



# **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΕ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ:**

**ΖΑΧΑΡΑΚΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΚΟΣΜΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**



# ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΥ

**ΕΠΩΝΥΜΟ:** ΖΑΧΑΡΑΚΟΣ

**ΟΝΟΜΑ:** ΣΩΤΗΡΙΟΣ

**ΟΝΟΜΑ ΠΑΤΕΡΑ:** ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

**ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΕΡΑΣ:** ΕΙΡΗΝΗ

**ΤΜΗΜΑ:** ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΣΤΗΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

**Α.Μ.:** 8762

**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:** ΠΡ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ 1

**ΠΕΡΙΟΧΗ:** ΚΑΛΛΙΘΕΑ/ΑΘΗΝΑ

**Τ.Κ.:** 17676



## Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η εξέταση του τρόπου παροχής Ποιότητας Υπηρεσίας στα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Τα δίκτυα αυτά, γνωστά και ως δίκτυα 3G ή δίκτυα UMTS αποτελούν την εξέλιξη των δικτύων δεύτερης γενιάς GSM και θα προσφέρουν μια μεγάλη γκάμα υπηρεσιών, οι οποίες μέχρι πρότινος παρεχόντουσαν μόνο από τα επίγεια δίκτυα δεδομένων. Η παροχή λοιπόν Ποιότητας Υπηρεσίας είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα καθώς αυτή διασφαλίζει την εμπορική επιτυχία αυτών των εφαρμογών.

Στην διπλωματική εργασία, αρχικά γίνεται μια αναφορά στην δομή των δικτύων τρίτης γενιάς και παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι λειτουργίας καθώς και σημαντικοί μηχανισμοί που εμπλέκονται με το θέμα της Ποιότητας Υπηρεσίας, καθώς είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς τον τρόπο λειτουργίας αλλά και τις δυνατότητες που προσφέρει ένα τέτοιο δίκτυο.

Στην συνέχεια δίνεται μια περιγραφή το πώς μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός των διαφόρων υπηρεσιών ανάλογα με τις ανάγκες που αυτές έχουν και δίνονται ορισμένες ενδεικτικές τιμές των παραμέτρων των υπηρεσιών αυτών, η χρήση των οποίων προσφέρει την επιθυμητή ποιότητα. Επίσης αναφέρονται οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την Ποιότητα Υπηρεσίας και παρουσιάζονται μερικοί τρόποι αντιστοίχισης των παραμέτρων στα διάφορα μέρη του συστήματος έτσι ώστε να ξεπερνιούνται τα όποια προβλήματα και να υπάρχει μια εγγύηση σχετικά με την προσφερόμενη ποιότητα.

Τέλος παρουσιάζονται ορισμένα οικονομικά στοιχεία που αφορούν την αναπτυξιακή στρατηγική ενός δικτύου UMTS και περιγράφεται πως αυτά αλληλεπιδρούν με την Ποιότητα Υπηρεσίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι τεχνικοί όροι έχουν παραμείνει στα αγγλικά καθώς η χρησιμοποίηση των διεθνών ονομάτων βοηθάει στην κατανόηση και προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία στον αναγνώστη σε περίπτωση που αυτός επιθυμεί να εμβαθύνει περισσότερο σε κάποιο σημείο.

### Λέξεις Κλειδιά:

Ποιότητα Υπηρεσίας, QoS, Δίκτυα UMTS, Δίκτυα 3G, Οικονομικά Στοιχεία UMTS

## **Summary**

The aim of this diploma thesis is the investigation of the Quality of Service issues in a third generation mobile telecommunication network. Those networks, known as 3G networks or UMTS networks, are the evolution of the second generation GSM networks and will offer a great variety of new services that were until now offered only by fixed terrestrial networks. This way the offer of Quality of Service is essential as it ensures the economic success of such services.

In the beginning of this diploma thesis, the structure of a 3G network is described and the different network functions are analyzed, as the knowledge of the network's operations and its mechanism is necessary if a QoS analysis should be done.

Moving on, a classification of the different services is presented based on the requirements each service should have and some attribute values, which should lead to a guaranteed QoS, are given. Furthermore, the different parameters that affect the delivered quality are mentioned and the mapping between the different attributes in each network part is given.

In the end some economical figures of a UMTS network are presented and their relation to the QoS is pointed out.

### **Keywords:**

Quality of Service, QoS, UMTS QoS, 3G QoS, Parameter Mapping, UMTS economics

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Με την ολοκλήρωση αυτής της Πτυχιακής μου Εργασίας ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στη σχολή Εφαρμογών Πληροφορικής στην Διοίκηση και την Οικονομία του ΤΕΙ Μεσολογγίου. Κατά την διάρκεια της φοίτησής μου απέκτησα πολλές γνώσεις που είναι σιγουρο ότι θα με βοηθήσουν στα μετέπειτα βήματα της ζωής μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον καθηγητή μου Κοσμά Νικόλαο που με δέχτηκε σε αυτό το θέμα πτυχιακής και που με στήριξε όπου τον χρειάστηκα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου στην οποία οφείλω τα πάντα.





# Περιεχόμενα

Συντομογραφίες.....	13
<b>1. Εισαγωγή – Ανατομία Δικτύων 3<sup>ης</sup> Γενιάς .....</b>	<b>17</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή .....	17
1.2 Η Τεχνολογία WCDMA στα Δίκτυα 3G .....	22
1.3 Η Δικτυακή Υποδομή .....	23
1.4 Αρχιτεκτονική Στρωμάτων .....	27
1.4.1 Οριζόντια Διαστρωμάτωση .....	27
1.4.2 Κάθετος Διαχωρισμός.....	29
1.4.2.1 Το Επίπεδο Ελέγχου (Control Plane).....	29
1.4.2.2 Το Επίπεδο Χρήστη (User Plane).....	30
1.4.2.3 Το Επίπεδο Ελέγχου Μεταφοράς Δικτύου (Transport Network Control Plane) .....	30
1.4.2.4 Το Επίπεδο Χρήστη Μεταφοράς Δικτύου (Transport Network User Plane) .....	30
.....	30
<b>2. Δικτυακά Πρωτόκολλα και Μηχανισμοί.....</b>	<b>31</b>
2.1 Γιατί επιλέχθηκε το ATM; Ποιο είναι το μέλλον; .....	31
2.2 Το Πρωτόκολλο ATM .....	32
2.2.1 Στρώματα Προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layers / AALs) .....	33
2.2.1.1 AAL 1 .....	34
2.2.1.2 AAL 2 .....	34
2.2.1.3 AAL 3/4 .....	35
2.2.1.4 AAL 5 .....	36
2.2.2 Οι τάξεις υπηρεσιών του ATM (ATM Service Classes) .....	37
2.2.3 UMTS και ATM .....	39
2.3 Το πρωτόκολλο IP .....	39
2.3.1 IPv4 .....	39
2.3.2 IPv6.....	41
2.3.3 IP over ATM.....	42
2.4 Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες(Differentiated Services/DiffServ) .....	43
2.5 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) .....	45
2.6 Στρώμα Πρωτοκόλλων στο UMTS .....	46
2.6.1. Το CS domain .....	47
2.6.2. Το PS domain.....	48
<b>3. Γενική Περιγραφή της Ποιότητας Υπηρεσίας.....</b>	<b>51</b>
3.1 Τι είναι η Ποιότητα Υπηρεσίας; Γιατί είναι επιθυμητή; .....	51
3.2 QoS στο 3G.....	52
3.3 Η Ποιότητα Υπηρεσίας από την οπτική του χρήστη.....	53
3.4 Ο Διάυλος Υπηρεσιών UMTS.....	54
3.5 Λειτουργίες Διαχείρισης QoS.....	55

<b>4. Τάξεις QoS και Χαρακτηριστικά στο UMTS.....</b>	<b>59</b>
4.1 Τάξεις QoS στο UMTS.....	59
4.1.1 Τάξη Conversational.....	59
4.1.2 Τάξη Streaming.....	60
4.1.3 Τάξη Interactive.....	60
4.1.4 Τάξη Background.....	61
4.2 Σημαντικές Παράμετροι για το QoS.....	61
4.3 Παράμετροι QoS.....	62
4.3.1 UMTS Bearer.....	62
4.3.1.1 Παράμετροι Υπηρεσιών UMTS Bearer.....	62
4.3.1.2 Σημαντικές Παράμετροι για κάθε Τάξη.....	64
4.3.2 Radio Access Bearer.....	66
4.3.2.1 Παράμετροι Υπηρεσιών Radio Access Bearer.....	66
4.3.2.2 Σημαντικές Παράμετροι για κάθε Τάξη.....	66
4.3.3 Παράμετροι Υπηρεσιών IU and CN Bearer.....	69
<b>5. Παράμετροι QoS για Συγκεκριμένες Υπηρεσίες.....</b>	<b>71</b>
5.1 Γενικά.....	71
5.2 Φωνή (Voice/Rich Voice).....	72
5.3 Βίντεο-Τηλεφωνία (Video Telephony).....	75
5.4 Βίντεο-Συνδιάσκεψη (Video Conference).....	76
5.5 Multimedia Messaging Service (MMS).....	77
5.6 Εφαρμογές Ροής Πολυμέσων (Media Streaming Applications).....	78
5.7 Content Download.....	79
5.8 Πρόσβαση στο Internet και Πλοήγηση.....	80
5.9 Εταιρική Πρόσβαση (Corporate Access).....	82
<b>6. Ανάλυση του QoS ανά Κόμβο.....</b>	<b>83</b>
6.1 QoS στο UE.....	84
6.1.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου.....	84
6.1.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη.....	85
6.2 QoS στο SGSN.....	86
6.2.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου.....	86
6.2.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη.....	87
6.3 QoS στο GGSN.....	89
6.3.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου.....	89
6.3.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη.....	90
6.4 QoS στο RNC.....	94
6.4.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου.....	95

6.4.1.1 Έλεγχος Πρόσβασης Διαύλου (Bearer Access Control) .....	95
6.4.2 Έλεγχος Διαύλου κατά την Φάση Μετάδοσης (Bearer Control during Transfer Phase).....	98
6.4.2.1 Έλεγχος Διαύλου σε Καταστάσεις Συμφόρησης (Bearer Control in Load Situations (Congestion Control)).....	98
6.4.2.2 Έλεγχος Διαύλου σε Καταστάσεις Μη Υψηλού Φόρτου (Bearer Control in non-load situations).....	101
6.4.3 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη .....	102
<b>7. QoS στο Backbone Δίκτυο .....</b>	<b>105</b>
7.1 QoS στο Iub, στο Iur και στο Iu.....	105
7.2 Επιλογές για QoS στην μεταφορά με μεταγωγή κυκλώματος.....	105
7.3 Επιλογές για QoS στην μεταφορά με μεταγωγή πακέτου .....	106
7.3.1 Το IP Backbone.....	106
7.3.2 Το ATM Backbone .....	108
7.3.3 Το MPLS Backbone.....	109
<b>8. Αντιστοίχιση Παραμέτρων.....</b>	<b>111</b>
8.1 Γενικά.....	111
8.2 Αντιστοίχιση UMTS Bearer Domain σε CN Bearer Domain.....	112
8.2.1 Αντιστοίχιση μεταξύ των τάξεων QoS του UMTS και των DSCPs.....	112
8.2.2 Αντιστοίχιση μεταξύ των κωδικών σημείων DiffServ και των υπηρεσιών ATM.....	113
8.3 Αντιστοίχιση μεταξύ του UMTS Bearer και του Radio Bearer.....	116
<b>9. Δια-συνεργασία των Κόμβων 3G και Περιπτώσεις Διαπομπής .....</b>	<b>119</b>
9.1 Γενικά.....	119
9.2 Περιπτώσεις Διαπομπής.....	119
9.2.1 Softer Handover .....	120
9.2.2 Soft Handover .....	120
9.2.3 Hard Handover .....	121
9.3 Διατήρηση του QoS κατά την διάρκεια του Handover .....	121
9.3.1 Intra UTRAN Handover .....	121
9.3.2 Αλλαγή του Serving RNS και Inter SGSN Handover .....	122
9.3.2.1 Ο Έλεγχος Εισόδου κατά την διάρκεια των Διαπομπών .....	122
9.3.3 Διαπομπή μεταξύ δικτύων 2G και 3G .....	123
9.3.3.1 Διαπομπή από το GSM στο UMTS .....	123
9.3.3.2 Διαπομπή από το UMTS στο GSM .....	123
9.4 Αντιστοίχιση Παραμέτρων QoS στις περιπτώσεις Διαπομπών.....	124
9.4.1 Γενικοί Κανόνες.....	125
9.4.2 Καθορισμός των Παραμέτρων R99 από τις Παραμέτρους R97/98.....	126
9.4.3 Καθορισμός των Παραμέτρων R97/98 από τις Παραμέτρους R99.....	127
<b>10. Προφίλ QoS &amp; Οικονομικά Στοιχεία στο UMTS .....</b>	<b>129</b>
10.1 Η σημασία των προφίλ QoS .....	129

