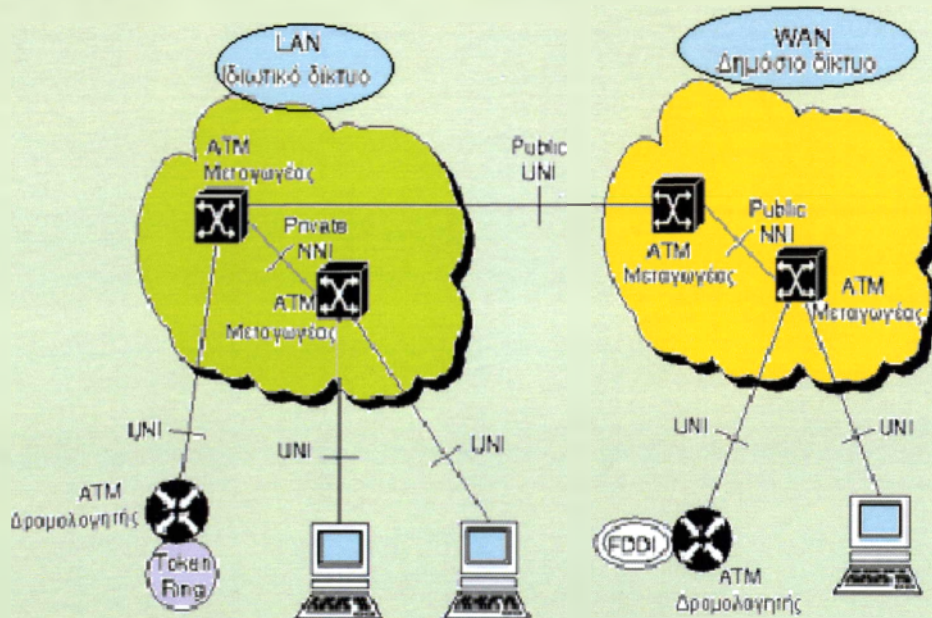


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάλυση Σηματοδοσίας Μεταγωγής και Δρομολόγησης σε Περιβάλλον Ανοικτής Πρόσβασης



Στοιχεία Φοιτητή - Νικόλα Ελένη

Επιβλέπων

Δρ. Μηχ. ΕΜΠ Πικραμμένος Ιωάννης

Απρίλιος 2013

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται το ζήτημα της μεταγωγής και δρομολόγησης σε περιβάλλον ανοικτής πρόσβασης. Στην εργασία αναλύονται σε θεωρητικό επίπεδο οι τρόποι διασύνδεσης και διαλειτουργίας πάνω σε υποδομή τεχνολογίας ATM η οποία λόγω της ευπροσάρμοστης λειτουργικότητας της επιτρέπει την εξυπηρέτηση των αυξημένων τηλεπικοινωνιακών αναγκών του σήμερα. Η ανάγκη εξέλιξης στο ζήτημα της χωρητικότητας, τη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, έδωσε ώθηση στην υλοποίηση των συστημάτων τρίτης γενιάς, με επικρατέστερο το σύστημα UMTS. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στα δίκτυα ανοικτής πρόσβασης, το βασικό σημείο του μοντέλου του οποίου είναι η υποδομή κοινής χρήσης, καθώς αυτή καθίσταται ανοικτή σε κάθε πάροχο υπηρεσιών για να χρησιμοποιήσει και να υποστηρίξει την χρήση. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνολογίες μετάδοσης πληροφοριών με έμφαση στην τεχνολογία της ATM, καθώς αποτελεί δικτυακή τεχνολογία μετάδοσης που υποστηρίζει την μεταφορά ετερογενούς κίνησης πραγματικού χρόνου, όπως ήχου και εικόνας, και μη πραγματικού χρόνου και με την χρήση του οποίου υλοποιείται το δίκτυο UMTS. Η ανάλυση του δικτύου UMTS αποτελεί το αντικείμενο μελέτης του τρίτου κεφαλαίου της εργασίας.

Abstract

This study addresses the question of switching and routing in an environment of open access. In the work are analyzed theoretically how interconnected and interoperable technology infrastructure on site which because of the versatile functionality allows it to serve the increased telecommunication needs. The need to move the issue of capacity, speed of data transmission and the availability of new services, gave impetus to the implementation of third generation systems, with a preponderance of the system UMTS. In the first chapter of the thesis analyze open access to networks, the key point of the model of which is infrastructure sharing, as it is open to any service provider to use and support the use. In the second chapter, the transmission of information technologies with emphasis on ATM technology as a network transmission technology that supports heterogeneous traffic transfer real time as audio and video and non real-time using the network which implements the UMTS. Analysis of UMTS network is the subject of the third chapter study of labor

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
i. Αντικείμενο Μελέτης.....	8
ii. Στόχος.....	8
iii. Μεθοδολογία	9
iv. Αρκτικόλεξο	10
v. Επεξήγηση Όρων και Εννοιών.....	11
1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	12
1.1 Ανοικτή Πρόσβαση.....	12
1.1.1 Πάροχος Ασύρματων Υπηρεσιών.....	13
1.1.2 Φορέας Παροχής Υπηρεσιών.....	14
1.1.3 Δίκτυο Πρόσβασης.....	14
1.2 Δίκτυα Μεταγωγής.....	16
1.2.1 Μεταγωγή Κυκλώματος.....	16
1.2.2 Μεταγωγή Πακέτου	17
1.2.3 Μεταγωγή Μηνύματος.....	18
1.2.4 Σύγκριση Δικτύων Μεταγωγής.....	19
1.3 Δίκτυα Πρόσβασης Φωνής και Δεδομένων	20
1.4 Μοντέλο Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων	21
1.5 Πρωτόκολλα Ποιότητας Υπηρεσιών	24

1.5.1	Κλήσεις και διασυνδέσεις (Calls and Connections)	25
1.5.2	Ρυθμοαπόδοση (Throughput).....	28
2.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	30
2.1	Σύνδεση Μεταφοράς Φωνής και Δεδομένων	30
2.2	Στατιστική Πολυπλεξία	32
2.3	Λειτουργία Ασύγχρονης Μεταφοράς Δεδομένων	32
2.3.1	Πρότυπα Διασυνδέσεων με το Χρήστη.....	35
2.3.2	Γενική Μορφή Πακέτου ATM.....	36
2.3.3	Σχέση ATM με το Μοντέλο OSI.....	38
2.3.4	Επίπεδα Λειτουργίας ATM.....	40
2.3.5	Κελί ATM	46
2.3.6	Πλεονεκτήματα ATM	48
2.3.7	Κλάσεις Δικτύων ATM.....	50
2.3.8	Ασφάλεια Δικτύου	51
3.	ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	52
3.1	Χαρακτηριστικά UMTS Τεχνολογίας.....	52
3.2	Πρόδρομοι του UMTS Συστήματος.....	54
3.3	Πλεονεκτήματα Συστήματος.....	55
3.4	Διαφορές Δικτύων 1 ^{ης} και 3 ^{ης} Γενιάς	56
3.5	Υπηρεσίες UMTS.....	57
3.6	Η Αρχιτεκτονική του UMTS.....	59

3.6.1	Εξοπλισμός Χρήστη (UE).....	60
3.6.2	Δίκτυο UTRAN.....	60
3.6.3	Core Network.....	61
3.7	Μετάδοση Δεδομένων στο UMTS.....	63
3.8	Σχεδιασμός Δικτύου.....	67
3.8.1	Διαστασιολόγηση.....	67
3.8.2	Ισολογισμός ισχύος.....	67
4.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΠΟΜΠΗΣ ΣΕ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ $V_{B5.2}$...	70
	Εισαγωγή.....	70
4.1	Η Επικοινωνία V_{B5}	71
4.2	Μεταπομπή.....	75
4.3	Εμπλοκή κατά B-BCCP.....	77
4.4	Χαρτογράφηση Μηνύματος.....	78
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	81
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84

Εικόνες

Εικόνα 1 Σχεδίαση δικτύου πρόσβασης (4).....	15
Εικόνα 2 Τηλεφωνικό δίκτυο, επικοινωνία δύο υπολογιστών με χρήση modem.....	17
Εικόνα 3 Επίπεδα μοντέλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (3).....	22
Εικόνα 4 Δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος.....	31
Εικόνα 5 Δίκτυο μεταγωγής πακέτου	31
Εικόνα 6 Γενική άποψη λειτουργίας ATM δικτύου.....	36
Εικόνα 7 Επικεφαλίδα ATM.....	37
Εικόνα 8 Σχέση ATM με OSI (1).....	38
Εικόνα 9 Ροή ATM δεδομένων.....	43
Εικόνα 10 Κελί ATM.....	46
Εικόνα 11 Διαμοιρασμός των bytes σε ένα κελί ATM.....	47
Εικόνα 12 Ροή δεδομένων κατά την ATM μεταγωγή.....	48
Εικόνα 13 Ρυθμοί μετάδοσης πληροφορίας για διάφορα συστήματα	52
Εικόνα 14 Δομή IMT-2000.....	53
Εικόνα 15 Γενική αρχιτεκτονική UMTS δικτύου.....	59
Εικόνα 16 Η σύνοδος GTP στη διεπαφή Gn.....	64
Εικόνα 17 Επικοινωνία πρωτοκόλλων των διεπαφών	65
Εικόνα 18 Πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης με την Iu : Radio Access Network Application Part (RANAP) [3G TS 25.413].....	65
Εικόνα 19 Αρχιτεκτονική λειτουργίας του V _{B5.2} Access Network (AN) και Service Node	71
Εικόνα 20 Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου GSM	73
Εικόνα 21 Εφαρμογή της επικοινωνίας V _{B5.2} για ασύρματη ATM.....	74
Εικόνα 22 Ασύρματη πρόσβαση της V _{B5.2} μεταξύ AN και SN	74
Εικόνα 23 Διάγραμμα ροής μηνύματος μεταπομπής όταν εμπλέκεται το B-BCCP (ενεργητικό BTS).	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια απόκτησης του τίτλου σπουδών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας του τμήματος Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών οι σπουδαστές του ιδρύματος καλούνται να συντάξουν μια πτυχιακή μελέτη. Μέσα από αυτό το πόνημα μας δίνεται η δυνατότητα να εμβαθύνουμε τις γνώσεις μας σχετικά με εξειδικευμένα ζητήματα της επιστήμης του Τεχνικού Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών. Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται το ζήτημα της μεταγωγής και δρομολόγησης σε περιβάλλον ανοικτής πρόσβασης, δηλαδή οι τρόποι διασύνδεσης και διαλειτουργίας πάνω σε υποδομή τεχνολογίας ATM. Η μελέτη διήρκησε δώδεκα μήνες.

i. Αντικείμενο Μελέτης

Ενώ τα συστήματα κινητών επικοινωνιών 2^{ης} γενιάς, είχαν υλοποιηθεί ώστε να παρέχουν στους χρήστες φωνητικές υπηρεσίες, στα χρόνια που ακολούθησαν, παρόλο που ενσωματώθηκαν διάφορες νέες υπηρεσίες δεδομένων, έγινε φανερό ότι τα δίκτυα αυτά δε μπορούσαν πλέον να προσφέρουν περισσότερες εφαρμογές. Η ανάγκη για εξέλιξη όσον αφορά στη χωρητικότητα, τη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, έδωσε ώθηση στην υλοποίηση των συστημάτων 3^{ης} γενιάς. Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των προϋποθέσεων ανάπτυξης και τα πλεονεκτήματα ενός δικτύου 3^{ης} γενιάς UMTS βασισμένο σε υποδομή τεχνολογίας ATM.

ii. Στόχος

Αρχικώς τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών 2^{ης} γενιάς κάλυψαν τις απαιτήσεις για υπηρεσίες φωνής και για υπηρεσίες μετάδοσης γραπτών μηνυμάτων. Στην συνέχεια τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς προσέφεραν μετάδοση δεδομένων με υψηλές ταχύτητες και κάλυψαν τις απαιτήσεις και για νέες υπηρεσίες, όπως είναι η πρόσβαση στο internet, η μετάδοση video σε πραγματικό χρόνο κ.α. Στόχος της μελέτης είναι η παρουσίαση της εν λόγω τεχνολογίας βασισμένη στην υπάρχουσα ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία.

iii. Μεθοδολογία

Η εργασία αναπτύσσεται σε τέσσερα κεφάλαια, σε κάθε ένα από τα οποία αναλύεται μια διαφορετική πτυχή του ζητήματος. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στα δίκτυα ανοικτής πρόσβασης, το βασικό σημείο του μοντέλου του οποίου είναι η υποδομή κοινής χρήσης, καθώς αυτή καθίσταται ανοικτή σε κάθε πάροχο υπηρεσιών για να χρησιμοποιήσει και να υποστηρίξει την χρήση. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνολογίες μετάδοσης πληροφοριών με έμφαση στην τεχνολογία της ATM, καθώς αποτελεί δικτυακή τεχνολογία μετάδοσης που υποστηρίζει την μεταφορά ετερογενούς κίνησης πραγματικού χρόνου, όπως ήχου και εικόνας, και μη πραγματικού χρόνου και με την χρήση του οποίου υλοποιείται το δίκτυο UMTS. Η ανάλυση του δικτύου UMTS αποτελεί το αντικείμενο μελέτης του τρίτου κεφαλαίου της εργασίας. Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική δομή του δικτύου $V_{B5.2}$

iv. Αρκτικόλεξο

ATM	Asynchronous Transfer Mode
STM	Synchronous Transfer Mode
CTI	Computer and Telephony Integration
NSP	Network Service Provider
NO	Network Operator
AN	Access Network
QoS	Quality of Service
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
OSI Model	Open Systems Interconnection
AAL	ATM adaptation layer

v. Επεξήγηση Όρων και Εννοιών

Network Service Provider	Φορέας Παροχής Υπηρεσιών
Network Operator	Πάροχος Δικτύου
Access Network	Ανοικτό Δίκτυο
Internet Providers	Πάροχοι Δικτύου
Circuit switching	Μεταγωγή κυκλώματος
Packet switching	Μεταγωγή πακέτων
Message switching	Μεταγωγή μηνύματος
Open Systems Interconnection	Μοντέλο Διασύνδεσης Ανοιχτών Συστημάτων
Asynchronous Transfer Mode	Ασύγχρονη Μετάδοση Πληροφοριών
ATM adaptation layer	ATM Επίπεδο Σύνδεσης
Handover	Μεταπομπή Κλήσης

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

1.1 Ανοικτή Πρόσβαση

Ως Ανοικτή Πρόσβαση ορίζεται η διαδικασία μετάδοσης δεδομένων από μέσα ιδιωτικής κτήσης που επιτρέπουν την περαιτέρω επεξεργασία και αναμετάδοση σε τρίτους πάροχους με σκοπό να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα για την παροχή υπηρεσιών στους αντίστοιχους τελικούς χρήστες τους. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της δομής ανοικτής πρόσβασης δεν προκύπτουν από άλλες αντίστοιχες δομές. (1) Η εφαρμογή παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα : (2)

- ✓ Χαμηλό κόστος ανάπτυξης (επένδυσης) για τους πάροχους
- ✓ Αντίστοιχα παρέχεται με φτηνές χρεώσεις στους τελικούς χρήστες
- ✓ Βελτιώνει την ποιότητα παροχής υπηρεσιών
- ✓ Παρέχει την ελευθερία της επιλογής ποιον πάροχο να επιλέξει ο χρήστης
- ✓ Προωθείται πολύ εύκολα

Η δομή της ανοικτής πρόσβασης αναλύεται στις εξής τρεις κατηγορίες

Πίνακας 1 Δομή ανοικτής πρόσβασης

1. Network Operator	Αυτός είναι ο κορμός της υποδομής ανοικτής πρόσβασης, που παρέχει πρόσβαση στους παρόχους υπηρεσιών, ενεργεί ως σύνδεσμος για την πρόσβαση στο δίκτυο, και παρέχει έναν μηχανισμό επιλογής παροχών υπηρεσιών. Λειτουργεί και ελέγχεται από το χειριστή.
2. Network Service Provider	Δίκτυα παροχών υπηρεσιών που παρέχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο και περιεχόμενα προς τους τελικούς χρήστες. Είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο του χειριστή.
3. Access Network	Είναι ένα δίκτυο που συνδέει τους τελικούς χρήστες στους παρόχους υπηρεσιών. Αποτελείται από μια σειρά από συσκευές δικτύωσης και σημεία πρόσβασης, είναι άμεσα συνδεδεμένο με το χειριστή του δικτύου.

Το βασικό σημείο του μοντέλου της ανοικτής πρόσβασης είναι η υποδομή κοινής χρήσης, καθώς αυτή καθίσταται ανοικτή σε κάθε πάροχο υπηρεσιών για να χρησιμοποιήσει και να υποστηρίξει την χρήση.

1.1.1 Πάροχος Ασύρματων Υπηρεσιών

Ως πάροχος ασύρματων υπηρεσιών, (Network Operator) νοείται ο διαχειριστής του κινητού δικτύου που κατέχει ή ελέγχει όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την πώληση και την παροχή υπηρεσιών στον τελικό χρήστη συμπεριλαμβανομένων των εξής¹

- της ραδιοφωνικής κατανομής του φάσματος,
- της υποδομής ασύρματου δικτύου,
- των υποδομών οπισθόζευξης,
- της τιμολόγησης,
- της εξυπηρέτησης πελατών
- της τροφοδότησης των συστημάτων πληροφορικής και μάρκετινγκ,
- της εξυπηρέτησης πελατών και των οργανώσεων προβλέψεων και επισκευής

Εκτός από την απόκτηση εσόδων από την παροχή υπηρεσιών λιανικής λόγω της δικής του μάρκας, ένας πάροχος ασύρματων υπηρεσιών μπορεί να πωλεί επίσης την πρόσβαση στις υπηρεσίες του δικτύου σε τιμές χονδρικής για φορείς εκμετάλλευσης κινητών εικονικών δικτύων. (7)

Βασικό χαρακτηριστικό ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας είναι ότι ένας διαχειριστής κινητού δικτύου πρέπει να ελέγχει την πρόσβαση σε άδεια του ραδιοφάσματος από μια κανονιστική ή κρατική οντότητα. Ένα δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι ο διαχειριστής πρέπει να κατέχει ή να ελέγχει τα στοιχεία της υποδομής του δικτύου που είναι απαραίτητα για την παροχή υπηρεσιών στους συνδρομητές πάνω από το αδειοδοτημένο φάσμα.

Ένας πάροχος κινητού δικτύου έχει τις απαραίτητες προβλέψεις, την τιμολόγηση, τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών εξυπηρέτησης πελατών και το marketing, οργανώσεις εξυπηρέτησης πελατών και τεχνικές οργανώσεις που απαιτούνται για την πώληση, την παράδοση και τον λογαριασμό για τις υπηρεσίες. Ένας πάροχος κινητού

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_operator , 10.10.2012

δικτύου μπορεί, ωστόσο, να αναθέτει υπεργολαβικά οποιαδήποτε από αυτά τα συστήματα ή λειτουργίες και ακόμα να θεωρείται ως ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

1.1.2 Φορέας Παροχής Υπηρεσιών

Ένας φορέας παροχής υπηρεσιών δικτύου (Network Service Provider) είναι μια επιχείρηση που πουλάει εύρος ζώνης ή την πρόσβαση στο δίκτυο, παρέχοντας άμεση βασική πρόσβαση στο Διαδίκτυο και συνήθως πρόσβαση στα σημεία πρόσβασης δικτύου.²

Οι πάροχοι υπηρεσιών δικτύου μπορεί να αποτελούνται από εταιρείες τηλεπικοινωνιών, μεταφοράς δεδομένων, παρόχους ασύρματων επικοινωνιών, παρόχους υπηρεσιών διαδικτύου και φορείς καλωδιακής τηλεόρασης προσφέροντας υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο ίντερνετ.

Οι επιχειρήσεις πληροφορικής που επικρατούν στην αγορά των παρόχων υπηρεσιών δικτύου, είναι οι IBM, EDS, CSC, Vanco και Atos Origin. Αυτό οφείλεται στη σύγκλιση της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών σε μία Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών.

1.1.3 Δίκτυο Πρόσβασης

Δίκτυο πρόσβασης είναι ένα σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει:

- πολύπλοκες τηλεπικοινωνιακές συσκευές που χρησιμοποιούνται από κοινού με όλους τους συνδρομητές του δικτύου
- τηλεπικοινωνιακούς κόμβους
- τα φυσικά μέσα διάδοσης της πληροφορίας (γραμμές επικοινωνίας)
- τις διατάξεις πρόσβασης στο δίκτυο (τηλέφωνα, υπολογιστές κλπ.)

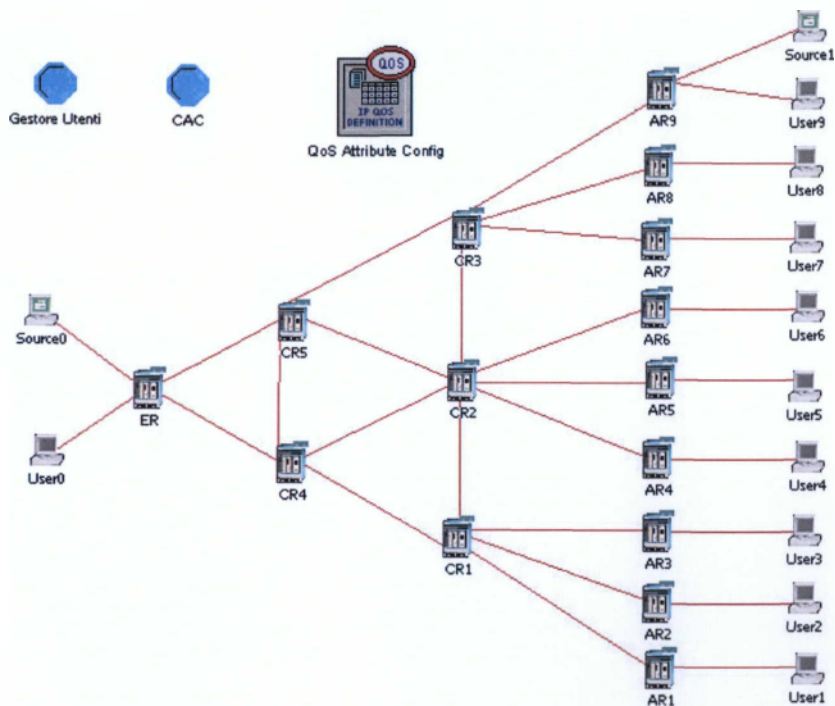
Βασική ιδιότητα του κάθε δικτύου είναι η παροχή ικανοποιητικής επικοινωνίας με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διασυνδέσεων των κόμβων του. Με το δίκτυο, κάθε συνδρομητής μπορεί να χρησιμοποιεί από κοινού με άλλους συνδρομητές διάφορες τηλεπικοινωνιακές συσκευές που δεν μπορεί να διαθέσει μόνος του

² Για το λόγο αυτό, οι φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύου μερικές φορές αναφέρονται ως πάροχοι κορμού (backbone providers) ή internet providers ή πάροχοι διαδικτύου (internet providers).

Ένα δίκτυο πρόσβασης (Access Network) είναι μέρος ενός δικτύου τηλεπικοινωνιών που συνδέει τους συνδρομητές στον άμεσο πάροχο υπηρεσιών τους. Το δίκτυο πρόσβασης μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω μεταξύ της μονάδας τροφοδοσίας ή του δικτύου διανομής, και της μονάδας μείωσης ή του ακραίου δικτύου.

Ένα δίκτυο πρόσβασης αναφέρεται στην σειρά των συρμάτων, καλωδίων και τον εξοπλισμό που βρίσκονται μεταξύ ενός τερματικού σημείου τηλεφώνου καταναλωτή ή επιχειρηματικού (το σημείο στο οποίο μια τηλεφωνική σύνδεση φθάνει στον πελάτη) και το τοπικό τηλεφωνικό κέντρο. Το τοπικό κέντρο περιέχει τράπεζες αυτοματοποιημένου εξοπλισμού μεταγωγής για να κατευθύνει μία κλήση ή σύνδεση στον καταναλωτή. Το δίκτυο πρόσβασης είναι ίσως ένα από τα παλαιότερα προσόντα που κατέχει ένας τηλεπικοινωνιακός φορέας και συνεχώς εξελίσσεται, μεγαλώνοντας καθώς νέοι πελάτες συνδέονται και καθώς νέες υπηρεσίες που προσφέρονται.

