Technical Trial

**6.5** RACE Catalyst 2074

**6.6** RACE Exploit Testbed

**6.7** RACE Catalyst OBP

**6.8** ICARUS

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>**

Επίλογος

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>**

Βιβλιογραφία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Περίληψη

Η χρήση των δορυφόρων έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια. Επίσης, έχει υπάρξει μία μεγάλη άνοδος στην ζήτηση για μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης στον χώρο των δικτύων. Για να καλυφθεί η ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση, νέες τεχνολογίες έκαναν την εμφάνισή τους στο παγκόσμιο στερέωμα των τηλεπικοινωνιών. Ένα πολύ καλό παράδειγμα, το οποίο δημιουργεί μεγάλες ανακατανομές στον κόσμο των τηλεπικοινωνιών, θα μπορούσε να ήταν το Δορυφορικό ATM (Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς) ή SatATM. Το SatATM είναι ιδανικό για πληθώρα εφαρμογών, μέσα στις οποίες είναι και η επικοινωνία δεδομένων, η φωνή, το imaging, το full-motion video και κυρίως τα multimedia. Παρέχει γρήγορους ρυθμούς μετάδοσης, συμβατότητα με προηγούμενα πρωτόκολλα και κυρίως εύρος ζώνης on demand και εγγυημένες υπηρεσίες. Όλα αυτά αλλά και άλλα περισσότερο εξειδικευμένα θέματα παρουσιάζονται στη συνέχεια. Αξίζει κάποιος να γνωρίσει τα Satellite ATM Networks!

### Abstract

Satellite usage has increased dramatically in the past years. Along with that, there has been an increasing demand for higher network transmission rates. To cope with this demand, new technologies have emerged onto the networks stage. One fine example, which is creating redistributions in the global telecommunications today, would be the Satellite ATM (Asynchronous Transfer Mode) or SatATM. SatATM is ideal for a wide range of applications, including data communications, voice, imaging, full motion video and especially multimedia. This network provides fast transmission rates, compatibility with previous protocols and specifically on demand bandwidth and guaranteed Quality of Service. These and more specialized issues are presenting in our paper. It deserves to get with SatATM!!

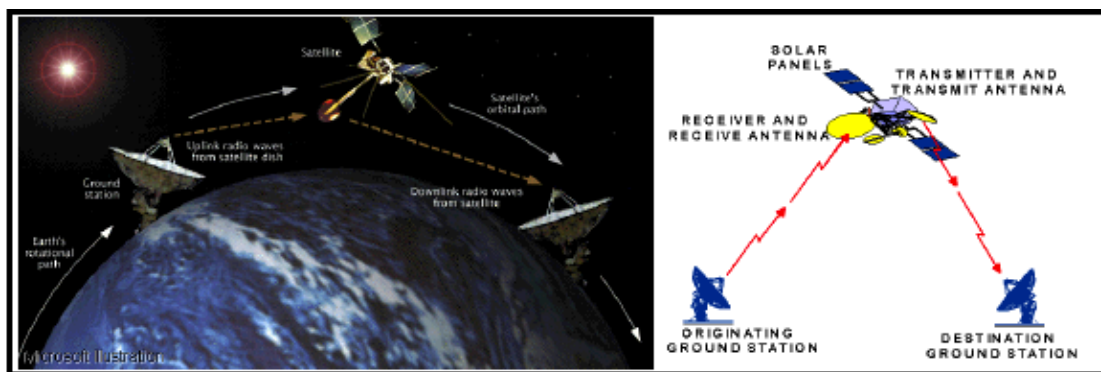
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 2.1 Γενικά περί δορυφόρων<sup>13</sup>

**Δορυφόρος** είναι ένα διαστημικό σκάφος το οποίο βρίσκεται σε τροχία γύρω από τη γη. Προσφέρει επικοινωνία μεταξύ σημείων που απέχουν αρκετά , χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ανάκλασης ή της αναμετάδοσης σημάτων διαφόρων ραδιοσυχνοτήτων.

Για να επιτευχθεί επικοινωνία μέσω δορυφόρου χρειάζονται ο *δορυφόρος* και ο *σταθμός μετάδοσης σημάτων* που βρίσκεται στη γη.



Εικόνα 1: Σύστημα μετάδοσης μηνύματος μέσω δορυφόρου

Ο *σταθμός μετάδοσης σημάτων* στέλνει και λαμβάνει σήματα επικοινωνώντας με τους δορυφόρους (ανερχόμενη και κατερχόμενη ζεύξη).

Ο *δορυφόρος* αποτελείται από το *σύστημα καυσίμων* , το *τμήμα δορυφορικού και τηλεμετρικού ελέγχου* και το *δορυφορικό αναμεταδότη/ενισχυτή*.

Η όλη διαδικασία έχει ως εξής: ο δορυφόρος δέχεται σήμα από τον σταθμό που βρίσκεται στη γη, το ενισχύει και το αναμεταδίδει σε κάποιον άλλο γήινο σταθμό.

Οι δορυφόροι είναι χρήσιμοι επειδή είναι ικανοί να μεταδώσουν μεγάλη ποσότητα δεδομένων σε μεγάλη απόσταση με ικανοποιητικό κόστος. Σήμερα χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πακέτων δεδομένων και αποτελούν τμήμα δικτύων WAN.

Οι πιο γνωστοί κατασκευαστές δορυφόρων είναι οι Hughes Electronics, οι Local Space & Communications και οι Lockheed Martin.

## 2.2 Γενικά περί ATM

ATM<sup>2</sup> ( Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς- Asynchronous Transfer Mode) είναι η μία τεχνική μεταγωγής (switching) και πολυπλεξίας (multiplexing) σε επίπεδο κυψελίδων (*cells*) για ευρυζωνικά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών ( Broadband Intergrated Services for Digital Networks- **B-ISDN**).

Το *ATM* συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο της μεταγωγής πακέτου όσο και της μεταγωγής κυκλώματος , έχοντας έτσι τη δυνατότητα μεταφοράς όλων των τύπων πληροφορίας . Με αυτόν τον τρόπο δημιουργεί ένα δίκτυο μεταφοράς ανεξάρτητο από τους διάφορους υποστηριζόμενους τύπους υπηρεσιών. Έχει σχεδιαστεί για να διαχειρίζεται *ισόχρονα* (isochronous) δεδομένα όπως βίντεο (video) και τηλέφωνο (audio) καθώς και πιο συμβατικά δεδομένα επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών.

Τα<sup>2</sup> πρωτόκολλα *ATM* (ATM protocols) είναι ικανά να παρέχουν ένα ομογενοποιημένο (homogenous) δίκτυο για όλους τους τύπους δεδομένων. Χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα από το εάν η εφαρμογή πρέπει να μεταφέρει συμβατική τηλεφωνία, βίντεο ψυχαγωγίας ή «κίνηση» δικτύου πάνω από τοπικό δίκτυο (LAN) , μετροπολιτικό δίκτυο (MAN), δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN) ή δορυφορικό δίκτυο (*satellite network*).

Το μικρό και σταθερό μέγεθος των πακέτων που χρησιμοποιούνται επιτρέπουν την παρουσίαση της μεταγωγής σε επίπεδο υλικού (hardware). Αυτό το γεγονός κάνει τους μεταγωγείς του ATM επαρκώς ταχείς έτσι ώστε τα πολλαπλά ισόχρονα δεδομένα να μπορούν πολυπλεκούν στατιστικά μεταξύ τους. Η σημασία αυτού είναι το ATM παρέχει *εύρος ζώνης* (bandwidth) κατά ζήτηση (on demand). Το λογισμικό διαχείρισης δικτύου επιτρέπει μικρές ποσότητες εύρους να παρέχονται για απλές συναλλαγές, όπως τα email, ενώ επιτρέπει μεγαλύτερο μέρος του εύρους για πολυμεσικές εφαρμογές. Αυτή η ταξινόμηση σημαίνει ότι ένα επίπεδο του εύρους ζώνης μπορεί να εγγυηθεί και μία σύνδεση δεν καθυστερεί ή διακόπτεται από τον φόρτο (traffic) του δικτύου. Στην «διάλεκτο» του ATM αυτό ονομάζεται **Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service- QoS)**.

Το ATM είναι 'παγκόσμιο' από τότε που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για όλα τα είδη δικτύων είτε αυτά ήταν φυσικά δίκτυα πχ ανεστραμμένου ζεύγους, οπτικών ινών, ή εικονικά δίκτυα πχ δορυφορικά (satellites).

### 2.3 Παρουσία του ATM<sup>2,17</sup>

Ενώ τα ATM ξεκίνησαν ως ένα standard για τα παγκόσμια τηλεφωνικά συστήματα σήμερα χρησιμοποιείται και για φόρτο δεδομένων πάνω από LANs. Επίσης, έχει δοθεί μεγάλη έμφαση σε παρουσιάσεις πολυμέσων, τηλε-συνδιασκέψεις κ.α. Η δυνατότητα της παροχής και εξασφάλισης περισσότερου εύρους και QoS πάνω από δίκτυο το έχει κάνει δημοφιλές, αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι είναι και πανάκεια, αφού όλες οι απαιτήσεις σε ένα δίκτυο δεν είναι ίδιες.

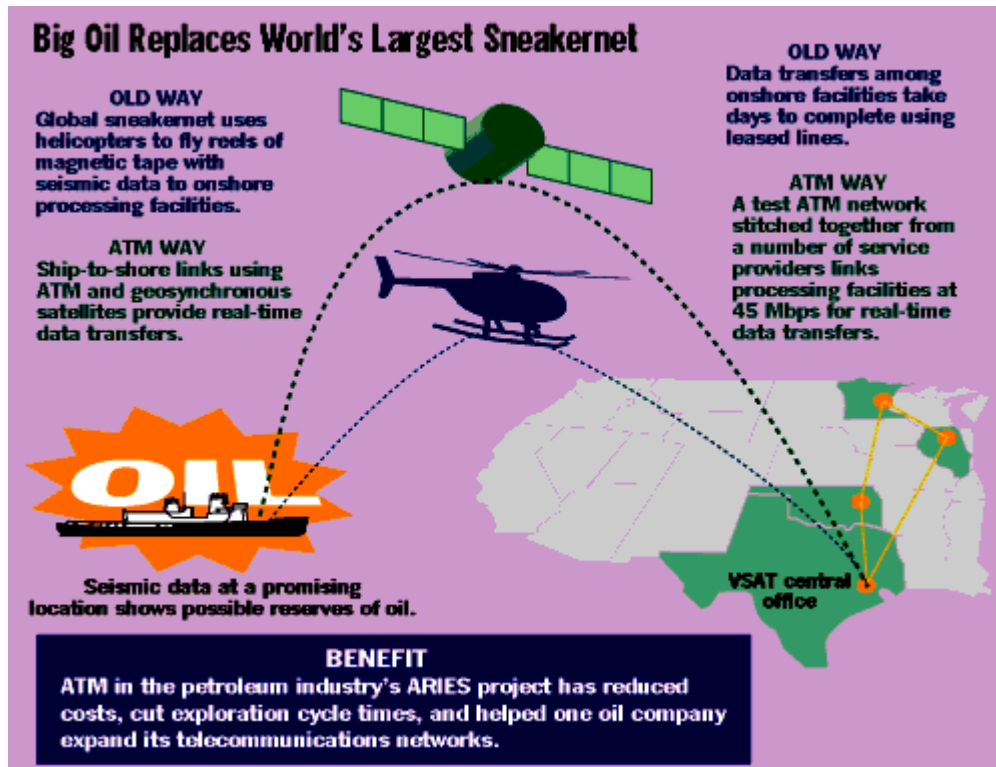
Άλλη μια ιδέα στην οποία χρησιμοποιείται το ATM είναι Ιατρική Απεικόνιση (Medical Imaging) όπου οι ακτίνες X, τα CAT scans και οι εικόνες MRI είναι αποθηκευμένα σε ψηφιακή μορφή. Αυτές οι ψηφιακές εικόνες συχνά πρέπει να προσπελαστούν από πολλούς γιατρούς την ίδια στιγμή. Η μεταφορά τους, διαμέσου δικτύου, σε αυτούς τους γιατρούς απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης. Επίσης, αυτό το δίκτυο πρέπει να υποστηρίζει υψηλής ταχύτητας, αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων για να είναι κατάλληλο για το Medical Imaging.

Άλλες περιοχές χρήσης του ATM είναι η Ψηφιακή τηλεόραση, η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας και το video vending. Ένα δημόσιο δίκτυο ATM θα μπορούσε να προσφέρει νέες εξελιγμένες τηλεοπτικές υπηρεσίες, οι οποίες θα ήταν αμφίδρομες και με μεγάλο βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη και του προγράμματος.

Τέλος, τα δίκτυα ATM μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εταιρικές εργασίες πχ στην βιομηχανία πετρελαίου. Μία χαρακτηριστική περίπτωση περιγράφεται στο σχήμα:



Εικόνα 2: απεικόνιση χρήσης ATM δικτύου σε εταιρεία πετρελαίου



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Ένα νέο είδος δικτύων: Δορυφορικά ATM δίκτυα (Satellite ATM networks)

#### 3.1 Γενικά

Η ραγδαία παγκοσμιοποίηση των τηλεπικοινωνιακών εταιρειών και η εκθετική ανάπτυξη του Internet έθεσαν αυστηρές απαιτήσεις στα νέα παγκόσμια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και στην ανάπτυξη των διεθνών standards. Αυτές οι απαιτήσεις αυξάνονται ακόμη περισσότερο από την σύγκλιση υπολογιστών και περιβάλλοντος καθώς και από την ανάπτυξη νέων εφαρμογών όπως είναι το λεγόμενο 'σερφάρισμα' (*web surfing*) και η 'επιτραπέζια βίντεο-διάσκεψη' (*desktop video conferencing*). Η υπάρχουσα επίγεια υποδομή μπορεί να υποστηρίξει τέτοιες τηλεπικοινωνιακές ανάγκες. Όμως, οι υβριδικές λύσεις που περιλαμβάνουν δορυφόρους είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί διαδικτύωση μέσω των μακρινών και απομονωμένων κόμβων των επίγειων δικτύων. Αυτά τα ολοκληρωμένα δορυφορικά/επίγεια δίκτυα είναι ικανά να ελαχιστοποιήσουν τα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης και να παρέχουν καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών στους απομακρυσμένους χρήστες την στιγμή που το κόστος των δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό.