10.2 Στρατηγικές Διαχωρισμού Προφίλ.....	129
10.2.1 Ένα δίκαιο σενάριο.....	130
10.3 Οικονομικά Στοιχεία στο UMTS.....	131
10.3.1. Περιγραφή Επιχειρησιακού Πλάνου.....	132
10.3.2 Σενάρια Ζήτησης και Διείσδυσης Υπηρεσιών.....	135
10.3.3 Ένα πιθανό μονοπάτι εξέλιξης του UMTS.....	135
10.3.4 Ανάλυση Ευαισθησίας και Πολιτική Προσφοράς Υπηρεσιών.....	136
<b>Παράρτημα Α.....</b>	<b>139</b>
A.1 Voice over IP(VoIP).....	139
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>143</b>

## Συντομογραφίες

1G	First Generation
2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
AAC	Advanced Audio Coding
AAL	ATM Adaptation Layer
AAL2	ATM Adaptation Layer 2
ABR	Available Bit Rate
ACK	Acknowledgement
AF	Assured Forwarding
AMR	Adaptive Multirate (codec)
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BSC	Base Station Controller
BER	Bit Error Rate
B-ISUP	Broadband Integrated Service User Part
BSAP	Base Station Application Part
BTS	Base Transceiver Station
CBR	Constant Bit Rate
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CS	Circuit Switched
D/L	Downlink
DS	Differentiated Services
EF	Expedited Forwarding
EFR	Enhanced Full Rate
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GSN	GPRS Support Node
GTP	GPRS Tunneling Protocol
HLR	Home Location Register
IEEE	Institute of electrical Engineering
IETF	Internet Engineering Task Force

IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LSp	Label Switched Path
MP3	MPEG Audio level 3
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Services Switching Centre
NAK	Negative Acknowledgement
NBAP	Node B Application Part
OSI	Open Systems Interconnect
PDP	Policy Decision Point, Packet Data Protocol
PDU	Protocol Data Unit
PHB	Per Hop Behavior
PPP	Point-to-Point Protocol
PS	Packet Switched
QoS	Quality of Service
RAB	Radio Access Bearer
RAN	Radio Access Network
RF	Radio Frequency
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RTP	Real Time Protocol
RTT	Round Trip Time
SAPI	Service Access Point Identifier
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDU	Service Data Unit
SGSN	Serving GPRS Support Node
SLA	Service Level Agreement
SMS	Short Message Service
SNR	Signal to Noise Ratio
SONET	Synchronized Optical Network
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TFT	Traffic Flow Template
ToS	Type of Service

UDP	User Datagram Protocol
U/L	Uplink
ULTRA	Universal Terrestrial Radio Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	UMTS Terrestrial RAN
VBR	Variable Bit Rate
VoIP	Voice over IP
WAP	Wireless Application protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access





# 1. ■ Εισαγωγή – Ανατομία Δικτύων 3<sup>ης</sup> Γενιάς

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Με τον όρο δίκτυα Τρίτης Γενιάς (3G ή αλλιώς UMTS) αναφερόμαστε στα δίκτυα που είναι η εξέλιξη των ήδη υπαρχουσών δικτύων δεύτερης γενιάς (2G) και είναι ήδη υπηρεσιακά εδώ και χρόνια. Η ραγδαία αύξηση του Internet που συντελείται στις μέρες μας επηρέασε παρά πολύ την απλή κινητή τηλεφωνική αγορά, καθώς οι χρήστες γοητεύτηκαν από την ιδέα να έχουν πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό και κατ' επέκταση σε άλλες υπηρεσίες data με απλή χρήση του κινητού τους τηλεφώνου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών όπως η βίντεο-τηλεφωνία (video-telephony) ή η τηλεσυνδιάσκεψη (video-conference), υπηρεσίες που καθιστούν την απλή παραδοσιακή τηλεφωνική υπηρεσία ως μη ελκυστική για τους χρήστες. Η εξήγηση για αυτή την στροφή προς μια επικοινωνία όπου συνυπάρχει ο ήχος και η εικόνα βρίσκεται στην ίδια την ανθρώπινη φύση. Ο καθένας επιθυμεί να έχει μια «εικόνα» του άλλου συνομιλητή, έτσι ώστε να υπάρχει μια πιο προσωπική, έστω και εικονική, συνομιλία, παρά να διεξάγει την συνομιλία χωρίς να έχει καμία οπτική επαφή με τον άλλο συνομιλητή. Παρ' όλ' αυτά, άλλες υπηρεσίες όπως η πλοήγηση στον παγκόσμιο ιστό (internet browsing), η μετάδοση πολυμεσικών εφαρμογών (multimedia streaming) καθώς και πολλές άλλες οι οποίες δεν παρεχόντουσαν έως τώρα στους χρήστες κινητών τηλεφώνων, γνώρισαν μεγάλη ζήτηση και όπως είναι φυσικό, οι χρήστες άρχισαν να ζητούν την παροχή τέτοιων υπηρεσιών και στα κινητά τους τηλέφωνα. Η κινητικότητα δίνει στους ανθρώπους μια αίσθηση ελευθερίας. Έτσι λοιπόν η ζήτηση για παροχή των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών που μπορούν να προσφερθούν σε ένα οικιακό περιβάλλον τόσο στα κινητά τηλέφωνα αλλά και σε άλλες μικρές φορητές συσκευές όπως palmtops, κτλ μεγάλωνε συνεχώς όλα αυτά τα χρόνια.

Η πρώτη γενιά κινητών δικτύων βασιζόταν σε αναλογικά συστήματα. Αυτή ήταν η εποχή των πρώτων προσπαθειών ασύρματης μετάδοσης τηλεφωνικών επικοινωνιών σε διάφορους χρήστες. Καθώς αυτή η πρώτη γενιά γνώρισε επιτυχία καθώς η ζήτηση για μία τέτοια πρωτοποριακή τεχνολογία ήταν πολύ μεγάλη αφού ήταν φανερό ότι διευκόλυνε πολύ την ζωή των ανθρώπων.

Στην συνέχεια, η επόμενη γενιά (2G) στην οποία περιλαμβάνονται τα συστήματα GSM (Ευρώπη) και cdmaOne (Αμερική), έδωσε την δυνατότητα σε όλους τους χρήστες να αποκτήσουν κινητό τηλέφωνο καθώς οι υπηρεσίες ήταν πλέον οικονομικά προσιτές σε σχεδόν όλους τους χρήστες. Η μεγάλη διαφορά σε σχέση με την προηγούμενη γενιά ήταν η χρησιμοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας σε όλο το δίκτυο, η οποία έχει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με την αναλογική τεχνολογία.. Η αποδεκτή ποιότητα στα τηλεφωνήματα και οι χαμηλές χρεώσεις έδωσαν στην τηλεφωνική αγορά μια τεράστια ώθηση και έτσι η χρήση κινητού τηλεφώνου έγινε πλέον ένα συστατικό στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Έτσι λοιπόν ο χρήστης μπορούσε πλέον να έχει τηλεφωνική επικοινωνία σε οποιαδήποτε σημείο βρίσκεται.

Παρ' όλ' αυτά όπως ήδη ειπώθηκε προηγουμένως, η εποχή του Internet είναι πλέον γεγονός και έχοντας πλέον καθιερωθεί, ωθεί τους χρήστες να ζητούν και από τα κινητά δίκτυα, τις ίδιες υπηρεσίες που απολαμβάνουν από τα σταθερά δίκτυα. Αρχικά η ζήτηση αυτή άρχισε από την μερίδα των χρηστών που χρησιμοποιούν το Internet και γενικώς διάφορα δίκτυα δεδομένων για επαγγελματικούς σκοπούς. Επαγγέλματα όπως διαχειριστές δικτύων, αναλυτές δεδομένων αλλά και μάνατζερς που κάνουν συχνά ταξίδια, είναι μερικά από αυτά που θα ωφεληθούν εάν μπορούν ανά πάσα στιγμή να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που θέλουν, χωρίς να εξαρτιούνται από το σημείο στο οποίο βρίσκονται. Πέρα από την ώθηση που έδωσαν τέτοιες επαγγελματικές κατηγορίες στην ζήτηση για νέες υπηρεσίες, αυτή ενδυναμώθηκε και από τους απλούς χρήστες που άρχισαν να βλέπουν με ιδιαίτερη θερμότητα υπηρεσίες όπως η βίντεο-συνδιάσκεψη, το videophone, κτλ.

Τα δίκτυα 2G δεν ήταν όμως ικανά να ικανοποιήσουν αυτήν την ζήτηση για νέες υπηρεσίες, καθώς βασιζόντουσαν σε χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης (bit rates) και γενικά επειδή η φύση τέτοιων υπηρεσιών βασίζεται στην τεχνολογία μεταγωγής πακέτων, όπου η πληροφορία μεταδίδεται σε πακέτα δεδομένων, σε αντίθεση με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος όπου η πληροφορία μεταφερόταν ολόκληρη χάρη σε μια σύνδεση αφιερωμένη αποκλειστικά σε αυτή την μεταφορά. Η εμφάνιση του GPRS έλυσε κατά ένα μέρος αυτά τα προβλήματα, καθώς πλέον γινόταν δυνατή η μεταγωγή πακέτων, και έδωσε στα 2G δίκτυα την δυνατότητα να προσφέρουν αυτές τις νέες υπηρεσίες στο κοινό. Μάλιστα η χρησιμοποίηση του GPRS έδωσε τον χαρακτηρισμό στα δίκτυα που το υποστήριζαν ως 2.5G δίκτυα, επειδή θεωρήθηκε ως κάτι εντελώς καινούργιο, και ως προπομπός των δικτύων τρίτης γενιάς, οπότε τα δίκτυα αυτά ήταν κάπου μεταξύ της δεύτερης και τρίτης γενιάς. Όμως η τεχνολογία GPRS δεν ήταν ικανή να δώσει μια οριστική λύση σε αυτά τα προβλήματα καθώς οι ρυθμοί μετάδοσης παρέμεναν χαμηλοί και η ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών δεν ήταν εγγυημένη..

Η αναζήτηση λύσης σε αυτά τα προβλήματα οδήγησε στην ανάπτυξη των συστημάτων 3<sup>ης</sup> γενιάς (3G Networks) τα οποία είναι σχεδιασμένα για να μεταφέρουν δεδομένα.

Συγκεντρωτικά οι διάφορες γενιές κινητών δικτύων είναι οι εξής:

- **Κινητά Δίκτυα Πρώτης Γενιάς (1G)**

Ήταν τα πιο απλά επικοινωνιακά δίκτυα και άρχισαν να αναπτύσσονται την δεκαετία του 1980, βασισμένα στην τεχνολογία τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων με χρήση της αναλογικής διαμόρφωσης συχνότητας (FM). Αυτά τα συστήματα είχαν πολλά προβλήματα όπως απώλεια σήματος, μικρούς ρυθμούς μετάδοσης και επίσης μπορούσαν να εξυπηρετήσουν ένα μικρό ποσοστό πελατών.

- **Κινητά Δίκτυα Δεύτερης Γενιάς (2G και 2.5G)**

Σε αυτά τα συστήματα γίνεται χρήση ψηφιακών τεχνολογιών μετάδοσης όπως το Time Division Multiple Access (TDMA) για μετάδοση φωνής αλλά και δεδομένων. Οι ρυθμοί μετάδοσης είναι τις τάξης των 10 kbits/s. Άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα 2G δίκτυα ήταν οι Frequency Division Multiple Access (FDMA) και Code Division Multiple Access (CDMA). Οι πιο προηγμένες τεχνολογίες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ορίστηκαν ως

τεχνολογίες συστημάτων 2.5G. Τέτοια συστήματα που εμπεριέχουν το GSM και το GPRS, έχουν μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης.

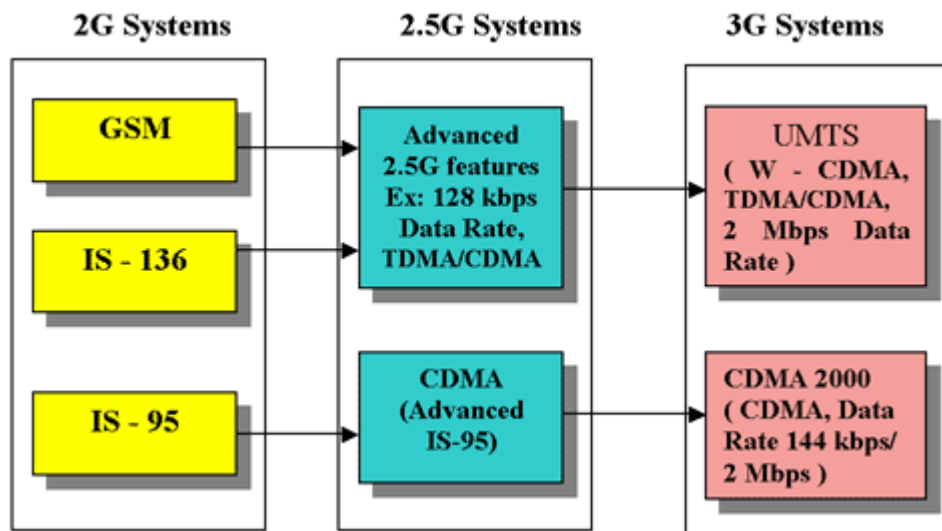
- **Κινητά Δίκτυα Τρίτης Γενιάς (3G)**

Τα δίκτυα τρίτης γενιάς υπάρχουν ήδη σε λειτουργία σε μερικές χώρες της Ευρώπης και της Άπω Ανατολής (π.χ. Ιαπωνία). Οι ρυθμοί μετάδοσης έχουν ως μέγιστο τα 2 Mbits/s (Mbps) και στο δίκτυο συνυπάρχουν οι τεχνολογίες μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος για την προσφορά υπηρεσιών όπως φωνή, μεταφορά δεδομένων, κτλ και νέων λειτουργιών που έχουν καλύτερες επιδόσεις και είναι και πιο φιλικές προς τον χρήστη. Παραδείγματα δικτύων τρίτης γενιάς είναι το Universal Mobile Communications System (UMTS), το Wireless Application Protocol (3G WAP), και το CDMA-2000, καθένα εκ των οποίων χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνολογίες, που όμως έχουν πάρα πολλά κοινά στοιχεία και την ίδια φιλοσοφία.