Η διαδικασία της επικοινωνίας με ένα δίκτυο αρχίζει με μια προσπάθεια πρόσβασης, στην οποία ένας ή περισσότεροι χρήστες αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα επικοινωνιών για να επιτρέψει την έναρξη της μεταφοράς πληροφοριών χρήστη. Μια προσπάθεια πρόσβασης αρχίζει με την έκδοση ενός αιτήματος πρόσβασης από έναν εντολέα πρόσβασης.



Εικόνα 1 Σχεδίαση δικτύου πρόσβασης (4)

Μια προσπάθεια πρόσβασης καταλήγει είτε στην επιτυχή πρόσβαση είτε σε αποτυχία πρόσβασης που οδηγεί σε διακοπή της προσπάθειας με οποιονδήποτε τρόπο, εκτός

από την έναρξη της μεταφοράς πληροφοριών χρήστη μεταξύ της προοριζόμενης πηγής και προορισμού εντός του καθορισμένου μέγιστου χρόνου πρόσβασης .

Η αποτυχία πρόσβασης μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της διακοπής πρόσβασης, κλειδώμα των χρηστών, λάθους πρόσβασης, ή άρνησης πρόσβασης. Η άρνηση πρόσβασης (κλειδώμα του συστήματος) μπορεί να περιλαμβάνει:

- Αποτυχία πρόσβασης που προκλήθηκε από την έκδοση ενός συστήματος που εμποδίζει το σήμα από ένα σύστημα επικοινωνιών που δεν έχουν χαρακτηριστικό call-originator camp-on.
- Αποτυχία πρόσβασης που προκαλείται από την υπέρβαση του μέγιστου χρόνου πρόσβασης και πρόσβασης κλάσμα του χρόνου πρόσβασης στο ονομαστικό σύστημα κατά τη διάρκεια μιας απόπειρας πρόσβασης.

1.2 Δίκτυα Μεταγωγής

Στα δίκτυα μεταγωγής, τα δεδομένα που εισέρχονται στο δίκτυο από κάποια πηγή πληροφορίας (τερματική διάταξη), μεταφέρονται μέσω ενδιάμεσων κόμβων στον προκαθορισμένο δέκτη. Οι κόμβοι διακινούν τα δεδομένα προς τον προορισμό τους αποφασίζοντας ή όχι για την αποτελεσματική διακίνησή τους. Για την αύξηση της αξιοπιστίας του δικτύου, οι κόμβοι συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει εναλλακτικός δρόμος μεταξύ των τερματικών σημείων.³ Οι τρεις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων στα δίκτυα μεταγωγής είναι οι εξής:

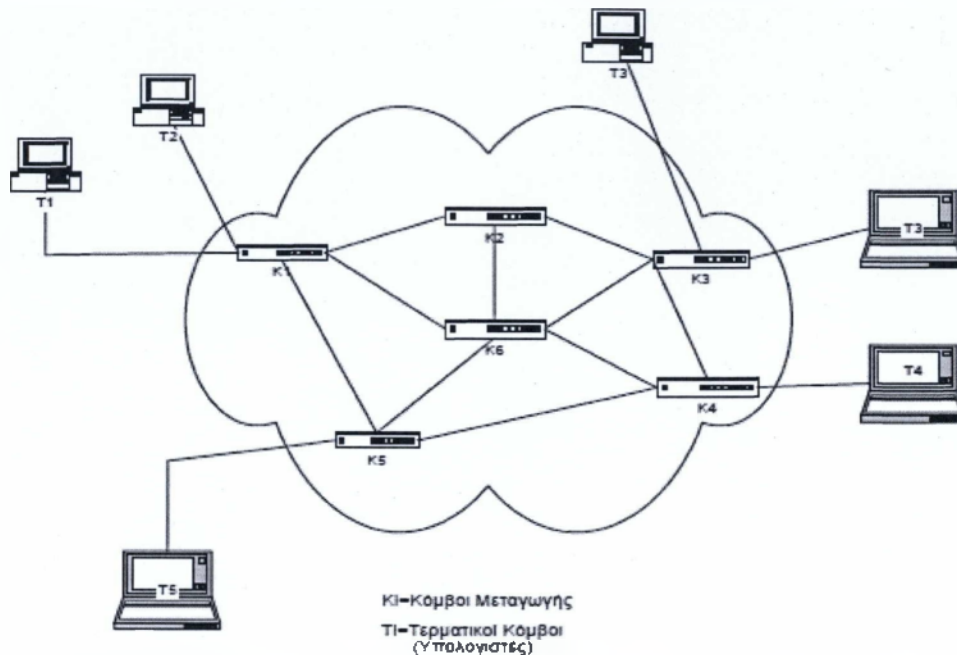
- Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit switching)
- Μεταγωγή πακέτων (Packet switching)
- Μεταγωγή μηνύματος (Message switching)

1.2.1 Μεταγωγή Κυκλώματος

Στη μεταγωγή κυκλώματος ένα φυσικό κανάλι προσφέρεται στους συνδρομητές αποκλειστικά σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας τους και καταργείται μόνο με τον

³ http://anamorfosi.teiser.gr/ekp_yliko/e-notes/Data/commnets/main.htm

τερματισμό της επικοινωνίας αυτής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος αποτελεί το τηλεφωνικό δίκτυο.



Εικόνα 2 Τηλεφωνικό δίκτυο, επικοινωνία δύο υπολογιστών με χρήση modem

Στην κατηγορία μεταγωγής πακέτου εντάσσεται το STM synchronous transfer mode προγενέστερη τεχνολογία της ATM.

1.2.2 Μεταγωγή Πακέτου

Στη μεταγωγή πακέτων τα δεδομένα που πρόκειται να μεταφερθούν τεμαχίζονται σε πακέτα ομοίου μήκους. Στην τεχνική αυτή δεν υπάρχει εκ των προτέρων σχηματιζόμενο φυσικό κανάλι για τη συγκεκριμένη επικοινωνία των δύο συνδρομητών. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι του δικτύου αποφασίζουν για τη διαδρομή που θα διανύσει το κάθε πακέτο ώστε να φτάσει στον προορισμό του με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Συνεπώς οι κόμβοι του δικτύου θα πρέπει να έχουν επεξεργαστική ικανότητα για την προώθηση των πακέτων.

Δύο διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την προώθηση των πακέτων:

- τα αυτοδύναμα πακέτα (datagram)
- τα εικονικά κυκλώματα (virtual circuits)

Με τη μέθοδο datagram, κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται από τους κόμβους του δικτύου σαν ένα ολοκληρωμένο μήνυμα. Κάθε κόμβος που παραλαμβάνει το πακέτο επιλέγει ποιος θα είναι ο επόμενος έτσι ώστε το δίκτυο να λειτουργεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Για τον λόγο αυτόν οι κόμβοι οφείλουν να διαθέτουν αρκετές πληροφορίες για τη δομή και την κατάσταση του δικτύου κάθε χρονική στιγμή. Τα πακέτα πληροφορίας ενώ έχουν τον ίδιο προορισμό δεν ακολουθούν όλα τον ίδιο δρόμο γι' αυτό υπάρχει πιθανότητα να φτάσουν με διαφορετική σειρά από αυτήν που στάλθηκαν. Έτσι θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλη διάταξη που να τα τοποθετεί στην αρχική τους σειρά.

Στη μέθοδο εικονικού κυκλώματος (virtual circuit), πριν αρχίσει η αποστολή των πακέτων αποκαθίσταται μία σταθερή νοητή σύνδεση μεταξύ των δύο συνδρομητών από όπου στη συνέχεια θα περάσουν όλα τα πακέτα του μηνύματος. Δηλαδή ο δρόμος που θα ακολουθήσουν τα πακέτα καθορίζεται μια φορά στην αρχή και παραμένει ο ίδιος μέχρι να διακοπεί η επικοινωνία των δύο συνδρομητών. Η εξασφάλιση της ύπαρξης ελεύθερου δρόμου γίνεται με την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των δύο συνδρομητών που πρόκειται να επικοινωνήσουν. Στην τεχνική αυτή οι ενδιάμεσοι κόμβοι δεν απαιτείται να έχουν πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου, γιατί δεν αποφασίζουν για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων αλλά απλά τα διακινούν στον προορισμό τους.

1.2.3 Μεταγωγή Μηνύματος

Στη μεταγωγή μηνύματος τα δεδομένα αποστέλλονται με τη μορφή μηνύματος που μεταδίδεται ολόκληρο ανεξάρτητα από το μέγεθός του. Το δίκτυο προωθεί το μήνυμα από κόμβο σε κόμβο μέχρι να φτάσει στον προορισμό του. Κάθε κόμβος αποφασίζει ποιος θα είναι ο επόμενος που θα παραλάβει το μήνυμα, δηλαδή οι κόμβοι αποφασίζουν για τη δρομολόγηση του μηνύματος. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει στους κόμβους να υπάρχει αρκετή πληροφορία για τη δομή και την κατάσταση του δικτύου κάθε χρονική στιγμή. Παρά τα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής, στην πράξη η μεταγωγή μηνύματος έχει αντικατασταθεί από τη μεταγωγή πακέτων.

1.2.4 Σύγκριση Δικτύων Μεταγωγής

Κάνοντας σύγκριση των τριών μεθόδων μεταγωγής προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η μεταγωγή κυκλώματος είναι ιδανική μέθοδος για μετάδοση συνεχών σημάτων μεγάλης διάρκειας, π.χ. για μετάδοση φωνής (τηλεφωνικό δίκτυο) και εικόνας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην περίπτωση αυτή δεν απαιτείται καμιά επεξεργασία των σημάτων από τη στιγμή που εγκαθίσταται το κύκλωμα (φυσικό κανάλι). Τέτοιες επεξεργασίες καθυστερούν τη μετάδοση, πράγμα που δεν είναι επιθυμητό για μεγάλα και συνεχή μηνύματα.
- Η μεταγωγή κυκλώματος δεν είναι αποδοτική για μετάδοση μηνυμάτων μικρής διάρκειας και σποραδικής φύσεως. Στην περίπτωση αυτή, ο χρόνος που απαιτείται για να συνδεθούν οι χρήστες για κάθε σύντομη μετάδοση θα ήταν σημαντική επιβάρυνση, ενώ η διατήρηση της σύνδεσης μεταξύ διαδοχικών μεταδόσεων θα σήμαινε σπατάλη ενός μεγάλου ποσοστού της χωρητικότητας της γραμμής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ενδείκνυται η μεταγωγή πακέτων.
- Η τεχνική εικονικού κυκλώματος συνδυάζει χαρακτηριστικά και των δύο προαναφερθέντων τύπων μεταγωγών.
- Όσον αφορά την αξιοπιστία του συστήματος η τεχνική datagram είναι πολύ καλύτερη γιατί σε περίπτωση βλάβης (π.χ. καταστροφής ενός κόμβου) το μήνυμα θα φτάσει στον προορισμό του μέσω άλλων εναλλακτικών δρόμων. Αντίθετα στη μεταγωγή κυκλώματος, καταστροφή του διαθέσιμου καναλιού θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια του μηνύματος. Στη μεταγωγή εικονικού κυκλώματος υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απώλειας του μηνύματος ή ανάγκη επαναμετάδοσής του, αφού σε περίπτωση που χαλάσει κάποιος κόμβος όλα τα μηνύματα που διέρχονται από τον κόμβο αυτόν θα χαθούν.

1.3 Δίκτυα Πρόσβασης Φωνής και Δεδομένων

Τα δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης στο κανάλι διάδοσης έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά από τα δίκτυα μεταγωγής που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των δικτύων είναι τα εξής:

- Δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι μεταγωγής μεταξύ πομπού και δέκτη.
- Το μέσο επικοινωνίας είναι κοινό για όλους τους συνδρομητές.
- Σε μια συγκεκριμένη περιοχή του μέσου επικοινωνίας μόνο ένας συνδρομητής μπορεί κάθε στιγμή να εκπέμπει.
- Το εκπεμπόμενο σήμα μπορεί να λαμβάνεται από όλους τους συνδρομητές αρκεί να έχουν την κατάλληλη συσκευή πρόσβασης.

Μπορεί να υπάρχουν πολλοί πομποί που μοιράζονται χρονικά το ίδιο μέσο μετάδοσης. Οι πιο γνωστοί τύποι τέτοιων δικτύων είναι:

- Τα επίγεια ραδιοδίκτυα.
- Τα δορυφορικά δίκτυα.
- Τα τοπικά δίκτυα (LAN)

Οι δύο πρώτοι τύποι δικτύων αποτελούν αντικείμενο των ασυρμάτων τηλεπικοινωνιών. Στα δίκτυα αυτά κάθε σταθμός πρέπει να διαθέτει κεραιές εκπομπής και λήψεως και να βρίσκεται μέσα στην εμβέλεια των υπολοίπων. Τα τοπικά δίκτυα LAN είναι εντελώς διαφορετικά από τους άλλους τύπους δικτύων αλλά και εδώ το βασικό χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη κοινού μέσου επικοινωνίας για όλους τους συνδρομητές, το οποίο είναι ένα καλώδιο ή μία οπτική ίνα.

Το IP πρωτόκολλο αποτελεί το πλέον διαδεδομένο πρωτόκολλο επικοινωνίας ανοιχτών συστημάτων. Το σύνολο των διαδικτυακών εφαρμογών προϋποθέτουν την ύπαρξη του TCP/IP πρωτοκόλλου για την λειτουργία τους. Ως εκ τούτου και το σύνολο των φορέων που διαθέτουν κάποια δικτυακή υποδομή στηρίζονται στην οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP για την υλοποίηση των υπηρεσιών που παρέχουν. Στο πλαίσιο αυτό η ενσωμάτωση του πρωτοκόλλου TCP/IP και από το ευρύτερο Δίκτυο παρέχει το μέγιστο βαθμό διαλειτουργικότητας μεταξύ των επιμέρους Φορέων, διευκολύνοντας κατά πολύ την επικοινωνία.

Η μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα (VoIP) αποτελεί μία από τις ελκυστικότερες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο των δικτύων επικοινωνιών καθώς επιτρέπει την ολοκλήρωση σε ένα ενιαίο IP δίκτυο τόσο των δεδομένων όσο και της φωνής. Οι λόγοι που επέτρεψαν και οδηγούν την παραπάνω εξέλιξη είναι οι εξής:

- Οι σημερινές τεχνικές μεταγωγής της φωνής (PSTN) στηρίζονται στην PCM τεχνική δειγματοληψίας και κωδικοποίησης φωνής με αποτέλεσμα τη χρήση αφιερωμένου καναλιού 64Kbps για κάθε τηλεφωνική συνομιλία. Λόγω της μικρής ικανότητας για αναπροσαρμογή του παρόντος τηλεφωνικού δικτύου αλλά και της μεγάλης εξάπλωσης του, δεν είναι δυνατή η συνολική μεταβολή του παραπάνω χαρακτηριστικού ή τουλάχιστον μπορεί να επιτευχθεί με ασύμφορους όμως οικονομικούς όρους. Η σύγχρονη δυνατότητα κωδικοποίησης με χρήση DSPs και συμπίεση κάτω από τα 10Kbps επιτρέπει τη μετάδοση της φωνής με ενθυλάκωση αυτής σε κλασικά IP πακέτα.
- Τα δίκτυα δεδομένων διαθέτουν ένα συνεχώς αυξανόμενο εύρος ζώνης (bandwidth), ενώ από την άλλη πλευρά η εξέλιξη των CODECs και των τεχνικών συμπίεσης φωνής μειώνει το απαιτούμενο εύρος ζώνης για τη μετάδοση της φωνής, με αποτέλεσμα την εξάλειψη των προβλημάτων που αρχικά παρουσιάστηκαν στην ποιότητα μετάδοσης της φωνής.
- Η χρήση κοινού ενεργού εξοπλισμού αλλά και τηλεπικοινωνιακών γραμμών για την υλοποίηση και των δύο δικτύων (φωνής και δεδομένων) συνεπάγεται μικρότερο κόστος υλοποίησης, συντήρησης και εκπαίδευσης προσωπικού, ενώ από την άλλη μεριά επιτυγχάνεται η καλύτερη διαχείριση και παρακολούθηση του συνολικού δικτύου.

1.4 Μοντέλο Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων

Το μοντέλο της Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων (OSI, Open Systems Interconnection) είναι ένα μοντέλο που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο οποιαδήποτε διαφορετικά συστήματα. Είναι ένα προϊόν της προσπάθειας Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων του Διεθνούς

Οργανισμού Τυποποίησης. Είναι μια συνταγή χαρακτηρισμού και τυποποίησης των λειτουργιών ενός συστήματος επικοινωνιών όσον αφορά στρώματα αφαίρεσης. Παρόμοιες λειτουργίες επικοινωνίας ομαδοποιούνται σε λογικά στρώματα. Ένα στρώμα εξυπηρετεί το στρώμα πάνω από αυτό και εξυπηρετείται από το στρώμα κάτω από αυτό.

Το μοντέλο OSI περιλαμβάνει 7 βασικά επίπεδα (layers): επίπεδο φυσικού μέσου (physical layer), επίπεδο ζεύξης δεδομένων (data link layer), επίπεδο δικτύου (network layer), επίπεδο μεταφοράς (transport layer), επίπεδο συνόδου (session layer), επίπεδο παρουσίασης (presentation layer), επίπεδο εφαρμογών (application layer). (5)

OSI Model			
	Data unit	Layer	Function
Host layers	Data	7. Application	Network process to application
		6. Presentation	Data representation, encryption and decryption, convert machine dependent data to machine independent data
		5. Session	Interhost communication, managing sessions between applications
	Segments	4. Transport	End-to-end connections, reliability and flow control
Media layers	Packet/Datagram	3. Network	Path determination and logical addressing
	Frame	2. Data link	Physical addressing
	Bit	1. Physical	Media, signal and binary transmission

Εικόνα 3 Επίπεδα μοντέλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (3)

Πριν σταλούν τα δεδομένα στο μέσο μεταφοράς διατρέχουν και τα επτά επίπεδα μέχρι να συναντήσουν το φυσικό επίπεδο. Σε κάθε επίπεδο προστίθενται στα δεδομένα πληροφορίες ελέγχου με τη μορφή κεφαλίδων (headers) ή επίμετρων (trailers). Οι κεφαλίδες προστίθενται στο μήνυμα στα επίπεδα 7, 6, 5, 4, 3, και 2. Τα επίμετρα προστίθενται στο επίπεδο 2. Καθώς τα δεδομένα προχωρούν προς το έβδομο επίπεδο στο μηχάνημα προορισμού, οι κεφαλίδες και τα επίμετρα "αποτίθενται" στα αντίστοιχα επίπεδα.

Φυσικό Επίπεδο	Το φυσικό επίπεδο (physical level) είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση ενός ρεύματος μπιτ διαμέσου ενός φυσικού μέσου
Σύνδεσμος Δεδομένων	Το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων (data link level) οργανώνει τα μπιτ σε λογικές μονάδες που ονομάζονται πλαίσια (frames), και οι οποίες περιέχουν πληροφορίες από το επίπεδο δικτύου. Το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων είναι υπεύθυνο για την κόμβο προς κόμβο παράδοση των πλαισίων μεταξύ δύο γειτονικών σταθμών.
Επίπεδο Δικτύου	Το επίπεδο δικτύου (network level) είναι υπεύθυνο για την παράδοση των πακέτων (η μονάδα δεδομένων την οποία μπορεί να χειριστεί το επίπεδο δικτύου ονομάζεται πακέτο — packet) μεταξύ της αρχικής προέλευσης και του τελικού προορισμού
Επίπεδο Μεταφοράς	Το επίπεδο μεταφοράς (transport level) είναι υπεύθυνο για την από άκρο σε άκρο παράδοση (από την προέλευση ως τον προορισμό) ολόκληρου του μηνύματος
Επίπεδο Συνεδρίας	Το επίπεδο συνεδρίας (session level) έχει σχεδιαστεί για τον έλεγχο του διαλόγου μεταξύ των χρηστών. Εγκαθιδρύει, συντηρεί, και συγχρονίζει το διάλογο μεταξύ επικοινωνούντων συστημάτων
Επίπεδο Παρουσίασης	Το επίπεδο παρουσίασης (presentation level) ασχολείται με τη σύνταξη (τη μορφή) και τη σημασιολογία (τη σημασία) των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ δύο συστημάτων. Αντιμετωπίζει το γεγονός ότι κάθε σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί τη δική του μέθοδο κωδικοποίησης (όπως οι κώδικες ASCII και Unicode).
Επίπεδο Εφαρμογής	Το επίπεδο εφαρμογής (application level) επιτρέπει στο χρήστη, είτε είναι άνθρωπος είτε λογισμικό, να προσπελάζει το δίκτυο

Η έμφαση στο δεύτερο στρώμα "στρώμα ζεύξης δεδομένων" παρέχει τα λειτουργικά και διαδικαστικά μέσα για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των φορέων του δικτύου και για την ανίχνευση και, ενδεχομένως, τη διόρθωση σφαλμάτων που ενδέχεται να προκύψουν στο φυσικό στρώμα. Αρχικά, το στρώμα αυτό προορίζεται για μέσα

point-to-point και point-to-multipoint, χαρακτηριστικό των μέσων ευρείας περιοχής στο τηλεφωνικό σύστημα. Η αρχιτεκτονική τοπικού δικτύου, η οποία περιελάμβανε μέσα με δυνατότητα ευρυζωνικής πολλαπλής πρόσβασης, αναπτύχθηκε ανεξάρτητα από το έργο ISO στο έργο IEEE 802.

1.5 Πρωτόκολλα Ποιότητας Υπηρεσιών

Η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς ανάπτυξης του διαδικτύου. Ενώ αρχικά το διαδίκτυο αναπτύχθηκε για την μεταφορά δεδομένων σήμερα χρησιμοποιείται περισσότερο για εφαρμογές που λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα να απαιτείται καλύτερη ποιότητα στις παρεχόμενες υπηρεσίες.⁴ Σε αυτή τη λογική σχεδιάστηκαν τα πρωτόκολλα ποιότητας υπηρεσιών (QoS) ώστε να συμπληρώσουν τις υπηρεσίες IP⁵, προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις υψηλές απαιτήσεις των εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο. Σύμφωνα με το CCITT Recommendation E.800,⁶ το QoS περιγράφεται ως εξής :

“Η συλλογική συνέπεια της ποιότητας υπηρεσίας, η οποία καθορίζει τον βαθμό ικανοποίησης του χρήστη ως προς την υπηρεσία. “

Αυτός ο ορισμός συνδέει το QoS με την υπηρεσία που παρέχεται στους χρήστες. Η ποιότητα υπηρεσιών διαχειρίζεται το εύρος ζώνης πιο αποτελεσματικά, έτσι ώστε να ανταποκριθεί στο ευρύ φάσμα των απαιτήσεων των εφαρμογών. Ο στόχος είναι να παρασχεθεί ένα επίπεδο προβλεψιμότητας και ελέγχου πέρα από την τρέχουσα IP υπηρεσία "καλύτερης προσπάθειας" .

Το πρωτόκολλο QoS που παρεκκλίνει περισσότερο από την απλή IP υπηρεσία «καλύτερης προσπάθειας» είναι το πρωτόκολλο κράτησης των πόρων (RSVP). Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης που παρέχει ρυθμίσεις κράτησης και ελέγχου για να καταστεί δυνατή η αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (IntServ), η οποία έχει ως στόχο να παρέχει το πιο κοντινό πρόγραμμα στην

⁴ <http://www.netlab.tkk.fi/~puhuri/htyo/Tik-110.551/iwork/>

⁵ Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) (Internet Protocol), αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομενογραμμάτων (αγγλ. datagrams), δηλ. πακέτων δεδομένων, σε ένα διαδίκτυο, και είναι τμήμα της Σουίτας Πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Το Πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων ανάμεσα στα διάφορα δίκτυα, ανεξάρτητα από την υποδομή τους, και αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο πάνω στο οποίο είναι βασισμένο το Διαδίκτυο.