Με την μεγάλη έκταση διαθεσιμότητα των πολυμεσικών τεχνολογιών και την αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρονική σύνδεση σε όλο τον κόσμο, τα δορυφορικά δίκτυα θα παίξουν ένα σπουδαίο ρόλο σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι πολυμεσικοί δορυφόροι είναι η νέα γενιά επικοινωνιακών δορυφόρων οι οποίοι χρησιμοποιούν on board επεξεργασία και μεταγωγή για να παρέχουν πλήρη, δύο δρόμων, επικοινωνία από και προς τους επίγειους σταθμούς. Οι τεχνολογίες «κλειδιά» που κάνουν την γενιά των πολυμεσικών δορυφόρων υπαρκτούς είναι:

**α)** πολλαπλές μικρής και υψηλής ενισχυμένης δέσμης σήματος *κεραίες* (multiple small high gain spot beam antennas)

**β)** on board επεξεργασία και μεταγωγή

**γ)** διαδορυφορικές συνδέσεις

Τα συστήματα επικοινωνίας μέσω πολυμεσικών δορυφόρων έχουν αναπτυχθεί για να παρέχουν παγκόσμιες, ευρέως ζώνης επικοινωνιακές υπηρεσίες, οι οποίες

εμπεριέχουν υψηλού ρυθμού δεδομένων σύνδεση Internet, ιδιωτικά Intranet και εκπομπή τηλεόρασης (TV broadcasting). Μερικοί δορυφόροι χαμηλής τροχιάς (Low Earth Orbit-LEO) , μέτριας τροχιάς (Medium Earth Orbit-MEO) και γεοσύγχρονης τροχιάς (Geosynchronous Orbit-GEO) σχεδιάζεται να παρουσιάσουν την on board επεξεργασία και μεταγωγή του ATM καθώς και διαδορυφορικές συνδέσεις.

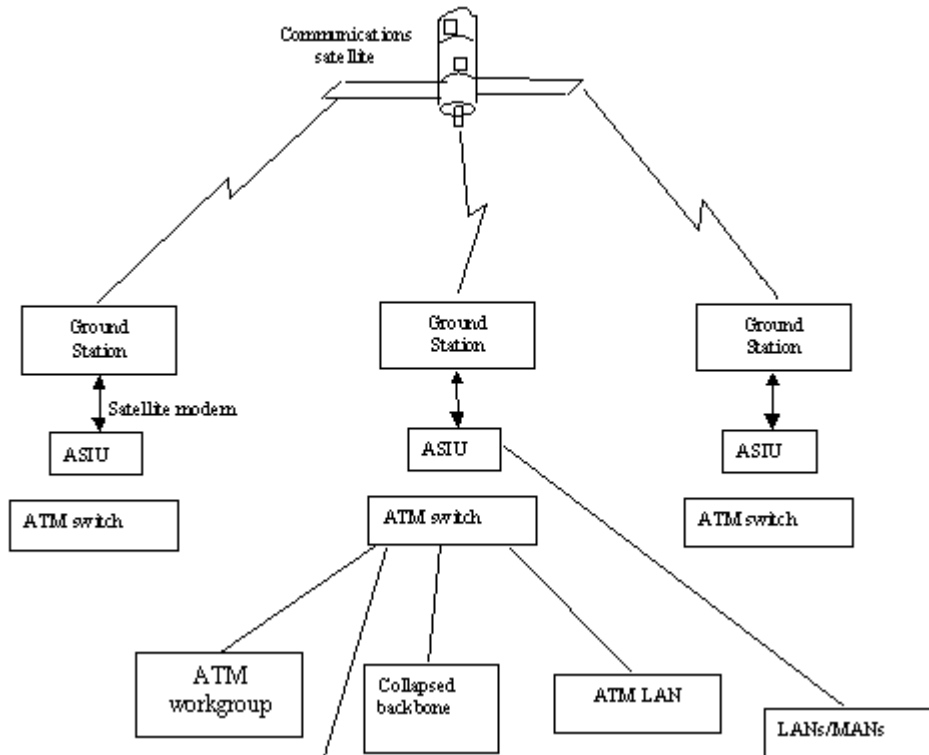
### 3.2 Το δορυφορικό ATM απέναντι στις προκλήσεις<sup>11,14</sup>

Οι οπτικές ίνες έπαιξαν έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τεχνολογίας ATM. Το χαρακτηριστικό του εντυπωσιακά μικρού bit λάθους της ίνας προσδιορίστηκε όταν καθορίστηκαν οι παράμετροι του ATM και γι' αυτό οι μηχανισμοί (πενιχροί στ' αλήθεια) διόρθωσης λάθους συμπεριλήφθησαν στο ATM πρωτόκολλο. Τα έμφυτο χαρακτηριστικό λαθών στην ψηφιακή μετάδοση πάνω σε οπτική ίνα είναι ότι ο ρυθμός των bit είναι πολύ χαμηλός και τα περισσότερα σημαντικά λάθη γίνονται τυχαία. Όμως, τα χαρακτηριστικά λάθους σε ένα δορυφορικό περιβάλλον που τα modem παρατάσσουν περιελκτικό κώδικα, τα λάθη είναι σε ομοβροντία και έτσι μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση της ATM μετάδοσης πάνω από δορυφόρο. Μηχανισμοί διόρθωσης των λαθών δεν επιτρέπονται στο ωφέλιμο φορτίο του βασικού τμήματος του δικτύου. Στην επικεφαλίδα, μόνο ένα bit μηχανισμού διόρθωσης επιτρέπεται με την υπόθεση ότι περισσότερα του ενός λανθασμένα bit είναι δύσκολο να παρουσιαστούν. Αυτή η δομή κυψελίδας (cell) επιτρέπει στο ATM να πολυπλέκει και να μεταφέρει φωνή, δεδομένα, εικόνα, βίντεο και πολυμεσική πληροφορία.

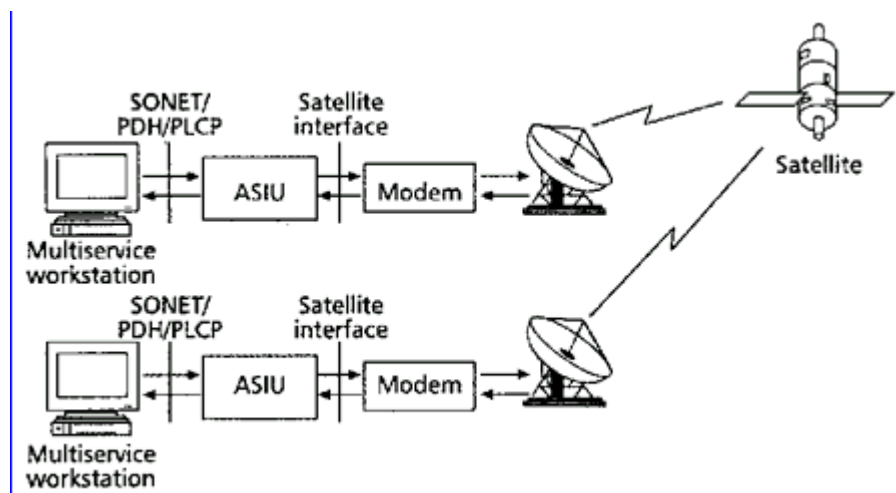
Οι υποδομές που βασίζονται σε οπτικές ίνες μεγαλώνουν , αλλά δεν πρόκειται ποτέ να γίνουν παγκοσμίως διαθέσιμες. Άλλα μέσα (media) , που είναι ικανά να διαλειτουργούν με οπτικές ίνες , θα πρέπει να παρέχουν οικουμενική πρόσβαση. Οι δορυφόροι είναι ένα προφανές μέσο διότι υποστηρίζει την πρόκληση «κλειδί» της καθολικής πρόσβασης.

### 3.3 Αρχιτεκτονική δορυφορικού ATM (satellite ATM architecture)<sup>2,7,12,13,22</sup>

Η τεχνολογία ATM έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε δορυφορικά δίκτυα για να εκμεταλλευτεί ολόκληρη την απόδοση του δικτύου. Μία γενική ιδέα ενός δορυφορικού ATM δικτύου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 3: satellite ATM network-overview



Εικόνα 4: satellite ATM network-overview 2

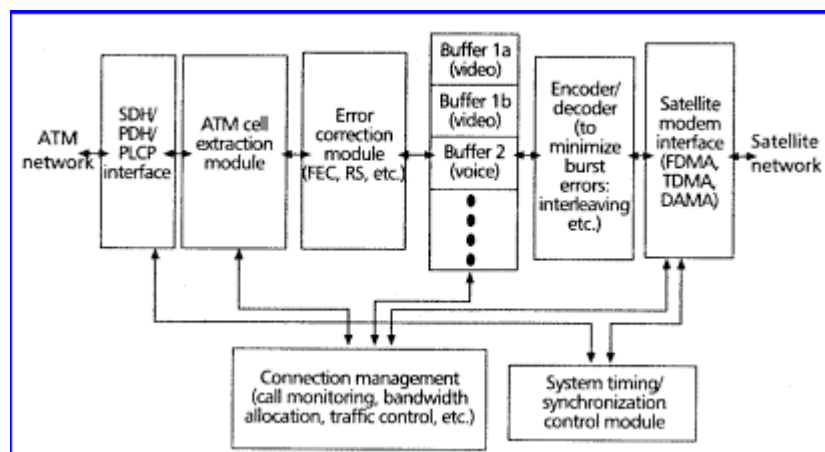
Απ'ότι φαίνεται στα δύο αυτά σχήματα , βασικό ρόλο στα δορυφορικά δίκτυα ATM παίζει η μονάδα ASIU, οπότε αξίζει να την αναλύσουμε λίγο περισσότερο.

### 3.3.1 Η μονάδα ASIU<sup>2,7</sup>

Το βασικό συστατικό αυτού του δικτύου είναι η μονάδα ASIU (ATM Satellite Internetworking Unit). Η μονάδα αυτή είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση και τον έλεγχο των πηγών του συστήματος καθώς και των συνολικών συναρτήσεων διαχείρισης του συστήματος όπως κατανομή εύρους ζώνης σε πραγματικό χρόνο, έλεγχος πρόσβασης στο δίκτυο, system timing και έλεγχος κυκλοφορίας.

Όπως φαίνεται και στο εικόνα 5, όταν τα πλαίσια SONET που μεταφέρουν κυψελίδες ATM φθάσουν σε ένα ASIU, οι κυψελίδες εξάγονται από τα πλαίσια. Τα 'ρεύματα' εξαγόμενων κυψελίδων κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την 'τάξη κίνησης' (traffic class) και η κάθε ένα από τα ρεύματα τοποθετείται σε ένα buffer με σχετιζόμενη προτεραιότητα πριν την μετάδοση στο δορυφορικό κανάλι.

☛ **Στάδιο Μεταφοράς :** Η εικόνα 5 δείχνει με λεπτεμέρεια την εσωτερική αρχιτεκτονική της μονάδας ASIU. Για να εξυπηρετήσει το δίκτυο ATM, η μονάδα ASIU πρέπει



Εικόνα 5: εσωτερικό διάγραμμα της ASIU

να υποστηρίξει τις υπάρχουσες μεθόδους μεταφοράς κυψελίδων του ATM όπως το *SONET* (Synchronous Optical Network)/*SDH* (Synchronous Digital Hierarchy), το

**PDH** (Plesiochronous Digital Hierarchy) και το **PLCP** (Physical Layer Convergence Protocol).

-- **Plesiochronous Digital Hierarchy**: το PDH αναπτύχθηκε για να μεταφέρει ψηφιακή φωνή αποδοτικά. Η λειτουργία του είναι να πολυπλέκει διάφορα ρεύματα bit στην υψηλότερη επιτρεπτή ταχύτητα ρολογιού. Όταν είναι απαραίτητο προσθέτει ένα bit 'γεμίματος', το οποίο αργότερα αφαιρείται. Όμως, η λειτουργία 'γεμίματος' είναι μή αποδοτική. Εξάλλου, η επανακατεύθυνση των σημάτων μετά τα λάθη του δικτύου και η διαχείριση απομακρυσμένων αντικειμένων δικτύου είναι εξαιρετικά δύσκολο.

-- **Physical Layer Convergence Protocol**: το PLCP δουλεύει διαφορετικά. Συνδυάζει 12 κυψελίδες ATM μέσα σε ένα πλαίσιο με μία επικεφαλίδα στην μπροστά. Αλλά και πάλι αυτή η μέθοδος δεν είναι καλή για δορυφορική μετάδοση γιατί είναι πολύ ευαίσθητη σε 'μαζικά' λάθη τα οποία μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα το χάσιμο ολόκληρου πλαισίου και την καταστροφή του συγχρονισμού της συσκευής PLCP.

-- **SONET/SDH**: αυτά τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν bytes δεικτών (pointer bytes) για να καθορίσουν την θέση του πρώτου byte στον ωφέλιμο φορτίο ενός πλαισίου. Επιπρόσθετα, ενσωματώνουν έναν μηχανισμό απεικόνισης κυψελίδων για την απόκτηση και τον συγχρονισμό των κυψελίδων ATM στη μεριά του αποδέκτη στο δίκτυο. Τα SONET και SDH έχουν αρκετά πλεονεκτήματα απέναντι στα PDH και PLCP:

- ευκαμψία, επιτρέποντας τον χειριστή του δικτύου να αποκρίνεται γρήγορα .
- βελτιωμένη ποιότητα και εποπτεία, επιτρέποντας τον χειριστή να αυξήσει την ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών.
- ελαχιστοποίηση λειτουργικών εξόδων, χρησιμοποιώντας τεχνολογία διαχείρισης δικτύου η οποία επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο του δικτύου χωρίς on-site ενέργειες.
- υψηλότερους ρυθμούς καλύτερα καθορισμένους και πολυπλεξία χωρίς ενδιάμεσο στάδιο.