- **Κινητά Δίκτυα Τέταρτης Γενιάς (4G)**

Παρ' όλο που η ανάπτυξη των 3G δικτύων δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί, πολύς λόγος γίνεται για τα νέα δίκτυα τέταρτης γενιάς που θα αρχίσουν να λειτουργούν κάπου μεταξύ 2008-2015. Αυτά τα δίκτυα βρίσκονται προς το παρόν μόνο σε πειραματικό επίπεδο και θα έχουν την δυνατότητα να συνδέουν όχι μόνο ανθρώπους, αλλά και διάφορες άλλες ηλεκτρικές συσκευές μεταξύ τους.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η χρονική εξέλιξη από τα δίκτυα δεύτερης γενιάς έως αυτά της τρίτης γενιάς. Επίσης βλέπουμε πώς υπάρχει μια σχετική ανεξαρτησία ανάμεσα στα διάφορα συστήματα που αναπτύσσονται, καθώς η κάθε έκδοση εξελίσσεται σε μια δική της μορφή.



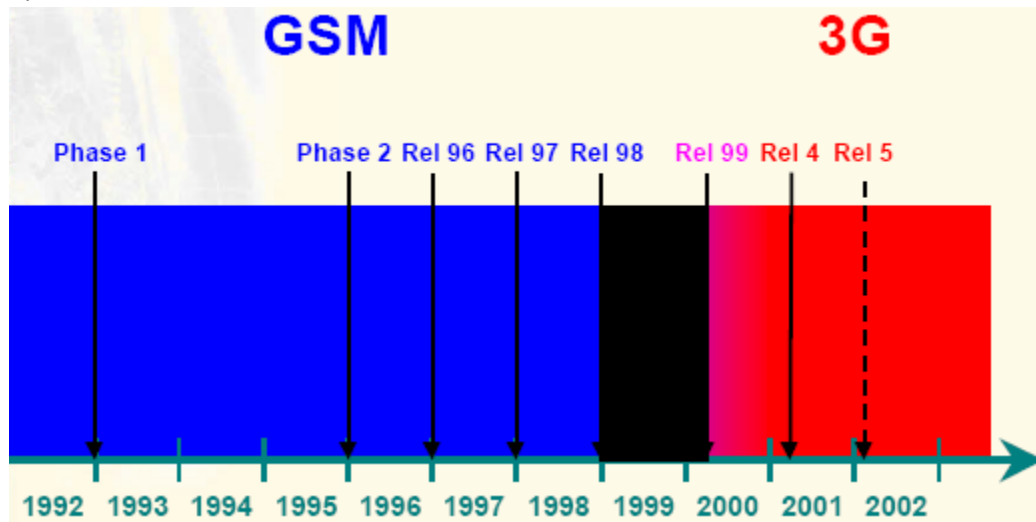
Εικόνα 1.1 Η εξέλιξη προς το UMTS

Η εξέλιξη του 3G γίνεται στην 3GPP. Αυτή είναι μια διεθνή επιτροπή η οποία θέτει τα στάνταρτ και τις προδιαγραφές για τα συστήματα τρίτης γενιάς. Η εργασία αυτή

συντελείται από πολλές ομάδες εργασίας αφού όπως είναι αντιληπτό ένα δίκτυο τρίτης γενιάς είναι πολύ πολύπλοκο και χρειάζεται η λεπτομερής κατάτμηση του δικτύου σε μικρότερα κομμάτια. Η κάθε ομάδα εργασίας ασχολείται με έναν συγκεκριμένο τομέα και αποτελείται από διάφορους επιστήμονες, μηχανικούς αλλά και από στελέχη τηλεπικοινωνιακών φορέων.

Η κάθε ενότητα από προδιαγραφές ομαδοποιείται σε μια έκδοση “Release”. Η κάθε “Release” είναι ένα σύνολο προδιαγραφών που είναι ικανές για την δημιουργία ενός δικτύου τρίτης γενιάς. Υπάρχουν περισσότερες από μια εκδόσεις και η κάθε μια διαφέρει από την προηγούμενη κατά ένα ικανό ποσοστό. Η κάθε νέα έκδοση περιέχει προηγμένες λειτουργίες, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της δουλειάς που γίνεται στην 3GPP.

Στην παρακάτω Εικόνα δίνεται ένα χρονικό διάγραμμα που αναπαριστάει τις διάφορες εκδόσεις μέσα στα πλαίσια του χρόνου, αρχής γενομένης από την πρώτη φάση του GSM.



Εικόνα 1.2 GSM to 3G evolution

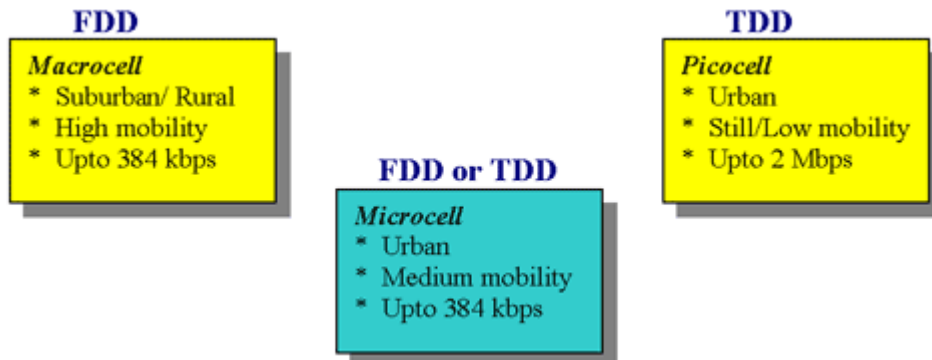
Release 99	Release 4	Release 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δημιουργία του UTRA για λειτουργία με FDD και TDD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low Chip Rate TDD (1,28 Mcps)</li> <li>• GERAN concept established (EDGE/GPRS Iu interface)</li> <li>• Bearer independent Circuit Switched network architecture <ul style="list-style-type: none"> <li>• το MSC χωρίζεται σε “Media Gateway” για την μεταφορά και σε “MSC server” για την σηματοδότηση</li> <li>• Streaming (real time video)</li> </ul> </li> <li>• Αποστολή Πολυμεσικών Μηνυμάτων <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εμπλουτισμένα μηνύματα (rich text και εικόνες)</li> <li>• Multimedia messaging (multimedia attachments)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP Multimedia Υπηρεσίες (IMS) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χειρισμός Multimedia υπηρεσιών με σηματοδότηση SIP</li> </ul> </li> <li>• High Speed Data Packet Access (HSDPA) with downlink speeds in the order 8-10 Mbit/s</li> <li>• Wideband</li> <li>• End-to-end QoS στο PS domain</li> <li>• Global Text Telephony (GTT)</li> </ul>

Πίνακας 1.1 Κύριες δυνατότητες κάθε έκδοσης

Το UMTS όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, θα παρέχει υπηρεσίες σε πολύ υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων σε σχέση με τους υπάρχοντες των δικτύων 2G και 2.5G. Οι ρυθμοί αυτοί θα ακολουθούν την παρακάτω διαφοροποίηση:

- 144 Kbps για μεγάλη κινητικότητα σε εξωτερικό περιβάλλον.
- 384 Kbps για περιορισμένη κινητικότητα σε εξωτερικά περιβάλλοντα όπως ημιαστικά ή επαρχιακά όπου θα υπάρχουν μάκρο και μικρο-κυψέλες.
- 2.048 Mbps για ελάχιστη κινητικότητα σε εξωτερικά περιβάλλοντα με μικρο και πίκο-κυψέλες.

Η τεχνολογία UMTS είναι ικανή να προσφέρει πολλές κινητές υπηρεσίες από πολλούς παροχείς έτσι ώστε να υποστηρίζει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό από τα παγκόσμια στάνταρ σχετικά με την κινητή τηλεφωνία. Επίσης είναι ικανή να διαχειριστεί διάφορες κατηγορίες κίνησης χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο δίκτυο κυψελών που θα αποτελείται από μεγάλες μάκρο-κυψέλες (macro-cells), οι οποίες θα επικαλύπτουν διάφορες άλλες μικρο- κυψέλες (micro-cells) αλλά και πίκο-κυψέλες(pico-cells).



Εικόνα 1.3

## 1.2 Η Τεχνολογία WCDMA στα Δίκτυα 3G

Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί στο εναέριο μέρος ενός UMTS δικτύου, όπως αυτή έχει οριστεί από την 3GPP είναι η WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα δίκτυα 2G σχεδιάστηκαν με πρωταρχικό σκοπό την παροχή υπηρεσιών φωνής, σε αντίθεση με τα δίκτυα 3G τα οποία είναι ικανά να προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών. Για την επίτευξη τέτοιων στόχων έπρεπε να τεθούν ορισμένες νέες προδιαγραφές. Αυτές είναι εν συντομία:

- Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης έως 2Mbps
- Μεταβλητό bit rate για την προσφορά bandwidth on demand
- Πολυπλεξία υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας στην ίδια σύνδεση
- Απαιτήσεις καθυστέρησης για υπηρεσίες ευαίσθητες στην καθυστέρηση.
- Απαιτήσεις ποιότητας για λάθη από το 10% της σύνδεσης έως  $10^{-6}$  bit error rate
- Υποστήριξη για μη συμμετρικές ταχύτητες στους διαύλους μετάδοσης και λήψης.
- Συνύπαρξη 3G και 2G συστημάτων για Handovers μεταξύ των 2 συστημάτων.

Με την χρήση της τεχνολογίας WCDMA είναι δυνατή η ικανοποίηση όλων των παραπάνω απαιτήσεων. Στο WCDMA, τα user bits διασπείρονται σε ένα μεγάλο φάσμα του εύρους ζώνης με την χρήση πολλαπλασιασμού με ορισμένα quasi-random bits τα οποία προκύπτουν από τους προκαθορισμένους CDMA κώδικες διασποράς. Τα bits ονομάζονται chips. Η χρήση των διαφορετικών κωδικών διασποράς και οι πολυκωδικές συνδέσεις είναι αυτές που επιτρέπουν τους ρυθμούς μετάδοσης να φτάσουν τα 2 Mbps. Ο ρυθμός chip που έχει επιλεγεί για το WCDMA είναι τα 3.84 Mcps και αυτός οδηγεί στην επιλογή ενός φέροντος με εύρος ζώνης 5 MHz. Η χρήση αυτού του ευρυζωνικού διαύλου δίνει την δυνατότητα για πολύ μεγάλες ταχύτητες σε σχέση με το GSM. Ένα σταθερό χρονικό πλαίσιο των 10ms αντιστοιχεί σε κάθε χρήστη αλλά τα δεδομένα που εμπεριέχονται σε κάθε τέτοιο πλαίσιο μπορεί να έχουν διαφορετικό όγκο αφού έχουμε διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης.

Το FDD αλλά και το TDD υποστηρίζονται στο WCDMA. Στο FDD έχουμε χρήση διαφορετικών φερόντων για το κανάλι λήψης και διαφορετικό για το κανάλι εκπομπής. Αντίθετα, στο TDD, υπάρχει μόνο ένα φέρον, το οποίο όμως χωρίζεται χρονικά ώστε να έχουν διαχωρισμό της εκπομπής και της λήψης.