⁶ http://alumni.cs.ucr.edu/~csyiazti/downloads/papers/ip-qos/ip_qos.pdf

εξομοίωση του κυκλώματος σε δίκτυα IP. Είναι το πιο πολύπλοκο πρωτόκολλο QoS για εφαρμογές (hosts) και στοιχεία δικτύου (routers και switches), και ως εκ τούτου παρέχει το υψηλότερο επίπεδο διακριτότητας της κατανομής των πόρων και λεπτομέρειας σχολίων σε χρήστες με ενεργοποιημένο QoS.

Είναι προφανές ότι η προσπάθεια του QoS ήταν να μιμηθεί το IP δίκτυο με αυτό των Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ψηφιακού Δικτύου (ISDN), όπου το QoS είναι ένας πρωταρχικός στόχος σε βάρος της απλότητας του δικτύου. Σε αυτές τις αρχές είναι βασισμένος ο τρόπος ασύγχρονης μεταφοράς (ATM), ο οποίος αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο. Εντούτοις βλέποντας το από την οπτική γωνία ενός δικτύου που παρέχει υπηρεσίες, υπάρχουν συγκεκριμένα σημαντικά ποσοτικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να ελεγχθούν έτσι ώστε να παρέχονται συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας.

1.5.1 Κλήσεις και διασυνδέσεις (Calls and Connections)

Η καθυστέρηση που υφίστανται τα πακέτα λόγω της κίνησης στο δίκτυο είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει αισθητά το QoS. Διάφοροι παράγοντες καθυστέρησης, έχουν διαφορετική επίδραση σε διαφορετικά είδη υπηρεσιών :

- **End-to-end delay:** είναι το χρονικό διάστημα της μεταφοράς του πακέτου από τον αποστολέα στον παραλήπτη, μέσω του δικτύου. Όσο πιο μεγάλο είναι το delay, τόσο πιο μεγάλη είναι η πίεση που υποβάλλεται στο πρωτόκολλο μεταφοράς για να λειτουργήσει αποδοτικά. Για το πρωτόκολλο TCP, τα ψηλά επίπεδα καθυστέρησης υπονοούν μεγαλύτερα ποσά δεδομένων που κρατούνται στο δίκτυο εν αναμονή, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρχει πίεση στους timers και στους counters που σχετίζονται με το πρωτόκολλο. Πρέπει α σημειωθεί ότι το TCP είναι ένα πρωτόκολλο με "αυτορυθμιζόμενο ρολόι". Ο ρυθμός μετάδοσης του αποστολέα προσαρμόζεται δυναμικά με την ροή των σημάτων πληροφορίας που έρχονται από τον παραλήπτη, μέσω της αντίστροφης κατεύθυνσης των acknowledgments (ACK), που ειδοποιούν τον αποστολέα ότι τα δεδομένα έχουν αραιωθεί επιτυχώς. Όσο πιο μεγάλη είναι η καθυστέρηση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, τόσο πιο μη ευαίσθητο είναι το πρωτόκολλο σε μικρού χρονικού διαστήματος,

δυναμικές αλλαγές στην φόρτιση του δικτύου. Σε εφαρμογές με interactive ήχο και video, η παρξη καθυστέρησης, προκαλεί μη ανταπόκριση από το σύστημα.

- Delay variation or jitter: αναφέρεται στην ποικιλία της χρονικής διάρκειας μεταξύ όλων των πακέτων της ίδιας ακολουθίας που ακολουθούν τον ίδιο router. Με μαθηματικούς όρους, το jitter μετρείται σαν η απόλυτη τιμή της πρώτης παραγώγου της ακολουθίας των ατομικών μέτρων καθυστέρησης. Πολύ ψηλά επίπεδα του jitter, προκαλεί την δημιουργία πολύ υντηρητικών υπολογισμών του round trip time από το πρωτόκολλο TCP. Το πρωτόκολλο δηλαδή δεν λειτουργεί αποδοτικά όταν επανέρχεται σε time out για να ξανά-εγκαθιδρύσει την ροή δεδομένων. Ψηλά επίπεδα jitter, δεν μπορούν να γίνουν αποδεκτά από σε εφαρμογές που βασίζονται στο UDP και είναι εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως για παράδειγμα το audio ή το video signal.

Οι διαλογικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου (Interactive Real Time applications), όπως για παράδειγμα η μεταφορά ήχου, είναι ευαίσθητες στο end-to-end delay και στο jitter. Οι μεγάλες καθυστερήσεις έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της διαλογικότητας στην επικοινωνία.

Μη διαλογικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου (non-interactive real time applications), όπως για παράδειγμα εκπομπή μονής κατεύθυνσης (one-way broadcast), δεν είναι ευαίσθητες ως προς το end-to-end delay αλλά επηρεάζονται από το jitter. Το jitter συνήθως διευθετείται με την χρησιμοποίηση ενός buffer στον παραλήπτη, όπου αποθηκεύονται τα παραλαμβανόμενα πακέτα και “παίζονται” (εκτελούνται) στην κατάλληλη χρονική μετατόπιση (time offset). Η χρονική μετατόπιση – που ονομάζεται επίσης και “playback point” – καθορίζεται σύμφωνα με το μέγιστο jitter. Εφαρμογές οι οποίες μπορούν να προσαρμόσουν το “playback point” βασισμένες στις αλλαγές της τιμής του jitter ονομάζονται προσαρμοζόμενες εφαρμογές (adaptive applications). ένα παράδειγμα είναι το vod. Πακέτα που φτάνουν στον παραλήπτη αφού περάσει το “playback point” που τους αντιστοιχεί, δεν είναι χρήσιμα ως προς την εφαρμογή.

Οι εφαρμογές που δεν είναι πραγματικού χρόνου, συνήθως δεν επηρεάζονται από τυχόν καθυστερήσεις. Εντούτοις, επειδή αυτές οι εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιήσουν την καθυστέρηση ως μέτρο για να ελέγξουν τα ποσοστά της κίνησης στο δίκτυο (π.χ. TCP), ή μπορεί να χρειαστεί να φυλάξουν προσωρινά δεδομένα μέχρι αυτά να γίνουν acknowledged (π.χ. FTP), γι’ αυτό μεγάλες καθυστερήσεις μπορούν επίσης να επηρεάσουν το QoS των εφαρμογών αυτών.

Πίνακας 2 Παράμετροι που επηρεάζουν το end-to-end delay

Καθυστέρηση Μετάδοσης (Transmission Delay)	Ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταφέρουμε όλα τα bits του πακέτου πάνω στην σύνδεση.
Καθυστέρηση Μεταφοράς (Propagation Delay)	Ο χρόνος που χρειάζεται ένα bit για να διασχίσει την σύνδεση μέσω της οποίας γίνεται η μεταφορά δεδομένων.
Καθυστέρηση Επεξεργασίας (Processing Delay)	Ο χρόνος που χρειάζεται για επεξεργασία πακέτου και μετατροπή του σε στοιχείο δικτύου (network element).
Καθυστέρηση Ουράς (Queuing Delay)	Ο χρόνος που πρέπει να περιμένει το πακέτο στην ουρά πριν να προγραμματιστεί η μετάδοσή του.

Καθυστερήσεις μπορούν επίσης να υπάρχουν στην μεταφορά του πακέτου από το επίπεδο δικτύου στο επίπεδο εφαρμογής και τελικά στον χρήστη.

Το QoS δεν δημιουργεί bandwidth.⁷ Είναι αδύνατο για κάποιο δίκτυο να δώσει κάτι που δεν έχει, έτσι το bandwidth availability είναι σημείο αναφοράς. Το QoS διαχειρίζεται το bandwidth ανάλογα με τις απαιτήσεις κάποιας εφαρμογής και τα settings κάποιου δικτύου.

⁷ είναι ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς δεδομένων ο οποίος μπορεί να εγκαθιδρυθεί μεταξύ δύο σημείων. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό δεν περιορίζεται μόνο από τη φυσική εσωτερική δόμηση του μονοπατιού που δημιουργείται μεταξύ των επικοινωνούντων δικτύων και παρέχει ένα ανώτατο όριο στο bandwidth που μπορεί να προσφέρει, αλλά επηρεάζεται επίσης από τον αριθμό των άλλων ροών δεδομένων που μοιράζονται κοινούς συντελεστές του ίδιου μονοπατιού. Το bandwidth που κρατείται για κάποια εφαρμογή δεν είναι πλέον ελεύθερο για τις best effort υπηρεσίες. Η προτεραιότητα των QoS σχεδιαστών ήταν να διασφαλίσουν ότι το best effort traffic δεν θα παρουσιάζει φαινόμενα παρατεταμένης στέρξης μετά τις κρατήσεις που έχουν γίνει. Η χειρότερη περίπτωση πρέπει να είναι οι υπηρεσίες με low priority στις οποίες απλά θα προσφέρονται λιγότερες υπηρεσίες μεν, αλλά θα τους προσφέρονται.

1.5.2 Ρυθμοαπόδοση (Throughput)

Το **bandwidth** είναι σημαντικός παράγοντας για το throughput. Αυτό καθορίζει πόση κίνηση μπορεί να ανεκτεί η εφαρμογή μέσα στο δίκτυο. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι

- τα **λάθη** που συνήθως σχετίζονται με το link error rate
- οι **απώλειες** που συνήθως σχετίζονται με την χωρητικότητα του buffer

Ορισμένες εφαρμογές, μπορούν να μειώσουν το ποσοστό της κίνησης όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι το throughput βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Τέτοιες εφαρμογές ονομάζονται rate adaptive. Το εύρος ζώνης εξαρτάται από τα ακόλουθα :

- **Χαρακτηριστικά σύνδεσης** : bandwidth, error rate
- **Χαρακτηριστικά κόμβου** : buffer, processing power

Αξιοπιστία : μπορεί να θεωρηθεί σαν ο μέσος όρος σφάλματος στο μέσο. Η αξιοπιστία μπορεί να θεωρηθεί ότι παράγεται από το switching system υπό την έννοια ότι αν το τελευταίο έχει φτωχή διαμόρφωση ή φτωχή εκτέλεση, τότε μπορεί να αλλάξει την σειρά των πακέτων που μεταφέρονται, και να τα παραδώσει στον παραλήπτη με διαφορετική σειρά από αυτή που πραγματικά τα μετάδωσε ο αποστολέας ή μπορεί ακόμη να χαθούν πακέτα κατά την μεταφορά τους από τον ένα router στον άλλο. Η αναξιοπιστία μπορεί να προκαλέσει την αναμετάδοση των πακέτων. Το TCP δεν μπορεί να διακρίνει αν ένα πακέτο χάθηκε λόγω διακοπής στην μεταφορά ή λόγω της συμφόρησης στο δίκτυο. Γι' αυτό όταν χαθεί ένα πακέτο λόγω διακοπής, ο αποστολέας συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο που συμπεριφέρεται όταν υπάρχει συμφόρηση . ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων του αποστολέα δηλαδή μειώνεται με την ενεργοποίηση των αλγορίθμων αποφυγής συμφόρησης, παρόλο που δεν παρατηρήθηκε συμφόρηση στο δίκτυο.

Στην περίπτωση του UDP, εφαρμογές που βασίζονται στον ήχο και στο video, η αναξιοπιστία προκαλεί παραμόρφωση του πραγματικού αναλογικού σήματος στο άκρο του παραλήπτη.

Ανάλογα, όταν αναφερόμαστε στην διαφοροποίηση ποιότητας υπηρεσίας, αναφερόμαστε στην διαφοροποίηση ενός ή περισσότερων, από τους τέσσερις συντελεστές μέτρησης της ποιότητας για μια συγκεκριμένη κατηγορία του traffic.

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

2.1 Σύνδεση Μεταφοράς Φωνής και Δεδομένων

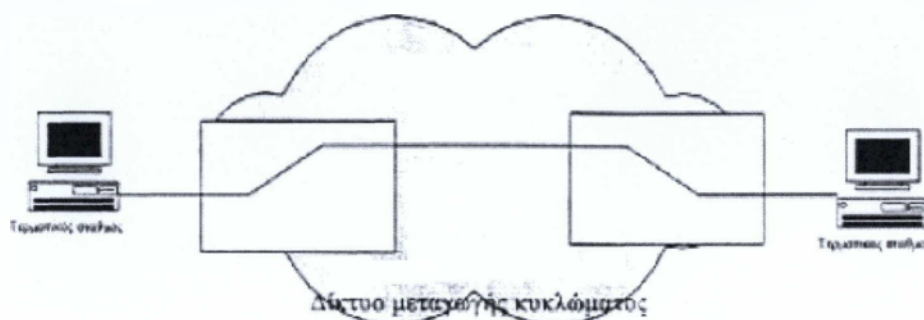
Μέσα στην προσπάθεια σύνδεσης των υπηρεσιών (φωνής και δεδομένων), θα πρέπει να εντοπιστούν οι διαφορές των δύο τεχνολογιών τις οποίες προσπαθεί να συνδέσει το ATM.

Συνδέσεις Φωνής	Μικρή ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις Μεγάλη ανοχή σε αλλοιώσεις του σήματος και χαμένα πακέτα Περιέχουν μικρές χρονικές στιγμές έντονης ροής πληροφορίας (bursts) και μεγάλα χρονικά διαστήματα κενά πληροφορίας.
Συνδέσεις Δεδομένων	Μεγάλη ανοχή σε χρονικές καθυστερήσεις Μεγάλη ανοχή σε χαμένα πακέτα

Σημαντικό επακόλουθο της ενοποίησης των δικτύων φωνής και δεδομένων είναι η λεγόμενη ενοποίηση τηλεφωνικών και δικτύων δεδομένων σε μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις (CTI : Computer and Telephony Integration). Με τη δυνατότητα του ATM να χειρίζεται με την ίδια ευκολία το φορτίο που του αναθέτουν, είναι δυνατό να ενοποιηθούν τα συνήθως ανεξάρτητα δύο εσωτερικά δίκτυα των οργανισμών αυτών σε ένα, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και επένδυσης. Η αναβαθμισιμότητα του ATM, αφήνει δε πολλά περιθώρια για επέκταση του ενιαίου δικτύου, τόσο σε χωρητικότητα, όσο και σε απόσταση. Η τεχνολογία ATM μπορεί να εξυπηρετήσει ποικίλες εφαρμογές, που έχουν πολύ διαφορετικές απαιτήσεις εξυπηρέτησης από το δίκτυο. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

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

Προγενέστερη της ATM (Εικόνα 5) υπήρξε η STM (Εικόνα 4) η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στα τηλεφωνικά δίκτυα όμως δεν κατόρθωσε να καλύψει τα όσα απαιτούν οι σύγχρονες ανάγκες κυρίως όμως να καλύψει το θέμα της στατιστικής πολυπλεξίας.



Εικόνα 4 Δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος

Η μεταγωγή κυκλώματος είναι η πρώτη μέθοδος μεταφοράς πληροφορίας που υποστήριξαν τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Για την επικοινωνία δυο τερματικών, έπρεπε να σχηματιστεί αγωγίμος δρόμος μεταξύ τους μέσω των ενδιάμεσων μεταγωγέων.



Εικόνα 5 Δίκτυο μεταγωγής πακέτου

Ουσιαστικά, κατά την εγκατάσταση του κυκλώματος οι μεταγωγείς έκλειναν τους απαραίτητους διακόπτες ώστε να ενωθούν τα κατάλληλα κομμάτια της “διαδρομής”. Από την στιγμή που το κύκλωμα αυτό σχηματιζόταν, τα δυο τερματικά μπορούσαν να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας το εύρος ζώνης του αγωγίμου δρόμου.

2.2 Στατιστική Πολυπλεξία

Σύμφωνα με την τεχνολογία της STM⁸ κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, το εύρος ζώνης έχει προκαθοριστεί και παραμένει κατειλημμένο καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, ανεξάρτητα με το αν διακινείται ή όχι πληροφορία.

Έτσι, παρατηρείται σημαντική σπατάλη εύρους ζώνης καθώς παρακρατείται μία στοιχειώδης μονάδα χρόνου (μέσα σε ένα bucket) ακόμα και αν μόνο 1 στις 10 θα μετέφερε πραγματικά δεδομένα, ενώ οι άλλες 9 θα έμεναν κενές. Θα ήταν επίσης επιθυμητό να μπορεί ένα αχρησιμοποίητο πακέτο να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά δεδομένων κάποιας άλλης σύνδεσης που αναμένει.

Έτσι το πρότυπο STM για μεταφορά δεδομένων αποδείχτηκε αντιαποδοτικό όταν αυξάνονται :

- ο μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (peak transfer rate)
- το μέγιστο εύρος ζώνης του φυσικού μέσου μεταφοράς
- το «καταρρακτώδες» (burstiness) του ρυθμού ροής δεδομένων

όπου σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις από τον κόσμο των υπολογιστών και ειδικότερα των πολυμέσων , έτσι θα διαμορφωθούν τα προφίλ των συνδέσεων δεδομένων για τα επερχόμενα χρόνια. Το παραπάνω σχήμα λέγεται στατιστική πολυπλεξία και επιτυγχάνει το άθροισμα των απαιτήσεων των επιμέρους συνδέσεων σε εύρος ζώνης σε ορισμένες περιπτώσεις, και κάτω από αυστηρές προϋποθέσεις να υπερβαίνει το προκαθορισμένο εύρος ζώνης του φυσικού μέσου μετάδοσης. Αυτό ήταν μέχρι πρότινος αδύνατο με τα δίκτυα STM, και αποτελεί το κύριο σημείο διαφοροποίησης με το ATM.

2.3 Λειτουργία Ασύγχρονης Μεταφοράς Δεδομένων

Την τελευταία δεκαετία αποτέλεσε κοινή αίσθηση στις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες είναι ότι η ενοποίηση των δικτύων δεδομένων και φωνής θα είναι η πιο βιώσιμη και οικονομική λύση για τα επερχόμενα χρόνια, τόσο από πλευράς κόστους απόσβεσης όσο

⁸ μηχανισμός μεταγωγής κυκλώματος στον οποίο μια σύνδεση αρχίζει μεταξύ δύο τελικών σημείων, ακολουθεί η μεταφορά δεδομένων και στο τέλος η σύνδεση μεταξύ των δύο αυτών σημείων κλείνει. Η μέθοδος χρησιμοποιείται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα υποδομής (backbone) για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων και φωνής σε μακρινές αποστάσεις.

και από πλευράς κόστους συντήρησης. Έννοιες όπως CTI (Computer & Telephony Integration) απέκτησαν μεγάλη σημασία για την τηλεπικοινωνιακή υποδομή επιχειρήσεων και οργανισμών. Παράλληλα αυξήθηκαν καθώς ήταν αναμενόμενο οι ανάγκες της ανθρωπότητας σε διαθέσιμο εύρος ζώνης, και πλέον μιλάμε για ταχύτητες ζεύξεων της τάξης των Gigabit / sec.

Το ζήτημα που κυριάρχησε ήταν η προσπάθεια εύρεσης του βέλτιστου τρόπου συγχώνευσης δύο φαινομενικά διαφορετικών «κόσμων», φωνής και δεδομένων.

Σημαντικός αρωγός στην έρευνα για το ATM αποτέλεσε η ανάδραση από την αγορά (market feedback) δεδομένου ότι η ετήσια αύξηση σε ζήτηση υπηρεσιών φωνής είναι κατά μέσο όρο περίπου 2% - 5%. Η αντίστοιχη αύξηση ζήτησης σε υπηρεσίες δεδομένων είναι αυτή τη στιγμή περίπου 20% - 33%.

Το ATM είναι μια δικτυακή τεχνολογία μετάδοσης που εξυπηρετεί ποικίλες εφαρμογές με διαφορετικές απαιτήσεις εξυπηρέτησης από το δίκτυο είτε σε πραγματικό χρόνο όπως τον ήχο και την εικόνα είτε σε μη πραγματικό όπως τα υπολογιστικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας έναν μηχανισμό που διαβιβάζει μονάδες δεδομένων σταθερού μεγέθους, τα κελιά. Η απόδοση του δικτύου ATM εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την χαρακτηριστικά των μεταγωγέων πακέτων.

Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό της ITU⁹

«το ATM είναι μια τεχνική πολυπλεξίας, στην οποία η ικανότητα μετάδοσης οργανώνεται με μη αφιερωμένες σχισμές (undedicated slots), οι οποίες γεμίζουν με κελιά (cells), ανάλογα με τις στιγμιαίες πραγματικές ανάγκες της κάθε εφαρμογής.»

Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι μια δικτυακή τεχνολογία μετάδοσης που υποστηρίζει την μεταφορά ετερογενούς κίνησης πραγματικού χρόνου, όπως ήχου και εικόνας, και μη πραγματικού χρόνου, όπως υπολογιστικών δεδομένων, με τη βοήθεια ενός μηχανισμού που διαβιβάζει μονάδες δεδομένων σταθερού μεγέθους, γνωστές ως κελιά (cells).¹⁰ Ο τρόπος μεταφοράς (Transfer Mode) δηλώνει ότι αυτή η τεχνολογία αφορά συγκεκριμένο τρόπο μεταφοράς και μεταγωγής στο δίκτυο. Ο όρος «ασύγχρονο» (asynchronous) αναφέρεται στο γεγονός ότι τα πακέτα μεταφέρονται χρησιμοποιώντας ασύγχρονες τεχνικές και τα δύο τερματικά σημεία δε χρειάζεται να

⁹ πρώην CCITT

¹⁰ Πολλοί ευρωπαϊκοί τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί έχουν επιλέξει το ATM σαν πλατφόρμα για την παροχή φτηνού ISDN ευρείας ζώνης (B-ISDN : BroadBand ISDN), ανάμεσά τους και ο ΟΤΕ.

έχουν συγχρονισμένα ρολόγια. Το ATM είναι μια περίπλοκη τεχνολογία, ίσως και την περιπλοκότερη στη βιομηχανία δικτύων μέχρι τώρα.

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από τη θέση του πακέτου σε ένα bucket, απλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης μαζί με τα δεδομένα, και ταυτόχρονα να κρατά τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο μικροτσίπ ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή στην ροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους επαναληπτικότητας (redundancy).

Το ATM είναι ένα από την οικογένεια των τηλεπικοινωνιακών προτύπων που εισήγαγαν την έννοια

- της αναπήδησης πακέτου,
- της αναμετάδοσης πλαισίου (frame relay)
- και τελευταία της υπηρεσίας δεδομένων υψηλών ταχυτήτων με μεταγωγή (Switched Multimegabit Data Service - SMDS).

Το όλο σχήμα φέρει από μεταγωγή πακέτου, οπότε και ονομάστηκε «**Γρήγορη μεταγωγή πακέτου με μικρά σταθερού μεγέθους πακέτα**». Το δε μέγεθος αυτό (53 bytes) προήλθε από την επιθυμία των εταιρειών να κρατήσουν σταθερή τη ποιότητα των φωνητικών επικοινωνιών όπως στα δίκτυα STM (Synchronous Transfer Mode), γιατί σε συνδέσεις που ο χρόνος μεταφοράς πακέτου πρέπει να είναι μικρός (όπως στη κλασική τηλεφωνία), η πιθανότητα να χαθούν πακέτα αυξάνεται, αλλά αφού το μέγεθος του πακέτου είναι πολύ μικρό, αυτό δεν συνεπάγεται αισθητή απώλεια στη φυσική ροή της ομιλίας.

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

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

Παράλληλα με αυτό, το ATM έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την ίδια ευκολία τόσο σε κοντινές αποστάσεις (π.χ. ένα γραφείο ή ένα κτίριο) όσο

και σε μακρινές (διεθνείς και υπερηπειρωτικές συνδέσεις). Αυτό υπονοεί ότι μεγάλο μέρος της δουλειάς υποδομής που απαιτείται σήμερα για να συνεργάζονται

Η τεχνολογία ATM είναι συνδεσμική (connection-oriented). Αυτό σημαίνει ότι πριν αρχίσει η μετάδοση πληροφοριών, πρέπει να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ των δύο σημείων του δικτύου. Η σύνδεση μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο προς το παρόν είναι μόνιμη νοητή (permanent virtual circuit- PVC).