Υπάρχει, όμως και ένα σημαντικό *πρόβλημα*: η λανθασμένη ανίχνευση δείκτη μπορεί να προκαλέσει μία εξαγωγή λανθασμένου ωφέλιμου φορτίου και ένα λανθασμένο block. Ως αποτέλεσμα, όλα τα ληφθέντα block μπορεί να είναι λανθασμένα και μάλιστα με πολλά λάθη. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποδοτικοί μηχανισμοί επίλυσης λαθών.

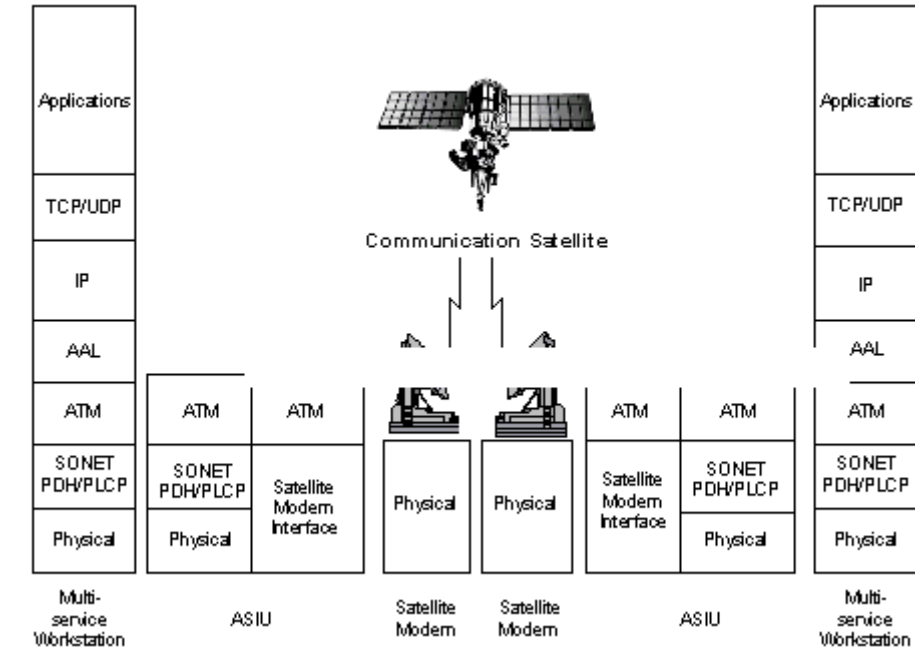
☛ **Στάδιο ανίχνευσης λάθους και ανάκτησης** : Τα περισσότερα λάθη στην δορυφορική μετάδοση οφείλονται στην απόκλιση της εξασθένησης των δορυφορικών συνδέσεων και στη χρήση της περιελκτικής κωδικοποίησης για την εξουδετέρωση του θορύβου του καναλιού. Αυτά τα λάθη είναι γνωστά ως λάθη ‘**καταιγισμού**’ (burst errors).

Για να ξεπεράσουμε τα προβλήματα που δημιουργούν τα burst errors χρησιμοποιούνται διαφορετικά ATM **Adaption Layers(AAL)** εξαρτώμενα από τον ελάχιστο αριθμό burst errors που χρειάζεται να ανιχνευθούν. Δεν είναι , όμως , αυτή η καταλληλότερη λύση. Ένας καλύτερος τρόπος για να χειριστούμε την κατάσταση είναι η χρησιμοποίηση ενός διαστρωματικού μηχανισμού ο οποίος θα διαδίδει αποδοτικά τα burst errors έτσι ώστε αυτά να ελαττώνονται μέχρις του ενός λάθους ανά κυψελίδα. Ένα τέτοιο λάθος μπορεί εύκολα να ανιχνευθεί και να διορθωθεί από το ATM **Hamming Error Code (HEC)**. Για μεγαλύτερο αριθμό λαθών ο ATM HEC δεν μπορεί να δώσει την λύση οπότε υπάρχει ανάγκη για ακόμη έναν αλγόριθμο.

Μία τεχνική είναι η **Απόκριση Αυτόματης Επανάληψης** (Automatic Repeat Request-**ARQ**) η οποία έχει τρεις ‘εκδόσεις’: «σταμάτημα και αναμονή», «πήγαινε πίσω – N» και «επιλεκτική επανάληψη». Η ARQ μειώνει αισθητά την αναλογία λαθών στην δαπάνη της εισαγωγής καθυστέρησης στο σήμα. Για την εξισορρόπηση των ανεπαρκειών των σχημάτων ARQ (εισαγωγή καθυστερήσεων) ένα άλλο σχήμα κωδικοποίησης είναι χρήσιμο: η **Κωδικοποίηση Αλυσιδωτής Σύνδεσης (Concatenated Coding-CC)** , στην οποία ένας εξωτερικός κώδικας προστίθεται στον εσωτερικό κώδικα. Τότε, για την αποκωδικοποίηση χρησιμοποιείται η **Διόρθωση Λάθους προς τα Εμπρός (Forward Error Correction-FEC)** στον εσωτερικό κώδικα και αλυσιδωτά ο κώδικας **Reed Solomon (RS)** , ο οποίος είναι ικανός να διορθώσει τα burst errors. Επιπρόσθετα, ο RS δουλεύει καλά με τον διαστρωματικό μηχανισμό.

### 3.3.2 Στοιβα πρωτοκόλλων για δορυφορικό ATM δίκτυο<sup>2,22</sup>

Η στοιβα πρωτοκόλλων για τα δορυφορικά δίκτυα που στηρίζονται σε μεταγωγή ATM φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 6: Στοιβα πρωτοκόλλων για satellite ATM

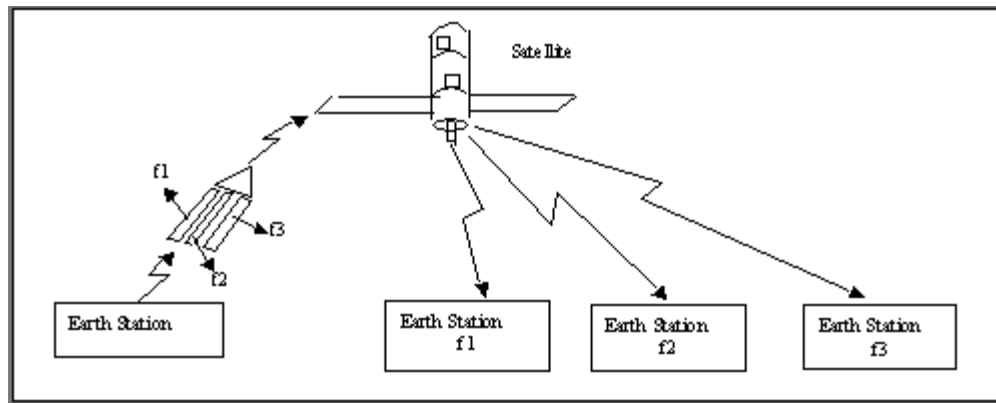
### 3.3.3 Μέθοδοι πρόσβασης σε δορυφορικές συνδέσεις ATM<sup>2</sup>

Το modem μπορεί να μεταδίδει τις κυψελίδες ATM με έναν αριθμό διαφορετικών μεθόδων. Οι πιο κοινοί είναι :

#### 3.3.3.1 Frequency-Division Multiple Access (FDMA)

Η μέθοδος FDMA μοιράζει το εύρος ζώνης σε ίσου μεγέθους 'φέτες' και προσδίδει μία φέτα σε κάθε επίγειο σταθμό , όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.



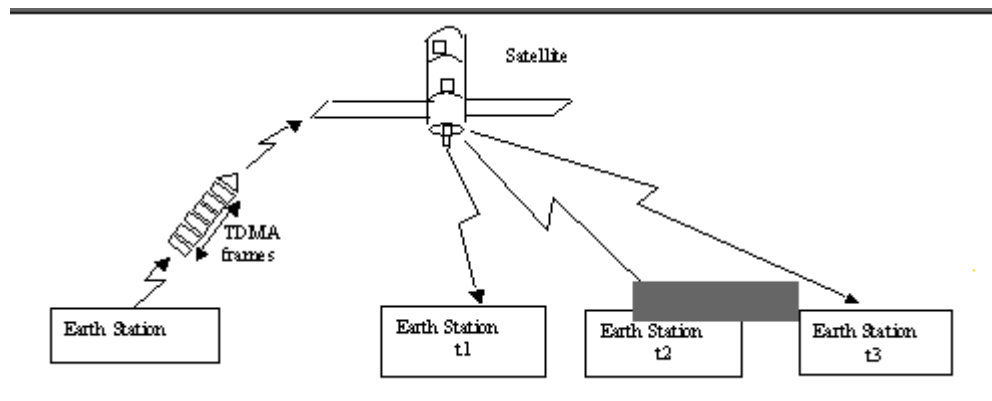


Εικόνα 7: FDMA

Αυτό επιτρέπει τους σταθμούς να δουλεύουν χωρίς παρέμβαση από άλλους σταθμούς και το σύστημα λειτουργεί χωρίς λάθη ή συγκρούσεις. Επίσης, οι μικρότερες κεραίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, το οποίο είναι μεγάλο πλεονέκτημα. Όμως, αυτό το σύστημα δεν είναι ευέλικτο και δεν μπορεί συγχωνεύσει εύρος ζώνης 'σε ζήτηση', ένα χαρακτηριστικό που απαιτείται από την ATM τεχνολογία.

### 3.3.3.2 Time-Division Multiple Access (TDMA)

Αυτό το σχήμα αντί να διαιρεί την συχνότητα εύρους ζώνης, διαιρεί το χρόνο που προσδίδεται σε κάθε σταθμό.



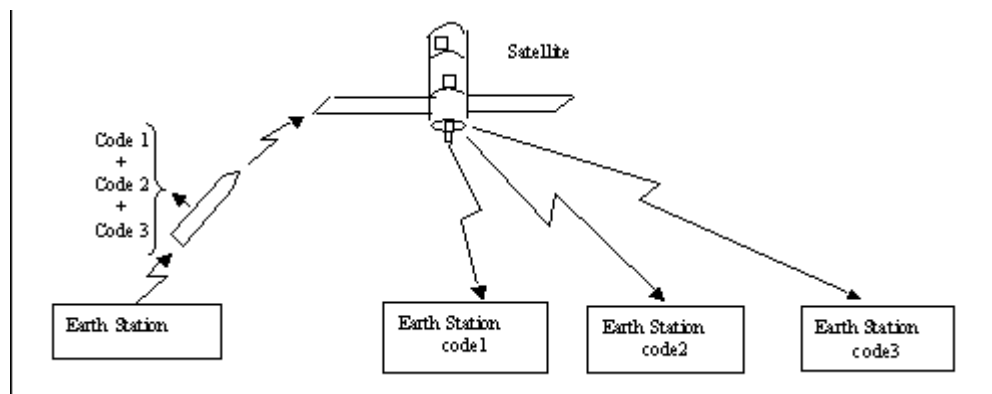
Εικόνα 8: TDMA

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο κάθε επίγειος σταθμός να παίρνει ολόκληρο το εύρος ζώνης για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη για μεταγωγή πακέτων, όμως, το μέγεθος της κεραίας είναι μεγαλύτερο απ'ότι στο

FDMA και πρέπει να δοθεί προσοχή στον συγχρονισμό μεταξύ των σταθμών, κάτι που προσθέτει πολυπλοκότητα.

### 3.3.3.3 Code-Division Multiple Access (CDMA)

Με το CDMA, κώδικας από κάθε σταθμό διαδίδεται πάνω στο πλάνο χρονο-συχνότητας από έναν κώδικα μετασχηματισμού.



Εικόνα 9: CDMA

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται σε συστήματα που αποκαλούνται spread-spectrum συστήματα. Λόγω της ιδιότητάς τους να αντιστέκονται στον συνωστισμό αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε στρατιωτικά συστήματα.

### 3.3.3.4 Demand-Assignment Multiple Access (DAMA)

Το DAMA επιτρέπει τη δυναμική απόδοση και επαναπόδοση δορυφορικής δύναμης και εύρους ζώνης ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών. Αυτό το κάνει κατάλληλο για την ATM τεχνολογία. Επιπρόσθετα, όταν το DAMA χρησιμοποιείται σε συστήματα που έχουν μεταβαλλόμενες ανάγκες σε εύρος ζώνης είναι πολύ αποδοτικά από πλευράς κόστους γιατί το εύρος ζώνης προσδίδεται και δεσμεύεται ανάλογα με τις απαιτήσεις. Για να επιτύχουμε μεγαλύτερη απόδοση στα δορυφορικά ATM δίκτυα, χρησιμοποιούμε μία πιο πολύπλοκη έκδοση της DAMA που λέγεται *DAMA με MF-TDMA* ή *SCPC*. Αυτές οι εκδόσεις συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των τεχνικών σαν την TDMA με την ικανότητα του DAMA για δυναμική παραχώρηση εύρους ζώνης.

### 3.4 Standards για το δορυφορικό ATM δίκτυο<sup>9</sup>

Οι ακόλουθοι οργανισμοί έχουν εμπλακεί στην ανάπτυξη των standards για το δορυφορικό ATM:

1. ITU-R Working Party 4B
2. TIA
3. ATM Forum
4. IETF
5. ETSI

#### 3.4.1 ITU-R Working Party 4B

Η Working Party 4B της ITU-Radiocommunications άρχισε την ανάπτυξη δύο προτάσεων που ευθυγραμμίζονται με το Rec.1.356 “B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance” και Rec.I.357 “B-ISDN Semi Permanent Connection Availability” αντιστοίχως. Αυτά ήταν το Προκαταρκτικό Σχέδιο Νέων Προτάσεων *S.ATM* με τίτλο “Performance for B-ISDN ATM via Satellite” και το *S.ATM-AV* “ Availability for ATM via Satellite”. Αυτές οι προτάσεις σχεδιάστηκαν για έγκριση από την ITU-R Study Group 4 by April 1999.