	WCDMA	GSM
<b>Εύρος Ζώνης Φέροντος</b>	5 MHz	200 kHz
<b>Αναχρησιμοποίηση Συχνότητας</b>	1	1-18
<b>Συχνότητα Power Control</b>	1500 Hz	2 Hz ή λιγότερο
<b>Έλεγχος Ποιότητας</b>	Αλγόριθμοι διαχείρισης ράδιο - πόρων	Σχεδιασμός Δικτύου
<b>Διαφοροποίηση Συχνότητας</b>	Το εύρος ζώνης των 5 Mhz δίνει διαφορ. διαδρομής	Αναπήδηση Συχνότητας
<b>Πακέτα Δεδομένων</b>	Προγραμματισμός πακέτων με βάση τον φόρτο δικτύου	Προγραμματισμός πακέτων σε χρονικές σχισμές με το GPRS
<b>Διαφοροποίηση μετάδοσης downlink</b>	Υποστηρίζεται για βελτίωση της χωρητικότητας του downlink	Δεν υποστηρίζεται αλλά μπορεί να εισαχθεί

Πίνακας 1.2 Κυριότερες διαφορές μεταξύ WCDMA και GSM

### 1.3 Η Δικτυακή Υποδομή

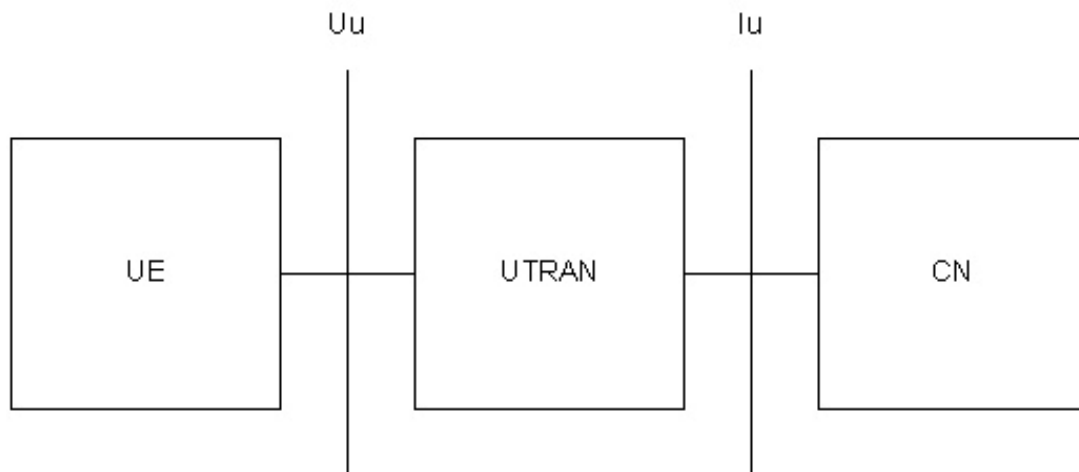
Η κύρια διαφορά μεταξύ ενός δικτύου 2G και ενός UMTS δικτύου είναι ότι το τελευταίο αποτελείται από δύο διαφορετικές περιοχές, την περιοχή όπου γίνεται μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switched Domain και την περιοχή όπου γίνεται μεταγωγή πακέτου (Packet Switched Domain), σε αντίθεση με τα δίκτυα 2G στα οποία υπάρχει μόνο η περιοχή μεταγωγής κυκλώματος. Παρ' όλ' αυτά το CS Domain, το οποίο υπάρχει στην 3GPP R99, όπως όλα δείχνουν θα δώσει σιγά σιγά την θέση του στο PS Domain και κάτι τέτοιο είναι φανερό στις εκδόσεις R5 και R6 όπου όλες οι υπηρεσίες τρέχουν στο PS Domain.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι διάφορες υπηρεσίες και σε ποίο μέρος του συστήματος τρέχουν αυτές στις διάφορες εκδόσεις.

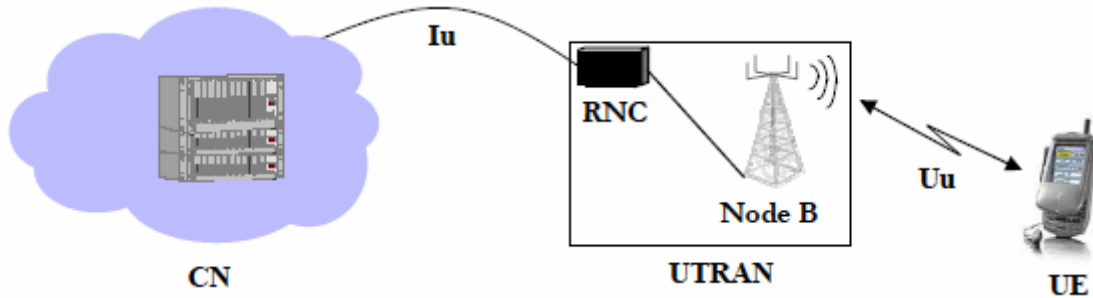
GSM		3GPP R3		3GPP R5-6	
Voice	<b>Circuit Switched</b>	Voice	<b>Circuit Switched</b>	Voice	<b>Packet Switched</b>
SMS		Video		Video	
WAP		SMS	SMS		
Email		WAP	WAP		
		Email	Email		
		Web	Web		
		MMS	MMS		
		Streaming	Streaming		

Εικόνα 1.4 PS και CS Domains στις διάφορες εκδόσεις

Το κάθε UMTS σύστημα αποτελείται από τα εξής 3 λογικά μέρη:



Εικόνα 1.5 Λογικό σχεδιάγραμμα ενός UMTS δικτύου



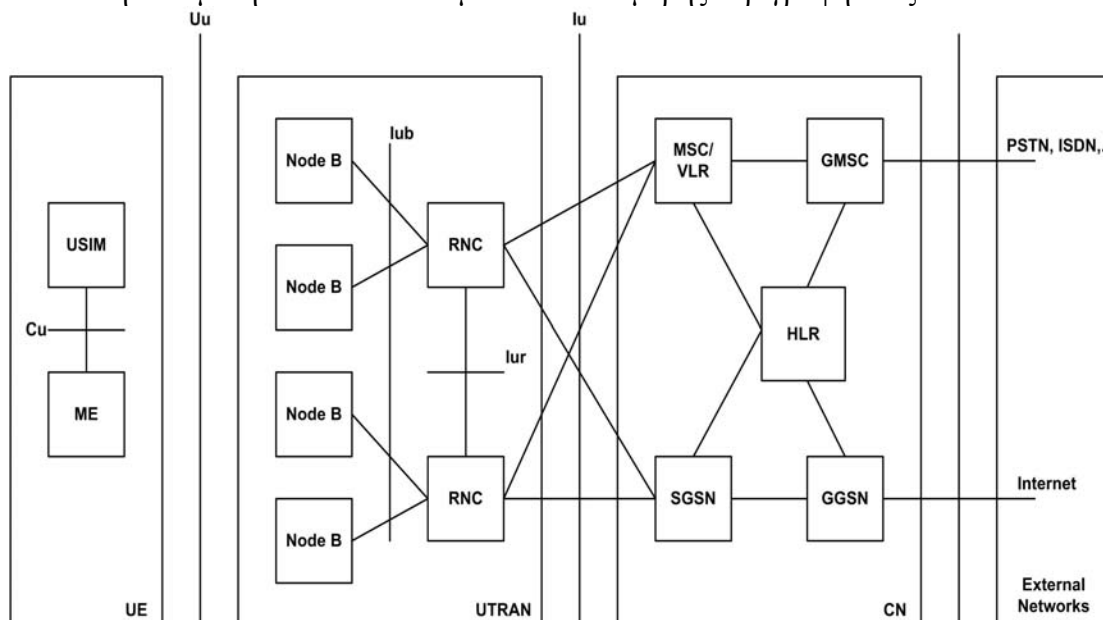
Εικόνα 1.6

Το δίκτυο κορμού (CN /Core Network) είναι υπεύθυνο για την μεταγωγή και την δρομολόγηση των τηλεφωνημάτων και των δεδομένων προς τα εξωτερικά δίκτυα. Αυτό υπάρχει ήδη και στα δίκτυα GSM. Το UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) έχει την ευθύνη για όλες τις λειτουργίες του, που έχουν να κάνουν με το ασύρματο κομμάτι του δικτύου. Τέλος υπάρχει η συσκευή του χρήστη (UE /User Equipment) η οποία είναι η διεπαφή μεταξύ του ίδιου του χρήστη και του δικτύου, δηλαδή είναι το τεχνικό μέσο το οποίο ο χρήστης χρησιμοποιεί για να συνδεθεί στο δίκτυο. Τέτοιες συσκευές δεν είναι μόνο τα κινητά τηλέφωνα αλλά και άλλες όπως διάφορα palmtops ή ακόμα και φορητοί υπολογιστές που έχουν την δυνατότητα σύνδεσης σε δίκτυα UMTS.

Οι κάθετες διαχωριστικές γραμμές στα σχήματα αναπαριστούν τις διεπαφές μέσω των οποίων τα διάφορα μέρη του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους.

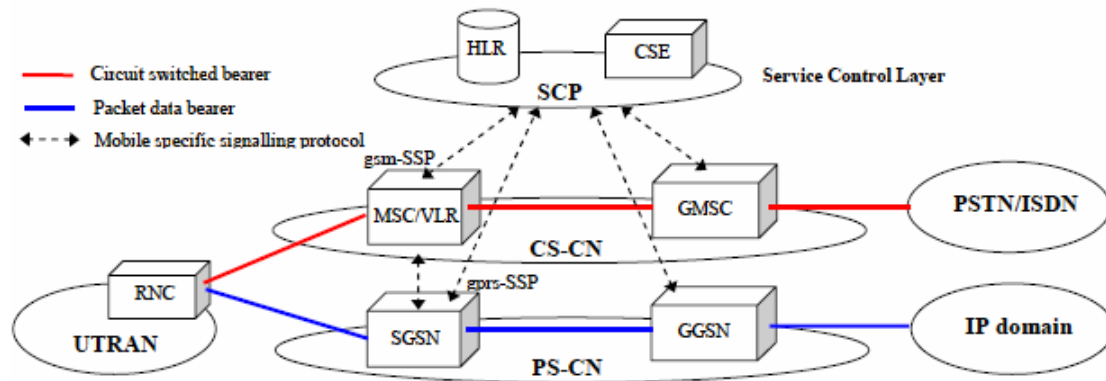
Το UTRAN καθώς και το UE λειτουργούν με νέα πρωτόκολλα που είναι ειδικά σχεδιασμένα για να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες του WCDMA. Αντίθετα το CN δεν διαφέρει και πολύ από αυτό του GSM.

Στην επόμενη εικόνα δίνεται μια πιο λεπτομερής περιγραφή ενός δικτύου UMTS.



Εικόνα 1.7 Λεπτομερής αναπαράσταση ενός UMTS δικτύου





Εικόνα 1.8 Η συνύπαρξη του PS&CS σε ένα UTMN δίκτυο

Στο πάνω μισό της Εικόνας 1.7 στο τμήμα του CN βλέπουμε το CS μέρος του δικτύου, το οποίο αποτελείται από τα MSC/VLR και το GMSC. Το υπόλοιπο μισό αναφέρεται στο PS μέρος, στο οποίο ανήκει το SGSN και το GGSN.

Το CS κομμάτι παρέχει συνδέσει με μεταγωγή κυκλώματος όπως όλα τα άλλα δίκτυα βασισμένα στην ίδια τεχνική, όπως το ISDN και το PSTN. Η κυριότερη υπηρεσία που προσφέρεται είναι η τηλεφωνία αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλες υπηρεσίες όπως το video-phone.

Το PS κομμάτι του δικτύου είναι υπεύθυνο για όλες τις άλλες συνδέσεις που χρησιμοποιούν μεταγωγή πακέτου και παρέχει υπηρεσίες στις οποίες τα δεδομένα μεταδίδονται με την μορφή μικρών πακέτων, όπως είναι για παράδειγμα οι διάφορες υπηρεσίες Internet.

Στο κομμάτι UE βλέπουμε το ME (Mobile Equipment) και το USIM (UMTS Subscriber Identity Module).

- Το ME είναι στην ουσία η συσκευή που χρησιμοποιεί ένας χρήστης.
- Ως USIM ονομάζουμε την κάρτα που τοποθετείται στην συσκευή, η οποία κρατάει σημαντικές πληροφορίες για το προφίλ ενός χρήστη και περιέχει αλγόριθμους ταυτοποίησης και κρυπτογράφησης οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια μιας σύνδεσης

Το UTRAN αποτελείται από δύο διαφορετικά στοιχεία, το RNC (Radio Network Controller και την Node B.

- Το RNC είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο όλων των ράδιο-πόρων που έχει υπό την κατοχή του. Η κάθε υπηρεσία περνάει μέσα από το RNC έτσι ο ρόλος του είναι πάρα πολύ σημαντικός.. Οι κυριότεροι τύποι RNC είναι οι ακόλουθοι:
  - Το RNC που ελέγχει ένα Node B ονομάζεται Controlling RNC (C-RNC). Είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο φόρτου και συμφόρησης των κυψελών του, ενώ παράλληλα κάνει έλεγχο αποδοχής νέων κλήσεων (Admission Control) καθώς και θέτει τους κώδικες για τοις καινούργιες συνδέσεις(code allocation).
  - Ως Serving RNC (S-RNC) ονομάζουμε το RNC που τερματίζει την Ιu σύνδεση για την μεταφορά των δεδομένων του χρήστη και την σηματοδότηση RANAP με το δίκτυο κορμού.

- Drift RNC (D-RNC) λέγονται τα RNC τα οποία δεν είναι S-RNC και ελέγχουν τις άλλες κυψέλες.
- Το Node B έχει την ευθύνη για την τροποποίηση των δεδομένων έτσι ώστε να μεταβούν ασύρματα από το δίκτυο προς το κινητό και το ανάποδο. Έχει επίσης την ευθύνη διαχείρισης των ράδιο-πόρων.

Στο δίκτυο κορμού υπάρχουν διάφορα μέρη που υπάρχουν και στο GSM τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για τις εφαρμογές που τρέχουν στο CS κομμάτι, ενώ υπάρχουν και άλλα νέα συστήματα όπως το GGSN και το SGSN τα οποία χειρίζονται τις συνδέσεις δεδομένων στο PS κομμάτι του δικτύου.