2.3.1 Πρότυπα Διασυνδέσεων με το Χρήστη

Οι προδιαγραφές του ATM εστιάζονται σε τρεις διασυνδέσεις (interfaces)

Διασύνδεση Χρήστη -
Δικτύου (UNI : User-
Network Interface)

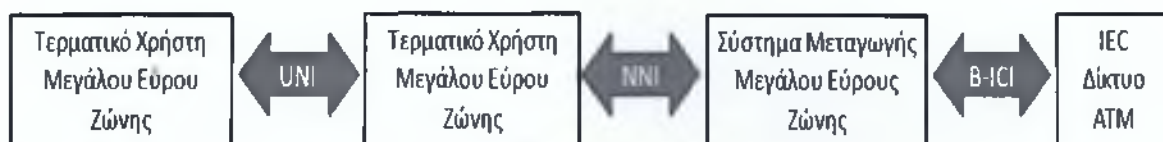
Διασύνδεση κόμβου
δικτύου (NNI : Network
Node Interface)

Διασύνδεση μεγάλου
εύρους μεταξύ πολλών
φορέων (B-ICI :
Broadband InterCarrier
Interface)

Καθορίζει ένα σύνολο από υπηρεσίες που θα παρέχονται από το δίκτυο ATM στο πελάτη - χρήστη, καθώς και τους κανόνες που διέπουν τη μορφοποίηση των δεδομένων προς αποστολή από τους χρήστες και τη διαπραγμάτευση του δικτύου με το χρήστη για τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών που απαιτεί.

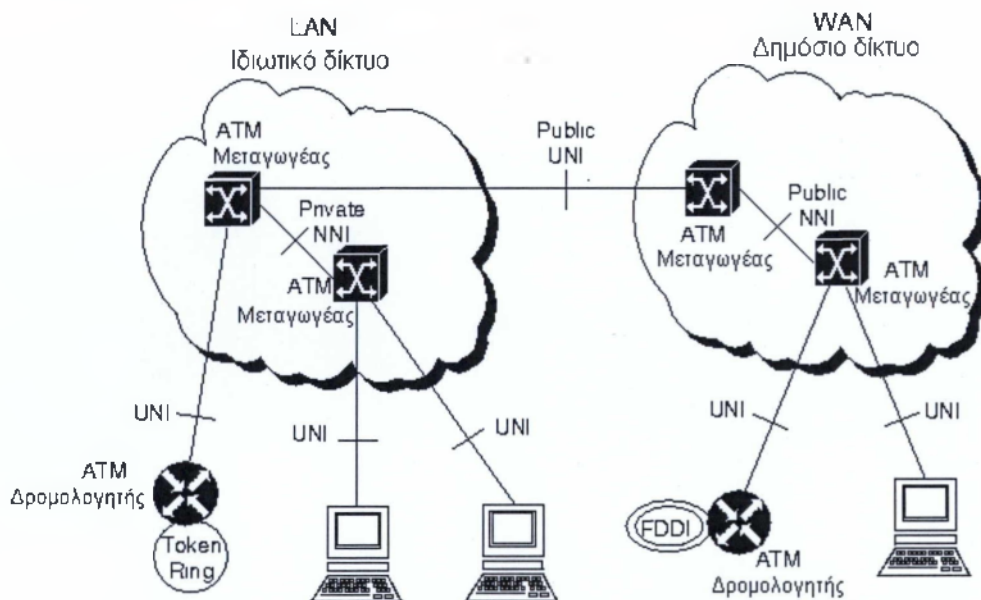
Ορίζει πως θα επικοινωνούν οι διάφοροι κόμβοι μέσα στο τοπικό (LEC : Local Exchange Carrier) δίκτυο ενός τηλεπικοινωνιακού φορέα. Ο σκοπός της προτυποποίησης στο επίπεδο αυτό είναι η αποφυγή του περιορισμού χρήσης μεταγωγών από ένα μόνο κατασκευαστή.

Ορίζει τις παραμέτρους διασύνδεσης ανάμεσα σε ένα τοπικό (LEC) κέντρο και ένα κομβικό (IEC : Interexchange Carrier's Network) κέντρο.



2.3.2 Γενική Μορφή Πακέτου ATM

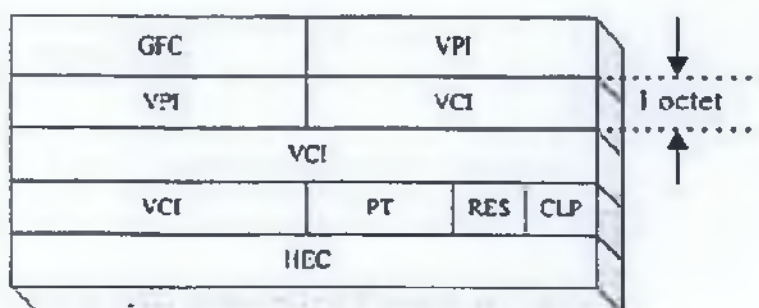
Το ATM είναι η τεχνολογία εκείνη που προσπαθεί να αφαιρέσει από το επίπεδο δικτύου τις ιδιοτροπίες εκείνες που χαρακτηρίζουν κάποιες τεχνολογίες δικτύων καλύτερες σε ορισμένες εφαρμογές και άλλες όχι. Έτσι, κεντρικός στόχος του ATM είναι η ενοποίηση όλων των τηλεπικοινωνιακών δικτύων σε μια κοινή τηλεπικοινωνιακή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



Εικόνα 6 Γενική άποψη λειτουργίας ATM δικτύου

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

Πιο συγκεκριμένα, τα πεδία της επικεφαλίδας ATM είναι τα ακόλουθα:



Εικόνα 7 Επικεφαλίδα ATM

Όνομα πεδίου	Λειτουργία
GFC (Generic Flow Control)	Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση ελέγχου συμφόρησης στο δίκτυο. Υπάρχει μόνο στα cells που μεταφέρουν πληροφορία από τους τερματικούς σταθμούς ATM στους μεταγωγείς και αντιστρόφως. Απουσιάζει από τα cells που στέλνονται από μεταγωγέα σε μεταγωγέα
VPI, VCI (Virtual Path and channel Identifier)	Τα πεδία αυτά καθορίζουν την πληροφορία δρομολόγησης του πακέτου που χρησιμοποιεί ο μεταγωγέας για να προωθήσει το πακέτο προς την κατάλληλη πόρτα εξόδου
PT (Payload Type)	Το περιεχόμενο αυτού του πεδίου χρησιμοποιείται για να ξεχωρίζουν τα πακέτα με πληροφορία χρήστη από αυτά με πληροφορία που αφορά τις εσωτερικές διεργασίες του δικτύου
CLP (Cell Loss Priority)	Αν το πεδίο αυτό έχει την τιμή 1, ο μεταγωγέας απορρίπτει το cell σε περίπτωση συμφόρησης του δικτύου. Η τιμή τίθεται από το δίκτυο σε 1, όταν το τερματικό παραβιάζει το συμβόλαιο εύρους ζώνης που έχει ζητηθεί κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης
HEC (Header Error Control)	Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας της επικεφαλίδας. Ο έλεγχος γίνεται μέσω ειδικού αλγόριθμου CRC (Cyclic Redundancy Check)

2.3.3 Σχέση ATM με το Μοντέλο OSI

Στόχος του είναι η επικοινωνία υπολογιστών και παρεμφερών συσκευών διαφορετικού τύπου και κατασκευαστών. Πρώτα από όλα πρέπει να γίνει αντιληπτό σε ποια επίπεδα λειτουργιών απευθύνεται το ATM σε σχέση με το OSI μοντέλο ώστε να εξηγηθεί στη συνέχεια η ροή της πληροφορίας.

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

Πίνακας 3 Επίπεδα λειτουργιών μοντέλου OSI (6)

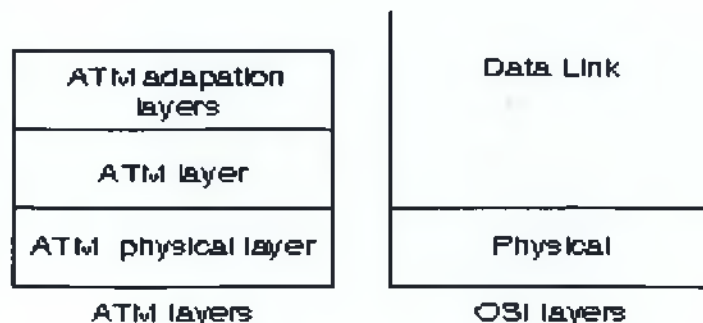
OSI Model			
	Data unit	Layer	Function
Host layers	Data	7. Application	Network process to application
		6. Presentation	Data representation, encryption and decryption, convert machine dependent data to machine independent data
		5. Session	Interhost communication, managing sessions between applications
	Segments	4. Transport	End-to-end connections, reliability and flow control
Media layers	Packet/Datagram	3. Network	Path determination and logical addressing
	Frame	2. Data link	Physical addressing
	Bit	1. Physical	Media, signal and binary transmission

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

Αυτό το επίπεδο δεν ασχολείται με την μετάδοση όλου του μηνύματος μεταξύ της πηγής και του προορισμού γιατί αυτό είναι δουλειά του επιπέδου 3, μεταφέρει όμως κομμάτια του μηνύματος τα cells μεταξύ δύο σημείων.

Αυτά τα σημεία δεν είναι απαραίτητο να είναι τελικά σημεία, όπως η πηγή του μηνύματος και ο προορισμός του αλλά μπορεί να είναι ενδιάμεσα σημεία μεταξύ της πηγής και του προορισμού.

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



Εικόνα 8 Σχέση ATM με OSI (1)

User plane

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

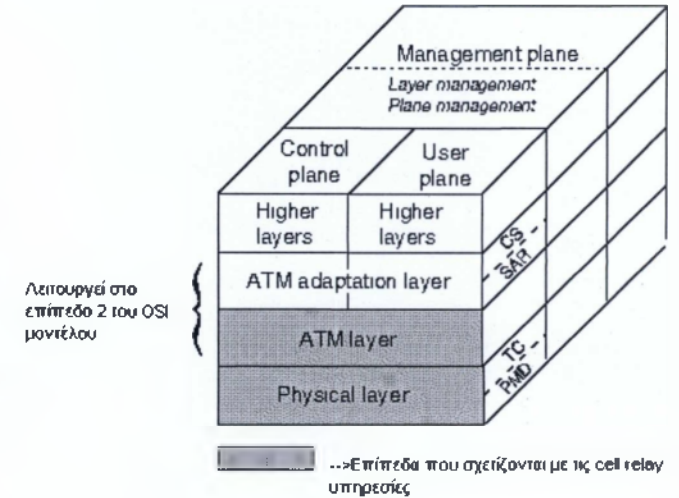
Control Plane

Φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδοσίας μεταξύ ATM τελικών σημείων (αποστολέα και παραλήπτη ATM δεδομένων) ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση (connection setup). Το Control Plane παρέχει επίσης λειτουργίες βασικές για τις υπηρεσίες μεταγωγής. Μειτέχει στις διαδικασίες σηματοδοσίας και δρομολόγησης απαραίτητες για τη διευθέτηση (set-up), διαχείριση και την αποδέσμευση συνδέσεων τύπου SVCs (switched virtual connection) μεταξύ δύο σημείων (peer) στο δίκτυο. Ακόμα το Control Plane μοιράζεται με το User Plane τις διευκολύνσεις που παρέχουν το ATM Layer και Physical Layer.

Management Layer

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

- layer management, για συγκεκριμένες λειτουργίες όπως η ανίχνευση αποτυχίας και δυσλειτουργίας των πρωτοκόλλων στα layer
- plane management, για διαχείριση και συντονισμό όλων των λειτουργιών του ATM οικοδομήματος.



2.3.4 Επίπεδα Λειτουργίας ATM

Το ATM κατατάσσεται μέχρι το δεύτερο επίπεδο του OSI μοντέλου όμως το ίδιο αποτελείται από τρία επίπεδα λειτουργίας των οποίων οι λειτουργίες συνοψίζονται παρακάτω:

- ATM adaptation layer (AAL)
- ATM layer
- ATM physical layer

ATM adaptation layer (AAL)	Αυτό το επίπεδο τροποποιεί τα δεδομένα που έρχονται από τα παραπάνω επίπεδα σε ATM cell. Επίσης απομονώνει τα πρωτόκολλα των ανώτερων επιπέδων από τις διεργασίες του ATM.
ATM layer	Αυτό το επίπεδο παρέχει την ATM cell relay υπηρεσία για το δίκτυο. Επίσης παραδίδει στο φυσικό επίπεδο τα ATM cell για την μεταφορά τους μέσα στο δίκτυο.
Physical layer	Αυτό το επίπεδο περνάει τα ATM cells που έρχονται από το ATM layer στο φυσικό μέσο μετάδοσης και ανάποδα ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής της πληροφορίας.

2.3.4.1 ATM Επίπεδο Συνδέσμου

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

Το AAL μπορεί να χαρακτηριστεί ως ο πιο ουσιώδης μηχανισμός στην αρχιτεκτονική του ATM. Έχει την ικανότητα να διαχειρίζεται διαφορετικούς τύπους πληροφορίας

όπως συνεχής φωνή παραγόμενη από video-conferencing εφαρμογή ή μηνύματα μεγάλου και ξαφνικού φόρτου που παράγονται στα LAN και να τα μετατρέπει στην ίδια μορφή δεδομένων ,το ATM cell.

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

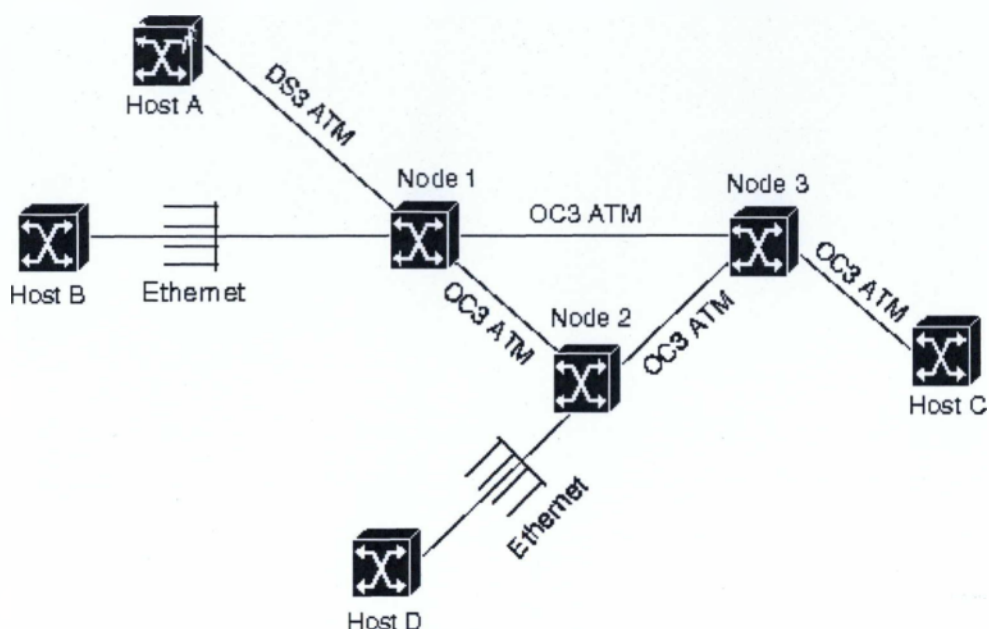
Σημαντική παρατήρηση είναι ότι το AAL δεν αποτελεί δικτυακή διαδικασία αλλά η λειτουργία του λαμβάνει μέρος στον εξοπλισμό του χρήστη. Συνεπώς το AAL απελευθερώνει το δίκτυο από την εξειδικευμένη διαχείριση των διαφορετικών ειδών πληροφορίας.

Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό ITU-T έχει χωρίσει σε τέσσερις μεγάλες κλάσεις (ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους) τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που μπορεί να παρέχει το ATM. Συγκεκριμένα:

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

Κλάση	Χρονική Σχέση	Τρόπος Σύνδεσης	Bit Rate	Περιγραφή Υπηρεσίας Μετάδοσης
AAL1	Σύγχρονη	Connection oriented	Σταθερό	Παρέχει circuit emulation και υπηρεσίες video με σταθερό bit rate που ξεκινά από μερικά kilobits και φτάνει στα 10 megabits. Αυτή η υπηρεσία στηρίζεται σε συνεχές αναλογικό σήμα.
AAL2	Σύγχρονη	Connection oriented	Μεταβλητό	Παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης φωνής/video έχοντας μεταβλητό bit rate. Υπάρχει συγχρονισμός μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη στη μετάδοση δεδομένων.
AAL3/4	Ασύγχρονη	Connection oriented	Μεταβλητό	Παρέχει point-to-point ή point-to-multipoint ATM cell relay, κάνοντας συνδέσεις on the fly μεταξύ αποστολέα-παραλήπτη. Διαχειρίζεται διαφορετικά είδη πληροφορίας (data, voice, video) την οποία μέσω των ATM cell μεταφέρει σε δίκτυα LAN-WAN. Έχει απώλεια σε δεδομένα (data loss) αλλά δεν υπάρχει καθυστέρηση.
AAL5	Ασύγχρονη	Connectionless	Μεταβλητό	Παρέχει πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταγωγή πακέτων, υπηρεσίες μετάδοσης (LAN) ή Frame Relay (WAN) στις οποίες τα packets/frames φέρουν την απαραίτητη πληροφορία διευθυνσιοδότησης για την αποστολή στο προορισμό τους χωρίς προηγουμένως να πραγματοποιηθούν συνδέσεις μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη.

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



Εικόνα 9 Ροή ATM δεδομένων

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

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

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

2.3.4.2 Επίπεδο ATM

Το ATM επίπεδο έχει σχεδιαστεί ώστε να κάνει το ATM δίκτυο πιο αξιόπιστο, πιο προσαρμοστικό και πιο φιλικό στο χρήστη από τους άλλους τύπους δικτύων.

Ασχολείται με την μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο γειτονικών σημείων, φέρνει στη μορφή των 53-Bytes cell τα δεδομένα και καθορίζει το περιεχόμενο της κεφαλής του ATM cell. Το ATM Layer εκτελεί τις εξής λειτουργίες

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

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

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

Σε ένα ATM τελικό σημείο πηγής, το ATM layer ανταλλάσσει μια ροή από cells με το φυσικό επίπεδο, εάν δεν έχει πληροφορία από τα ανώτερα επίπεδα να βάλει τότε εισάγει αδρανή cells ή κενά τα οποία χρειάζονται σύμφωνα με τις QoS (Quality of Service) παραμέτρους. Από τα cells τα οποία εισάγονται μέσω του φυσικού επιπέδου στο ATM επίπεδο, προωθούνται μόνο τα 48-Bytes ωφέλιμο φορτίο του cell στο AAL

μαζί με κάποιες παραμέτρους όπως τη PTI (payload type indicator) εάν κατά την πορεία τους τα cells βρέθηκαν σε συνωστισμό και CLP (cell loss priority) εάν τα cells ακολουθούν κάποια κυκλοφοριακή πολιτική (leaky bucket algorithm).

Επίσης το ATM επίπεδο παρέχει λειτουργίες διαχείρισης στη κυκλοφορία των cells και διαθέτει μηχανισμούς για επαρκή buffering και αντιμετώπισης των κυκλοφοριακών συμφορήσεων.

2.3.4.3 ATM Φυσικό Επίπεδο

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

- το TC (transmission convergence) υπο-επίπεδο και
- το PMD (physical medium dependent) υπο-επίπεδο.

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

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

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

Το SONET αναπτύχθηκε από την Bellcore και έγινε πρότυπο το 1988 αφού πρώτα η χρήση του για την μεταφορά δεδομένων στο BISDN δίκτυο ήταν αρκετά διαδεδομένη. Το πρότυπο καθορίζει μια ομάδα από ρυθμούς μετάδοσης (data rate)

και προδιαγραφές framing για την μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιώντας οπτικό σήμα πάνω από καλώδια οπτικών ινών.

Οι ρυθμοί μετάδοσης και οι προδιαγραφές του framing αναφέρονται στο SONET σαν Synchronous Transport Signal (STS-n) στάθμες (levels), ενώ οι οπτικές προδιαγραφές αναφέρονται σαν Optical Carrier (OC-n) levels.

Το n στο STS-n δείχνει πόσες φορές είναι πολλ/σιο του πρώτου level δηλαδή έχοντας καθορίσει το STS-1 να είναι 51.84 Mbps τότε το STS-3 είναι $3 \times 51.84 = 155.52$ Mbps.

Οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται από το STS-1 στα 51.84 έως STS-48 στα 2.5 Gbps με δυνατότητα για ακόμα πιο υψηλούς.

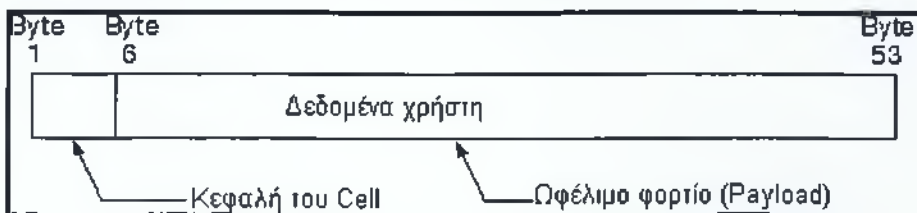
Οι OC προδιαγραφές αναφέρονται στο τύπο του οπτικού καλωδίου και στην ισχύ του οπτικού σήματος και το n ακολουθεί αυτό του STS. Έτσι στο STS-3 αντιστοιχεί το OC-3.

Μεταφέροντας ATM cells σε SONET frames γίνεται εφικτή από τα LAN και WAN δίκτυα η χρήση των ίδιων ρυθμών μετάδοσης δεδομένων (data rate) και προδιαγραφών framing ολοκληρώνοντας έτσι την διαδικτύωση μεταξύ των γεωγραφικά ανόμοιων LAN και WAN περιοχών που χρησιμοποιούσαν διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης.

Το SONET χρησιμοποιείται πιο πολύ στην Αμερική (ANSI-πρότυπο) ενώ στην Ευρώπη το αντίστοιχο πρότυπο είναι το SDH (ITU-T πρότυπο) το οποίο είναι σχεδόν ίδιο με το SONET. Το SDH μεταδίδει σε ρυθμούς μετάδοσης από 155.520 Mbps (STM-1) έως 2.5 Gbps (STM-16) και υψηλότερα. (1)

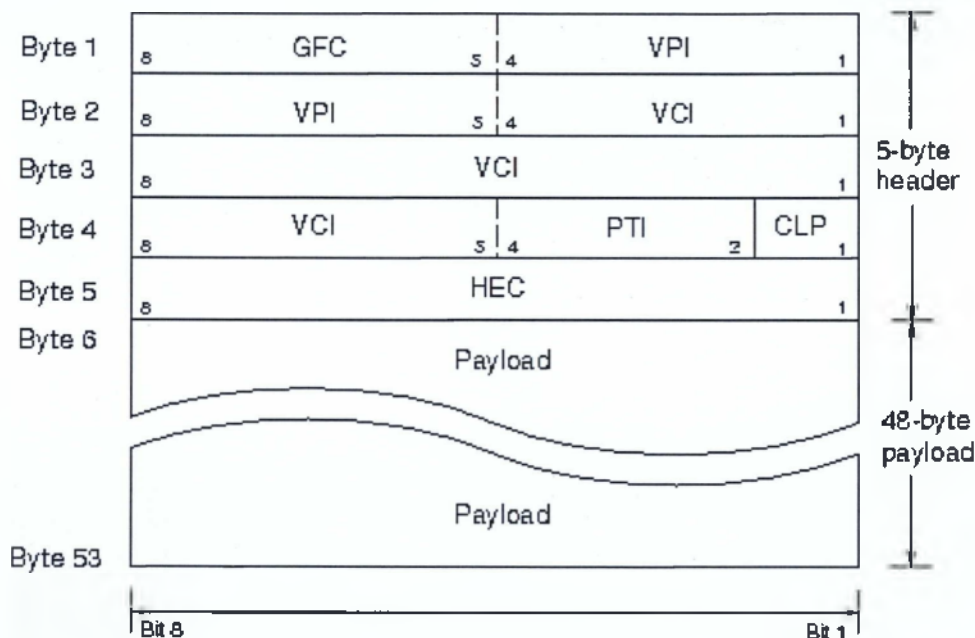
2.3.5 Κελί ATM

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



Εικόνα 10 Κελί ATM

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



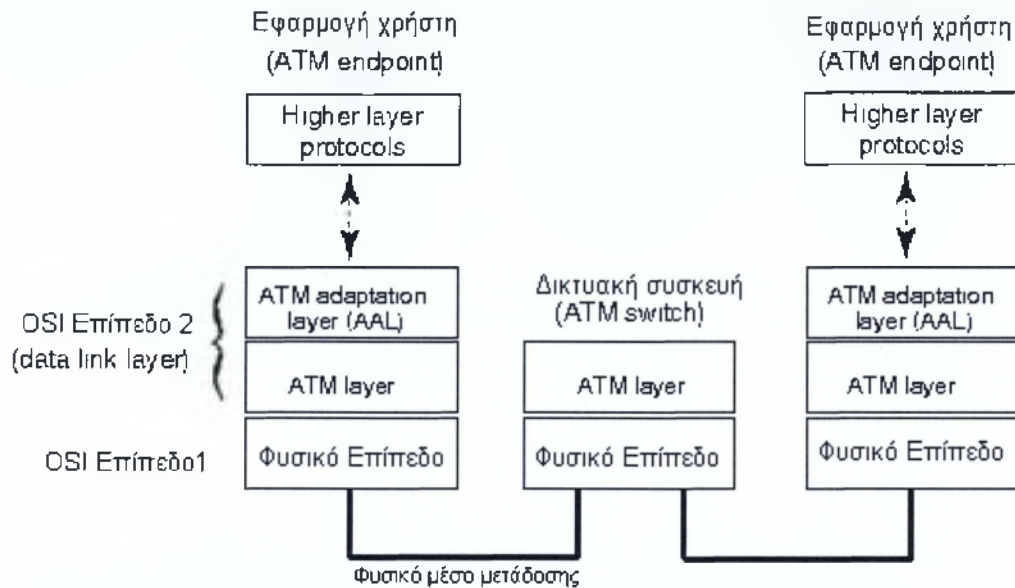
Εικόνα 11 Διαμοίρασμός των bytes σε ένα κελί ATM

Βάζοντας τα δεδομένα σε σταθερού μήκους cells γίνεται εφικτή η χρήση μέσων μετάδοσης υψηλών ταχυτήτων, γιατί τα σταθερού μήκους cells μπορούν να επεξεργασθούν hardware μειώνοντας ή εξαλείφοντας έτσι την καθυστέρηση στη μετάδοσή τους.