##### 3.4.1.1 Η πρόταση S.ATM

Αυτή η νέα πρόταση αποτελούνταν από δύο παραρτήματα: το *κανονιστικό* και το *πληροφοριακό*. Το *κανονιστικό* μέρος ασχολούνταν με ένα μοντέλο αναφοράς για δορυφορικό μονοπάτι, με αντικείμενα απόδοσης του ATM για δορυφορικά συστήματα, με παραμέτρους μετάφρασης μεταξύ του TM στρώματος και του φυσικού και με σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων των συστάσεων ITU-T G.826 και I.356 Performance. Από την άλλη μεριά, το πληροφοριακό μέρος περιγράφει την

προσομοιωμένη και μετρημένη απόδοση του δορυφορικού ATM, τα μετρημένα αποτελέσματα των αποδόσεων του φυσικού έναντι στο ATM επίπεδο, τις απαιτήσεις των εφαρμογών και των τεχνικών ATM για την επιτύχουν την απόδοση του δορυφορικού ATM.

#### 3.4.1.2 Αντικείμενα απόδοσης ATM για δορυφορικές συνδέσεις

Αυτό το μέρος παρέχει μία ερμηνεία των παραμέτρων και αντικειμένων απόδοσης που ορίστηκαν στο ITU-T Recommendation I.356 και των απαιτήσεων για τα δορυφορικά μέρη σε μία σύνδεση ATM.

Οι παράμετροι και τα αντικείμενα της end-to-end ATM δικτύου για δημόσιο B-ISDN καθορίζονται στο ITU-T Rec.I.356. Για την προσαρμογή των χαρακτηριστικών και των απαιτήσεων των διαφόρων τύπων κίνησης, το I.356 καθορίζει διάφορες **Κλάσεις Υπηρεσιών (Classes of Service)**. *Class-1* (περιορισμένη κλάση) είναι μία ευαίσθητη στις καθυστερήσεις κλάση και υποστηρίζει υπηρεσίες **Σταθερού Ρυθμού Bit (Constant Bit Rate-CBR)** και πραγματικού χρόνου **Μεταβλητό Ρυθμό Bit (Variable Bit Rate-VBR)**, όπως είναι το τηλέφωνο και βιντεοδιάσκεψη. Η *Class-2* (ανεκτική κλάση) είναι μία ανεκτική στις καθυστερήσεις κλάση και υποστηρίζει **υπηρεσίες Διαθέσιμου Ρυθμού Bit (Available Bit Rate-ABR)** και όχι πραγματικού χρόνου Μεταβλητού Ρυθμού Bit (VBR), όπως είναι το βίντεο και τα δεδομένα. Η *Class-3* (Bi-level Class) υποστηρίζει VBR και ABR υπηρεσίες, όπως τα δεδομένα υψηλών ταχυτήτων. Τέλος, η *Class-4* (ακαθόριστη κλάση) υποστηρίζει υπηρεσίες Ακαθόριστης Ροής Bit (UBR) όπως μεταφορά αρχείων και email. Ο πίνακας 1 παρέχει τα αντικείμενα απόδοσης του επιπέδου ATM για κλάσεις διαφορετικών υπηρεσιών.

Table 1 QoS class definition and network performance parameters

	CTD	2-pt. CDV	CLR0+1	CLR 0	CER	CMR	SECBR
<b>Default Objectives:</b>	no default	no default	no default	no	$4 \cdot 10^{-6}$	1/day	$10^{-4}$
<b>QoS Classes:</b>							
<b>Class 1 (stringent class)</b>	400 msec.	3 msec.	$3 \cdot 10^{-7}$	none	default	default	default
<b>Class 2 (tolerant class)</b>	U	U	$10^{-5}$	none	default	default	default
<b>Class 3 (Bi-level class)</b>	U	U	U	$10^{-5}$	default	default	default
<b>U class</b>	U	U	U	U	U	U	U

Η ποιότητα των υπηρεσιών που απαιτείται από κάθε εφαρμογή είναι μέρος της συνάρτησης διαπραγμάτευσης συμβολαίου μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Εάν το δίκτυο παρέχει το επίπεδο απαιτούμενης υπηρεσίας, η σύνδεση θα προχωρήσει, αλλιώς θα αποτύχει. Άπαξ και πετύχει η σύνδεση, το δίκτυο πρέπει σιγουρέψει ότι οι στόχοι δεν υπερβαίνουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

### 3.4.1.3 Αντικείμενα απόδοσης ATM για δορυφορικά Συστήματα

Οι αριθμητικές τιμές των παραμέτρων απόδοσης του ATM για δορυφορικά συστήματα μπορούν να διαιρεθούν θέτοντας τις κατανομές που βρίσκονται στον πίνακα 1 στα αντικείμενα απόδοσης που δίνονται στο I.356. Σαν επεξήγηση, δίνεται ο παρακάτω πίνακας (για υπηρεσίες class-1):

Table 2: ATM Performance Objectives for Satellites (Class-1 Services)

Performance Parameters	ITU Objective End-to-end	ITU Objective Satellite	
CLR	$3 \times 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{-8}$	
CER	$4 \times 10^{-6}$	$1.4 \times 10^{-6}$	
SECBR	$1 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-5}$	
CTD	400 ms	320 ms (max)	
CDV	3 ms	Negligible	
CMR	1/day	For Further Study	

#### 3.4.1.4 Επιρροή των δορυφορικών χαρακτηριστικών στη Απόδοση του ATM

Για να τηρούνται οι στόχοι (αντικείμενα) ενός ATM δικτύου, θα πρέπει τα δορυφορικά συστήματα να αντιμετωπίσουν ορισμένες προκλήσεις. Ένα χαρακτηριστικό των δορυφόρων είναι η επιρροή των περιστασιακών burst errors, τα οποία μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στην απόδοση της εφαρμογής, είτε άμεσα είτε έμμεσα, μέσω του επιπέδου ATM του ATM Adaption Layer Protocols. Εφ'όσον οι δορυφόροι είναι επιρρεπείς στο θόρυβο και τα παράσιτα από διάφορες πηγές, είναι επιτακτική η ανάπτυξη επαρκών σχεδίων μετάδοσης. Αυτό συμπεριλαμβάνει σκέψεις για την επιλεγμένη συχνότητα, τα δυναμικά επίπεδα μετάδοσης και λήψης και κατάλληλους μηχανισμούς κωδικοποίησης. Κατά ένα μέρος, δυναμικοί μηχανισμοί κωδικοποίησης όπως ο Reed Solomon που αναφέραμε μπορούν να ελαττώσουν την ποσότητα των λαθών που σε διαφορετικές περιπτώσεις θα περνούσαν αδιόρθωτα.

#### 3.4.1.5 Σκέψεις διαθεσιμότητας ATM

Η ITU-T SG-I3 ανέπτυξε το Rec.I.357 για να διευθύνει την διαθεσιμότητα των παροδικών εικονοκών συνδέσεων. Το Rec.I.357 εγκατάστησε δύο τύπους παραμέτρων διαθεσιμότητας. Η πρώτη παράμετρος είναι *η Αναλογία Διαθεσιμότητας (Availability Ratio-AR)*, η οποία είναι γνωστή στους μηχανικούς δορυφόρων ως «διαθεσιμότητα δορυφόρου». Η δεύτερη παράμετρος είναι *ο Ενδιάμεσος Χρόνος μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Outages-MTBO)*, η οποία ορίζεται ως η μέση διάρκεια μιας συνεχόμενης χρονικής παύσης κατά τη διάρκεια της οποίας το τμήμα (portion) του δικτύου ATM είναι διαθέσιμο. Σήμερα, δεν είναι πολλά πράγματα γνωστά για το MTBO για δορυφορικά συστήματα, αν και τα διάσπαρτα υπάρχοντα δεδομένα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εξέταση αυτού και άλλων στατιστικών σχετικά με την συμπεριφορά μιάς δορυφορικής σύνδεσης κατά την περίοδο εκφυλισμένης απόδοσης. Γι'αυτό θα αναφερθούμε μόνο σε θέματα σχετικά με το AR. Σε αντίθεση με τα συστήματα ίνας, οι δορυφόροι παρουσιάζουν χαρακτηριστικά απόδοσης που καθορίζονται από τις αλλαγές στην ατμοσφαιρικές

συνθήκες οι οποίες επιρρεάζουν την διασπορά του σήματος , από τις διάφορες πηγές παράσιτων και τον τύπο του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Αναλογιζόμενη αυτά τα θέματα, η ITU-R WP-4B υιοθέτησε την ακόλουθη έκφραση για να καθορίσει την διαθεσιμότητα των δορυφορικών συστημάτων:

$$A_{\text{Satellite Link}} = A_{\text{Propagation}} * A_{\text{Earth Station}} * A_{\text{Spacecraft}}$$

όπου οι διάφοροι παράγοντες της εξίσωσης περιγράφονται στο παρακάτω σχήμα:

$A_{\text{Propagation}}$	Represents the availability due to rain attenuation and interference effects in the uplink and downlink
$A_{\text{Earth Station}}$	Represents the availability (equipment reliability) of all Transmit and Receive earth station equipment up to the terrestrial interface. It also includes sun interference effects and the availability of any ATM equipment that may be used in a satellite connection.
$A_{\text{Spacecraft}}$	Represents the total availability (equipment reliability) of the spacecraft including eclipse outages. It also includes the availability of any on-board ATM processing and/or switching equipment.
$A_{\text{Satellite Link}}$	Represents the product of all availability components on a satellite link.

Επιπρόσθετα με τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν , η κυκλοφοριακή συμμόρφωση είναι ένα σημαντικό θέμα συζήτησης στην ITU-T.

### 3.4.2 TIA

#### 3.4.2.1 TR-34.1 CAI WG

Ο σκοπός της ομάδας Common Air Interface είναι η ανάπτυξη ενός standard για την διασύνδεση του ‘αέρα’ για τις κινητές δορυφορικές υπηρεσίες για δορυφόρους GEO , οι οποίες επιτρέπουν την δια-λειτουργία με επίγειους GSM. Το τρέχων θέμα της τυποποίησης είναι η δορυφορική-κινητή σύνδεση και στις δύο κατευθύνσεις (uplink

και downlink). Το έγγραφο απαιτήσεων για το Common Air Interface για το GSM σε συστήματα GEO έχει τελειοποιηθεί και δημοσιευτεί από την TIA ως TSB90.

### 3.4.2.2 TR-34.1 Wireless ATM WG

Αυτή η ομάδα εργασίας δημιούργησε το *TIA Systems Bulletin-91 (TSB-91)* “*Satellite ATM Networks: Architectures and Guidelines*” τον Απρίλιο του 1998. Αυτό το έγγραφο παρέχει τις αρχιτεκτονικές και τις οδηγίες για δορυφορικά δίκτυα ATM. Οι αρχιτεκτονικές διαφέρουν η μία από την άλλη σε θέματα όπως η απαιτούμενη κινητικότητα (mobility), οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δεδομένων, τα υποστηριζόμενα επίγεια interfaces και οι on board απαιτήσεις επεξεργασίας και μεταγωγής.

Οι αρχιτεκτονικές δικτύων ATM για *bent-pipe δορυφόρους* καθορίζονται στο TSB-91 και είναι:

- α) SATATM 1.1-Fixed ATM Network Access and Network Interconnect*
- β) SATATM 1.2-Mobile ATM Network Access*
- γ) SATATM 1.3-Mobile ATM Network Interconnect*

Οι αρχιτεκτονικές δικτύων ATM για *δορυφορικούς on board μεταγωγείς* είναι

:

- α) SATATM 2.1-ATM Network Access*
- β) SATATM 2.2-ATM Network Interconnect*
- γ) SATATM 2.3-Full Mesh ATM*

### 3.4.2.3 TR-34.1 Satellite Over ATM Common Air Interface WG

Η ομάδα αυτή ξεκίνησε τον Νοέμβριο του 1997 για να αναπτύξει ένα standard για το ATM πάνω από γεωσύγχρονες δορυφορικές συνδέσεις. Αυτό συμπεριελάμβανε



εγκατάσταση των απαιτήσεων της απόδοσης του ATM και διαλογή μίας τεχνικής για την καλύτερη ανταλλαγή κέρδους/απόδοσης. Το φθινόπωρο του 1998, η ομάδα έφτιαξε έναν προκαταρκτικό καθορισμό για το πρωτόκολλο Common ATM Satellite Interface (CASI) το οποίο προσδιορίζεται ως η διαλειτουργικότητα που είναι εγγυημένη μεταξύ παρουσιάσεων πωλητών. Αυτός ο προσδιορισμός δίνει με λεπτομέρεια την όλη λειτουργία του CASI, συμπεριλαμβάνοντας τον καθορισμό ενός σχήματος πλαισίου για την μεταφορά πολλαπλών κυψελίδων ανά πλαίσιο πάνω από δορυφορική σύνδεση καθώς και προς τα εμπρός διόρθωση λάθους, το οποίο προσαρμόζεται στις συνθήκες δορυφορικής σύνδεσης.

#### **3.4.2.4 TR-34.1 ATM Traffic Management**

Η TSB παρέχει μία αξιολόγηση των θεμάτων διαχείρισης κίνησης που είναι σχετικά με τα δορυφορικά δίκτυα ATM. Ενώ η κύρια εστίαση είναι αυτά τα θέματα, παρουσιάζονται και πολλές προτάσεις στις ιδιότητες σχεδίασης για την αποδοτική μεταφορά δεδομένων.

#### **3.4.2.5 TR-34.2 2GHz Joint WG with TR-14.11 and NSMA**

Ο σκοπός εργασίας αυτής της ομάδας είναι η μελέτη του MSS/FS στα 2 GHz ζώνη.

#### **3.4.2.6 TR-34.2 18 GHz Joint WG with TR-14.11 and NSMA**

Ο σκοπός της ομάδας αυτής είναι η μελέτη α) του FSS/FS στην Ka GHz ζώνη και β) της 'άδειας κάλυψης' των επίγειων σταθμών στην ζώνη Ka.