- Η HLR (Home Location Register) είναι μια βάση στην οποία αποθηκεύονται πληροφορίες για κάθε χρήστη. Περιέχει το προφίλ του κάθε χρήστη και διάφορες άλλες πληροφορίες, όπως για παράδειγμα την τρέχουσα θέση ενός χρήστη, διάφορες μη προσβάσιμες περιοχές για αυτόν κτλ.
- Το MSC/VLR (Mobile Services Centre/Visitor Location Register) εξυπηρετεί τις μεταφορές δεδομένων του UE μέσω του CS κομματιού. Το MSC χειρίζεται όλες τις συναλλαγές στο CS κομμάτι ενώ η VLR είναι μια βάση η οποία κρατάει πληροφορίες για τους «επισκέπτες» χρήστες σε μια περιοχή.
- Το GMSC (Gateway MSC) είναι μισ συσκευή που ενεργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ του CS κομματιού ενός δικτύου UMTS και των εξωτερικών δικτύων.
- Το SGSN (Serving GPRS Support Node) έχει τις αντίστοιχες λειτουργίες με το MSC/VLR αλλά αναφέρεται στο PS κομμάτι του δικτύου.
- Το GGSN (Gateway GPRS Support Node) είναι το ανάλογο του GMSC αλλά αναφέρεται στο PS κομμάτι του δικτύου.

Στο UMTS, οι εσωτερικές λειτουργίες των συσκευών του δικτύου δεν είναι αυστηρά καθορισμένες και αυτό συμβαίνει επίτηδες, έτσι ώστε οι κατασκευαστές των δικτυακών αυτών συσκευών να έχουν περισσότερη ελευθερία ώστε να χρησιμοποιούν πρωτότυπες ιδέες και τεχνολογίες για την ανάπτυξη αυτών των μηχανημάτων. Για να είναι δυνατή όμως η σύνδεση διαφορετικών μηχανημάτων, πρέπει να υπάρχουν ορισμένες προκαθορισμένες διεπαφές που θα διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία και συνεργασία διαφορετικών μηχανημάτων. Τέτοιες είναι:

- Το Cu interface: Είναι η διεπαφή μεταξύ του ME και της USIM και ακολουθεί τα διεθνή στάνταρ περί smartcards.
- Το Uu interface: Είναι η WCDMA διεπαφή, μέσω της οποίας το UE δύναται να επικοινωνήσει με το δίκτυο.
- Το Iu interface: Συνδέει το UTRAN με το CN, και έτσι δίνει στα δίκτυα την δυνατότητα να αγοράζουν εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές, αφού η συνεργασία τους είναι πλέον εξασφαλισμένη.
- Το Iur interface: Το Iur interface έχει την ευθύνη για τα Soft Handovers μεταξύ RNCs διαφορετικών κατασκευαστών και ανήκει στο Iu interface.
- Το Iub interface: Όπως το Iu και το Iur interface, έτσι και το Iub διασφαλίζει την συνεργασία μηχανημάτων προερχόμενα από διαφορετικούς κατασκευαστές και έχει ως ρόλο την διασύνδεση των Node-B με το RNC.

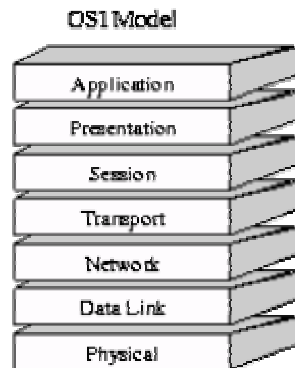
## 1.4 Αρχιτεκτονική Στρωμάτων

### 1.4.1 Οριζόντια Διαστρωμάτωση

Το κύριο πλεονέκτημα ενός δικτύου UMTS είναι η αρχιτεκτονική πολλαπλών στρωμάτων. Χρησιμοποιώντας μια τέτοια αρχιτεκτονική, βασισμένη στο μοντέλο OSI, τόσο τα δίκτυα όσο και οι κατασκευαστές εξοπλισμού αποκτούν την δυνατότητα να συνδυάζουν διάφορες τεχνολογίες ώστε να επιτυγχάνουν τις βέλτιστες επιδόσεις. Αυτό είναι αποτέλεσμα τις οριζόντιας διαστρωμάτωσης και έτσι υπάρχει μια οριζόντια συμβατότητα μεταξύ των διαφόρων δικτυακών συσκευών και το κάθε πρωτόκολλο μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως αυτά που βρίσκονται από κάτω του. Ένα δίκτυο βασισμένο στο μοντέλο OSI μπορεί να χαρακτηριστεί ως «ανοιχτό» καθώς είναι σε θέση να συνεργαστεί με άλλα δίκτυα. Το μοντέλο OSI αποτελείται από επτά στρώματα τα οποία είναι:

1. Φυσικό Στρώμα (Physical layer)
2. Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)
3. Στρώμα Δικτύου (Network layer)
4. Στρώμα Μεταφοράς (Transport layer)
5. Στρώμα Συνόδου (Session layer)
6. Στρώμα Παρουσίασης (Presentation layer)
7. Στρώμα Εφαρμογής (Application layer)

Αυτά απεικονίζονται στην επόμενη εικόνα:



Εικόνα 1.9 OSI layers

Οι κύριοι σκοποί για κάθε στρώμα είναι:

- Στρώμα 1:  
Το φυσικό στρώμα είναι υπεύθυνο για την μετάδοση δεδομένων σε ένα τηλεπικοινωνιακό μέσο.

- **Στρώμα 2:**  
Το στρώμα ζεύξης δεδομένων παρέχει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων του στρώματος δικτύου. Ανιχνεύει και διορθώνει τα όποια σφάλματα δημιουργηθούν κατά την μετάδοση στο φυσικό στρώμα.
- **Στρώμα 3:**  
Το στρώμα δικτύου είναι υπεύθυνο για την λειτουργία του δικτύου. Ειδικότερα ειδικεύεται στην δρομολόγηση και στην οργάνωση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων.
- **Στρώμα 4:**  
Το στρώμα μεταφοράς παρέχει την μεταφορά δεδομένων μεταξύ των οντοτήτων του στρώματος συνόδου ώστε αυτές να μην ασχολούνται με το πόσο αξιόπιστη και πόσο απαιτητική σε πόρους είναι η μεταφορά
- **Στρώμα 5:**  
Το στρώμα συνόδου παρέχει τις υπηρεσίες που χρειάζονται για το στρώμα παρουσίασης, οι οποίες το διευκολύνουν στο να οργανώνει και να συγχρονίζει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του στρώματος αυτό και ου εαυτού του.
- **Στρώμα 6:**  
Το στρώμα παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την παρουσίαση της πληροφορίας την οποία χρησιμοποιεί το στρώμα εφαρμογής.
- **Στρώμα 7:**  
Το στρώμα εφαρμογής είναι κατ' ουσία αυτό που βλέπει ο χρήστης, δηλαδή ο τελικό προϊόν της μετάδοσης.

Μια βασική αρχή του μοντέλου αναφοράς OSI είναι ότι κάθε στρώμα παρέχει τις υπηρεσίες που είναι αναγκαίες για το πιο πάνω στρώμα. Έτσι το πιο πάνω στρώμα δεν έχει πλέον την έννοια για αυτές τις λειτουργίες, καθώς η ύπαρξή τους είναι συνυφασμένη με την ύπαρξη του πιο κάτω στρώματος. Έτσι η σχεδίαση του κάθε στρώματος απλοποιείται σημαντικά.

Τα στάνταρ της βιομηχανίας έχουν οριστεί, ή ορίζονται για κάθε στρώμα ξεχωριστά. Σε κάθε στρώμα ορίζονται δύο είδη στάνταρ: ένα που υποδεικνύει τις διεπαφές για τις υπηρεσίες του στρώματος και ένα που ορίζει το πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για τις υπηρεσίες που παρέχει το κάθε στρώμα. Μια τυποποιημένη διεπαφή για τις υπηρεσίες ενός στρώματος απελευθερώνει τους χρήστες από την ανάγκη να γνωρίζουν λεπτομέρειες για το πώς λειτουργεί το κάθε πρωτόκολλο δικτύου.

Παρ' όλ' αυτά η πραγματικός διαχωρισμός ενός δικτύου UMTS γίνεται σε ορισμένα κάθετα επίπεδα. Εκτός από το μοντέλο OSI το οποίο ακολουθείται και στα δίκτυα 2G, υπάρχει και ο κάθετος διαχωρισμός σε διαφορετικά επίπεδα, τα οποία είναι το επίπεδο ελέγχου, το επίπεδο χρήστη καθώς και τα επίπεδα εφαρμογής τα οποία διαφέρουν και μπορεί να χρειάζονται ή όχι, πράγμα το οποίο εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή.

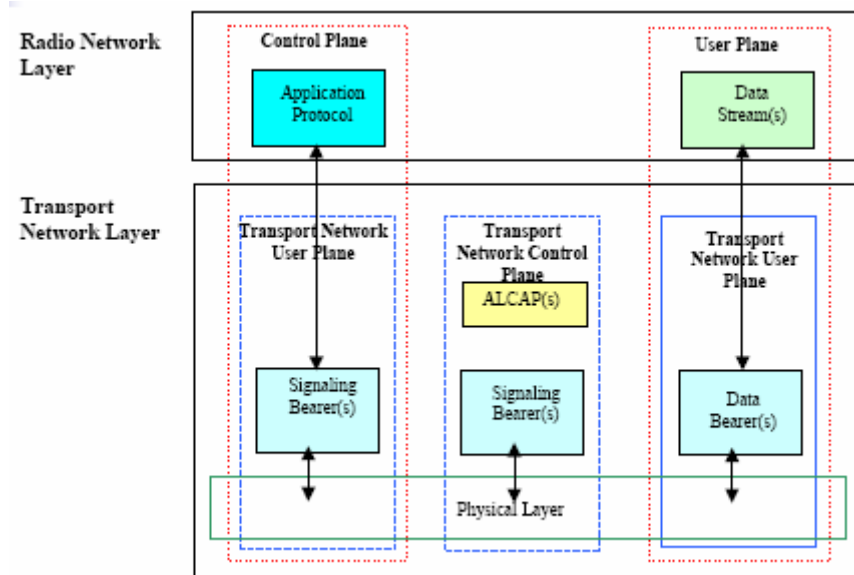
## 1.4.2 Κάθετος Διαχωρισμός

Εκτός από την οριζόντια διαστρωμάτωση έχουμε και την κάθετη διαχώριση σε επίπεδα (planes).

Αυτά είναι:

- Το επίπεδο ελέγχου (Control Plane)
- Το επίπεδο χρήστη (User Plane)
- Το επίπεδο ελέγχου μεταφοράς δικτύου (Transport Network Control Plane)
- Το επίπεδο χρήστη μεταφοράς δικτύου (Transport Network User Plane)

Στην επόμενη εικόνα έχουμε μια αναπαράστασή τους:



Εικόνα 1.10

### 1.4.2.1 Το Επίπεδο Ελέγχου (Control Plane)

Το επίπεδο ελέγχου χρησιμοποιείται για την σηματοδότηση στο UMTS. Περιέχει το πρωτόκολλο εφαρμογής (το RANAP στο Iu, το RNSAP στο Iur και το NBAP στο Iub) καθώς και τους διαύλους σηματοδότησης για την μεταφορά των μηνυμάτων του παραπάνω πρωτοκόλλου.

Το πρωτόκολλο εφαρμογής χρησιμοποιείται εκτός των άλλων για την δημιουργία των διαύλων προς το UE. Στην αναπαράσταση με τρία πλάνα οι παράμετροι του διαύλου στο πρωτόκολλο εφαρμογής δεν είναι συνυφασμένες με τις παραμέτρους της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στο επίπεδο χρήστη, αλλά είναι ορισμένες γενικές παράμετροι.

#### **1.4.2.2 Το Επίπεδο Χρήστη (User Plane)**

Κάθε δεδομένο που στέλνεται ή λαμβάνεται από τον χρήστη μεταφέρεται μέσω του User Plane. Περιέχει τα δεδομένα και τους δίαυλους δεδομένων για την μεταφορά δεδομένων. Κάθε μεταφορά δεδομένων χαρακτηρίζεται από ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα τα είναι προκαθορισμένα.

#### **1.4.2.3 Το Επίπεδο Ελέγχου Μεταφοράς Δικτύου (Transport Network Control Plane)**

Το επίπεδο ελέγχου μεταφοράς δικτύου χρησιμοποιείται για την σηματοδότηση ελέγχου στο στρώμα μεταφοράς δεδομένων. Δεν περιέχει πληροφορίες για το στρώμα δικτύου στο ασύρματο κομμάτι αλλά περιέχει το πρωτόκολλο (Access Link Control Application Part /ALCAP), το οποίο χρειάζεται για την δημιουργία των διαύλων για το User Plane, και τους δίαυλους σηματοδότησης για το ALCAP. Το επίπεδο αυτό λειτουργεί μεταξύ του επιπέδου χρήστη και του επιπέδου ελέγχου και επιτρέπει στο πρωτόκολλο εφαρμογής στο επίπεδο ελέγχου του ασύρματου δικτύου (Radio Network Control Plane) να είναι εντελώς ανεξάρτητο από την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για τους δίαυλους δεδομένων του επιπέδου χρήστη.