Ένα άλλο πλεονέκτημα που έρχεται από την χρήση σταθερού μήκους cell για την διαχείριση δεδομένων όσον αφορά τη μετάδοση τους είναι ότι ένα ATM δίκτυο μπορεί να αντιμετωπίσει την ταυτόχρονη μετάδοση πληροφορίας ευαίσθητη στην καθυστέρηση με πληροφορία που έχει ξεσπάσματα στη ροή της. Μπορεί δηλαδή να παρέχει στον ίδιο χρόνο υπηρεσία μετάδοσης σε οποιοδήποτε τύπου πληροφορίας.

Η δομή ενός ATM Cell είναι η ίδια για όλο το δίκτυο εκτός μια μικρής παραλλαγής στη κεφαλή μεταξύ του ATM UNI cell και ATM NNI cell. (2)

Από τη στιγμή που τα δεδομένα έχουν την μορφή ATM cells μεταβιβάζονται στο φυσικό επίπεδο για την μεταφορά τους στο δίκτυο η οποία γίνεται από το φυσικό μέσο και τους ATM μεταγωγείς. Το παρακάτω σχήμα δείχνει μια απεικόνιση της πορείας που ακολουθούν τα δεδομένα.



Εικόνα 12 Ροή δεδομένων κατά την ATM μεταγωγή

2.3.6 Πλεονεκτήματα ATM

Συγκεκριμένα το ATM έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Επάρκεια σε bandwidth

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

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

Κλιμακωτή τεχνολογία

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

Ανεξαρτησία στην εφαρμογή (Application transparency)

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

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

Δικτυακά πλεονεκτήματα

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

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

2.3.7 Κλάσεις Δικτύων ATM

Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό ITU-T¹¹ οι παρεχόμενες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που παρέχει το ATM διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κλάσεις (ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους). Συγκεκριμένα:

Πίνακας 4 Κλάσεις δικτύων ATM

Κλάση Α'	Υπηρεσίες με σύνδεση, ευαίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με σταθερό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως φωνή, εξομοίωση κλειστού κυκλώματος γενικά και video σταθερού ρυθμού ροής.
Κλάση Β'	Υπηρεσίες με σύνδεση, ευαίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως video μεταβαλλόμενου ρυθμού ροής (λόγω συμπίεσης).
Κλάση Γ'	Υπηρεσίες με σύνδεση, αναίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις X.25 ή αναμετάδοση πλαισίου (frame relay)
Κλάση Δ'	Υπηρεσίες χωρίς σύνδεση, αναίσθητες σε χρονικές καθυστερήσεις με μεταβλητό ρυθμό ροής δεδομένων, όπως συνδέσεις SMDS ή εξομοίωση πρωτοκόλλων ανωτέρου επιπέδου (TCP/IP). (3)

¹¹ <http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx>

2.3.8 Ασφάλεια Δικτύου

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

Το ATM μπορεί και παρέχει ασφάλεια στις συνδέσεις ακριβώς επειδή το «κύκλωμα» που εγκαθίσταται με μία σύνδεση είναι εικονικό (virtual circuit) και αποσυντίθεται αμέσως μετά το τέλος της σύνδεσης. Αυτό συνδυαζόμενο με το γεγονός της μη προκαθορισμένης διαδρομής των πακέτων καθιστά σχεδόν αδύνατη την πλήρη παρακολούθηση μίας σύνδεσης ATM. (3)

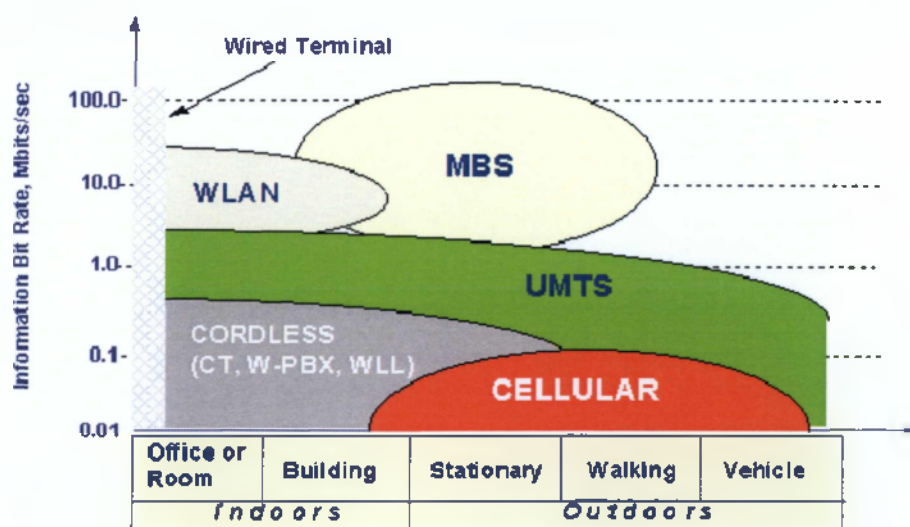
Παράλληλα, η σύγχρονη έρευνα πάνω στο θέμα της κρυπτογράφησης και της ασφάλειας των τηλεπικοινωνιακών δικτύων από ανεπιθύμητους ωτακουστές έχει εφεύρει ήδη κάποιους αλγόριθμους κρυπτογράφησης ικανούς να αποθαρρύνουν τους επίδοξους υποκλοπείς που είναι εύκολα υλοποιήσιμοι σε υλικό (firmware). Η έρευνα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

3. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

3.1 Χαρακτηριστικά UMTS Τεχνολογίας

Το UMTS είναι ένα από τα μεγαλύτερα κινητά συστήματα της τρίτης γενιάς που έχουν σχεδιαστεί μέσα στο πλαίσιο εργασίας που έχει οριστεί από τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιακών (ITU) γνωστό σαν IMT-2000. Ο όρος UMTS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων "Universal Mobile Telecommunications System" (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών). Πρόκειται για την εξέλιξη σε σχέση με την χωρητικότητα, την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, των κινητών δικτύων δεύτερης γενιάς.

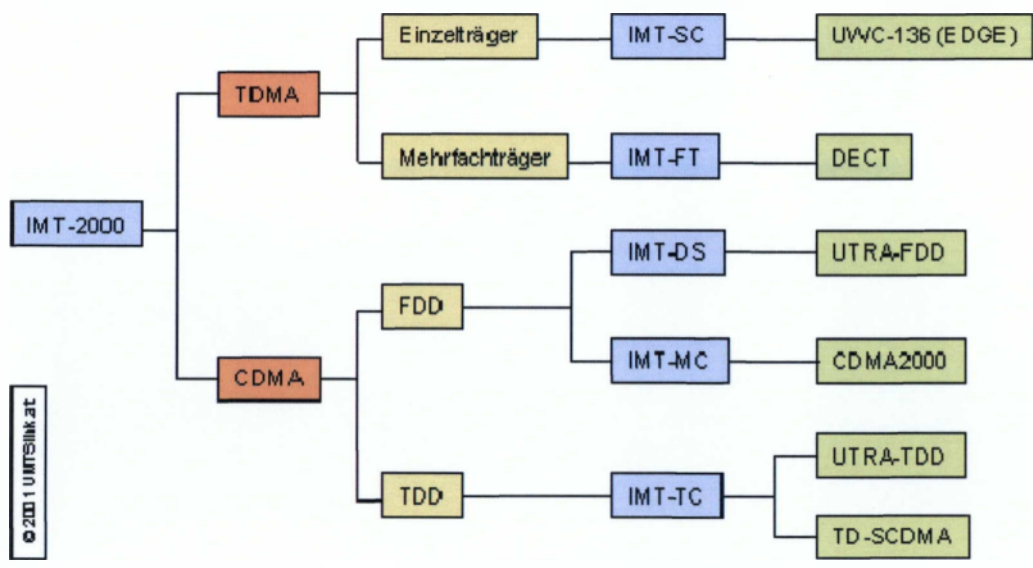
Αποτέλεσε ζήτημα μελέτης σε επίμονες προσπάθειες σε ολόκληρο τον κόσμο στην έρευνα και την ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία.¹² Το UMTS έχει την υποστήριξη από πολλούς μεγάλους λειτουργούς τηλεπικοινωνιών και κατασκευαστών, επειδή παρουσιάζει μια μοναδική ευκαιρία να δημιουργήσει μια μαζική αγορά για υψηλή προσωπική και φιλική προς το χρήστη κινητή πρόσβαση στην κοινωνία της πληροφορίας. (8)



Εικόνα 13 Ρυθμοί μετάδοσης πληροφορίας για διάφορα συστήματα

¹² <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/UMTS>

Χρησιμοποιεί κυρίως τον ευρείας ζώνης κώδικα διαίρεσης πολλαπλής πρόσβασης (W- CDMA) και υπολογίζεται πως θα αυξήσει τις ταχύτητες δικτύων σε 1Mbps ανά κινητό χρήστη και θα καθιερώσει πρότυπα global roaming. Το IMT-2000 έχει οριστεί από την ITU σαν ένα ανοιχτό διεθνές πρότυπο για υψηλή χωρητικότητα, κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών με υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Το UMTS έχει γίνει πρότυπο στο ευρωπαϊκό ινστιτούτο τηλεπικοινωνιακών προτύπων (ETSI) στο πλαίσιο εργασίας για το IMT-2000, σε συνεργασία με άλλα τοπικά και διεθνή σώματα προτύπων σε ολόκληρο τον κόσμο για να παράγουν λεπτομερή πρότυπα με στόχο την κάλυψη των αναγκών της αναπτυσσόμενης αγοράς για καθολική περιαγωγή (roaming) και διαθεσιμότητα υπηρεσιών. (8)



Εικόνα 14 Δομή IMT-2000

Το UMTS είναι πάνω από τα αναλογικά συστήματα πρώτης γενιάς (1G) και τα ψηφιακά κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς (2G) καθώς οι δυνατότητες του είναι να υποστηρίξει ρυθμούς δεδομένων μέχρι 1Mb/sec. Αυτή η δυνατότητα μαζί με την ενσωματωμένη δυνατότητα IP υπηρεσιών κάνει εφικτή την παροχή multimedia υπηρεσιών καθώς και νέων εφαρμογών ευρείας ζώνης, όπως video τηλεφωνία και video συνδιάσκεψη.

Τα ήδη υπάρχοντα συστήματα κυβελωτής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν circuit switched τεχνολογία για την μεταφορά δεδομένων. Το UMTS ενσωματώνει και packeted και circuit switched μεταφορά δεδομένων με τα παρακάτω οφέλη:

- Εικονική διασύνδεση στο δίκτυο σε κάθε χρονική στιγμή.
- Εναλλακτικούς τρόπους πληρωμής (π.χ. ανά bit, ανά περίοδο, ασύμμετρο ul/dl) όπως απαιτείται από ορισμένες ανερχόμενες εφαρμογές.

Το UMTS έχει σχεδιαστεί ώστε να προσφέρει data rate on demand, το οποίο σε συνδυασμό με τα packet δεδομένα θα κάνει τη λειτουργία του συστήματος πολύ πιο φτηνή. Οι UMTS υπηρεσίες είναι βασισμένες σε κοινές δυνατότητες για όλους τους χρήστες και για όλα τα ραδιοφωνικά περιβάλλοντα. Όταν κάνει roaming από το δικό του δίκτυο ο χρήστης σε δίκτυο άλλου UMTS operator, θα λαμβάνει ένα σετ από υπηρεσίες αντίστοιχες αυτών που έχει στο δικό του home δίκτυο (Virtual Home Environment–VHE). Το VHE θα διασφαλίζει την παράδοση όλου του περιβάλλοντος που παρέχει ο service provider, ανεξάρτητα από το μέσο προσπέλασης (δορυφορικό ή επίγειο). Το VHE θα επιτρέπει στο τερματικό να διαπραγματεύεται τη λειτουργικότητα με το επισκεπτόμενο δίκτυο, με κάποιο πρόγραμμα που θα γίνεται down load και οι “home-like” υπηρεσίες θα παρέχονται με πλήρη ασφάλεια και διαφάνεια μεταξύ ενός μείγματος από access και core δίκτυα.¹³

Το UMTS θεωρείται ως παγκόσμιο σύστημα το οποίο συνδυάζει και επίγεια και δορυφορικά στοιχεία. Multi-mode τερματικά τα οποία θα λειτουργούν και σε 1G συστήματα (π.χ. GSM 900 και 1800) ενώ παράλληλα θα διευρύνουν τις λειτουργίες αυτών των συστημάτων και σε νέες υπηρεσίες του UMTS. Με αυτά τα τερματικά ένας χρήστης θα είναι σε θέση να κάνει roaming από ένα ιδιωτικό δίκτυο σε ένα picocellular/microcellular δημόσιο δίκτυο και μετά σε ένα ευρείας περιοχής macrocellular δίκτυο και μετά σε ένα δορυφορικό με ελάχιστη απώλεια σύνδεσης.

3.2 Πρόδρομοι του UMTS Συστήματος

Πολλές φορές το UMTS χαρακτηρίζεται ως 3GSM, προκειμένου να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι συνδυάζει τις ανάγκες της τεχνολογίας των 3G με την τεχνολογία του GSM συστήματος.

Τα συστήματα 2ης γενιάς, όπως τα GSM, CDMA, PDC, PHS παρέχουν στους χρήστες τους φωνητικές υπηρεσίες. Η μετάβαση από τα συστήματα 2ης γενιάς προς αυτά της τρίτης έγινε με ενδιάμεσα βήματα.

¹³ <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm> . 14.10.12

Από το GSM σύστημα προήλθε ένα πιο εξελιγμένο σύστημα, το GPRS το οποίο είναι γνωστό ως 2.5G. Το GPRS υποστηρίζει ένα πολύ καλύτερο ρυθμό μετάδοσης, θεωρητικά πάνω από 140.8kbps, αν και οι τυπικές τιμές κυμαίνονται κοντά στα 56kbps. Έχει αναπτυχθεί σε πολλές περιοχές που χρησιμοποιείται το GSM.

Το E-GPRS ή EDGE αποτελεί ένα επιπλέον βήμα από το GPRS. Με το EDGE μπορεί να επιτευχθεί ρυθμός μετάδοσης πακέτων δεδομένων γύρω στα 180kbps. Το σύστημα αυτό αναφέρεται συχνά ως 2.75G.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρώτη χώρα που εισήγαγε σε μεγάλη κλίμακα τα κινητά 3ης γενιάς στην αγορά ήταν η Ιαπωνία, το 1991. Το 2005 το 40% περίπου των συνδρομητών της χώρας έκανε αποκλειστική χρήση των 3G δικτύων, ενώ το 2006 αναμένεται να ολοκληρωθεί πλήρως η μετάβαση από τη 2η γενιά στην 3η.

Η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς και παρά το γεγονός ότι η τρίτη γενιά δεν είναι ακόμη σε πλήρη λειτουργία, η ακαδημαϊκή εξερεύνηση της κινητής επικοινωνίας τέταρτης γενιάς (4G) έχει ήδη ξεκινήσει. Καταρχήν η τρίτη γενιά ασφαλώς ήταν το βασικότερο βήμα για την επίτευξη των προσωπικών τηλεπικοινωνιών, αλλά ωστόσο δεν κατάφερε να τις κάνει πραγματικότητα. Η τέταρτη γενιά θα προσεγγίσει περισσότερο τις προσωπικές επικοινωνίες παρέχοντας επικοινωνία οποιαδήποτε μορφής, σε κάθε χώρο και χρόνο, με οποιονδήποτε. Θα απαιτήσει επίσης καλή απόδοση επικοινωνίας, που θα αφορά κυρίως media παρά φωνή. Στις εφαρμογές τα τερματικά της τέταρτης γενιάς δε θα παρέχουν μόνο ομιλία ή εικόνα αλλά επιπλέον θα προειδοποιούν και θα ενημερώνουν το χρήστη. Τα τερματικά μπορεί ακόμα να γίνουν μέρος του ανθρώπινου σώματος, ενημερώνοντας το χρήστη για την πίεσή του, τη θερμοκρασία του κ.α. Όπως υπολογίζεται η γενιά αυτή θα κάνει την εμφάνισή της στα επόμενα 5 χρόνια.

3.3 Πλεονεκτήματα Συστήματος

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εφαρμογή καταγράφονται ως εξής :

- Γρήγορη πρόσβαση στο Internet. Με ταχύτητες έως και 384kbps το κινητό προσφέρει ταχύτητες πρόσβασης παρόμοιες με αυτές της τεχνολογίας xDSL.

- Εφαρμογές πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο. Σε αυτές περιλαμβάνονται υψηλής ποιότητας ήχος, εικόνα ακόμη και η αναμενόμενη δυνατότητα τηλεδιάσκεψης από το κινητό
- Υψηλής ταχύτητας μετάδοση μηνυμάτων, συμπεριλαμβανομένων και των mms αλλά και μηνυμάτων email, τα οποία πλέον θα αποστέλλονται και θα λαμβάνονται σε ελάχιστο χρόνο
- Υψηλής ποιότητας παιχνίδια, τα οποία θα μπορούν να παίζονται online σε πραγματικό χρόνο και ταυτόχρονα με άλλους παίκτες.
- Υπηρεσίες εύρεσης θέσεως, σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS, οι οποίες θα μπορούν να παρέχουν χάρτες τη περιοχής που βρισκόμαστε, εύρεση βέλτιστης διαδρομής προς τον προορισμό μας, γειτονικά σημεία ενδιαφέροντος κλπ.
- Μετά την ευρεία διείσδυση της τεχνολογίας 3G αναμένεται να διατεθούν ακόμη περισσότερες υπηρεσίες, όπως μετάδοση τηλεοπτικών εκπομπών και υπηρεσίες παγκόσμιας περιαγωγής.

3.4 Διαφορές Δικτύων 1^{ης} και 3^{ης} Γενιάς

Μια σημαντική διάκριση μεταξύ των δικτύων GSM και UMTS είναι ο τρόπος που επηρεάζονται από τις υπηρεσίες δεδομένων. Ακόμη και με τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στο GSM όπως HSCSD και GPRS, οι επιπτώσεις στην απόδοση των δικτύων είναι ακόμα σημαντικά διαφορετική από εκείνες στο UMTS. Με το GSM, η εισαγωγή των υπηρεσιών δεδομένων έχει επιπτώσεις μόνο στους πόρους που είναι διαθέσιμοι για μεμονωμένους χρήστες. Η παρεμβολή μέσα το δίκτυο θα είναι η ίδια είτε φορτώνεται πλήρως με χρήστες φωνής είτε με μερικούς χρήστες δεδομένων που καταλαμβάνουν όλες τις χρονοθυρίδες και τα ζεύγη συχνοτήτων. Αντίθετα, με το UMTS η πιθανή παρεμβολή που εισάγεται από έναν χρήστη που χρησιμοποιεί υψηλούς ρυθμούς δεδομένων εξαρτάται από την θέση μέσα στην κυψέλη που βρίσκεται αυτός. Γενικά, οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων υιοθετούν έναν πιο σύντομο κώδικα διάδοσης και έχουν έτσι ένα μειωμένο κέρδος διάδοσης. Για να υπερνικήσει αυτήν την απώλεια η υπηρεσία μπορεί να μεταδοθεί με υψηλότερη ενέργεια. Αυτοί οι παράγοντες οδηγούν σε μεγάλες διακυμάνσεις των παρεμβολών.