### **3.4.3 IETF**

Η Δύναμη Αποστολής Μηχανικής Internet (Internet Engineering Task Force-IETF) έχει το 'TCP πάνω σε Δορυφορική Εργασιακή Ομάδα'. Ο στόχος αυτής της ομάδας είναι να παράγει δύο πληροφοριακά Request for Comments (RFCs)

. Αυτά τα RFCs είναι στο στάδιο του σχεδιασμού του Internet. Το πρώτο I-D περιγράφει τους μηχανισμούς τυποποίησης που επιτρέπουν το TCP σε δορυφορικές συνδέσεις. Το δεύτερο I-D περιγράφει παρόμοιους μηχανισμούς που βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.

### 3.5 Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service) στα δορυφορικά ATM δίκτυα<sup>4,22</sup>

Τα δίκτυα ATM μεταφέρουν 'κίνηση' από πολλαπλές κατηγορίες υπηρεσιών και υποστηρίζουν απαιτήσεις **QoS** για κάθε μία κατηγορία. Το ATM-Forum Traffic Management Specification 4.0 ορίζει πέντε κατηγορίες για τα δίκτυα ATM. Κάθε κατηγορία ορίζεται χρησιμοποιώντας ένα 'συμβόλαιο' κίνησης και μία ομάδα παραμέτρων **QoS**. Το 'συμβόλαιο' κίνησης είναι ένα σύνολο παραμέτρων που προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά της πηγαιάς κίνησης. Αυτό καθορίζει τις απαιτήσεις για συμμορφώσιμες κυψέλες της σύνδεσης. Οι **QoS παράμετροι** διαπραγματεύονται από την πηγή με το δίκτυο, και χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της αναμενόμενης ποιότητας υπηρεσιών που θα παρέχεται από το δίκτυο. Για κάθε κατηγορία υπηρεσίας, το δίκτυο εξασφαλίζει τις διαπραγματευόμενες παραμέτρους QoS εάν το σύστημα τέλους συμμορφώνεται με το διαπραγματευθέν συμβόλαιο κίνησης. Για μη συμμορφώσιμη κίνηση, το δίκτυο δεν χρειάζεται διατηρήσει τους στόχους QoS.

Η κατηγορία υπηρεσίας **Σταθερού Ρυθμού Bit (Constant Bit Rate-CBR)** καθορίζεται για κίνηση η οποία απαιτεί μία σταθερή ποσότητα εύρους ζώνης, η οποία με την σειρά της καθορίζεται από το **Peak Cell Rate (PCR)**, για να είναι συνεχόμενα διαθέσιμη. Το δίκτυο εξασφαλίζει ότι όλες οι εκπεμφθείσες κυψελίδες από την πηγή που συμμορφώνονται στο PCR θα μεταφέρονται από το δίκτυο με την ελάχιστη (μηδαμινή) απώλεια και με καθορισμένα όρια καθυστέρησης και μεταβολής καθυστέρησης. Η **πραγματικού χρόνου και Μεταβλητού Ρυθμού Bit (real-time Variable Bit Rate-VBR-rt)** κλάση χαρακτηρίζεται από το PCR, από το Διατηρητέο Ρυθμό Κυψελίδων (Sustained Cell Rate-SCR) και από Μέγιστο Μέγεθος Burst (MBS) σε κυψελίδες το οποίο ελέγχει την φύση του καταιγισμού (burst) της κίνησης VBR. Το δίκτυο δέχεται να παραλάβει κυψελίδες με καθορισμένα όρια καθυστέρησης και

απόκλισης καθυστέρησης. Οι *όχι πραγματικού χρόνου VBR* πηγές καθορίζονται επίσης από τα PCR, SCR και MBS αλλά είναι λιγότερο ευαίσθητες σε διαφορές καθυστερήσεων .

Η κατηγορία υπηρεσίας *Διαθέσιμου Ρυθμού Bit (Available Bit Rate-ABR)* καθορίζεται από ένα PCR και ένα *Minimum Cell Rate (MCR)* , το οποίο εξασφαλίζεται από το δίκτυο. Το εύρος ζώνης που διανέμεται από το δίκτυο σε μία ABR σύνδεση μπορεί να διαφέρει κατά τη διάρκεια ζωής της σύνδεσης, αλλά δεν μπορεί να είναι μικρότερο από MCR. Οι συνδέσεις ABR χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό ελέγχου βασισμένο στο ρυθμό, σε κλειστό κύκλο και σε ανάδραση για τον έλεγχο της συμμόρφωσης. Το δίκτυο προσπαθεί να διατηρήσει μία χαμηλή *Αναλογία Απώλειας Κυψελίδων (Cell Loss Ratio)* αλλάζοντας το ACR (επιτρεπτός ρυθμός κυψελίδων) σε αυτόν που μπορεί η κάθε πηγή να στείλει. Η κλάση *Ακαθόριστου Ρυθμού Bit (UBR)* έχει σχεδιαστεί για τις εφαρμογές με την καλύτερη απόδοση και αυτή η κατηγορία δεν υποστηρίζει καμία εξασφάλιση υπηρεσίας. Το UBR δεν έχει μηχανισμούς ελέγχου συμμόρφωσης, αλλά την αντιμετωπίζει με αποδοτικές μεταγωγίμες πολιτικές buffer management. Μία νέα υπηρεσία ονομάζεται *Εξασφαλισμένος Ρυθμός Πλαισίων ( Guaranteed Frame Rate-GFR)* εισείχθει στο ATM Forum και στο ITU-T. Αυτή η υπηρεσία βασίζεται στο UBR , αλλά εξασφαλίζει έναν ελάχιστο ρυθμό στις συνδέσεις. Επίσης, αναγνωρίζει τα πλαίσια AAL5 και αποδίδει level dropping πλαισίων και όχι κυψελίδων.

Επιπρόσθετα, η ITU-T έχει καθορίσει τέσσερις κλάσεις QoS για να χρησιμοποιούνται για την παραλαβή βασισμένη στο δίκτυο QoS. Είναι αναγκαίο ένα δορυφορικό δίκτυο ευρείας ζώνης να είναι σε θέση να υποστηρίξει τις διάφορες υπηρεσίες QoS που καθορίζονται από τα standards. Ακόμα πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι το δίκτυο θα έπρεπε να μπορούσε να υποστηρίξει εφαρμογές δεδομένων βασισμένες στο TCP/IP που απαρτίζουν το μεγαλύτερο μέρος την κίνησης του Internet.

Οι περισσότερες από τις παραμέτρους που καθορίστηκαν από τα standards θα πρέπει να επανεξεταστούν προσεκτικά και να δοθούν πιο ακριβείς τιμές για τα δορυφορικά δίκτυα, αφού μπορεί να είναι σχεδόν κοινά για τα δύο είδη δικτύων (επίγεια και δορυφορικά) αλλά οι μέχρι τώρα καθορισμένες τιμές τους έχουν υπολογιστεί σύμφωνα μόνο με τα επίγεια δίκτυα.

### 3.6 Πρωτόκολλα Πρόσβασης στα Μέσα (Media Access Protocols)<sup>22</sup>

Το δορυφορικό εύρος ζώνης θα πρέπει να μοιράζεται μεταξύ των τερματικών των χρηστών δίκαια, ευέλικτα και αποδοτικά. Ένας προσεκτικός σχεδιασμός του αλγορίθμου ελέγχου πρόσβασης στα Μέσα είναι κάτι το αναγκαίο, βασιζόμενος στην επιλογή των τεχνολογιών τόσο στα επίγεια όσο και στα διαστημικά μέρη (τμήματα). Τα θέματα 'κλειδιά' στην επιλογή του *Media Access Protocol* είναι:

- ☛ **Αποδοτικότητα ή ρυθμός εξυπηρέτησης:** αυτό είναι το κλάσμα του χρόνου στον οποίο χρήσιμη κίνηση μεταφέρεται πάνω σε ένα multi-access κανάλι.
- ☛ **Καθυστέρηση πρόσβασης:** αυτό είναι ο χρόνος μεταξύ της άφιξης ενός μηνύματος και της έναρξης της επιτυχούς μετάδοσης από το κανάλι.
- ☛ **Ιδιότητες σταθερότητας:** σχετίζονται με τη δυνατότητα της ανεπιθύμητης και παρατεταμένης συμφόρησης.
- ☛ **Ανθεκτικότητα (robustness):** στη παρουσία των λαθών του καναλιού και των αποτυχιών του εξοπλισμού.
- ☛ **Πολυπλοκότητα υλοποίησης (implementation complexity):** του απαιτούμενου υλικού και λογισμικού.

Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μία σύντομη περιγραφή των υποψήφιων Media Access Protocols:

<i>Access Protocol</i>	<i>Efficiency</i>	<i>Delay</i>	<i>Stability</i>	<i>Robustness</i>	<i>Complexity</i>
S_ALOHA	0.37	Low	Low	High	Low
Tree CRA	0.43-0.49	Medium	Medium	Poor	Medium
DAMA (reservation)	0.6-0.8	High	High	High	Medium
Hybrid (reservation/ random)	0.6-0.8	Variable	Medium	High	Medium

Το Slotted ALOHA παρέχει τυχαία πρόσβαση στο μέσο και μπορεί να έχει αποτέλεσμα στην σταθερότητα. Το Tree Contention Resolution Access πρωτόκολλο υπερπηδά μερικά προβλήματα του ALOHA αλλά δεν είναι πολύ σταθερό στα λάθη. Ένα σχήμα κατανομής εύρους ζώνης όπως το Demand Assignment Multiple Access μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτελεσματική χρήση της δορυφορικής σύνδεσης. Το DAMA επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει το εύρος ζώνης που θα χρησιμοποιήσει πραγματικά, και γι' αυτό το λόγο βελτιώνει την χρήση του δικτύου. Τέλος, ένα υβριδικό πρωτόκολλο συνδυάζει την χρήση της αρχικής τυχαίας πρόσβασης των σχισμών με τις πολιτικές κράτησης για ακολουθούμενες σχισμές και μπορεί να παρέχει χαμηλή καθυστέρηση για μικρά μηνύματα.

### 3.7 Θέματα Διαχείρισης Κίνησης (Traffic Management Issues)

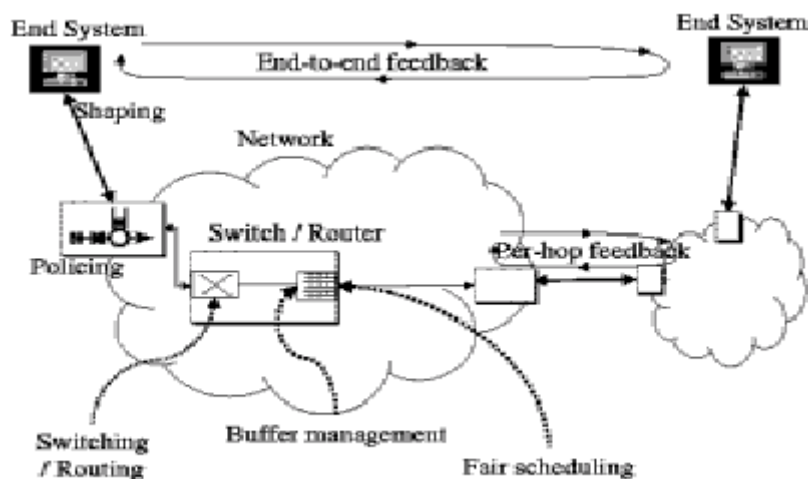
( για όλο το 3.7 οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν είναι ότι έχει να κάνει με το Ohio University της βιβλιογραφίας)

Η *διαχείριση κίνησης*<sup>22</sup> (*traffic management*) προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το θέμα του 'εσόδου' κίνησης με περιορισμούς των συμβολαίων κίνησης, της παρεχόμενης QoS και της αμεροληψίας. Το πρόβλημα της διαχείρισης της κίνησης είναι ιδιαίτερα δύσκολο κατά τη διάρκεια περιόδων βαρέου φορτίου εάν οι απαιτήσεις κίνησης δεν είχαν προβλεφθεί προκαταβολικά. Γι' αυτόν τον λόγο, ο *έλεγχος συμφόρησης* (*congestion control*) είναι ένα θεμελιώδες κομμάτι της διαχείρισης κίνησης.

Ο *έλεγχος συμφόρησης* είναι κρίσιμος και στα ATM δίκτυα. Πολλά σχήματα ελέγχου συμφόρησης παρέχουν ανάδραση στους hosts για να διευθετήσουν τους ρυθμούς εισόδου έτσι ώστε να ταιριάζουν με την διαθέσιμη χωρητικότητα της σύνδεσης. Ένας τρόπος για να ταξινομήσουμε τα σχήματα ελέγχου συμφόρησης είναι από τα επίπεδα του μοντέλου ISO/OSI στα οποία τα σχήματα λειτουργούν. Η αποτελεσματικότητα των σχημάτων ελέγχου συμφόρησης εξαρτάται από παράγοντες όπως δριμύτητα, διάρκεια και θέση της συμφόρησης.