Η ανεξαρτησία του επιπέδου ελέγχου από το επίπεδο χρήστη βασίζεται στην παραδοχή ότι υφίσταται σηματοδότηση ALCAP. Εάν το ALCAP απουσιάζει τότε το επίπεδο ελέγχου μεταφοράς δικτύου δεν είναι πλέον αναγκαίο και δεν υπάρχει. Αυτό μπορεί αν συμβεί όταν είναι σχετικά εύκολο να επιλέξουμε τους πόρους του επιπέδου χρήστη, πράγμα που γίνεται για παράδειγμα στις συνδέσεις σημείο – προς - σημείο (P2P) για την μεταφορά IP.

#### **1.4.2.4 Το Επίπεδο Χρήστη Μεταφοράς Δικτύου (Transport Network User Plane)**

Οι δίαυλοι δεδομένων στο επίπεδο χρήστη και οι δίαυλοι σηματοδότησης για το πρωτόκολλο εφαρμογής είναι αυτοί που ανήκουν σε αυτό το επίπεδο. Οι δίαυλοι δεδομένων στο επίπεδο χρήστη μεταφοράς δικτύου ελέγχονται απευθείας από το επίπεδο ελέγχου μεταφοράς δικτύου με εργασίες πραγματικού χρόνου.

## 2. Δικτυακά Πρωτόκολλα και Μηχανισμοί

Πριν αρχίσει κανείς να εξετάζει σε βάθος την Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) σε δίκτυα UMTS, είναι απαραίτητο να γνωρίζει τα διάφορα πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταφορά δεδομένων. Το κύριο πρωτόκολλο μεταφοράς που έχει επιλεγεί στην R99 για το PS μέρος του δικτύου είναι το ATM.

Υπάρχουν όμως πολλά πρωτόκολλα και διάφοροι αλγόριθμοι που επιτρέπουν την παροχή QoS αλλά σε αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στα πιο σημαντικά. Υπηρεσίες όπως το IntServ και πρωτόκολλα όπως το RSVP δεν αναφέρονται καθώς η υλοποίησή τους σε δίκτυα IP αλλά και σε νοητά κυκλώματα ATM είναι εξαιρετικά δύσκολη εξαιτίας της μεγάλης πολυπλοκότητας τους ενώ επίσης στην περίπτωση που έχουμε απώλεια ενός κόμβου του δικτύου οι καθυστερήσεις που οφείλονται στην αναδρομολόγηση των πακέτων είναι πάρα πολύ μεγάλη και έτσι τέτοια πρωτόκολλα είναι δύσκολο να προσφέρουν μια εγγυημένη και αξιόπιστη ποιότητα υπηρεσίας.

### 2.1 Γιατί επιλέχθηκε το ATM; Ποιο είναι το μέλλον;

Μια απλή ερώτηση που θα μπορούσε να κάνει κανείς είναι η ακόλουθη: « Γιατί οι χειριστές ενός δικτύου επέλεξαν την τεχνολογία ATM και όχι κάποια άλλη που είναι πιο σύγχρονη και προηγμένη;». Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα είναι πολύ εύκολο να δοθεί: « Επειδή το ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα δίκτυα χωρίς επιπλέον έξοδα!». Η ευρεία χρήση του πρωτοκόλλου αυτού καθώς και η προς τα πίσω συμβατότητα που προσφέρει, είναι στοιχεία που βοηθούν στο να μειωθεί το κόστος για αγορά νέων μηχανημάτων από τα δίκτυα, καθώς μπορεί να συνεργαστεί άψογα με την υπάρχουσα υποδομή. Οι τεράστιες επενδύσεις που έχουν γίνει στην τεχνολογία αυτή δεν αφήνουν περιθώρια ούτε στους κατασκευαστές εξοπλισμού αλλά ούτε και στα δίκτυα και έτσι η χρήση της τεχνολογίας αυτής είναι ουσιαστικά μονόδρομος για την παρούσα χρονική περίοδο. Πάνω από το ATM λειτουργεί το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol) το οποίο εξυπηρετεί τις διαδικτυακές εφαρμογές και φαίνεται ότι θα είναι το κυρίαρχο πρωτόκολλο στο μέλλον όσον αφορά την μεταφορά δεδομένων.

Αντίθετα με την παρούσα κατάσταση, το μέλλον δείχνει να είναι πιο ευοίωνο για το IP παρά για το ATM. Βασισμένη στο επερχόμενο IPv6, η 3GPP έκανε μια στροφή στα σχέδια της και στις μελλοντικές εκδόσεις του UMTS όπως για παράδειγμα στην R5, το πρωτόκολλο ATM έχει δώσει την θέση του εξολοκλήρου στο IP. Επιπλέον το CN μέρος του δικτύου εξαφανίζεται ολοκληρωτικά και πλέον όλες οι μεταφορές γίνονται σε ένα περιβάλλον IP (all-IP) το οποίο ονομάζεται IMS. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και τα παραδοσιακά τηλεφωνήματα θα γίνονται πάνω από το IP. Προς το παρόν όμως, όπως ήδη διατυπώθηκε το ATM είναι μονόδρομος εξαιτίας της ανωριμότητας του IPv6, το οποίο ακόμα δοκιμάζεται σε διάφορα πειράματα με σκοπό την βελτιστοποίηση του αλλά και των επενδύσεων που έχουν γίνει για την κατασκευή δικτύων βασισμένα σε ATM.

Τα πρωτόκολλα του παραπάνω επιπέδου θα είναι το UDP ή το TCP. Το UDP θα χρησιμοποιείται από εφαρμογές που θέλουν μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης και είναι

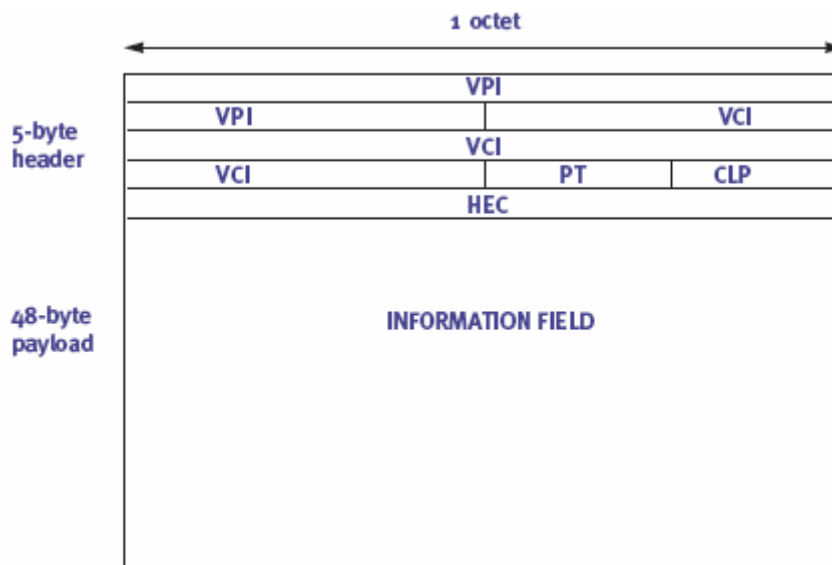
ανεκτικές στα λάθη μετάδοσης, σε αντίθεση με το TCP το οποίο έχει μεγαλύτερη επικεφαλίδα ώστε να πετυχαίνει αλάνθαστη μετάδοση με μικρότερους ρυθμούς όμως.

## 2.2 Το Πρωτόκολλο ATM

Το πρωτόκολλο ATM είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία για την δημιουργία δικτύων backbone. Το ATM είναι ευρέως γνωστό για την ευκολία ενσωμάτωσης που προσφέρει με άλλες τεχνολογίες και για τις προηγμένες δυνατότητες διαχείρισης που προσφέρει, οι οποίες δίνουν την δυνατότητα στους παροχείς να εγγυηθούν την ποιότητα των υπηρεσιών τους. Περίπου το 80% των διεθνών τηλεπικοινωνιακών εταιριών χρησιμοποιεί το ATM για την μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο τους. Η ευελιξία που προσφέρει το ATM με το να υποστηρίζει τεχνολογίες όπως το DSL, το IP, το Ethernet, το Frame Relay, το SONET/SDH, αλλά ακόμα και ασύρματες τεχνολογίες είναι ο κύριος λόγος για την καθιέρωση του σε σχέση με τα άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς. Επιπλέον η δυνατότητα του να συνδέει εξοπλισμό διαφορετικών γενιών έδωσε άλλον ένα πόντο στο πρωτόκολλο αυτό καθώς οι χειριστές δικτύων έβλεπαν στο ATM έναν σύμμαχο που θα τους βοηθούσε να κρατήσουν το κόστος εξοπλισμού χαμηλά χωρίς όμως να θυσιάζουν τις επιδόσεις του δικτύου καθώς θα μπορούσαν να συνδέσουν τα νέα μηχανήματα με τα παλιά, αποφεύγοντας έτσι μια ολοκληρωτική αναβάθμιση του δικτύου, πράγμα το οποίο έχει τεράστιο κόστος.

Η τεχνολογία ATM χρησιμοποιεί πακέτα προκαθορισμένου μήκους. Τα δεδομένα κατακερματίζονται και ομαδοποιούνται στα πακέτα αυτά και στην συνέχεια μεταδίδονται προς τον τελικό προορισμό, όπου λαμβάνει μέρος η επανένωση τους. Τέτοια πακέτα ονομάζονται κελιά (cells).

Το ATM είναι από μόνο του ένα πρωτόκολλο πολλών επιπέδων. Το πρώτο επίπεδο ονομάζεται Στρώμα Προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layer /AAL), και περιέχει τα δεδομένα. Το κάθε πακέτο μπορεί να έχει μέχρι και 48 bytes δεδομένων. Το κάθε κελί ATM έχει επιπλέον 5 bytes ως επικεφαλίδα. Ένα τέτοιο κελί φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 2.1 Κελί ATM cell



Το στρώμα ATM περιέχει διεργασίες όπως η μετάφραση νοητών διαδρομών (Virtual Path/VP) και νοητών διαύλων (Virtual Channel/VC) για την μεταγωγή, πολυπλεξία κελιών αλλά και γέννηση νέων κελιών. Έτσι δημιουργείται μια διαδρομή μεταξύ του πομπού και του δέκτη πριν αρχίσει η μετάδοση δεδομένων. Κάθε σύνδεση έχει ένα αναγνωριστικό πεδίο VPI (Virtual Path Identifier) καθώς και ένα πεδίο VCI (Virtual Channel Identifier). Κάθε ζευγάρι VPI/VCI είναι μοναδικό μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη μέσα στο δίκτυο και έτσι η απ' άκρη σ' άκρη (end-to-end) σύνδεση, μπορεί να αποτελείται από πολλά ζεύγη VPI/VCI. Ένας μεταγωγέας ATM θα μεταφράζει τα εισερχόμενα VPI/VCI στα εξερχόμενα από αυτόν VPI/VCI. Η μεταγωγή μπορεί να γίνεται σε επίπεδο VPI (δηλαδή να μεταφράζεται μόνο το VPI), και έτσι όλα τα VCI σε ένα VP να μεταγονται απ' ευθείας. Εναλλακτικά, η μεταγωγή μπορεί να γίνει σε επίπεδο VCI. Η χρήση των νοητών διαδρομών και διαύλων απλουστεύει κατά πολύ την αρχιτεκτονική του δικτύου και αυξάνει την επίδοση και την αξιοπιστία του δικτύου, ενώ παράλληλα μειώνει σημαντικά τον χρόνο επεξεργασίας των πακέτων στους διάφορους ενδιάμεσους κόμβους και μειώνει τον χρόνο εγκατάστασης μια σύνδεσης.

Για την υποστήριξη διαφορετικών τάξεων υπηρεσιών (service classes), το επίπεδο AAL έχει διαιρεθεί σε δύο υποστρώματα, το στρώμα κατάτμησης και επανασύνδεσης (Segmentation And Re-assembly Layer /SAR) και το υποστρώμα σύγκλισης (Convergence Sublayer/CS). Το CS διαιρείται παραπέρα υποστρώμα Service Specific (SSCS) και στο Common Part (CPCS). Το SAR είναι υπεύθυνο για τον κατακερματισμό των δεδομένων του χρήστη σε Μονάδες Πληροφορίας Πρωτοκόλλου (PDU) των 48 bytes, οι οποίες τοποθετούνται στο πεδίο πληροφορίας του κάθε κελιού ATM. Οι τύποι των PDUs διαφέρουν ανάλογα με τα δεδομένα της υπηρεσίας την οποία εξυπηρετούν. Το CPCS είναι αναγκαίο σε όλες τις υπηρεσίες και είναι αυτό που υποδεικνύει την μορφή των PDUs. Το υποστρώμα CPCS παίρνει τις SSCS PDU (οι οποίες είναι απλά τα δεδομένα του χρήστη εάν το SSCS είναι μηδενικό) και τις τοποθετεί στο πεδίο φορτίου του CPCS, προσθέτοντας παράλληλα τις επικεφαλίδες και τις ουρές οι οποίες χρειάζονται για την εκάστοτε υπηρεσία.