Μια άλλη διαφορά μεταξύ του σχεδιασμού UMTS και GSM αφορά τον προσδιορισμό θέσης των σταθμών βάσεων. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν σίγουρα να επαναχρησιμοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερα από τις υπάρχουσες περιοχές κυψελών, όχι μόνο λόγω του κόστους αλλά και λόγω της μεγάλης έλλειψης κατάλληλων περιοχών στις αστικές περιοχές για τοποθέτηση νέων. Ενώ οι θέσεις για τους σταθμούς βάσεων ήταν μια από τις μεταβλητές στη διαδικασία σχεδιασμού για το GSM, αυτό θα προκαθοριστεί σε μια πολύ μεγαλύτερη έκταση στο UMTS. Αυτό μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού - η επιθυμητή χωρητικότητα μπορεί να μην είναι επιτεύξιμη με τις παρούσες περιοχές και μπορεί να αναγκάσει τις εταιρείες να υποβαθμίσουν την υπηρεσία σε μια περιοχή έως ότου διατεθούν νέες περιοχές. Ένα τελικό ζήτημα για τους αρμόδιους για το σχεδιασμό για να εξετάσουν είναι η έννοια της «μαλακή» μεταγωγής. Τα συστήματα GSM χρησιμοποιούν τη «σκληρή» μεταγωγή μεταξύ των κυψελών, το οποίο σημαίνει ότι ο χρήστης συνδέεται με μια κυψέλη τη φορά. Καθώς η κινητή συσκευή κινείται από την μια άκρη στην άλλη του δικτύου περνά από ένα σταθμό βάσης σε έναν άλλο. Τα συστήματα CDMA είναι ευαίσθητα σε αυξήσεις της ισχύος μετάδοσης. Στην άκρη μιας κυψέλης, ένας χρήστης θα πρέπει να αυξήσει τη ισχύ μετάδοσής του στο σταθμό βάσης και αυτό θα οδηγήσει σε μια γενική υποβάθμιση ικανότητας στο δίκτυο. Η έννοια της «μαλακής» μεταγωγής αναπτύχθηκε για το CDMA έτσι ώστε η ισχύς μετάδοσης του χρήστη να μπορεί να παραληφθεί σε δύο ή περισσότερους σταθμούς βάσης και να συνδυαστεί έπειτα στο διακόπτη. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης είναι σε θέση να διαβιβάσει σε χαμηλότερο επίπεδο ισχύος, το οποίο θα μειώσει ενδεχομένως την παρεμβολή. Το μειονέκτημα είναι ότι αυξανόμενη σηματοδότηση απαιτείται στο backbone, έτσι ώστε ο αυστηρός έλεγχος της περιοχής «μαλακής» μεταγωγής να καθίσταται σημαντικός. (3)

3.5 Υπηρεσίες UMTS

Το UMTS προσφέρει τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες του (όπως η ομιλία και τα μηνύματα) οι οποίες παρέχουν την δυνατότητα μεταφοράς πληροφοριών σε δίκτυα ανοικτής πρόσβασης και έχει την δυνατότητα να καθορίζει τα χαρακτηριστικά του κομιστή σύμφωνα με το traffic pattern των χρηστών. Οι υπηρεσίες κομιστή έχουν διαφορετικές παραμέτρους ποιότητας υπηρεσιών (QoS) ανάλογα με την ταχύτητα το

είδος και το ποσοστό σφάλματος bit μεταφοράς. Οι προσφερόμενες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων είναι:

- 144 kbits/s satellite and rural outdoor
- 384 kbits/s urban outdoor
- 2048 kbits/s indoor and low range outdoor

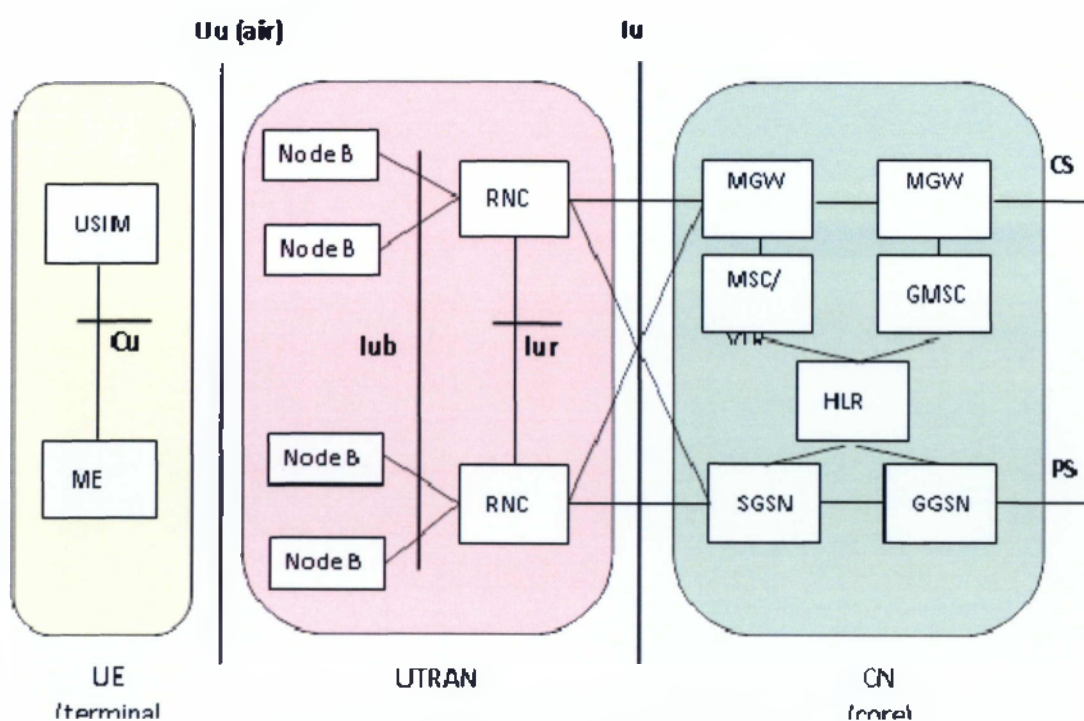
Συνεπώς, το UMTS καθορίζει τέσσερις κατηγορίες αναλογα με την κλάση ποιότητας υπηρεσίας, ως εξής:

Conversational κατηγορία	Αυτή συσχετίζεται με τη φωνητική τηλεφωνία και τις σχετικές υπηρεσίες. Αυτή η κατηγορία αναμένεται να είναι για ευρεία χρήση.
Streaming κατηγορία	Αυτή συσχετίζεται λίγο πολύ με τις υπηρεσίες βίντεο ή ήχου σε πραγματικό χρόνο. Η Streaming κατηγορία συσχετίζεται κυρίως με το αντίστροφο κανάλι και είναι μονόδρομη.
Interactive κατηγορία	Αυτή η κατηγορία θα χρησιμοποιήσει και τα δύο κανάλια (forward and reverse), αλλά θα απαιτήσει ένα πολύ χαμηλότερο ρυθμό λαθών.
Background κατηγορία	Παρόμοια με τη Interactive κατηγορία, αλλά θα έχει μια πολύ χαμηλότερη προτεραιότητα από τη Interactive κατηγορία. (4)

3.6 Η Αρχιτεκτονική του UMTS

Όπως έχει προαναφερθεί, το UMTS είναι ένα τρίτης γενεάς ασύρματο σύστημα που σχεδιάστηκε για να προσφέρει ψηλότερα bit rates και ανεπτυγμένες υπηρεσίες σε συνδρομητές. Ένα δίκτυο UMTS αποτελείται από 3 πεδία:

1. User Equipment (UE)
2. UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)
3. Core Network (CN)



Εικόνα 15 Γενική αρχιτεκτονική UMTS δικτύου

Τα πεδία UE και UTRAN αποτελούνται από καινούρια πρωτόκολλα, τα οποία σχεδιάστηκαν με βάση τις ανάγκες του WCDMA. Αντίθετα το CN έχει υιοθετηθεί από το GSM.

Η προτυποποίηση του UMTS έχει περάσει μέχρι τώρα από δυο φάσεις. Η πρώτη φάση είναι γνωστή σαν Έκδοση 99 (Release 99). Το επόμενο βήμα της προτυποποίησης είναι η Έκδοση 2000 (Release 2000). Όμως λόγω του μεγάλου αριθμού των αλλαγών που είχαν προταθεί, είχε αργότερα χωριστεί σε δυο ξεχωριστές εκδόσεις: Έκδοση 4 (Release 4) και Έκδοση 5 (Release 5).

3.6.1 Εξοπλισμός Χρήστη (UE)

Ο εξοπλισμός χρήστη (UE) αποτελείται από

- το κινητό τερματικό (MT),
- τον εξοπλισμό τερματικού (TE)
- την Subscriber Identify Module (USIM)

3.6.2 Δίκτυο UTRAN

Το UTRAN αποτελείται από τον Κόμβο-B (Node-B) (ή αλλιώς σταθμό βάσης) και τον Radio Network Controller (RNC). Ο RNC είναι υπεύθυνος για το γενικό έλεγχο των λογικών πόρων που παρέχονται από τους Κόμβους-B. Ο RNC διαχειρίζεται τους πόρους του air interface μεταξύ των Κόμβων-B και των σχετικών με αυτούς UE.

Ο Κόμβος-B παρέχει λογικούς πόρους που αντιστοιχούν στους πόρους μιας ή περισσότερων κυψελών στον RNC. Είναι αρμόδιος για την εκπομπή και λήψη στις κυψέλες που διαχειρίζεται. Ένας Κόμβος-B μπορεί να ελέγξει αρκετές κυψέλες διαχειριζόμενος το air interface του δικτύου για τους σχετιζόμενους με αυτό UEs. Είναι αρμόδιος για την αναμετάδοση των πακέτων μεταξύ των UEs και του RNC. Ο Κόμβος-B είναι επίσης υπεύθυνος για την ενίσχυση του RNC με τη διαχείριση των πόρων μέσω του πρωτοκόλλου αποστολής μηνυμάτων σηματοδότησης Node-B Application Protocol (NBAP). Ο κόμβος υποστήριξης Serving GPRS (SGSN) παρακολουθεί τη θέση των μεμονωμένων UEs και διεκπεραιώνει λειτουργίες ασφάλειας και ελέγχου πρόσβασης. Ο κόμβος υποστήριξης Gateway GPRS ενθυλακώνει εισερχόμενα πακέτα από εξωτερικά δίκτυα πακέτων (IP) και τα δρομολογεί στο SGSN.

RNC	NODE B
<ul style="list-style-type: none"> • Διαχείριση πόρων συστήματος (Radio Resource Control) • Έλεγχος εισόδου (Admission Control) • Ανάθεση καναλιού (Channel Allocation) • Ρυθμίσεις που αφορούν στον έλεγχο ισχύος (Power Control Settings) • Έλεγχος διαπομπών (Handover Control) • Μακροσκοπική διαχωρισιμότητα (Macro Diversity) • Κρυπτογράφηση (Ciphering) • Τεμαχισμός / Επανασύνδεση πακέτων (Segmentation / Reassembly) 	<ul style="list-style-type: none"> • Μετάδοση / Λήψη στο εναέριο μέσο (Air interface Transmission / Reception) • Διαμόρφωση / Αποδιαμόρφωση (Modulation / Demodulation) • Κωδικοποίηση φυσικών καναλιών (CDMA Physical Channel coding) • Μικροσκοπική διαχωρισιμότητα (Micro Diversity) • Διαχείριση λαθών (Error Handling) • Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου (Closed loop power control)

3.6.3 Core Network

Το CN είναι το δίκτυο κορμού του συστήματος UMTS. Το CN είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση, την ταυτοποίηση, τον εντοπισμό των χρηστών καθώς και για άλλες πολλές βασικές λειτουργίες. Το CN χωρίζεται σε 2 πεδία:

- πεδίο μεταγωγής κυκλώματος :Παρέχει συνδέσεις για υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος, όπως οι υπάρχουσες τηλεφωνικές. ISDN και PSTN είναι παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών.
- πεδίο μεταγωγής πακέτου: Παρέχει συνδέσεις για υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου.Το Internet αποτελεί παράδειγμα τέτοιας υπηρεσίας .

Στο πεδίο μεταγωγής κυκλώματος ανήκουν τα ακόλουθα στοιχεία:

- Mobile services Switching Center (MSC): είναι η μεταγωγή που εξυπηρετεί τον εξοπλισμό χρήστη (UE) στην τρέχουσα θέση του για υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος (CS).
- Visitor location register (VLR) : είναι βάση δεδομένων που όπως και το MSC εξυπηρετεί τον εξοπλισμό χρήστη(UE). Η VLR λειτουργία κρατά ένα αντίγραφο του προφίλ υπηρεσιών του επισκέπτοντος χρήστη, όπως επίσης περισσότερο ακριβείς πληροφορίες της θέσης του UE εντός του εξυπηρετούμενου συστήματος. Το μέρος του δικτύου που εισχωρείται μέσω του MSC/VLR συχνά αναφέρεται σαν CS domain (κυριότητα CS).
- Gateway MSC: είναι η μεταγωγή στο σημείο όπου το UMTS PLMN διασυνδέεται με εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (external CS networks). Όλες οι εισερχόμενες και οι εξερχόμενες συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος περνούν διαμέσου του GMSC.

Ενώ στο πεδίο μεταγωγής πακέτου ανήκουν τα εξής :

- GPRS Support Node (SGSN) :τυπικά χρησιμοποιείται για υπηρεσίες Μεταγωγής Πακέτου (Packet Switched). Το μέρος του δικτύου που προσπελαίνεται μέσω του SGSN συχνά αναφέρεται σαν PS domain (κυριότητα PS).
- Gateway GPRS Support Node (GGSN): η λειτουργία του είναι όμοια με αυτή του GMSC αλλά σε σχέση με Packet Switched υπηρεσίες.

Μερικά στοιχεία του δικτύου όπως τα EIR, HLR, VLR και AUC υπάρχουν και στα 2 πεδία.

Το HLR (Home Location Register) είναι μια βάση δεδομένων εγκατεστημένη στο προσωπικό σύστημα του χρήστη που αποθηκεύει το κύριο αντίτυπο του προφίλ υπηρεσιών χρήστη. Το προφίλ υπηρεσιών αποτελείται, για παράδειγμα, από πληροφορίες πάνω σε επιτρεπόμενες υπηρεσίες, απαγορευμένες περιοχές περιαγωγής και πληροφορίες Συμπληρωματικών Υπηρεσιών, όπως η προώθηση κλήσης και ο αριθμός προώθησης κλήσης. Δημιουργείται όταν ένας νέος χρήστης γίνεται συνδρομητής στο σύστημα και παραμένει αποθηκευμένη για όσο χρόνο η συνδρομή

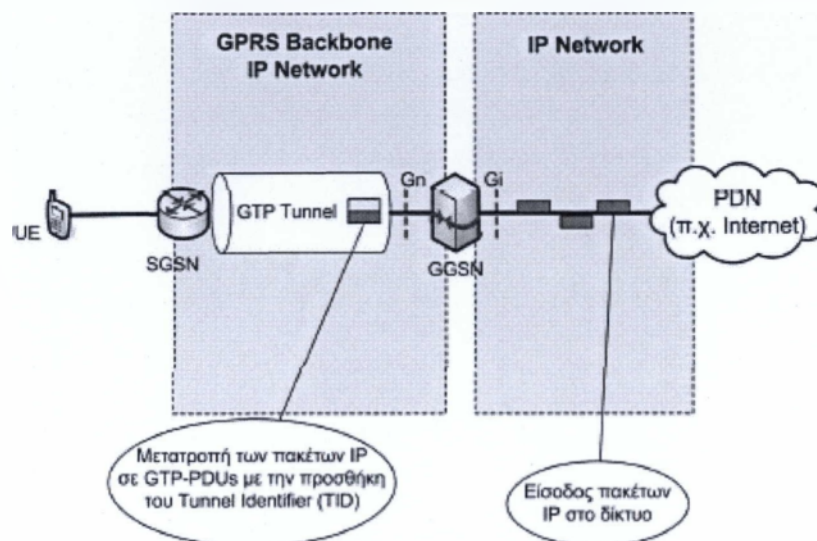
είναι ενεργή. Για το σκοπό της δρομολόγησης των εισερχόμενων εκτελέσεων προς το UE (κλήσεις ή SMS), το HLR ακόμη αποθηκεύει τη θέση του UE στο επίπεδο του MSC/VLR και/ή στο SGSN.

3.7 Μετάδοση Δεδομένων στο UMTS

Προτού ένα UE μπορέσει να ανταλλάξει δεδομένα με ένα PDN, θα πρέπει να αποκατασταθεί μία εικονική σύνδεση μεταξύ του συγκεκριμένου UE και του PDN. Από τη στιγμή που το UE είναι γνωστό στο PDN, τα πακέτα μεταφέρονται μεταξύ του UE και του PDN μέσω του πρωτοκόλλου Packet Data Protocol (PDP). Το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί το πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου (3ο επίπεδο στο μοντέλο OSI) για το UMTS. Για κάθε σύνοδο του UE, δημιουργείται μία δομή του PDP, η οποία περιέχει τις παραμέτρους της συνόδου (διευθύνσεις εμπλεκόμενων κόμβων, επίπεδο QoS κ.α.). Το υπεύθυνο πρωτόκολλο για τη δημιουργία μίας δομής του PDP όπως και για τη μεταφορά της πληροφορίας, είναι το GPRS Tunneling Protocol (GTP).

Το GTP είναι ένα πρωτόκολλο βασισμένο στο IP το οποίο χρησιμοποιείται στα δίκτυα UMTS. Το πρωτόκολλο αυτό δημιουργήθηκε και προτυποποιήθηκε από το ίδρυμα ETSI για το GSM. Στη συνέχεια, το 3GPP ενσωμάτωσε το GTP στο πρότυπο του UMTS. Το επίπεδο του GTP αντιστοιχεί στο επίπεδο πάνω από το UDP. Ουσιαστικά, πρόκειται για το πρωτόκολλο που είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των δομών του PDP, καθώς και για τη μεταφορά των δεδομένων που αντιστοιχούν σε κάθε σύνοδο. Για το σκοπό αυτό, υπάρχουν τρεις διαφορετικές μορφές του πρωτοκόλλου: η μορφή GTP-C, η GTP-U και η GTP'. Το πρωτόκολλο GTP-C χρησιμοποιείται στο CN για τη σηματοδότηση μεταξύ των SGSNs και των GGSNs. Ο ρόλος του GTP-C είναι να διαχειριστεί μία δομή PDP. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να ενεργοποιήσει μία σύνοδο για ένα συγκεκριμένο χρήστη, να απενεργοποιήσει την ίδια σύνοδο, να ρυθμίσει τις παραμέτρους του QoS ή, τέλος, να ανανεώσει μία σύνοδο για ένα συνδρομητή που προέρχεται από έναν άλλο SGSN. Από την άλλη πλευρά, το πρωτόκολλο GTP-U χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των πακέτων πληροφορίας μέσα στο CN ή μεταξύ του UTRAN και του CN. Τα δεδομένα του χρήστη μπορούν να μεταφερθούν με μορφή IPv4, IPv6 ή PPP. Ουσιαστικά, η επιτυχημένη δημιουργία της δομής PDP σημαίνει τη δημιουργία δύο συνόδων GTP. Η πρώτη βρίσκεται

μεταξύ του GGSN και του SGSN (διεπαφή Gn), ενώ η δεύτερη μεταξύ του SGSN και του RNC (Iu-PS). Τέλος, η μορφή GTP' του πρωτοκόλλου χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων χρέωσης του συνδρομητή από τους κόμβους SGSNs και GGSNs προς το μηχανισμό χρέωσης του δικτύου.



Εικόνα 16 Η σύνδεση GTP στη διεπαφή Gn

Πρωτόκολλα στο UMTS Έχουμε λοιπόν στο UMTS τα ακόλουθα είδη πρωτοκόλλων. Ανάλογα με τα τρία τμήματα του δικτύου:

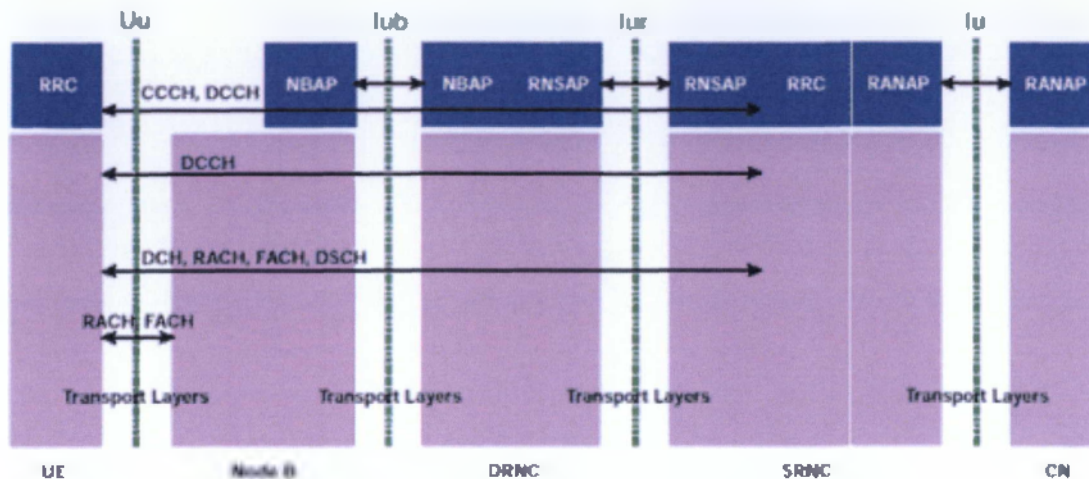
- Radio Interface protocol reference model
- UTRAN Protocol reference model
- CN Protocol Reference model
- UMTS Protocol Interworking Architecture
- Transport Network Protocols
- Radio Network Protocols
- System Network Protocols

Τα πρωτόκολλα αυτό χωρίζονται σε πέντε κύριους φορείς:

- Φορείς σηματοδοσίας
- Φορείς δεδομένων
- Πρωτόκολλα εφαρμογής για την εξυπηρέτηση των υπηρεσιών του ραδιοδικτύου.
- Data streams για την επικοινωνία των στοιχείων του δικτύου
- Πρωτόκολλα πρόσβασης στις εφαρμογές ελέγχου συνδέσεων(ALCAP) που

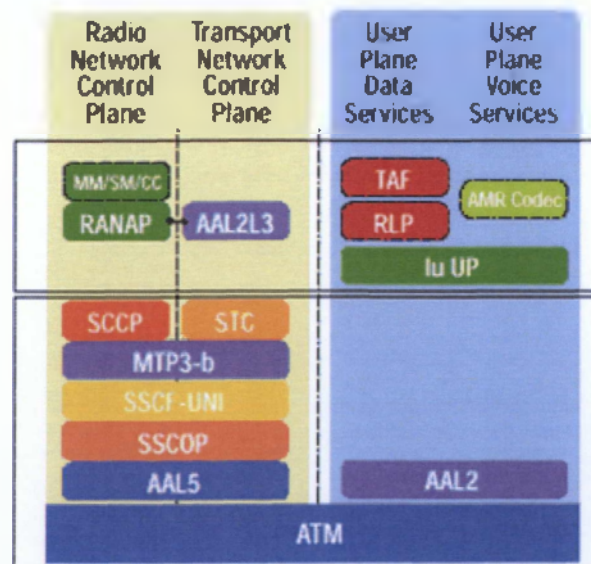
- παρέχονται στο TN-CP interface.

Το κύριο πρωτόκολλο εφαρμογής είναι το RANAP το οποίο χωρίζεται σε 3 επίπεδα και προσδιορίζει την επικοινωνία των χρηστών UE με το UTRAN. Η κεντρική αρχιτεκτονική του RANAP πρωτοκόλλου, είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 17 Επικοινωνία πρωτοκόλλων των διεπαφών

Ένα άλλο ειδικό πρωτόκολλο για την αλληλεπίδραση με την Iu είναι αυτό που φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 18 Πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης με την Iu : Radio Access Network Application Part (RANAP) [3G TS 25.413]

Αυτό χρησιμοποιείται για τις ακόλουθες διεργασίες:

- Διαχείριση φορέων ραδιοπρόσβασης
- Μεταφορά πληροφοριών από τον UE στο CN
- Επικοινωνία μεταξύ RNC και CN
- Paging αιτήσεις από το CN στον UE

Το PDCP (Packet Data Convergence Protocol) εξασφαλίζει τη διαφάνεια πρωτοκόλλων χαμηλότερων στρωμάτων από άλλα πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων. Τα RLC και MAC (Medium Access Control) εξασφαλίζουν μια αξιόπιστη λογική ζεύξη στο ασύρματο μέσο και κάνουν έλεγχο πρόσβασης αντίστοιχα. Σημειώτέον ότι κάθε RLC ζεύξη έχει τη δική της ταυτότητα (bearer id) και ένας κινητός σταθμός μπορεί να έχει πολλές τέτοιες ζεύξεις. Τα UTP/IP είναι τα γνωστά μας πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση των δεδομένων και τη σηματοδότηση. Όσον αφορά στα L1, L2 είναι τα γνωστά πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου και ζεύξης δεδομένων αντίστοιχα. Τέλος, το GTP-U (GPRS Tunneling Protocol for user plane) είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της σήραγγας για τη μεταφορά δεδομένων από τον κόμβο RNC (του δικτύου UTRAN) στον SGSN και από τον SGSN στον GGSN. Χρησιμοποιώντας το GTP, το UMTS έχει την δυνατότητα να μεταφέρει διάφορα είδη πακέτων (όπως τα IPv4, IPv6, PPP και X. 25) μέσω της ίδιας υποδομής. Παρατηρώντας το προηγούμενο σχήμα βλέπουμε και τα αντίστοιχα σημεία αναφοράς που συνδέουν τα τμήματα και τους κόμβους του UMTS δικτύου. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι στα ανώτερα στρώματα η επικοινωνία εξασφαλίζεται από τα κατώτερα διαφανώς, όπως άλλωστε ορίζουν και οι αρχές της διαστρωμάτωσης. Έτσι, το PPP πρωτόκολλο όπως και το επίπεδο εφαρμογής (application layer) δεν «αντιλαμβάνονται» την ύπαρξη των κατώτερων στρωμάτων. Ακόμα, πρέπει να πούμε ότι το SIP πρωτόκολλο σηματοδοσίας λειτουργεί στο επίπεδο εφαρμογής και τα μηνύματα SIP μεταφέρονται από το επίπεδο χρήστη σαν κανονικά δεδομένα. Το SIP αποτελεί ένα πρωτόκολλο βασισμένο σε κείμενο.

Από την άλλη, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, υπάρχει και το επίπεδο ελέγχου. Αυτό είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την υποστήριξη των λειτουργιών του επιπέδου χρήστη. Συνοπτικά, ελέγχει τις λειτουργίες attach και detach, ελέγχει τα χαρακτηριστικά ήδη υπάρχουσών συνδέσεων, εξασφαλίζει την κινητικότητα του χρήστη και εκχωρεί πόρους ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου.