### 3.7.1 Στόχος Διαχείρισης Κίνησης (Goal of Traffic Management)

Ο στόχος του *traffic management* είναι η δίκαιη κατανομή πηγών στους χρήστες, η αποδοτική αξιοποίηση δικτυακών πηγών, όπως το space buffer και η χωρητικότητα σύνδεσης και η απομόνωση κατηγοριών κίνησης από άλλα είδη που μπορεί να παραβιάζουν το συμβόλαιό τους. Επιπρόσθετα, ένα σύστημα διαχείρισης της κίνησης πρέπει να παρέχει διαπραγματεύσιμες εγγυήσεις QoS στους πληρεξούσιους χρήστες. Το σύστημα πρέπει να δουλεύει για μία ευρεία



ποικιλία από traffic workloads, παρέχοντας *αδιαφανή (seamless)* διαλειτουργικότητα των σύγχρονων Internet πρωτοκόλλων όπως είναι το *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)* με πρωτόκολλα επιπέδου σύνδεσης όπως το ATM και να είναι μία απλή λύση για όλες τις τοπολογίες δικτύου, συμπεριλαμβανομένων και των τοπικών. Τέλος, το σύστημα θα πρέπει να είναι υλοποιήσιμο και αποδοτικό σε κόστος. Οι συνιστώσες του traffic management φαίνονται στο παραπάνω σχήμα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα ελέγχου συμφόρησης είναι ένα υποσύνολο του προβλήματος διαχείρισης κίνησης. Η συμφόρηση σε ένα δίκτυο συμβαίνει όταν η ζήτηση για πηγές υπερβαίνει αυτή που παρέχεται. Οι δικτυακές πηγές συμπεριλαμβάνουν buffer, link capacity και time processor. Η συμφόρηση έχει ως αποτέλεσμα την υπερχειλίση σε buffer και διαδοχική απώλεια πακέτων. Τα χαμένα πακέτα μπορούν να επαναμεταδοθούν από τα υψηλότερα επίπεδα, κάτι που οδηγεί σε

μεγαλύτερη συμφόρηση. Για την αντιμετώπιση της συμφόρησης δεν αρκούν οι συμβατικές λύσεις (αύξηση μεγέθους μνήμης, αύξηση υπολογιστικής δύναμης ...).

### 3.7.2 Παράμετροι Κίνησης (Traffic Parameters)

Το *ATM Forum* καθόρισε *παραμέτρους κίνησης* για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά μίας πηγής κίνησης. Αυτοί οι παράμετροι ήταν σχεδιασμένοι σύμφωνα με τους παρακάτω στόχους:

- οι παράμετροι πρέπει να είναι σε θέση να χαρακτηρίζουν τις *ιδιότητες* της κίνησης που προέρχονται από το τελικό σύστημα
- πρέπει να είναι εύκολο να εφαρμοστούν *πολιτική και έλεγχος συμμόρφωσης (Usage Parameter Control-UPC)* των παραμέτρων κίνησης, στην είσοδο του δικτύου
- το δίκτυο πρέπει να μπορεί να δεσμεύει πηγές και να εφαρμόζει *Έλεγχο Αποδοχής Σύνδεσης (Connection Admission Control-CAC)* ο οποίος θα βασίζεται στις τιμές των παραμέτρων κίνησης.

Ο καθορισμός παραμέτρων κίνησης 4.0 καθορίζει τέσσερις παραμέτρους: Peak Cell Rate (*PCR*), Sustainable (υποφερτός) Cell Rate (*SCR*), Maximum Burst Size (*MBS*) και Minimum Cell Rate (*MCR*). Επίσης, καθορίζεται και μία ανεκτή τιμή για το PCR που ονομάζεται *Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)*. Αυτή καθορίζει την επιτρεπτή διαφορά για το PCR για την κίνηση μίας σύνδεσης. Το δίκτυο καθορίζει συμμόρφωση για τα PCR και SCR χρησιμοποιώντας το *Generic Cell Rate Algorithm (GCRA)*. Το GCRA είναι μία έκδοση του token bucket αλγόριθμου ο οποίος καθορίζει εάν μία εισερχόμενη κυψελίδα ικανοποιεί τις προδιαγραφές κίνησης. Εάν δεν τις ικανοποιεί, η λειτουργία UPC του δικτύου διαλέγει την κυψελίδα τοποθετώντας το bit CLP μέσα στη κυψελίδα. Οι μη επιλεγμένες και οι συναθροισμένες κυψελίδες (σε ρεύματα) αναφέρονται ως CLP0 και CLP0+1 αντίστοιχα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Εφαρμογή: Συνδυάζεται το TCP/IP με το δορυφορικό ATM δίκτυο;

( για όλο το 4 οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν είναι ότι έχει να κάνει με το Ohio University της βιβλιογραφίας)

Εάν κάποιος ερευνήσει το διαδίκτυο για θέματα σχετικά με τα δορυφορικά ATM δίκτυα, θα παρατηρήσει ότι μία πολύ σημαντική εφαρμογή τους είναι η περίπτωση συνδυασμού με το TCP/IP. Είναι καλό, λοιπόν, να αναφερθούμε σε αυτό το εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα.

Πολλά Ka-band δορυφορικά δίκτυα έχουν προταθεί για την χρήση της τεχνολογίας ATM για την αδιαφανή (seamless) μεταφορά κίνησης στο Internet. Εξάλλου, το δορυφορικό ATM δίκτυο είναι ένα πολύ καλό δίκτυο για την μεταφορά πολυμεσικής πληροφορίας στο διαδίκτυο. Έχουμε αναφέρει ότι το ATM προσφέρει τις εξής κατηγορίες υπηρεσιών: UBR, GFR και ABR. Αυτές οι κατηγορίες υπηρεσιών έχουν σχεδιαστεί για δεδομένα. Όμως, πολλές μελέτες έδειξαν την πενιχρή απόδοση του TCP πάνω από δορυφορικά ATM δίκτυα.

#### 4.1 Σχεδιαστικά θέματα για το TCP/IP over Satellite-ATM<sup>5</sup>

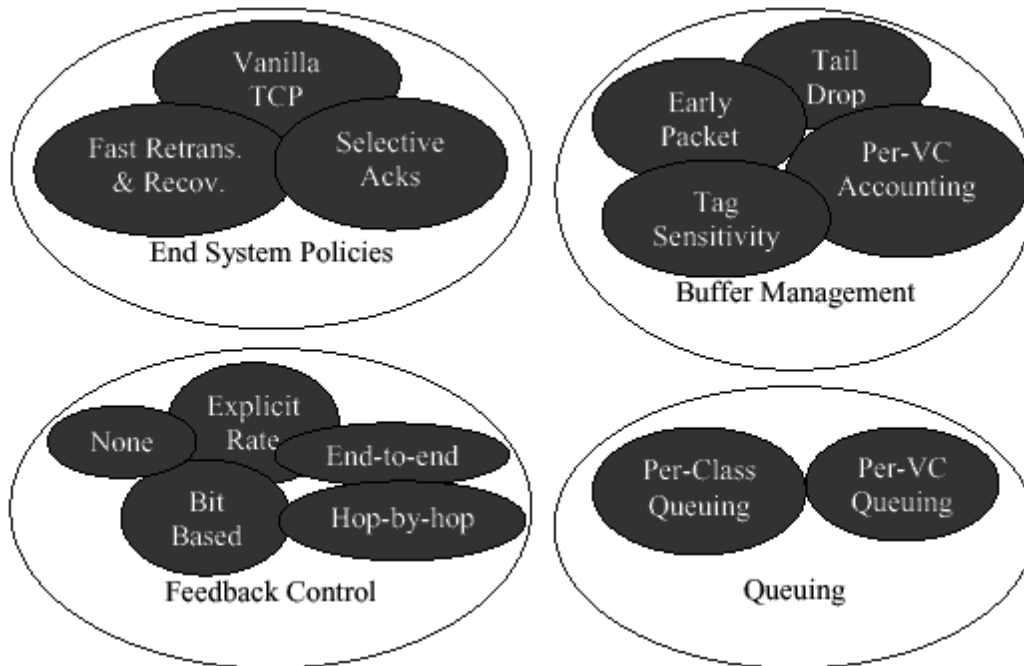
Τα δορυφορικά ATM δίκτυα μπορούν να σχεδιαστούν για να παρέχουν πρόσβαση ευρείας ζώνης σε απομακρυσμένες τοποθεσίες καθώς και να συμπεριφέρεται ως ενναλακτική περίπτωση στα **δίκτυα κορμού (backbone)** που είναι βασισμένα σε οπτικές ίνες. Σε κάθε περίπτωση, ένα απλό δίκτυο είναι σχεδιασμένο για να υποστηρίζει χιλιάδες τερματικά στη γη. Τα τερματικά αυτά δημιουργούν Virtual Channels για την μεταφορά κυψελίδων ATM μεταξύ τους. Εξαιτίας της περιορισμένης χωρητικότητας ενός δορυφορικού μεταγωγέα, κάθε τερματικό έχει ένα περιορισμένο αριθμό από VCs που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά δεδομένων TCP/IP. Στα δίκτυα backbone αυτά τα τερματικά είναι συσκευές IP-ATM που τερματίζουν τις συνδέσεις ATM και κατευθύνουν την κίνηση IP μέσα και έξω από ένα ATM δίκτυο.

Επιπρόσθετα με τον έλεγχο της ροής και των VC, τα τερματικά πρέπει να παρέχουν τα κατάλληλα μέσα για τον έλεγχο συμφόρησης μεταξύ του δικτύου IP και



του δικτύου ATM. Οι on board μεταγωγείς ATM πρέπει να εκτελούν την διαχείριση της κίνησης σε επίπεδο κυψελίδας και VC. Επίσης, οι IP hosts μπορούν να υλοποιούν διάφορους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης και ροής TCP για αποτελεσματική χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης. Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει ένα πλαίσιο για τις διάφορες επιλογές σχεδιασμού :

Εικόνα :Σχεδιαστικά θέματα για TCP over SatATM



#### 4.2 Βελτίωση του TCP over SatATM<sup>μόνο το 3</sup>

Όπως προαναφέρθηκε, η απόδοση του TCP πάνω από δορυφορικό ATM δεν είναι καλή. Αυτό, όμως, μπορεί να βελτιωθεί. Η τεχνολογία ATM παρέχει τουλάχιστον 3 κατηγορίες υπηρεσιών για δεδομένα :UBR, ABR και GFR. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες μπορεί να βελτιωθεί με έναν αριθμό μηχανισμών. Μερικά παραδείγματα τέτοιων , **βελτιωμένων κατηγοριών** είναι οι παρακάτω:

- **UBR with tail drop**

- *UBR με ‘έξυπνο’ buffer management*
- *UBR με εγγυημένο ρυθμό*
- *ABR με ανάδραση (feedback) δικτύου*
- *ABR με Virtual Source/Virtual Destination*
- *GFR*

Επιπρόσθετα, το TCP παρέχει πολλούς *μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης*:

- *Vanilla TCP με ‘αργή αρχή’ και αποφυγή συμφόρησης*
- *TCP Reno με γρήγορη επαναμετάδοση και επαναφορά*
- *TCP New Reno*
- *TCP με SACK (selective acknowledgements)*

Οι *σχεδιαστές* του δορυφορικού δικτύου ATM και οι *παροχείς υπηρεσιών* πρέπει να επιλέξουν τις ιδανικές υπηρεσίες ATM για αποδοτική μεταφορά TCP. Στη παρουσία των *TCP performance enhancing proxies* στις άκρες του δικτύου SatATM, οι *service providers* θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να ελέγχουν τους μηχανισμούς TCP έτσι ώστε να παρέχουν καλή απόδοση.

#### 4.2.1 Τεχνικές για την βελτίωση της απόδοσης του TCP over SatATM

Έχει αποδειχθεί ότι το *Vanilla TCP* πάνω από κατηγορία υπηρεσίας UBR πετυχαίνει χαμηλό ρυθμό *εξυπηρέτησης (throughput)* και υψηλή ‘αδικία’ πάνω από δορυφορικά δίκτυα. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι, κατά τη διάρκεια της απώλειας πακέτων (κυψελίδων), το TCP χάνει χρόνο περιμένοντας για το *coarse granularity retransmission timeout*.

Στη παρουσία της *bursty* απώλειας πακέτων, η γρήγορη επαναμετάδοση και επαναφορά (χωρίς SACK) ‘ρίχνει’ ακόμα περισσότερο την απόδοση του TCP για υψηλής καθυστέρησης εύρους ζώνης δίκτυα., γιατί μετά από δύο γρήγορες επαναμεταδόσεις, το παράθυρο συμφόρησης είναι τόσο μικρό για να εκπέμψει νέα πακέτα κάτι που προκαλεί διπλά *acks*. Έτσι, το τρίτο πακέτο δεν επαναμεταδίδεται

και το *timeout* συμβαίνει σε μικρό παράθυρο. Αυτό προκαλεί απουσία συμφόρησης με ένα μικρό παράθυρο, το οποίο είναι πολύ αργό για δίκτυα μεγάλης καθυστέρησης.

Υπάρχουν διάφοροι *τρόποι* για να βελτιωθεί σημαντικά το throughput ( ρυθμός εξυπηρέτησης) του TCP πάνω από UBR:

- *πολιτικές απόρριψης επιπέδου πλαισίου*
- *έξυπνες πολιτικές buffer management*
- *TCP New Reno*
- *TCP SACK*
- *εγγυημένοι ρυθμοί*

➤ Οι *πολιτικές απόρριψης επιπέδου πλαισίου* όπως η *Γρήγορη Απόρριψη Πακέτου (Early Packet Discard-EPD)* βελτιώνουν το throughput σημαντικά πάνω σε πολιτικές επιπέδου κυψελίδας. Όμως, η δικαιοσύνη δεν είναι εγγυημένη εκτός εάν χρησιμοποιείται *buffer management* που κάνει χρήση *per-VC accounting*.

➤ Το throughput αυξάνει ακόμη περισσότερο με το ‘επιθετικό’ *New Reno και SACK*. Το *SACK* δίνει καλύτερη απόδοση στο throughput. Έχει βρεθεί ότι για μονοπάτια μεγάλης καθυστέρησης η βελτίωση του throughput διαμέσου του *SACK* είναι μεγαλύτερη από αυτή των πολιτικών απόρριψης και *buffer management*. Όταν πολλές ροές TCP πολυπλέκονται πάνω σε λίγα VCs , η δικαιοσύνη μεταξύ αυτών των ροών μπορεί να εξασφαλισθεί από τους δρομολογητές στα άκρα του δικτύου ATM, ενώ η δικαιοσύνη σε επίπεδο VC πρέπει να παρέχεται από το δίκτυο ATM χρησιμοποιώντας είτε *buffer management* είτε *per-VC queuing*.