### 2.2.1 Στρώματα Προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layers / AALs)

Δεν είναι εντελώς ξεκαθαρισμένο εάν το ATM έχει ένα στρώμα μεταφοράς ή όχι. Το στρώμα προσαρμογής ATM (AAL) στα δίκτυα ATM είναι πολύ διαφορετικό απ' ότι το TCP για το IP, επειδή οι πιο πολλοί κατασκευαστές ενδιαφερόντουσαν πρωταρχικά για την μετάδοση φωνής και βίντεο, υπηρεσίες όπου η ταχύτητα μετάδοσης είναι πιο σημαντική από την αλάνθαστη μετάδοση. Ο σκοπός του AAL είναι να παρέχει χρήσιμες υπηρεσίες σε διαφορετικές εφαρμογές και να ορίζει τους μηχανισμούς κατακερματισμού και επανένωσης των δεδομένων σε και από τα πακέτα.

Οι υπηρεσίες AAL μπορούν να οργανωθούν με βάση τρεις άξονες:

- Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου
- Υπηρεσίες σταθερού ρυθμού μετάδοσης και υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού
- Υπηρεσίες απευθείας σύνδεσης και υπηρεσίες χωρίς σύνδεση

Τα διάφορα AAL που υπάρχουν είναι AAL 1, AAL 2, AAL 3/4 και AAL 5.

### 2.2.1.1 AAL 1

Το AAL 1 υποστηρίζει σταθερό ρυθμό μετάδοσης, απ' ευθείας σύνδεσης και σύγχρονη κίνηση (όπως π.χ. είναι η μετάδοση ασυμπιεστης φωνής). Η μετάδοση δεδομένων ακολουθεί ένα αυστηρό χρονισμό. Παρ' όλο που η μετάδοση σταθερού ρυθμού είναι πάνω από μια σύγχρονη διάταξη είναι κάτι σχετικά απλό, η ασύγχρονη φύση του ATM την καθιστά όχι και τόσο εύκολη στην υλοποίηση. Οι μεταβολές στις δυνατότητες ενός δικτύου να μεταφέρει κίνηση ATM μπορεί να έχει ως επακόλουθο την εμφάνιση Jitter το οποίο δημιουργεί δυσκολία στην επανασύνδεση των πακέτων με την σωστή σειρά. Η επόμενη εικόνα δείχνει την μορφή μιας AAL-1 SAR-PDU, η οποία θα ενσωματωθεί σε ένα κελί ATM.



Εικόνα 2.2 AAL-1 Cell Format

Τα πεδία μιας AAL-1 PDU εμπεριέχουν έναν αριθμό (Sequence Number/SN) ο οποίος αποτελείται από μια επαναλαμβανόμενη ακολουθία τριών bit και ένα Bit που αναφέρεται ως "CS-indication" και από ένα πεδίο τεσσάρων bit το οποίο ονομάζεται Sequence Number Protection (SNP) και έχει ως σκοπό την προστασία του αρχικού αριθμού από διάφορα λάθη. Στην συνέχεια ακολουθεί ένα πεδίο από 47 οκτάδες που περιέχει τα δεδομένα προς μεταφορά. Τυπικά το πεδίο αυτό πρέπει να είναι γεμάτο, αλλά υπάρχουν περιπτώσεις όπου επιτρέπεται να μην είναι πλήρες.

Επίσης ενδιαφέρον στο AAL-1 παρουσιάζουν οι λειτουργίες του ρολογιού. Εάν στέλνεται πιο πολύ πληροφορία, τότε τα επιπλέον δεδομένα πρέπει να σταματήσουν. Εάν αντίστοιχα εάν στέλνεται λίγη πληροφορία τότε αυτή πρέπει να «γεμιστεί». Για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων έχουν προταθεί δύο διαφορετικοί τρόποι, η Synchronous Residual Time Stamp όπου τα ρολόγια στις δύο άκρες της ζεύξης συγχρονίζονται και το Adaptive Clock, στο οποίο ο παραλήπτης ρυθμίζει την ταχύτητα του ρολογιού του με βάση τον όγκο πληροφορίας που συσσωρεύεται στους ενταμιευτές (buffers) του.

### 2.2.1.2 AAL 2

Το AAL2 δεν απέκτησε ποτέ έναν ολοκληρωμένο ορισμό και είχε προσδιοριστεί για την μεταφορά σύγχρονης κίνησης, μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης και σε συνδέσεις απ' ευθείας. Το AAL-2 είναι βασισμένο στην υπόθεση ότι ορισμένες μορφές ισόχρονης πληροφορίας (όπως π.χ. ο ήχος και η εικόνα σε ένα αρχείο βίντεο) μπορούν να αναπαρασταθούν από πολλαπλές μορφές πληροφορίας. Για παράδειγμα ο ρυθμός μερικών τεχνικών κωδικοποίησης βίντεο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την πολυπλοκότητα και τον ρυθμό εναλλαγής εικόνων.

### 2.2.1.3 AAL 3/4

Υποστηρίζει μεταβλητό ρυθμό δεδομένων, απ' ευθείας σύνδεση και ασύγχρονη κίνηση (π.χ., X.25 data), αλλά και υπηρεσίες χωρίς σύνδεση (π.χ., κίνηση SMDS) με την προσθήκη μίας επικεφαλίδας τεσσάρων byte μέσα στο πεδίο της πληροφορίας χρήστη. Το AAL-3/4 παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς με ή και χωρίς σύνδεση. Αυτές αντιστοιχούν στις τάξεις C και D. Αντίθετα με το AAL-1, το AAL-3/4 περιέχει μια μεγάλη ποικιλία επιλογών υπηρεσιών. Η πληροφορία μεταφέρεται είτε σε μορφή μηνυμάτων είτε ως συνεχής ροή. Υπάρχουν διάφορες προαιρετικές τεχνικές διασφάλισης της ακεραιότητας ή μη των δεδομένων, όπως η απόρριψη λανθασμένων SDUs, η end-to-end ανάκτηση πληροφορίας, καθώς και η παράδοση όλων των SDUs ανεξάρτητα από την ακεραιότητα των δεδομένων. Η εγγυημένη μετάδοση με χρήση αναμετάδοσης σε περιπτώσεις σφαλμάτων αναφέρεται στις προδιαγραφές του AAL3/4 αλλά δεν έχει οριστεί πλήρως. Η μη εγγυημένη μετάδοση υπάρχει και αυτή στις προδιαγραφές και περιέχει τις επιλογές του να μεταδίδει ή να απορρίπτει τα λανθασμένα SDUs, αλλά όπως είναι λογικό, η παράδοση λανθασμένων δεδομένων είναι κάτι το οποίο πρέπει να αποφεύγεται όσο αυτό είναι δυνατό. Πάνω σε ένα νοητό κύκλωμα ATM (Virtual Circuit /VC) μπορούν να πολυπλεχθούν πολλά AAL3/4 και έτσι μπορεί να επιτευχθεί η μετάδοση τις ίδιας πληροφορίας από έναν αποστολέα σε πολλούς παραλήπτες ταυτόχρονα.

Για να υποστηρίζονται όλες αυτές οι πληροφορίες, η αρχιτεκτονική του AAL-3/4 είναι πιο περίπλοκη από των άλλων πρωτοκόλλων AAL και υπάρχει ενεργή επεξεργασία των δεδομένων από το CPCS(Common Part Convergence Sublayer) και το SAR. Έτσι οι πληροφορίες του χρήστη συσκευάζονται σε ένα πλαίσιο AAL, το CPCS διαμορφώνει το AAL-PDU ώστε αυτό να μπορεί να μεταδοθεί στον παραλήπτη και στην συνέχεια το CPCS-PDU προωθείται στο στρώμα SAR ώστε να διαμορφωθεί σε ένα PDU των 44 byte ώστε να μεταδοθεί (έχοντας 3 οκτάδες για πληροφορίες ελέγχου του SAR) στο στρώμα ATM. Κατά την παραλαβή ενός ATM PDU λαμβάνει χώρα η αντίστροφη διαδικασία..

Το AAL-3/4 CPCS είναι υπεύθυνο για την διαχείριση της ακεραιότητας της πληροφορίας AAL-3/4. Επιπλέον διαμορφώνει τα μπλοκ των δεδομένων σε πολλαπλάσια των 4 οκτάδων ώστε να διευκολύνει την μετέπειτα επεξεργασία Στην επόμενη εικόνα έχουμε μια εποπτική όψη ενός CPCS-PDU.



Εικόνα 2.3 AAL-3/4 CPCS PDU Format

Τα πεδία του PDU είναι:

- CPI - Common Part Indicator: Ενεργεί ως ένα αναγνωριστικό πρωτοκόλλου το οποίο καθορίζει πώς θα επεξεργαστούν τα υπόλοιπα πεδία του PDU. Μέχρι τώρα λειτουργεί ως ένα πεδίο για την υποστήριξη μελλοντικών εργασιών και σύμφωνα με το ITU-T I.363 παραμένει μηδενικό.
- Btag - Beginning Tag. Αυτό το πεδίο υποδεικνύει η παραλαβή του CPCS-PDU έγινε σωστά ή όχι. Όταν δημιουργείται ένα CPCS-PDU η ίδια πληροφορία γράφεται στα πεδία Btag και Etag. Εάν λοιπόν κατά την παραλαβή ενός CPCS-PDU τα πεδία αυτά διαφέρουν, τότε είναι φανερό ότι το PDU αυτό περιέχει λάθη.

- BASize - Buffer Allocation Size Indication. Προσδιορίζει τον όγκο που χρειάζεται ο παραλήπτης να κρατήσει στους ενταμιευτές του για να επεξεργαστεί το PDU και η τιμή του πεδίου αυτού είναι ίση ή μεγαλύτερη από το μέγεθος του PDU.
- Pad – Διασφαλίζει ότι το μέγεθος του PDU είναι πολλαπλάσιο των 4 οκτάδων για να διευκολυνθεί η επεξεργασία του PDU σε κομμάτια των 32 bit.
- AL - Alignment Field. Αυτό είναι ένα κενό πεδίο με σκοπό να «γεμίζει» τα δεδομένα ώστε να έχουμε τελικά πολλαπλάσια των 4 οκτάδων
- Etag - End Tag. Χρησιμοποιείται για επαλήθευση της ακεραιότητας των δεδομένων.
- Length - Field Length. Δίνει το ακριβές μέγεθος του CPCS-PDU (σε οκτάδες όταν CPI=0). Αυτό το πεδίο δίνει την δυνατότητα για έλεγχο λαθών.

Το υποστρώμα SAR διαχειρίζεται την κατάτμηση και την επανένωση των AAL-3/4 CPCS-PDUs σε πληροφορίες φόρτου (payload information) που μπορούν να μεταφερθούν μέσα σε κελιά ATM. Η μορφή ενός SAR-PDU είναι η ακόλουθη:



**Εικόνα 2.4 SAR-PDU**

Τα πεδία ενός SAR-PDU είναι:

- ST - Segment Type (2-bits). Ορίζει σε ποίο σημείο του SAR-SDU ανήκει η πληροφορία. Πιθανές τιμές είναι: (10) αρχή του μηνύματος, (00) συνέχεια του μηνύματος, (01) τέλος του μηνύματος και (11) ένα μονό μήνυμα.
- SN - Sequence Number (4-bits). Χρησιμοποιείται για την παράδοση των κατατμημένων δεδομένων την σωστή σειρά.
- MID - Multiplexing Identification Field. (10-bits) Αυτό το πεδίο μεταφέρει αναγνωριστικά για την μετάδοση πολυπλεγμένων καναλιών, ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση πολλών καναλιών σε ένα ATM VC.
- Payload - (44-octets). Σε αυτό το πεδίο μεταφέρεται το κατατμημένο κομμάτι της CPCS-PDU.
- LI - length Indication. (6 bits) Αναγνωρίζει το όγκο της πληροφορίας του πεδίου Payload. Αυτό το πεδίο έχει πάντα την τιμή 44 καθώς μόνο το τελευταίο Payload μιας μετάδοσης μπορεί να έχει διαφορετικό μέγεθος από το 44.
- CRC - cyclic redundancy check (10-bits). Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται για τον κυκλικό έλεγχο λαθών.

#### **2.2.1.4 AAL 5**

Το ALL 5 είναι παρόμοιο με το AAL 3/4 αλλά έχει μια πιο απλουστευμένη μορφή επικεφαλίδας. Υποθέτει ότι η πληροφορία μεταδίδεται ακολουθιακά από τον χρήστη και χρησιμοποιεί το PTI bit για να σηματοδοτήσει το τελευταίο κελί σε μία μετάδοση. Παράδειγμα υπηρεσιών που χρησιμοποιούν το AAL 5 είναι το κλασσικό IP

over ATM, και οι εξομοιωτές LAN (LANE). Το AAL 5 είναι το πιο διαδομένο πρωτόκολλο προσαρμογής ATM. Σε αντίθεση με το AAL-3/4, το οποίο προσφέρει ένα μεγάλο πλήθος υπηρεσιών επιβαρύνοντας όμως την μετάδοση με περισσότερο όγκο επικεφαλίδων άρα και μεγαλύτερη επεξεργασία, το AAL-5 σχεδιάστηκε ώστε να προσφέρει παρόμοιες υπηρεσίες με την χρήση μικρότερης επικεφαλίδας. Αυτό το AAL εκμεταλλεύεται το σήμα ATM End Of Message (EOM) ώστε να σηματοδοτήσει το τέλος ενός μηνύματος. Παράλληλα με την απομάκρυνση της επικεφαλίδας και της ουράς του SAR μειώνεται σημαντικά η συνολική επικεφαλίδα. Το κάθε CPCS-PDU μπορεί να μεταφέρει από μία έως 65535 οκτάδες και στην συνέχεια αυτό καταμιζείται σε SAR-PDUs των 48 οκτάδων.