3.8 Σχεδιασμός Δικτύου

Ο σχεδιασμός ασυρμάτων δικτύων UMTS (Radio Network Planning) περιλαμβάνει τις διαδικασίες της διαστασιολόγησης του δικτύου (dimensioning), τον αναλυτικό σχεδιασμό της ραδιοκάλυψης και της χωρητικότητας του δικτύου και τέλος τη βελτιστοποίηση του δικτύου που έχουμε στη διάθεσή μας. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τη διαδικασία της διαστασιολόγησης.

3.8.1 Διαστασιολόγηση

Η διαδικασία της διαστασιολόγησης περιλαμβάνει ισολογισμό ισχύος (link budget) και ανάλυση ως προς τη ραδιοκάλυψη, εκτίμηση της χωρητικότητας και εκτιμήσεις ως προς τον αριθμό των θέσεων και του υλικού των σταθμών βάσης, ως προς τους radio network controllers (RNC), ως προς τον εφοδιασμό διάφορων διεπαφών και ως προς στοιχεία του CN. Οι εκτιμήσεις πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του διαχειριστή ως προς την χωρητικότητα, τη ραδιοκάλυψη και την ποιότητα υπηρεσίας (QoS).

3.8.2 Ισολογισμός ισχύος

Το link budget planning αποτελεί τμήμα του σχεδιασμού δικτύου το οποίο συντελεί στο να προδιαγραφούν η ραδιοκάλυψη, η χωρητικότητα και η ποιότητα υπηρεσίας που απαιτούνται από το δίκτυο.

Στο UMTS η κάλυψη μιας μακροκυψέλης περιορίζεται από την άνω ζεύξη καθώς τα επίπεδα ισχύος των κινητών τερματικών είναι περιορισμένα (125mW). Η κάτω ζεύξη περιορίζει τη χωρητικότητα της κυψέλης καθώς η ισχύς που μεταφέρεται από το σταθμό βάσης (20-40W), πρέπει να μοιραστεί σε όλους τους χρήστες της κυψέλης. Τόσο η κάλυψη όσο και η χωρητικότητα περιορίζονται από τις παρεμβολές. Βελτιώνοντας το ένα μέγεθος έχουμε μείωση του άλλου.

Στόχος του link budget σχεδιασμού είναι ο υπολογισμός του μεγίστου μεγέθους κυψέλης κάτω από δεδομένα κριτήρια:

- Είδος υπηρεσίας (ταχύτητα και τύπος δεδομένων)
- Είδος περιβάλλοντος (terrain, building penetration)

- Συμπεριφορά και τύπος κινητών (ταχύτητα, μέγιστο επίπεδο ισχύος)
- System configuration (κεραίες BS, ισχύς BS, απώλειες καλωδίων, κέρδος διαπομπής)
- Απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης
- Οικονομικοί παράγοντες (χρήση ακριβού και καλύτερης ποιότητας εξοπλισμού, φτηνότερες μέθοδοι εγκατάστασης)

Όλα τα παραπάνω κριτήρια θα πρέπει να ταιριάζουν στις ζητούμενες ανάγκες κάλυψης, χωρητικότητας και ποιότητας του συστήματος για κάθε υπηρεσία σε κάθε περιοχή.

Πριν περάσουμε σε ένα παράδειγμα ισολογισμού ισχύος θα αναφερθούμε σε τρεις ιδιαίτερες παραμέτρους του WCDMA συστήματος που λαμβάνουν μέρος στον ισολογισμό αυτό.

Περιθώριο παρεμβολών (Interference Margin) - Το περιθώριο παρεμβολών χρησιμοποιείται στο link budget λόγω της αλληλεξάρτησης της χωρητικότητας μιας κυψέλης από τη κάλυψή της. Όσο μεγαλώνει το φορτίο της κυψέλης, τόσο μεγαλύτερο περιθώριο παρεμβολών απαιτείται και τόσο μικραίνει η περιοχή κάλυψης. Σε περιπτώσεις που η σχεδίαση έχει σκοπό τη μεγιστοποίηση της κάλυψης (coverage limited), επιλέγεται μικρότερη τιμή για το περιθώριο παρεμβολής σε σχέση με την περίπτωση που σκοπός είναι η μεγιστοποίηση της χωρητικότητας (capacity limited) όπου επιλέγεται μεγαλύτερη τιμή για το περιθώριο παρεμβολής. Το περιθώριο παρεμβολής πρέπει να είναι ίσο με τη μέγιστη αύξηση θορύβου (noise rise) που έχει θεωρηθεί κατά τη σχεδίαση του συστήματος. Τυπικές τιμές για τις περιπτώσεις μεγιστοποίησης της χωρητικότητας είναι 1 έως 3 dB.

Το περιθώριο γρήγορων διαλείψεων (Fast Fading Margin) - Το κινητό τερματικό χρειάζεται ένα ποσό ισχύος προκειμένου να πραγματοποιήσει έλεγχο ισχύος κλειστού βρόχου. Το περιθώριο γρήγορων διαλείψεων βρίσκει εφαρμογή σε τερματικά που κινούνται με μικρή ταχύτητα, όπου ο έλεγχος ισχύος μπορεί να εξουδετερώσει τις γρήγορες διαλείψεις, γεγονός που δεν συμβαίνει στην περίπτωση κινητών σταθμών με μεγάλες ταχύτητες. Τυπικές τιμές για το περιθώριο γρήγορων διαλείψεων είναι 2 έως 5 dB, για κινητούς σταθμούς με μικρές ταχύτητες.

Κέρδος από μεταπομπές τύπου soft (Soft Handover Gain) - Οι διαπομπές (soft ή hard) παρέχουν ένα κέρδος έναντι των διαλείψεων που ακολουθούν log-normal κατανομή (slow fading). Αυτό συμβαίνει επειδή το slow fading είναι ασυσχέτιστο μεταξύ των σταθμών βάσης και πραγματοποιώντας διαπομπή το κινητό μπορεί να επιλέξει ένα καλύτερο σταθμό. Η ήπια διαπομπή δίνει ένα ακόμα κέρδος έναντι των γρήγορων διαλείψεων μειώνοντας το απαιτούμενο Eb/No, λόγω της λήψης από 2 ασυσχέτιστα κανάλια. Το συνολικό κέρδος των ήπιων διαπομπών κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3 db.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΠΟΜΠΗΣ ΣΕ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ V_{B5.2}

Εισαγωγή

Στα πλαίσια ενός παγκόσμιου ασύρματου δικτύου, επετεύχθησαν κάποιες αναβαθμίσεις στην συνεργασία των διαφόρων τεχνολογιών. Σε αυτή την κατεύθυνση αναπτύχθηκε το Παγκόσμιο Σύστημα Ασύρματων Τηλεπικοινωνιών (UMTS), το οποίο κλήθηκε να γεφυρώσει την απόσταση μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών στα πλαίσια που προδιαγράφει το QoS (Quality of Service)¹⁴.

Το UMTS είναι πάνω από τα αναλογικά συστήματα πρώτης γενιάς (1G) και τα ψηφιακά κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς (2G) καθώς οι δυνατότητες του είναι να υποστηρίζει ρυθμούς δεδομένων μέχρι 1Mb/sec. Αυτή η δυνατότητα μαζί με την ενσωματωμένη δυνατότητα IP υπηρεσιών κάνει εφικτή την παροχή multimedia υπηρεσιών καθώς και νέων εφαρμογών ευρείας ζώνης, όπως video τηλεφωνία και video συνδιάσκεψη. (13)

Παράλληλα η ανοικτή πρόσβαση των νέων επικοινωνιών στο δίκτυο η οποία επιτρέπει την υλοποίηση της συνεργασίας μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών και στοιχείων από διαφορετικούς πάροχους, αποτελεί ένα άλλο σημαντικό ζήτημα.

Παράγοντες που έχουν δημιουργήσει πρόβλημα στην ανάπτυξη ενός παγκόσμιου ασύρματου δικτύου είναι η αύξηση των χρηστών κινητών συσκευών χρήσης του δικτύου και η μεταπομπή κλίσης στην περίπτωση χρηστών ασύρματων δικτύων.

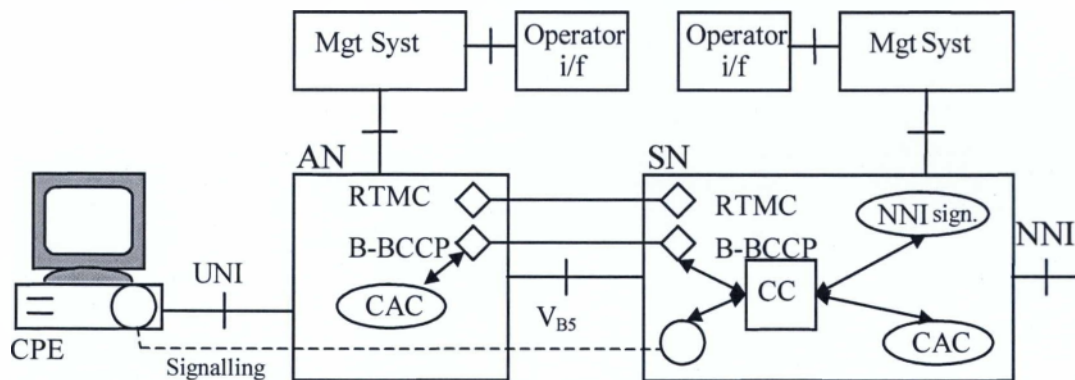
Η αναγκαιότητα ανάπτυξης ευρυζωνικών υπηρεσιών ανώτερες των ραδιο-επικοινωνιών έχει οδηγήσει στην υιοθέτηση της ATM. Η ασύρματη ATM και η ασύρματη κινητή ATM περιέχουν στάνταρντ που επεκτείνουν την αρχική λειτουργία του πρωτόκολλου ATM. Η ανάπτυξη της ATM υποστηρίχτηκε από την δυναμική του QoS.

¹⁴ Ενώ αρχικά το διαδίκτυο αναπτύχθηκε για την μεταφορά δεδομένων σήμερα χρησιμοποιείται περισσότερο για εφαρμογές που λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα να απαιτείται καλύτερη ποιότητα στις παρεχόμενες υπηρεσίες.¹⁴ Σε αυτή τη λογική σχεδιάστηκαν τα πρωτόκολλα ποιότητας υπηρεσιών (QoS) ώστε να συμπληρώσουν τις υπηρεσίες IP¹⁴, προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις υψηλές απαιτήσεις των εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο.

4.1 Η Επικοινωνία V_{B5}

Παρόλα αυτά η ανοικτή πρόσβαση δεν έχει επιτευχθεί από το πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου ATM καθώς αυτός δεν αποτέλεσε ο στόχος του. Η επικοινωνία V_{B5} σχεδιάστηκε ώστε να προσδώσει στην ATM χαρακτήρα ανοικτής πρόσβασης προσθέτοντας στοιχεία του Access Network (AN) και Service Node (SN). Τα πρωτόκολλα αυτά σχεδιάστηκαν στα πλαίσια της ενίσχυσης της Ανοικτής Πρόσβασης. Δύο είναι τα πρωτόκολλα που συμμετέχουν. Το RTMC Real Time Management Coordination για την διαχείριση ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ AN και SN και το B-BCCP Bearer Channel Control Protocol με το οποίο γίνεται έλεγχος ανταλλαγής πληροφοριών.

Η επικοινωνία V_{B5} τοποθετείτε ενδιάμεσα της Access Network (AN) και Service Node (SN). Η επικοινωνία βασίστηκε στην ATM και σχεδιάστηκε ώστε να επιτρέπει στην AN να πληροφορεί την SN σχετικά με την διαθεσιμότητα των πηγών των πάροχων.



Εικόνα 19 Αρχιτεκτονική λειτουργίας του V_{B5.2} Access Network (AN) και Service Node

Η AN θεωρείται ως ένα μαύρο κουτί από την πλευρά του χρήστη, καθώς ο χρήστης δεν βλέπει την διαφορά μεταξύ μια άμεσης σύνδεσης SN και της σύνδεσης δια μέσου της AN.

Υπηρεσίες που σχετίζονται με λειτουργίες, όπως ανακοινώσεις και πληροφορίες χρεώσεων reside at the SN. Περισσότερες από μια φυσική επικοινωνία είναι επιτρεπτή

Η εφαρμογή του VB5 προϋποθέτει την ύπαρξη AN, που θα λειτουργεί σαν διακόπτης. Η λειτουργία του διακόπτη AN σε αυτή την περίπτωση βρίσκεται ανάμεσα σε ένα τυπικό διακόπτη ATM και ένα σταυρό σύνδεσης, δεδομένου ότι

επιτελεί πραγματικό χρόνο δυναμικής λειτουργίας εγκάρσιας σύνδεσης μεταξύ VPs και VCs.

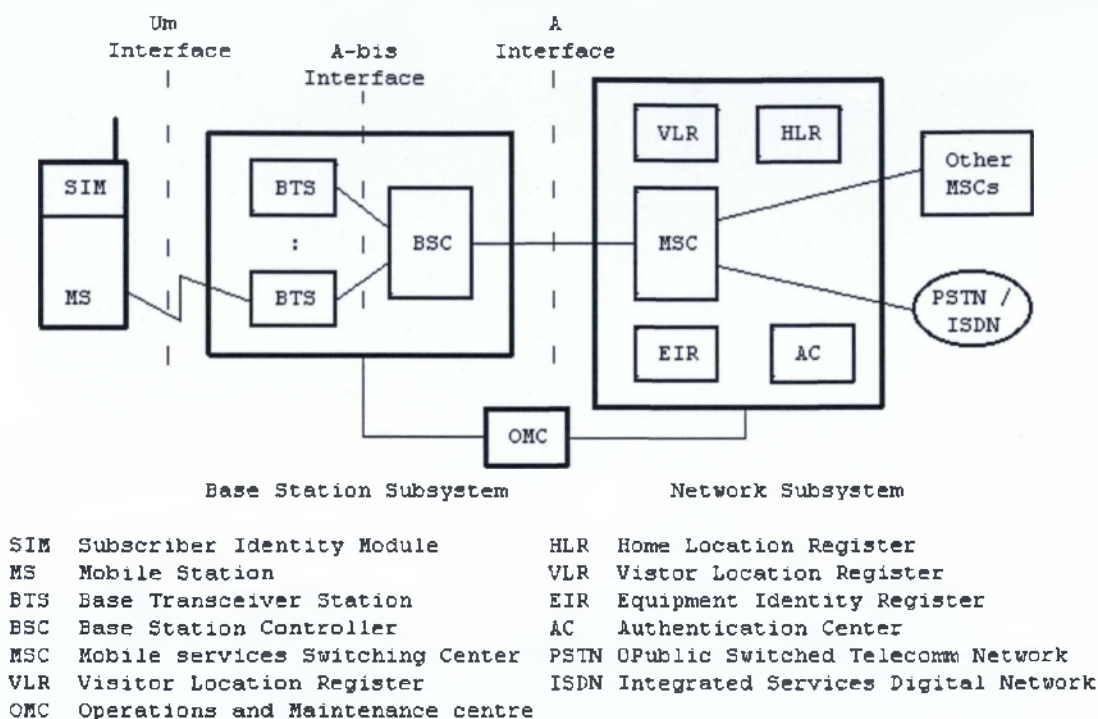
Το RTMC πρωτόκολλο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία μεταξύ AN SN και για τον χρόνο διαχείρισης των δράσεων που πρέπει να εκτελούνται. Ένα παράδειγμα αυτού του χρόνου είναι μια αλλαγή κρίσιμη πληροφορία στη διαθεσιμότητα ενός πόρου στο εσωτερικό AN. Ο κύριος σκοπός του B-BCCP είναι να δείξει στο χρήστη την θύρα στην οποία η σύνδεση θα δρομολογείται μέσω του AN και να αναφέρει τους πόρους που απαιτούνται για τη σύνδεση στο AN. Η B-BCCP θα κοινοποιεί στην AN σχετικά με τις απαιτήσεις εύρους ζώνης της σύνδεσης. Η AN θα έχει τη δυνατότητα να απορρίψει την SN που διατίθενται και να προτείνει νέες κατάλληλες τιμές, ανάλογα με την περίπτωση. Το ίδιο ισχύει επίσης για τις τιμές VPI / VCI της σύνδεσης, ο οποίος, ως αποτέλεσμα της συνένωσης εντός του AN μπορεί να μεταφραστεί σε άλλες τιμές.

Για να διαφυλαχθεί η μέγιστη συμβατότητα με τα τυποποιημένα πρωτόκολλα σηματοδότησης για B-ISDN, τα B-BCCP μηνύματα, ανταλλάσσονται κατά το στάδιο στήσιμο και την απελευθέρωση μιας κλήσης, αποτελούνται από ένα υποσύνολο των πεδίων του αντίστοιχου Digital Subscriber Συστήματος Σηματοδότησης αριθ. 2 (DSS2) μηνύματα. Με αυτόν τον τρόπο, η B-BCCP μήκος του μηνύματος υπερβαίνει το ένα μέγεθος κυττάρων, έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση. Επιπλέον, η ασφαλής μετάδοση δεδομένων μεταξύ φορέων από ομοτίμους B-BCCP είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό το οποίο παρέχεται από την σηματοδότηση Στρώμα Προσαρμογής ATM (Saal) πρότυπο.

Η Groupe Special Mobile ή παγκόσμια συστήματα για κινητές τηλεπικοινωνίες (GSM) δίκτυο αποτελείται από διάφορες λειτουργικές οντότητες. Η αρχιτεκτονική άποψη του δικτύου GSM, μπορεί να χωριστεί σε τρία μεγάλα τμήματα: το Mobile Station (MS), το υποσύστημα Σταθμών Βάσης (BSS), και το Υποσύστημα Δικτύου (NS).

Η κεντρική συνιστώσα του NS είναι το κινητό κέντρο μεταγωγής (MSC). Δρα σαν ένα κανονικό κόμβο μεταγωγής του PSTN ή ISDN, και επιπλέον παρέχει όλη τη λειτουργικότητα που απαιτείται για να χειριστεί ένα κινητό συνδρομητή, συμπεριλαμβανομένων των μεταβιβάσεων. Η παράδοση είναι ευθύνη του ελεγκτικού σταθμού βάσης (BSC), αλλά μόνο για τα κύτταρα στο εσωτερικό της περιοχής BSS. Το MSC παρέχει τη σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας (PSTN ή ISDN) ή άλλων MSCs. Η MS και η επικοινωνούν BSS σε ολόκληρη την διεπαφή

Um, επίσης γνωστή ως η διεπαφή αέρα ή ραδιοζεύξη. Το BSS επικοινωνεί με το MSC A σε όλη την διεπαφή.

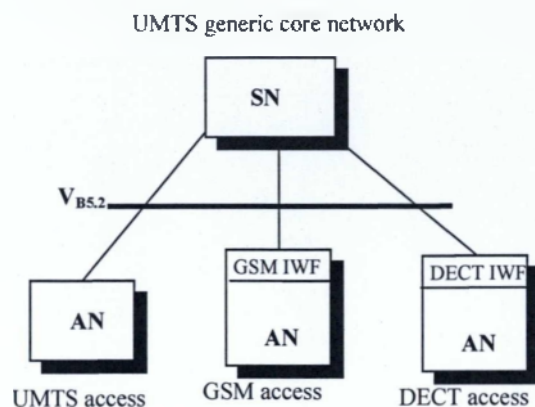


Εικόνα 20 Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου GSM

Η GSM αρχιτεκτονική είναι όμοια με την VB5 όπου η πρόσβαση στο δίκτυο χωρίζεται σε τρία λειτουργικά στοιχεία: ο εξοπλισμός των χρηστών, το στοιχείο πρόσβασης και το κεντρικό σύστημα. Ως εκ τούτου, θα μπορούσε να προτείνει ότι η VB5 διεπαφή θα μπορούσε να αντικαταστήσει τη διεπαφή A, δεδομένου ότι είναι ικανή να υποστηρίξει την απαραίτητη λειτουργικότητα ασύρματο. Για να συμβεί αυτό, διαφορετικά σύνολα διαλειτουργικότητας των λειτουργιών (IWFs) είναι απαραίτητες, προκειμένου να χαρτογραφήσει τις διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων, και κατά πάσα πιθανότητα ο επανασχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος, όπως αυτές που προτείνονται από.

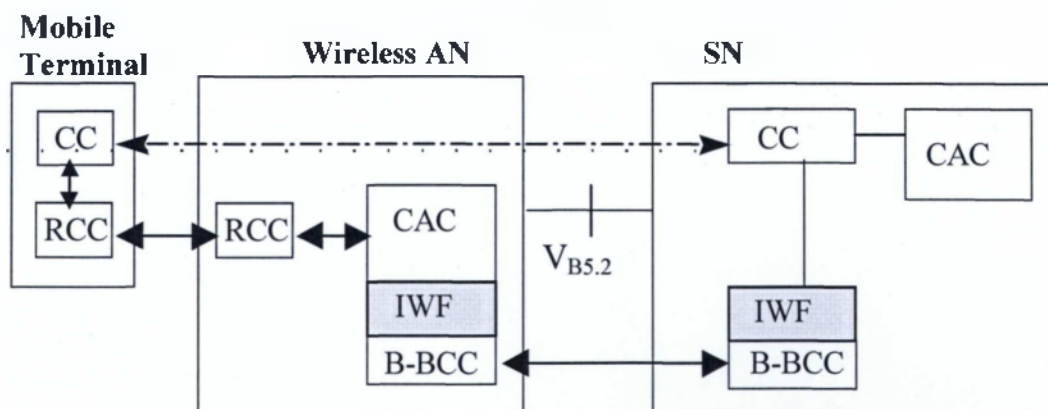
Μια σειρά από IWFs είναι απαραίτητη για τη χαρτογράφηση της B-BCCP με το ασύρματο AN συγκεκριμένη ελέγχου κλήσεων / σύνδεσης (CC) που σχετίζονται με μηνύματα. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα των διαφορών μεταξύ των UNI μηνύματα σηματοδότησης μεταξύ των διαφόρων AN τεχνολογίας. Η UNI σηματοδότηση χρησιμοποιείται για να ζητήσει, εγκατάσταση, να τροποποιήσει και να απελευθερώσει μια σύνδεση μεταξύ δύο τελικών χρηστών. Μέρος αυτής της

εγκατάστασης είναι η σύνδεση είναι αναγκαία για την κατανομή των πόρων σύνδεση μεταξύ του τελικού χρήστη και του SN μέσω του AN.



Εικόνα 21 Εφαρμογή της επικοινωνίας $V_{B5.2}$ για ασύρματη ATM

Η SN έχει την ευθύνη της κράτησης των αναγκαίων πόρων για τη δημιουργία σύνδεσης με τη λειτουργικότητα CC, το οποίο συντονίζει την όλη διαδικασία. Καλέστε τον έλεγχο εισόδου (CAC), τότε αναλαμβάνει τη διερεύνηση της διαθεσιμότητας των απαιτούμενων πόρων προκειμένου να ικανοποιήσει τις ζητούμενες παραμέτρους της υπό ίδρυση σύνδεση. Το ασύρματο AN περιέχει το CAC το οποίο χειρίζεται το ασύρματο μέρος του δικτύου υπό συζήτηση, χρησιμοποιώντας τη λειτουργία του Radio Κανάλι Ελέγχου (RCC).



Εικόνα 22 Ασύρματη πρόσβαση της $V_{B5.2}$ μεταξύ AN και SN

4.2 Μεταπομπή

Σε αντίθεση με τη NA, η BSS έχει τοπικών μηχανισμών λήψης αποφάσεων, όπως είναι η παράδοση λειτουργικό μπλοκ. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης σηματοδότηση δεν διέρχεται διαφανώς μέσω του BSS προς την κεντρική NS, όπως ήταν η περίπτωση με την NA, αλλά επθεωρηθεί και αν χρειάζεται χειρισμός τοπικά. Παρ' όλα αυτά, ένας μηχανισμός ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των δύο συστημάτων εξακολουθεί να είναι απαραίτητη, και μια βελτιωμένη B-MΣΕΣ πρωτόκολλο μπορεί να ικανοποιήσει αυτή την ανάγκη. Ειδικότερα, η προσέγγιση με τη χρήση τροποποιημένων B-MΣΕΣ υπάρχοντα μηνύματα, προκειμένου να χειριστεί την διαδικασία παράδοσης, πρέπει να περιγράφονται.