➤ Η τέταρτη μέθοδος για τη βελτίωση της απόδοσης είναι η μέθοδος ‘*εγγυημένου ρυθμού*’ (*guaranteed rate-GR*) στην οποία ένα μικρό κλάσμα του εύρους ζώνης είναι δεσμευμένο από τους μεταγωγείς για την υπηρεσία UBR. Αυτό το εύρος ζώνης είναι κοινό για όλα τα UBR VCs. Χρησιμοποιώντας εγγυημένο ρυθμό βοηθά στην παρουσία ενός μεγάλου φορτίου μεγαλύτερης προτεραιότητας κίνησης όπως είναι η CBR ή η VBR κίνηση. Σύμφωνα με έρευνες, έχει βρεθεί ότι δεσμεύοντας ένα μικρό κλάσμα του εύρους ζώνης, για παράδειγμα ένα 10%, για το UBR βελτιώνεται σημαντικά η απόδοση του TCP. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι το δεσμευμένο εύρος

ζώνης εξασφαλίζει ότι η ροή και η λήψη των TCP πακέτων είναι συνεχόμενη. Επίσης, εμποδίζονται τα TCP timeouts κατά τη διάρκεια της προσωρινής ‘λιμοκτονίας’ εύρους ζώνης του UBR. *Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτός ο μηχανισμός είναι διαφορετικός από την κατηγορία υπηρεσίας GFR όπου κάθε VC (και όχι ολόκληρη η τάξη UBR) έχει ελάχιστο εγγυημένο ρυθμό.*

Για το TCP πάνω από ABR, επιπρόσθετα με τις τέσσερις μεθόδους που ήδη παρουσιάστηκαν, υπάρχουν δύο ακόμη τρόποι για να βελτιωθεί η απόδοση:

- ***ABR με Virtual Source/Virtual Destination (VS/VD), και***
- ***ack regulation***

Μελέτες έχουν σημειώσει ότι το ***VS/VD*** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απομονώσει τεμάχια μεγάλης καθυστέρησης από χερσαία τμήματα. Αυτό βοηθά στο αποτελεσματικό ταίριασμα των buffer στους δρομολογητές και στους ATM μεταγωγείς. Ως αποτέλεσμα, οι χερσαίοι μεταγωγείς χρειάζονται να έχουν buffers αναλογικά με τα προϊόντα καθυστέρησης εύρους ζώνης του χερσαίου τμήματος του TCP μονοπατιού. Οι μεταγωγείς που είναι συνδεδεμένοι με τους δορυφορικούς VS/VD βρόχους πρέπει να έχουν buffers αναλογικά με τα δορυφορικά, καθυστέρησης εύρους ζώνης, προϊόντα.

Η τεχνική ***ack regulation*** απαιτεί από τους δρομολογητές να ελέγχουν τη ροή των TCP acknowledgements βασισμένη στην ABR ανάδραση. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν στις ακραίες συσκευές ATM ή στους δρομολογητές του Internet και βελτιώνουν την δικαιοσύνη, το throughput και τις ιδιότητες καθυστέρησης end-to-end των εφαρμογών TCP.

#### 4.2.2 Σύγκριση των ATM κατηγοριών υπηρεσιών<sup>μόνο το 6</sup>

Τα υπάρχοντα και προτεινόμενα ATM standards παρέχουν πολλές δυνατότητες για μεταφορά δεδομένων TCP/IP πάνω από SatATM. Οι τρεις κατηγορίες – ABR, UBR και GFR- και οι διαφορετικές δυνατότητες παρουσιάσής τους δείχνουν μία ανταλλαγή για το TCP/IP πάνω από ATM. Μία σύγκριση των κατηγοριών υπηρεσιών μπορεί να βασιστεί στους παρακάτω παράγοντες:

- *Πολυπλοκότητα παρουσίασης*
- *Απαιτήσεις buffering για μεταγωγείς και τελικά συστήματα ATM*
- *Χρησιμοποίηση εύρους ζώνης δικτύου*
- *Δέσμευση εύρους ζώνης (δικαιοσύνη και εγγυήσεις MCR)*

Η υψηλή πολυπλοκότητα προκύπτει από τους αλγορίθμους δέσμευσης πηγών για Connection Admission Control (CAC) και Usage Parameter Control (UPC) καθώς και από μηχανισμούς ουράς και ανάδρασης. Ενώ το UPC δρα στην είσοδο του ATM για να ελέγχει τον ρυθμό των πακέτων που εισέρχονται στο δίκτυο, το CAC δρα κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της σύνδεσης από κάθε συστατικό του δικτύου. Το UBR είναι η λιγότερο πολύπλοκη κατηγορία υπηρεσίας διότι δεν απαιτεί κανένα CAC ή UPC. Οι τυπικοί μεταγωγείς UBR αναμένεται να έχουν μία απλή ουρά για όλα τα UBR VCs. Η διαχείριση buffers στους μεταγωγείς μπορούν να διαφέρουν από ένα απλό tail drop (κρέμασμα ουράς) μέχρι και πιο πολύπλοκα per-VC accounting based αλγόριθμους όπως ο FBA. Μία εγγύηση MCR σε μία υπηρεσία UBR θα απαιτούσε έναν αλγόριθμο προγραμματισμού ο οποίος θα προλάμβανε την 'λιμοκτονία' της ουράς UBR. Η υπηρεσία GFR θα μπορούσε να υλοποιηθεί από μία απλή ουρά χρησιμοποιώντας έναν μηχανισμό όπως ο DFBA ή από ουρές σε κάθε VC και προγραμματισμό. Η υπηρεσία ABR μπορεί να υλοποιηθεί με μία απλή ουρά ABR μέσα σε έναν μεταγωγέα. Η περίπτωση VS/VD απαιτεί τη χρήση της ουράς ανά VC και αυξάνει την υλοποιητική πολυπλοκότητα του ABR. Οι απαιτήσεις CAC για τα GFR και ABR είναι παρόμοιες. Όμως, τα τεστ συμμόρφωσης CLP και MFS στο GFR προσθέτουν πολυπλοκότητα στη λειτουργία UPC.

Η επιπρόσθετη πολυπλοκότητα για τον έλεγχο της ανάδρασης του ABR παρουσιάζει ένα tradeoff με τις buffer απαιτήσεις του ABR. Το δικτυακό buffering είναι χαμηλότερο για το ABR από ότι στα UBR και GFR. Επιπρόσθετα, το ABR έχει ελεγχόμενες buffer απαιτήσεις οι οποίες εξαρτώνται από το προϊόν καθυστέρησης

εύρους ζώνης του loop ανάδρασης του ABR. Στην άκρη του δικτύου ATM, η ανάδραση παρέχει πληροφορία για τις διαστάσεις του buffer. Τα μεγάλα buffers σε ακραίους δρομολογητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν το δίκτυο ABR είναι προσωρινά υπερφορτωμένο. Στην περίπτωση των UBR και GFR, οι ακραίες συσκευές δεν έχουν πληροφορία δικτυακής συμφόρησης και απλά στέλνουν τα δεδομένα μέσα από το δίκτυο ATM όσο πιο γρήγορα μπορούν. Σαν αποτέλεσμα, τα επιπρόσθετα buffers στην άκρη του δικτύου δεν βοηθούν για τα UBR και GFR. Αυτό είναι σημαντικό για δορυφορικά δίκτυα υψηλής καθυστέρησης εύρους ζώνης. Με τα ABR, οι δορυφορικές πύλες μπορούν να αποθηκεύσουν μεγαλύτερα ποσά πληροφορίας ενώ οι απαιτήσεις σε on-board μεταγωγείς ATM μπορούν να ελαχιστοποιηθούν. Οι απαιτήσεις σε buffer για τα UBR και GFR κρατιούνται για τις πύλες και τους μεταγωγείς.

Η υπηρεσία ABR μπορεί να κάνει αποδοτική χρήση της διαθέσιμης χωρητικότητας δικτύου παρέχοντας ανάδραση στις πηγές. Οι ακραίες συσκευές με προσωρινά αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν να συμπληρώσουν το εύρος ζώνης με έναν κύκλο ανάδρασης με το εύρος ζώνης που γίνεται διαθέσιμο. Ο κύκλος ανάδρασης είναι μεγάλος για τα δορυφορικά δίκτυα. Με τα UBR και GFR, το διαθέσιμο εύρος ζώνης μπορεί να συμπληρωθεί από τις ακραίες συσκευές που αποθηκεύουν προσωρινά δεδομένα. Όμως, οι ακραίες συσκευές δεν έχουν έλεγχο στο ρυθμό αποστολής και τα δεδομένα είναι πιθανόν να απορριφθούν κατά τη διάρκεια συμφόρησης. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να ξαναμεταδωθούν από το TCP κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την μη αποτελεσματική χρήση της δορυφορικής χωρητικότητας.

Επιπρόσθετα με την αποτελεσματική χρήση του δικτύου, ένα SatATM πρέπει επίσης να δεσμεύει δικτυακό εύρος ζώνης στα συνδεδεμένα VCs. Ενώ το Vanilla UBR δεν έχει μηχανισμό για αυτόν τον λόγο, τα UBR και GFR με διαχείριση προσωρινής μνήμης μπορούν να παρέχουν δικαιοσύνη ανά VC. Το ABR παρέχει δικαιοσύνη με την δέσμευση ρυθμού ανά VC. Ένα τυπικό SatATM θα έχει πολλαπλές TCP συνδέσεις πάνω από απλό VC. Στο ABR, οι περισσότερες απώλειες είναι στους routers στην άκρη του κυκλώματος και αυτοί οι routers μπορούν να εκτελέσουν δίκαιη διαχείριση προσωρινής μνήμης για να εξασφαλίσουν δικαιοσύνη σε επίπεδο IP. Στα UBR και GFR οι περισσότερες απώλειες κατά τη διάρκεια της συμφόρησης είναι στο SatATM όπου δεν υπάρχει γνώση των επιμέρους ροών IP. Σε αυτή τη περίπτωση η δικαιοσύνη μπορεί να επιβληθεί μόνο σε επίπεδο VC.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Λόγοι χρησιμοποίησης του SatATM – Περιορισμοί <sup>απ' όλη τη βιβλιογραφία</sup>

Η τεχνολογία ATM αναμένεται να παρέχει δίκτυα βασισμένα στην Ποιότητα των Υπηρεσιών τα οποία θα υποστηρίζουν φωνή, video και εφαρμογές δεδομένων. Τα ATM σχεδιάστηκαν αρχικά για επίγεια δίκτυα βασισμένα σε οπτικές ίνες τα οποία παρουσίαζαν συμπεριφορά με μικρό latency και χαμηλούς ρυθμούς λαθών. Με την μεγάλη διάδοση και διαθεσιμότητα της τεχνολογίας πολυμέσων (multimedia) και μία αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρονική σύνδεση σε όλο το κόσμο, τα δορυφορικά δίκτυα θα παίξουν έναν απολύτως απαραίτητο ρόλο στα παγκόσμια δίκτυα. Οι δορυφόροι Ka – band που χρησιμοποιούν το φάσμα συχνότητας των gigahertz μπορούν να έρθουν σε επαφή με τα τερματικά των χρηστών σε όλο σχεδόν τον κόσμο. Σαν αποτέλεσμα, τα SatATM δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για να παρέχουν υπηρεσίες τόσο πραγματικού όσο και μη πραγματικού χρόνου σε απομακρυσμένες περιοχές.

Υπάρχουν αρκετά **πλεονεκτήματα** των δορυφορικών δικτύων ATM (SatATM) απέναντι στα συμβατικά επίγεια δίκτυα:

- **ευρεία γεωγραφική κάλυψη** συμπεριλαμβανομένων και της διασύνδεσης των «νησιών ATM»
- επικοινωνίες «πολλών σημείων» με «πολλά σημεία» , οι οποίες διευκολύνονται από την έμφυτη ικανότητα ευρείας εκπομπής των δορυφόρων
- **εύρος ζώνης κατά ζήτηση (on demand)** ή δυνατότητες Demand Assignment Multiple Access (DAMA)
- μία εναλλακτική λύση αντί των δικτύων οπτικών ινών **για επαναφορά από καταστροφή**

Παρ' όλα αυτά , όμως, τα δορυφορικά συστήματα έχουν και **έμφυτους περιορισμούς**. Οι πηγές του δορυφορικού δικτύου επικοινωνίας , ειδικά ο δορυφορικός και ο επίγειος σταθμός είναι **ακριβοί** και τυπικά έχουν **χαμηλή redundancy**. Αυτά πρέπει να είναι 'δυνατά' και να χρησιμοποιούνται αποδοτικά. Επίσης, τα δορυφορικά συστήματα

χρησιμοποιούν ένα Time Division Multiplexed (TDM) φυσικό επίπεδο όπου οι ατομικοί επίγειοι σταθμοί μπορούν να εκπέμπουν πλαίσια κατά τη διάρκεια *fixed time slots*. Η κυψελίδα που βασίζεται στο επίπεδο ATM πρέπει να απεικονιστεί πάνω σε πλαίσιο που βασίζεται σε επίπεδο ATM. Αυτό συμπεριλαμβάνει τη χρήση στρατηγικών αποδοτικής δέσμησης εύρους ζώνης για τεχνικές πρόσβασης στο μέσο που βασίζονται στο Demand Assignment Multiple Access (DAMA). Επίσης, οι *μεγάλες καθυστερήσεις* στα συστήματα GEO και οι διαφορές στις καθυστερήσεις στα συστήματα LEO επιρραάζουν τις πραγματικού χρόνου αλλά και του μη πραγματικού χρόνου εφαρμογές. Τέλος, οι *μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης* για ευρέους ζώνης δορυφορικά συστήματα είναι διαφορετικοί από αυτούς των επίγειων δικτύων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

### SatATM Projects αποκλειστικά από το site:<http://www.erg.abdn.ac.uk/users/silas/systems/>

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε κάποια projects που βρίσκονται στη φάση της υλοποίησης για το SatATM. Οι παράγοντες που παρατίθενται είναι το όνομα του project, η ομάδα ανάπτυξης, ο χρηματοδότης, η χρήση το status, ο πομπός, η πρόσβαση, η ταχύτητα, το επίγειο δικτυακό interface, εάν υποστηρίζει B-ISDN και το επίγειο φυσικό interface.