Παράδοση είναι η εναλλαγή της κλήσης σε διαφορετικό κανάλι ή κυττάρων. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι handover στο GSM σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει τη μεταφορά μιας κλήσης μεταξύ:

- Τα κανάλια (σχισμές χρόνου) στο ίδιο κύτταρο (BTS),
- κύτταρα (BTSs) υπό τον έλεγχο του ίδιου BSC,
- κύτταρα υπό τον έλεγχο διαφορετικών BSCs, αλλά που ανήκουν στον ίδιο MSC,
- κύτταρα υπό τον έλεγχο των διαφόρων MSC.

Τα δύο πρώτα είδη της παράδοσης, που ονομάζεται εσωτερική μεταβιβάσεων, αφορούν μόνο ένα BSC. Για να αποθηκεύσετε το εύρος ζώνης σηματοδότηση, η διαχείρισή τους γίνεται από την BSC, χωρίς τη συμμετοχή της MSC, εκτός από το να κοινοποιούν στην ολοκλήρωση της παράδοσης. Τα τελευταία δύο τύποι handover, που ονομάζεται εξωτερική μεταβιβάσεων, χειρίζεται το σχετικό MSC. Σημειώνεται ότι ο έλεγχος κλήσης, όπως η παροχή συμπληρωματικών υπηρεσιών και αιτήματα για περαιτέρω μεταβιβάσεις, γίνεται από την αρχική MSC. Στην ακόλουθη μελέτη μόνο το σενάριο που συνεπάγονται κύτταρα υπό τον έλεγχο διαφορετικών BSCs, αλλά που ανήκουν στον ίδιο MSC πρέπει να χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη λειτουργικότητα που απαιτείται για τη μεταπομπή μεταξύ ενός κεντρικού συστήματος (MSC) και κατανεμημένα στοιχεία πρόσβασης (BSC). Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα εμπλεκόμενα μηνύματα για την παράδοση συναλλαγή ως και τα στοιχεία πληροφοριών από τις οποίες αποτελούνται τα μηνύματα αυτά. Αυτά τα στοιχεία περιγράφουν πληροφορίες σε γενικές γραμμές η λειτουργικότητα που

χρειάζεται κάθε μήνυμα, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν από τους εμπλεκόμενους φορείς CAC.

Οι περισσότεροι εκ των στοιχείων αυτών πληροφοριών έχουν συγκεκριμένο σκοπό που ασχολούνται με τα χαρακτηριστικά ασυρμάτου του συστήματος και συνεπώς δεν θα μπορούσε ενδεχομένως να χαρτογραφούνται σε οιαδήποτε στοιχεία πληροφοριών των DSS2 μηνύματα και έτσι να B-BCCP αυτά μηνύματα. Μόνη εξαίρεση σε αυτό είναι η ακολουθίας αναφοράς και η αιτία RR που έχουν παρόμοια χρήση με τον αριθμό αναφοράς σύνδεσης και RR αιτία της B-BCCP μηνύματα, όπως φαίνεται στον πίνακα 6. Ως αποτέλεσμα, τα περισσότερα από τα στοιχεία πληροφοριών που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα πρέπει να ενσωματωθούν στα B-BCCP μηνύματα. Αυτή η εισαγωγή πρόσθετων στοιχείων πληροφοριών δεν επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του συστήματος, καθώς υπάρχει άφθονο ελεύθερο εύρος ζώνης στις περισσότερες περιπτώσεις. Μόνο για την περίπτωση που το μέγεθος της εντολής της μεταγωγής υπερβαίνει το μέγεθος ενός κυττάρου ATM τότε διασπάται σε δύο-κυττάρων μήνυμα.

Πίνακας 5 Εξερχόμενα μηνύματα μεταπομπής και οι πληροφορίες που περιέχουν

Information elements	Message					Information Element size (bytes)
	HANDOVER_ACCESS	HANDOVER_COMMAND	HANDOVER_COMPLETE	HANDOVER_FAILURE	PHYSICAL_INFORMATION	
Protocol discriminator		M	M	M	M	2
Transaction identifier		M	M	M	M	
Message type		M	M	M	M	
Cell description		M				2
Channel description		M				3
Handover reference	M	M				1
Power command		M				1

Synchronisation indication		O				1
Cell channel description		O				17
Channel mode		O				2
Channel description		O				4
Channel mode 2		O				2
Frequency channel sequence		O				10
Mobile allocation		O				2-10
Starting time		O				3
RR cause			M	M		1
Timing advance					M	1
Minimum message size	1	9	3	3	3	
Maximum message size		55				

M: mandatory O: optional

4.3 Εμπλοκή κατά B-BCCP

Ως γεγονός, στατιστικά σχεδόν το ήμισυ του εύρους ζώνης του B-BCCP καναλιού μεταφέρει χρήσιμες πληροφορίες, ενώ το άλλο μισό του είναι εφεδρικό, λόγω του εγκλεισμού εντός κυττάρων ATM κάθε B-BCCP μηνύματος. Αυτό το εφεδρικό εύρος ζώνης θα μπορούσε να καλυφθεί από πρόσθετα στοιχεία πληροφοριών που θα μπορούσαν να περιγράψουν συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως την μεταπομπή. (14)

Για την περίπτωση της μεταπομπής, προτείνονται τα μηνύματα B-BCCP που είναι κλαδικά προσανατολισμένα. Αυτά τα μηνύματα χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη να συνδεθεί ένα τρίτο μέρος στην εξελισσόμενη ενότητα δύο (ή περισσότερων) χρηστών. Δηλαδή για την περίπτωση της μεταπομπής, είναι απαραίτητη μία πρόσθετη με την υφιστάμενη διμερή σύνδεση (δηλαδή τη σύνδεση προορισμού) πριν από την κατάπτωση του εγκαταλελειμμένου μέρους της σύνδεσης, δηλαδή το μέρος που προέρχεται από τη μεταπομπή.

Τα μηνύματα ADD_BRANCH, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, κάνουν μικρή χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης, όπως σχεδόν περισσότερο από το μισό του εκχωρούμενου εύρους ζώνης για κάθε μήνυμα, δηλαδή το μέγεθος του ενός κυττάρου ATM είναι άδειο. Στα μεγέθη μηνύματος που παρουσιάζονται στις κάθετες στήλες του παρακάτω πίνακα δεν έχει συμπεριληφθεί το μέγεθος ενός κοινού πεδίου

πληροφοριών ίσου με 9 bytes. Έτσι, επαναχρησιμοποιώντας αυτά τα μηνύματα και μεταβάλλοντας την αρχική τους μορφή, θα μπορούσαμε να ικανοποιήσουμε τις ανάγκες της διαδικασίας μεταπομπής από τη μία και να διατηρήσουμε από την άλλη το σύστημα όσο πιο κοντά στην αρχική του δομή είναι δυνατόν, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την πολυπλοκότητα του προκύπτοντος βελτιωμένου συστήματος.

Πίνακας 6 Τα μηνύματα B-BCCP με τα σχετικά στοιχεία πληροφοριών και το μέγεθος τους

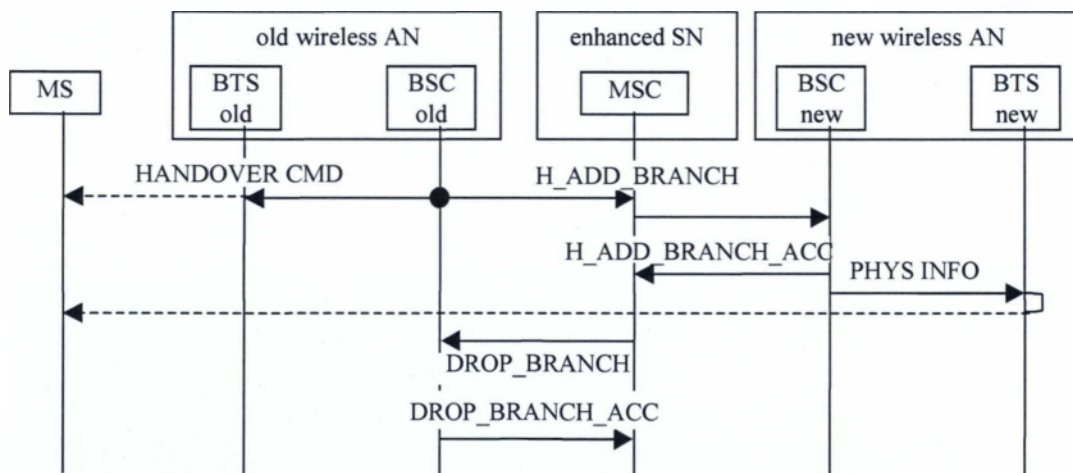
Information elements	Messages						element min size	element max size
	ADD_BRANCH	ADD_BRANCH_ACC	ADD_BRANCH_REJ	DROP_BRANCH	DROP_BRANCH_ACC	DROP_BRANCH_REJ		
Connection reference number	M			M			7	
User port connection identifier	M	O					8	12
Alternative user port VPCI	O						6	
Automatic congestion level		O	O		O	O	5	
Reject cause			M			M	5	
Branch identifier	M						6	
Branch identifier list				M			6	
Minimum message size	21		5	13		5		
Maximum message size	31	17	10		5	10		

M: mandatory O: optional

4.4 Χαρτογράφηση Μηνύματος

Στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζονται συναλλαγές μηνυμάτων για τη μεταπομπή των MS από τα παλιά BTS στα νέα. Σε αυτή την περίπτωση, υποθέτουμε μια προσέγγιση κοντά στο GSM, όπου το δίκτυο εκδίδει την εντολή μεταπομπής

(HANDOVER_COMMAND) προς το MS και στη συνέχεια το MS κάνει σφυγομέτρηση του προορισμού BTS για την πρόσβαση σε πόρους της. Έτσι, οι BTS έχει ένα παθητικό ρόλο μετά την έκδοση της απόφασης για τη μεταπομπή. Τα νέα BTS, και συγκεκριμένα η νέα BSC, μετά την παραλαβή του μηνύματος HANDOVER_ACCESS, πρέπει να το μεταφράσει σε μήνυμα B-BCCP και να το διαβιβάζει στο MSC. Σε όλες τις περιπτώσεις, το MSC έχει πρωταρχικό ρόλο στις συναλλαγές μηνυμάτων, καθώς θεωρείται το σημείο σύνδεσης μεταξύ των διαφόρων BSCs . Σε αυτή την περίπτωση, το βελτιωμένο μήνυμα είναι το H_ADD_BRANCH, ακολουθώντας το αρχικό σενάριο πρωτοκόλλου της ADD_BRANCH. (15)



Εικόνα 23 Διάγραμμα ροής μηνύματος μεταπομπής όταν εμπλέκεται το B-BCCP (ενεργητικό BTS).

Να σημειωθεί ότι εξακολουθούν να υπάρχουν δύο πιθανές περιπτώσεις σύνδεσης: η κλήση σε εξέλιξη περιλαμβάνει δύο χρήστες που ανήκουν στην ίδια (παλαιά) περιφέρεια BSC ή δύο χρήστες σε διαφορετικά BSCs. Στην πρώτη περίπτωση, τα μηνύματα διακλάδωσης θα πρέπει να διαβιβάζονται μέχρι το παλιό BSC, όπου το άλλο μέρος της σύνδεσης παραμένει, προκειμένου να λάβει χώρα η διακλάδωση. Από την άλλη, όταν το άλλο άκρο της κάτω σύνδεσης μεταπομπής υπάρχει σε ένα διαφορετικό BSC από το παλιό BSC του MS, η διακλάδωση θα πρέπει να λάβει χώρα στην θέση MSC, καθώς από εκεί περνά η φυσική διαδρομή. Αυτός είναι ο λόγος που υπάρχουν γκρίζες γραμμές στο παρακάτω σχήμα, που απεικονίζουν την προαιρετική ύπαρξη της συναλλαγής μηνύματος μεταξύ MSC και παλαιού BSC. Το MS ειδοποιείται ότι η σύνδεση μεταπέμφθηκε με επιτυχία, χρησιμοποιώντας το μήνυμα PHYSICAL_INFO.

Μετά την επιτυχή διακλάδωση της υφιστάμενης σύνδεσης, το MSC θα πρέπει να αναλάβει την κατάπτωση του εγκαταλελειμμένου μέρους των συναλλαγών με τη χρήση τυποποιημένων μηνυμάτων B-BCCP όπως το μήνυμα DROP_BRANCH. Αυτό απαιτεί μια χαρτογράφηση των αναγνωριστών σύνδεσης, στο ελάχιστο, μεταξύ μηνυμάτων GSM και B-BCCP ώστε το MSC να κρατήσει μια πλήρη άποψη των πόρων του δικτύου.

Μια άλλη προσέγγιση είναι αυτή του ενεργού BSC στη διαδικασία μεταπομπής. Δηλαδή, το παλιό BSC έχει την πλήρη πρωτοβουλία σε αυτό το σενάριο, την έκδοση όχι μόνο εντολής μεταπομπής (HANDOVER_COMMAND) προς το MS, αλλά και H_ADD_BRANCH προς το MSC. Στην περίπτωση αυτή διεξήχθη μία μη δεσμευμένη χρήση που μοιάζει με μήνυμα ADD_BRANCH, καθώς πραγματικά στο B-BCCP αυτή προέρχεται από την διεύθυνση του κεντρικού ελέγχου (SN) προς την κατανεμημένη πρόσβαση (ασύρματο AN). Έτσι, για το μέρος του ταξιδιού του μηνύματος από το παλιό BSC στο MSC, υπάρχει ένα ανοιχτό θέμα: εάν θα πρέπει το πρωτόκολλο να είναι ενήμερο για την "κακή" χρήση αυτού του μηνύματος ή την εισαγωγή ενός νέου μηνύματος που θα επιτρέψει την έναρξη ενεργειών από την περίμετρο προς το κέντρο του συστήματος.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στο πρώτο κεφάλαιο ανέλυσα το περιβάλλον ανοικτής πρόσβασης¹⁵ του οποίου η δομή συνίσταται από τον παροχο τον φορέα και το δίκτυο. Ο πάροχος προσφέρει δίκτυο στους φορείς και οι φορείς στον τελικό χρήστη. Το σύνολο των εμπλεκομένων μπορεί να διαχειρίζεται και να διαμορφώνει τις πληροφορίες που ανεβάζονται στο δίκτυο.

Τα δίκτυα διακρίνονται σε δίκτυα μεταγωγής και δίκτυα φωνής και δεδομένων. Στην πρώτη κατηγορία η διαδρομή της πληροφορίας ξεκινά από την πηγή, συνεχίζει στους κόμβους και τελικώς καταλήγει στον δέκτη. Στα δίκτυα φωνής και δεδομένων δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι.

Στη συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώθηκα στο πρωτόκολλο ATM. Σχετικά με την ATM είναι πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου, λειτουργεί όπως τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων με τις αρχές του QoS¹⁶ και παρέχει υπηρεσίες του τύπου δικτύων πρόσβασης φωνής και δεδομένων. Στην ουσία η ATM συνδέει πληροφορίες φωνής και δεδομένων όπως το σύστημα OSI,¹⁷ στο οποίο εντάσσεται στην 2^η (DataLink) από τις επτά ενότητες του. Το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων (data link level) οργανώνει τα μπιτ σε λογικές μονάδες που ονομάζονται πλαίσια (frames), και οι οποίες περιέχουν πληροφορίες από το επίπεδο δικτύου. Το επίπεδο συνδέσμου δεδομένων είναι υπεύθυνο για την κόμβο προς κόμβο παράδοση των πλαισίων μεταξύ δύο γειτονικών σταθμών.

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από τη θέση του πακέτου σε ένα bucket, αλλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης μαζί με τα δεδομένα, και ταυτόχρονα να κρατά τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο μικροτσιπ ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή στην ροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους επαναληπτικότητας (redundancy).

¹⁵ Ως Ανοικτή Πρόσβαση ορίζεται η διαδικασία μετάδοσης δεδομένων από μέσα ιδιωτικής κτήσης που επιτρέπουν την περαιτέρω επεξεργασία και αναμετάδοση σε τρίτους πάροχους με σκοπό να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα για την παροχή υπηρεσιών στους αντίστοιχους τελικούς χρήστες τους.

¹⁶ Ενώ αρχικά το διαδίκτυο αναπτύχθηκε για την μεταφορά δεδομένων σήμερα χρησιμοποιείται περισσότερο για εφαρμογές που λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα να απαιτείται καλύτερη ποιότητα στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Σε αυτή τη λογική σχεδιάστηκαν τα πρωτόκολλα ποιότητας υπηρεσιών (QoS) ώστε να συμπληρώσουν τις υπηρεσίες IP, προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις υψηλές απαιτήσεις των εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο.

¹⁷ Το μοντέλο της Διασύνδεσης Ανοιχτών Συστημάτων (OSI, Open Systems Interconnection) είναι ένα μοντέλο που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους δύο οποιαδήποτε διαφορετικά συστήματα.

Το B-BCCP μπορεί να έχει ουσιαστικό ρόλο ως η διεπαφή μεταξύ των στοιχείων του δικτύου, όπως τα κατανεμημένα συστήματα πρόσβασης και οι κεντρικά τοποθετημένες λειτουργίες υπηρεσιών και ελέγχου. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι το ζεύγος AN-SN για την περίπτωση PON ή το BSC-MSB για την περίπτωση GSM, αλλά γενικά κάθε τέτοια λειτουργική διάκριση θα μπορούσε να θεωρηθεί ως έγκυρη. Η παρόμοια αρχιτεκτονική των δύο συστημάτων επιτρέπει την εξέταση μιας χαρτογράφησης μεταξύ των μηνυμάτων που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να κάνει τα δύο συστήματα να συνεργαστούν. Στην κατεύθυνση αυτή βοηθά το γεγονός ότι και τα δύο συστήματα πρέπει να μεταφράσουν τα μηνυματά τους σηματοδότησης σε συγκεκριμένες ενέργειες ελέγχου κλήσης (CC), και ως εκ τούτου θα πρέπει να είναι σύμφωνες με κάποιου είδους καθολικές απαιτήσεις χαρτογράφησης CC. Η χαμηλή χρήση του εύρους ζώνης του καναλιού B-BCCP, λόγω του εγκλεισμού κάθε μηνύματος σε κύτταρα ATM, παρέχει χρήσιμο χώρο για περαιτέρω εισαγωγή νέων στοιχείων πληροφοριών στα υφιστάμενα μηνύματα B-BCCP. Το ενισχυμένο μήνυμα θα μπορούσε να ικανοποιήσει, γενικά μιλώντας, τις ανάγκες της διαδικασίας μεταπομπής. Μια τέτοια προσέγγιση περιγράφεται με τα παρουσιαζόμενα διαγράμματα ροής, για τις περιπτώσεις ενεργού και μη-ενεργού ρόλου του BSC στη διαδικασία μεταπομπής. Η ακριβής χαρτογράφηση των στοιχείων πληροφοριών μεταξύ των μηνυμάτων GSM και B-BCCP απαιτούν περαιτέρω μελέτη, αλλά είναι γεγονός ότι το όλο μήνυμα μεταπομπής θα μπορούσε να χωρέσει σε ένα ενισχυμένο μήνυμα B-BCCP μεγέθους ενός ή δύο κυττάρων ATM. Επιπλέον, το παράδειγμα του GSM μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παρέκκλιση προς την εισαγωγή της διεπαφής VB5.2 ως υποψήφιο για διεπαφή I_u για το δίκτυο UMTS. Επιπλέον, το B-BCCP θα μπορούσε να εισαχθεί βαθύτερα στο τμήμα πρόσβασης GSM, προς το BTS, προσθέτοντας περισσότερη λειτουργικότητα στο BTS απ' ό,τι η παροχή μιας διαδρομής δεδομένων ελεύθερης από σφάλματα. Από την άλλη, οι τοπικές συναλλαγές θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν σε τοπικό επίπεδο, όπως ακριβώς στην περίπτωση του BSC και MSB.

Η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς παρά το γεγονός ότι η τρίτη γενιά δεν είναι ακόμη σε πλήρη λειτουργία, η ακαδημαϊκή ή εξερεύνηση της 4G κινητής επικοινωνίας έχει ήδη ξεκινήσει. Καταρχήν η τρίτη γενιά ασφαλώς ήταν το βασικότερο βήμα για την επίτευξη των προσωπικών τηλεπικοινωνιών, αλλά ωστόσο δεν κατάφερε να τις κάνει πραγματικότητα.

Η τέταρτη γενιά θα προσεγγίσει περισσότερο τις προσωπικές επικοινωνίες παρέχοντας επικοινωνία οποιαδήποτε μορφής, σε κάθε χώρο και χρόνο, με οποιονδήποτε. Θα απαιτήσει επίσης καλή απόδοση επικοινωνίας, που θα αφορά κυρίως media παρά φωνή. Στις εφαρμογές τα τεματικά της τέταρτης γενιάς δε θα παρέχουν μόνο ομιλία ή εικόνα αλλά επιπλέον θα προειδοποιεί και θα ενημερώνει το χρήστη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Z. I. Magabe, Z.** *Open Access Technology*. Stockholm : Royal Institute of Technology, 2006.
2. **Jon-Olov Vatn, J.** IP telephony: mobility and security. <http://web.it.kth.se/~vatn/research/phd-thesis-vatn-with-cover.pdf>. [Ηλεκτρονικό] 2006.
3. **A.T.C., A.** *ATM User Network Interface (UNI) Signalling Specification v 4.0*. 1996 : The ATM Forum Technical Committee af-sig-0061.000.
4. **E. Guainella, G. Celluprica, M. Castrucci** . Model Implementation - Connection Admission Control on Access Network. http://labreti.ing.uniroma1.it/daidalos/report_cac.htm. [Ηλεκτρονικό]
5. **Π. Κωνσταντίνου, Π.** *Μελέτη Δικτύων Επόμενης Γενιάς και Μοντελοποίησης τους στο Περιβάλλον του OPNET*. Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2011.
6. **ITU, I.** *Series I. Integrated Services Digital Network*. 1999.
7. **Κ. Στούμπου, Κ.** *Ανάπτυξη χρονοπρογραμματιστή ROLM για ενσωματωμένους μεταγωγείς ATM*. Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2008.
8. **Χ. Λασκαρίδης, Χ.** *Συμβολή στην μελέτη δικτύων Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς, ATM μεταγωγείς: αρχιτεκτονικές και προοπτικές*. Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2002.
9. **Π. Μουντρουίδου, Π.** *Σχεδίαση Χρονοπρογραμματιστή Πακέτων για Δίκτυα ATM Υψηλής Ταχύτητας*. Αθήνα : s.n., 2002.
10. **T. Robertazzi, T.** *Performance evaluation of high speed switching fabrics and networks : ATM, broadband ISDN, and MAN technology* . New York : IEEE Press, 1993.

11. **Β. Κακαβέτσος, Β.** *Μελέτη Μελλοντικού UMTS Δικτύου (4G) Με IP Διασύνδεση στο Core Network*. Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
12. **Π. Αντωνίου, Μ. Καλλίτση, Π. Καμπανάκη** „ *Σχεδίαση και ανάπτυξη λογισμικού για την χρήση του πρωτοκόλλου έναρξης συνόδου SIP ως γενικευμένου πρωτοκόλλου σηματοδότησης, σε κινητά δίκτυα μετά την Τρίτη γενιά*. Αθήνα : s.n., 2007.
13. **G. Pikrammenos, P. Giannakakis, I. S. Venieris**, *Protocol, Handover procedure realisation upon the VB5.2 interface using the Broadband Bearer Channel Control*. Athens : National Technical University of Athens, 2009.
14. **G. Pikrammenos, N. Mastorakis**, *The design of Passive Optical Networks according to FSAN*. s.l. : World Scientific Publishing Co, 1998. ISBN 9-8102-3657-3.
15. **G. A. Pikrammenos, I.** *The Interconnection of Third Generation Mobile Systems (UMTS) with Fixed and Wireless Access Networks over VB5.2 Interface*. Μόναχο, Γερμανία : IEEE/AFCEA EUROCOMM , 2000. ISBN 0-7803-6323-X.
16. **Π. Τουμάσης**, *Wireless Networking & Mobile Computing*. 2008.
17. **Ι. Α. Πικραμμένος**, *Αρχιτεκτονικές και Πρωτόκολλα Δικτύων Πρόσβασης για Ανοικτή Παροχή Υπηρεσιών - Διδακτορική Εργασία - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών - Τομέας Ηλεκτροεπιστήμης - Αθήνα - 2000*