#### 6.1.ESA Switched VSAT (XVSAT)

---

##### Project

XVSAT

The ESA Switched VSAT project will initially run for 18 months starting about 1st June 1995. The system will give experience of ATM networking, and provide interconnection between 3 main ESA sites (Villafranca (S), ESTEC (NL), and Darmstadt (D)). Further terminals may later be deployed.

---

##### Development Team

ESTEC, SAIT, NERA A/S, Telenor, MPR TelTech

---

##### Funding

ESA

---

##### Use

Operational

---

##### Status

Deployment 1996

---

##### Transponder

Ku-Band on Intelsat VII with NORSAT-B terminal 3.5m Antenna, 100W HPA.

---

##### Access

Adaptive FDMA ( An adaptive FDMA modem is being developed which will allocate bandwidth in increments of 64 kbps. Reallocation will take 1.5 seconds, posing potential problems for dynamic management of the ATM bandwidth. Each station will be able to transmit/receive 4 carriers. Broadcast will be supported.)

---

##### Speed

n x 64 kbps < 3 Mbps

---

##### Terrestrial Net Interface

Internally ATM LAN (The design is based on a commercial ATM switch to be manufactured by MPR.)

Two services will be provided:

CBR using the Continuous Bit-Oriented Service (CBOS) (E1 emulation over AAL1)

VBR using Connection-Less Packet Service (CLPS) (IP over AAL5) Multicast support will be provided for the CLPS.

---

##### B-ISDN Signalling?

Q.921.

---

Terrestrial Phys Interface  
Enet (AAL5) or G.703 / E1 (ETSI 130.0.011) using (AAL1)

## 6.2 TTCP STP-6 / STP-8

"Military Co-Operative Research Programme" (1990-1996)

---

Project

[TTCP](#)

---

Development Team

[DRA](#) (UK), CRC (C), DSTO (A), TRL (A), [NRAD](#) (US), [ROME](#) (US), CECOM (US), [DISA](#) (US)

---

Funding

From partners

---

Use

R & D

---

Status

On-going programme of experiments and workshops.

---

Transponder

Various satellites on SCPC connections, including ACTS

---

Access

SCPC

---

Speed

Various 64 kbps to 155 Mps (typically 1.54 Mps)

---

Terrestrial Net Interface

Various

---

B-ISDN Signalling?

?

---

Terrestrial Phys Interface

Various, typically T1/G.703

---

Notes

The network is being built from commercial ATM switches, supplied by FORE, General Datacom (APEX), GTE, etc.

This is a co-operative project, co-ordinating research at a number of host research centres.

## 6.3 NASA ACTS

---

Project

NASA ACTS University of Maryland  
Hybrid Terrestrial Satellite Networks

---

Development Team

University of Maryland

---

Funding

NASA

---

Use

## R &amp; D

---

Status

Operational

---

TransponderKa-Band using ACTS Satellite.  
3m or 5m Antenna, built by Harris

---

Access

ACTS OBP, bandwidth allocated based upon the queue in the FRACS.

---

Speed

n x 64 kbps

---

Terrestrial Net Interface

Via Frame Relay Access Control Switch (FRACS) built by COMSAT.

---

B-ISDN Signalling?

NO - FR

---

Terrestrial Phys Interface

IP / FR using T1

---

NotesProjects include: Study of various FEC, considering also ARQ GBN v. SR. Multicast ARQ and ARQ via a return terrestrial link using dial-up modems and the PSTN.  
Compares the performance of X.25, FR, and TCP/IP (and UDP/IP).**6.4 AKT ATM Technical Trial**

---

Project

AKT ATM Technical Trial

---

Development Team

AT&amp;T (USA) KDD (Japan) Telestra (Australia) with equipment from COMSAT and Intelsat

---

Funding

AT&amp;T (USA) KDD (Japan) Telestra (Australia)

---

Use

R &amp; D for ATM

---

Status

Test network, results Dec 95.

---

Transponder

Intelsat V Satellite (inclined orbit) connecting 3 sites.

---

Access

SCPC FDM

---

Speed

45 Mbps using optional RS coding and optionally COMSAT ALE or ATM Star Link Enhancer.

---

Terrestrial Net InterfaceB-ISDN using CBR or circuit emulation.

---

B-ISDN Signalling?  
No (using PVC's)

---

Terrestrial Phys Interface  
DS-3

---

Notes

To evaluate the impact of space segment on ATM network performance at the physical layer, ATM layer, AAL and service level.

## 6.5 RACE Catalyst 2074

---

Project  
RACE Catalyst 2074

---

Development Team  
Alcatel, Eutelsat et al with 12 participants in total, including University of Salford, University of Surrey, Telecom Paris

---

Funding  
EC RACE

---

Use  
R & D

---

Status  
was operational for 1 week 94

---

Transponder  
Ku-Band using Eutelsat II Satellite.  
3.7m Antenna, 85W HPA, 0.5 transponder. Eb/No = 9 dB (BER >10<sup>-9</sup>)

---

Access  
SCPC FDM (No access plan was required due to the relatively short operational time, 9m earth terminals were used.)

---

Speed  
12 Mbps (The 12 Mbps data rate was 1/2 rate encoded to 24.5 Mbps and broadcasted as QPSK to each receiver.)

---

Terrestrial Net Interface  
B-ISDN

---

B-ISDN Signalling?  
Proposed

---

Terrestrial Phys Interface  
Enet, cell, FDDI, etc (In 1992/93, there were few supported LAN interfaces to ATM equipment, commercial developments and standardisation by the ATM Forum would now allow standard interfaces to be used.)

---

Notes  
A follow-on programme may be funded as part of the ACTS programme.

## 6.6 RACE Exploit Testbed

---

Project  
RACE Exploit

---

Development Team  
ASCOM Technology, Swiss PTT, et al

---

Funding  
EC RACE

---

Use  
R & D

---

Status  
?

---

Transponder  
Simulated Satellite

---

Access  
SCPC

---

Speed  
2 Mbps PDH (The 2 Mbps data rate was 1/2 rate encoded ( $k=7$ ) and modulated using QPSK.) The modems were to Intelsat IDR/IDS standard. RS coding was also considered.

---

Terrestrial Net Interface  
B-ISDN to PC ATM card using AAL 3/4.

---

B-ISDN Signalling?  
No

---

Terrestrial Phys Interface  
?

---

Notes  
Cell header interleaving experiments were performed. RS coding was also considered.

## 6.7 RACE Catalyst OBP

---

Project  
RACE Catalyst OBP

---

Development Team  
Alcatel et al

---

Funding  
EC

---

Use  
R & D

---

Status  
The suggested OBP satellite would carry a Virtual Path (VP) switch, although switch size is sufficiently small, the heat dissipation of an ATM VP switch is thought to be too large using current technology.

---

Transponder  
Ku-Band using a Eutelsat Satellite

---

Access  
TDMA/FDM

---

Speed  
155/622 Mbps

---

Terrestrial Net Interface  
B-ISDN

---

B-ISDN Signalling?  
Yes

---

Terrestrial Phys Interface  
G.703, G.751, SDH

## 6.8 ICARUS

---

Project  
ICARUS

---

Development Team  
Telefonica, Swiss PTT, Telia

---

Funding  
UNISOURCE, EUTELSAT

---

Use  
Experiments with Eb/No, field trials 1Q95.  
Participation in ISABREL/BRAIN/IBER SummerSchool (RACE II)

---

Status  
3 Terminals used at various times 1994/95.

---

Transponder  
Eutelsat II F5 / Hispasat

---

Access  
Aloha/FDMA

---

Speed  
34 Mbps (PDH) Eutelsat or 2 Mbps Hispasat  
QPSK modulation with 3/4 FEC

---

Terrestrial Net Interface  
LAN Emulation / ATM

---

B-ISDN Signalling?  
No

---

Terrestrial Phys Interface  
802.3 LAN Emulation / AAL Circuit Emulation

---

Notes  
Experiments have been conducted using concatenated RS coding and looking at the effect of variation in Eb/No at 34 Mbps. Also experiments to look at the use of G.826 Block Performance Measurements.

Application testing has also been performed using a variety of applications, to get preliminary results and experience:

1. Video Telephony (based on H.261)
2. MPEG-2 over AAL-1 (as a part of the EU625 VADIS and EUREKA projects)
3. 34 Mbps Video Codec (over an emulated satellite link)
4. MPEG-1 video retrieval
5. 802.3 LAN Emulation

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### Επίλογος

Όταν τα δίκτυα ATM παρουσιάστηκαν στα επίγεια δίκτυα υποσχόταν επανάσταση στις επικοινωνίες. Όταν στη συνέχεια δημιουργήθηκαν τα SatATM, τα πλεονεκτήματα των ATM και των δορυφόρων πάνω από επίγεια μετάδοση συνδυάστηκαν. Το ATM παρέχει γρηγορότερους ρυθμούς μετάδοσης, εύρος ζώνης κατά ζήτηση, συμβατότητα με προηγούμενα πρωτόκολλα και εγγυημένη Quality of Service. Εάν προσθέσει κανείς και την αντοχή στην απόσταση, τις συνδέσεις ευρέας ζώνης και την απομακρυσμένη κάλυψη που παρέχεται από τη δορυφορική μετάδοση, τότε έχει ένα δίκτυο με καταπληκτικές ικανότητες!! Για όλους αυτούς τους λόγους, είναι ασφαλές να πούμε ότι τελικά το ATM εκπληρώνει τις υποσχέσεις που είχε δώσει όταν πρωτοεμφανίστηκε.-

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

### Βιβλιογραφία

#### *Βιβλία-περιοδικά-άρθρα:*

- 1) “Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών”, Ανδρέας Πομπόρτσης, p.305-339, Εκδ.Αδ.Τζιόλα, 1997
- 2) “Satellite Communication-ATM overview”, George Psomas, p.1-9, Imperial College, Information Systems Engineering, 1998
- 3) “Optimizing TCP over Satellite ATM Networks”, Rohit Goyal-Raj Jain, Department of Computer and Information Science, The Ohio State University p.1-5, 1998
- 4) “Analysis and Simulation of Delay and Buffer Requirements of Satellite-ATM Networks for TCP/IP Traffic”, Rohit Goyal-Raj Jain, Department of Computer and Information Science, The Ohio State University, 1998
- 5) “Traffic Management for TCP/IP over Satellite –ATM Networks”, Rohit Goyal-Raj Jain, Department of Computer and Information Science, The Ohio State University, p.1-16, 1997
- 6) “Traffic Management for TCP/IP over ATM Networks”, Rohit Goyal-Raj Jain, Department of Computer and Information Science, The Ohio State University, p.1-10, 13-21, 66-76, 77-80, 210-217, 1999
- 7) “Network Architectures, Technologies and Protocols”, p1-8, December 1998
- 8) “Looking forward Summer 1999”, Peter S.Heck, Arizona State University, Vol.3-No3, Fall 1999
- 9) “A progress report on the Standards Development for SatATM Networks”, Santri Kota, Raj Jain, Thomas vonDeak, Ferit Yegeniglu, November 1998
- 10) “Satellite Communications”, David Hart, 1997
- 11) “Can ATM Technology Work on Satellites? YES! It Can!”, Brad Poulos, CBTA, 1995
- 12) “Satellite ATM Networks: Architectures and Guidelines”, Thomas vonDeak, 1998
- 13) “Satellite Networks”, Somaras Hristos, Ergasia, p.1-15, 1999
- 14) “Broadband Satellite Technologies and Markets”, Thomas Wallett, June 1999



- 15) "On Source Rules for ABR Service on ATM Networks with Satellite Links", Sonia Fahmy,Raj Jain,Rohit Goyal,Fang Lu, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University
- 16) "A View of European Wide Area Multisevice Networking",The ATM Forum
- 17) "Global Telecommunications Networks-C1",Department of Computing,Imperial College,University of London
- 18) "UBR Buffer requirements for TCP/IP over Satellites Networks",Slides, Raj Jain,Rohit Goyal,Fang Lu, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University
- 19) "ATM Performance over a MEO satellite constellation",John Schormans,1998
- 20) "Traffic Management on SatATM",Slides, Raj Jain, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University
- 21) "Simulation and Analysis of Delay and Buffer Requirements on Satellite ATM for TCP/IP Traffic", Raj Jain,Rohit Goyal,Fang Lu, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University,p.1-6,15-21
- 22) "Satellite ATM Network Architectural Considerations and TCP/IP Performance",Santri Kota, Raj Jain,Rohit Goyal, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University
- 23) "Satellite Network Performance Measurements Using Simulated Multi-User Internet Traffic",Hans Kruse,Mark Allman,1998
- 24) "Performance of TCP/IP Using ATM ABR and UBR Services over Satellite Networks", Raj Jain,Rohit Goyal,Fang Lu, Department of Computer and Information Science,The Ohio State University
- 25) "ATM Quality of Service Parameters at 45 Mbps using a Satellite Emulator",William Ivancic,Eric Bobinsky,Lewis Research Center,1997
- 26) "Remote Observing withthe Keck Telescope:ATM Networks and Satellite Systems",P.L.Shopbell,J.G.Cohen,L.Bergman,California Institute of Technology,1998

### **Sites:**

- ✓ <http://www-ics.ee.ic.ac.uk/surp98/article2/gmp1>
- ✓ <ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/papers>
- ✓ <http://itri.loyola.edu/satcom2/>
- ✓ <http://www.public.asu.edu>
- ✓ <ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/atmf>
- ✓ <ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/cis788-97>
- ✓ <http://www.telesat.ca/news/speeches>
- ✓ <http://www.tiaonline.org>
- ✓ <http://sulu.lerc.nasa.gov>
- ✓ <http://www.atmforum.com>
- ✓ [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_97/journal/vol1/kaa2/](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_97/journal/vol1/kaa2/)
- ✓ <http://roland.grc.nasa.gov/~mallman/papers>
- ✓ <http://ctd.lerc.nasa.gov/5610/publications>
- ✓ <http://www.stsci.edu/stsci/meetings/adassVII>
- ✓ <http://www.erg.abdn.ac.uk/users/silas/systems>