Εικόνα 2.5 AAL-5 CPCS-PDU

Ένα AAL-5 CPCS-PDU αποτελείται από τα εξής πεδία:

- Pad – Στρογγυλοποιεί την πληροφορία σε πολλαπλάσια των 4 οκτάδων..
- UU - user to user indication. Χρησιμοποιείται για να περνάει πληροφορία μεταξύ των χρηστών CPCS.
- CPI – Είναι πάντα μηδέν και χρησιμοποιείται για την στοίχιση των άκρων.
- Length – Δίνει τον αριθμό των οκτάδων στο PDU.
- CRC (32-bits).

## 2.2.2 Οι τάξεις υπηρεσιών του ATM (ATM Service Classes)

Για την παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας στους τελικούς χρήστες αλλά και για σωστό χειρισμό των πόρων του δικτύου έχουν οριστεί πέντε τάξεις υπηρεσιών. Αυτές οι τάξεις ,τα βασικά τους χαρακτηριστικά καθώς και σε ποια AALs ανήκουν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Class A CBR	Class B VBR(RT)	Class C VBR(NRT)	Class D UBR	Class Y ABR
<b>Bit Rate</b>	constant	variable	variable	variable	variable
<b>Src/Dest Timing relationship</b>	required	required	not required	not required	not required
<b>Connection Mode</b>	connection- oriented	connection- oriented	connection- oriented	connection- less	connection -less
<b>QoS Guarantees</b>	loss, delay, bandwidth	loss, delay, bandwidth	loss, delay, bandwidth	None	loss, bandwidth
<b>AAL</b>	1	2	3/4 or 5	3/4 or 5	3/4 or 5
<b>Applications Example(s)</b>	T1, T3 circuit emulation	Teleconf.	Frame Relay	IP, e-mail	IP, e-mail

Πίνακας 2.1 ATM Service Classes

CBR=Constant Bit Rate, VBR(RT)=Variable Bit Rate(Real Time), VBR(NRT)=Variable Bit Rate(Non-Real Time), UBR=Unspecified Bit Rate, ABR=Available Bit Rate

**H Class A** έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές real time οι οποίες απαιτούν έναν σταθερό ρυθμό μετάδοσης (CBR) και μικρή καθυστέρηση, όπως είναι η τηλεφωνία ή η μετάδοση βίντεο σταθερού ρυθμού. Τα δίκτυα τις περισσότερες φορές δεσμεύουν πόρους με βάση τον μέγιστο ρυθμό μετάδοσης.

**H Class B** απευθύνεται σε εφαρμογές όπως η βιντεοσυνδιάσκεψη όπου χρειάζεται χαμηλή καθυστέρηση αλλά οι ρυθμοί μετάδοσης είναι μεταβλητοί (VBR) και μπορεί να είναι εξαιρετικά εκρηκτικοί. Τέτοιες εφαρμογές χαρακτηρίζονται από το μέγιστο ρυθμό (Peak Cell Rate /PCR), τον αποδεκτό ρυθμό (Sustained Cell Rate/SCR) και το μέγιστο μέγεθος εκρηκτικότητας (Maximum Burst Size/MBS). Οι μεταβλητοί ρυθμοί μετάδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολυμεσικές εφαρμογές που διακρίνονται από κάποιες συναρτήσεις που επιτρέπουν μερικές απώλειες, όπως για παράδειγμα πολυμεσικά πρωτόκολλα που έχουν αλγορίθμους κωδικοποίησης ανεκτικούς σε απώλειες.

**H Class C** έχει δημιουργηθεί για υπηρεσίες δεδομένων με σύνδεση, όπως είναι το Frame Relay και για άλλες συνδέσεις οι οποίες έχουν ως κύριο μέλημα την ακεραιότητα της πληροφορίας και όχι την ταχύτητα μεταφοράς.

**H Class D** είναι ανάλογη της Class C αλλά αφορά συνδέσεις με μη καθορισμένους ρυθμούς μετάδοσης (UBR), όπως είναι η κίνηση των LAN, στις οποίες το ATM δεν μπορεί να εγγυηθεί όσο αφορά την Ποιότητα Υπηρεσίας.

**H Class Y** είναι επίσης ανάλογη της Class C επειδή αφορά συνδέσεις με μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης οι οποίες όμως δεν παρέχουν συγχρονισμό μεταξύ της πηγής και του αποδέκτη και δεν εγγυούνται για ένα ορισμένο ρυθμό μετάδοσης ή μια ορισμένη καθυστέρηση. Οι υπηρεσίες διαθέσιμου ρυθμού μετάδοσης (ABR) είναι υπηρεσίες "Best Effort", για τις οποίες το δίκτυο χρησιμοποιεί μερικούς μηχανισμούς ώστε να αυξήσει το διαθέσιμο εύρος ζώνης για τους χρήστες όταν υπάρχει επάρκεια και να το μειώσει όταν υπάρχει μεγάλη συμφόρηση.

Ο επόμενος πίνακας δείχνει τα διάφορα πεδία εφαρμογών σε σχέση με το σε ποια τάξη ATM μπορούν αυτά να ανήκουν.

Πεδία Εφαρμογών	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Κρίσιμα Δεδομένα	xx	x	xxx	x	N/S
Διασύνδεση LAN Εξομοίωση LAN	x	x	xx	xxx	xx
Data Transport/Interworking (IP- FR-SMDS)	x	x	xx	xxx	xx
Εξομοίωση Κυκλωμάτων	xx	xx	N/S	N/S	N/S
POTS/ISDN Video Conference	xxx			N/S	N/S
Συμπιεσμένος Ήχος	x	xxx	xx	xx	x
Παροχή Video	xxx	xx	x	N/S	N/S
Interactive Multimedia	xxx	xxx	xx	xx	x
<i>xxx : Βέλτιστη Χρήση    xx : Καλή Χρήση    x: Μέτρια Χρήση    N/S : Ακατάλληλη</i>					

Πίνακας 2.2

Η χρήση διαφορετικών τάξεων υπηρεσιών δίνει στο ATM ένα πλεονέκτημα στο ATM έναντι στο IPv4 καθώς επιτρέπει την παροχή QoS η οποία θα αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό ζήτημα για κάθε παροχέα υπηρεσιών στο άμεσο μέλλον.

### **2.2.3 UMTS και ATM**

Στο UMTS το ATM χρησιμοποιείται τόσο στο RAN όσο και στο δίκτυο κορμού, μεταφέροντας τόσο την φωνή όσο και τα δεδομένα με επιτυχία παρέχοντας αξιοπιστία και το απαιτούμενο QoS. Επιπρόσθετα το ATM δρα ως μια κοινή πλατφόρμα για το 2G (GSM), το 2.5G (GPRS) και το 3G (UMTS) ώστε να παρέχονται πάνω από αυτό όλες οι υπηρεσίες στο δίκτυο κορμού και να μπορούν τα δίκτυα να είναι περισσότερο ευέλικτα οικονομικά και να παρέχουν νέες υπηρεσίες αφού θα έχουν έτσι μειώσει τα κόστη λειτουργίας του δικτύου αφού το ATM προστατεύει τις προηγούμενες επενδύσεις εξαιτίας της υποστήριξης που προσφέρει για τα μηχανήματα παλαιότερων γενεών. Έτσι το ATM μπορεί να θεωρηθεί ως το καθολικό πρωτόκολλο μεταφοράς στο UMTS με την χρήση του οποίου πετυχαίνουμε μια αξιόπιστη και εύχρηστη λειτουργία του δικτύου.

Στο 3G οι νέες υπηρεσίες που προσφέρονται βασίζονται σε μετάδοση δεδομένων και όχι φωνής. Με την χρήση του ATM τα δίκτυα UMTS χρησιμοποιούν το AAL2 για την φωνή αλλά και για την κίνηση δεδομένων στο RAN. Στο δίκτυο κορμού το AAL2 χρησιμοποιείται για τις υπηρεσίες φωνής, ενώ για τα δεδομένα χρησιμοποιείται το AAL5 ή / και ένα υβρίδιο ATM και MPLS που μεταφέρει κίνηση IP. Το τελευταίο είναι δυνατόν καθώς εξ ορισμού οι μεταγωγείς ATM μπορούν να έχουν πολλά επίπεδα ελέγχου. Με την χρήση του ATM στο UMTS η παράδοση δεδομένων στους χρήστες με ταχύτητες της τάξης των 2 Mbps γίνεται πραγματικότητα.

## **2.3 Το πρωτόκολλο IP**

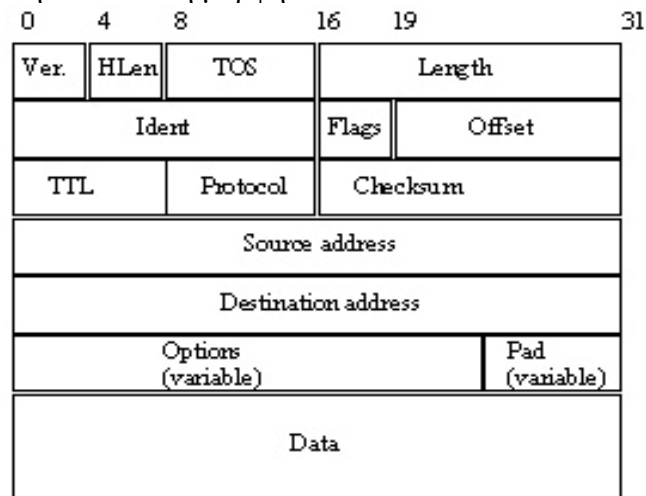
### **2.3.1 IPv4**

Το πρωτόκολλο IP (IPv4) είναι ένα αναξιόπιστο, χωρίς σύνδεση πρωτόκολλο και είναι παγκοσμίως γνωστό καθώς χρησιμοποιείται στο Internet. Αυτό το πρωτόκολλο δεν μπορεί να εγγυηθεί την ακεραιότητα της πληροφορίας. Τα δεδομένα καταταμίζονται σε μικρά πακέτα καθορισμένου μεγέθους τα οποία ονομάζονται IP-datagrams. Ένα IP-datagram μπορεί να μην φτάσει ποτέ στον αποστολέα του, μπορεί να διπλασιαστεί μέσα στο δίκτυα αλλά μπορεί επίσης να χαθεί εντελώς μέσα στο δίκτυο. Επιπλέον το κάθε IP-datagram μεταφέρεται ξεχωριστά από τα άλλα IP-datagrams. Κάθε τέτοιο datagram περιέχει στην επικεφαλίδα του όλες εκείνες τις πληροφορίες οι οποίες είναι απαραίτητες στους δρομολογητές ώστε να μπορέσουν να στείλουν προς τον σωστό τελικό προορισμό.

Το πρωτόκολλο IP περιέχει ένα σύνολο διεργασιών οι οποίες είναι απαραίτητες ώστε να δημιουργηθεί μία σύνδεση. Αυτές είναι:

- Εργασίες κατάτμησης και επανασύνδεσης των δεδομένων σε και από πακέτα.
- Εργασίες δρομολόγησης για τα IP-datagrams.
- Εργασίες αναφοράς λαθών.

Ένα IP-datagram έχει την ακόλουθη μορφή:



Εικόνα 2.6 Ένα IP Datagram

Τα πεδία που υπάρχουν σε ένα datagram είναι:

- Version: Δείχνει την έκδοση του πρωτοκόλλου
- IP Header Length : Δείχνει το μέγεθος της επικεφαλίδας
- Type-of-Service: Χρησιμοποιείται για να θέτει διαφορετική προτεραιότητα στα πακέτα ανάλογα με τον τύπο υπηρεσίας.
- Total length: Το συνολικό μέγεθος του πακέτου IP σε bytes
- Identification: Ένας ακέραιος που δείχνει την θέση στην οποία πρέπει να μπει το πακέτο κατά την επανασύνδεση των δεδομένων.
- Flags: 3 bits. Τα δύο τελευταία bits είναι υπεύθυνα για την κατάτμηση της πληροφορίας. Το λιγότερο σημαντικό καθορίζει εάν το πακέτο μπορεί να κατατμηθεί. Το μεσαίο bit ορίζει εάν το πακέτο είναι το τελευταίο πακέτο κατά μια κατάτμηση δεδομένων.
- Fragment Offset: Ορίζει την θέση των κατατμημένων δεδομένων σε σχέση με την αρχική θέση των δεδομένων στο datagram.
- Time-to-Live: Ένας μετρητής που μειώνεται έως το μηδέν, όπου τότε το πακέτο χάνεται.
- Protocol: ορίζει ποιο πρωτόκολλο ανωτέρου επιπέδου θα χειριστεί τα δεδομένα.
- Header Checksum: Χρησιμοποιείται για την ακεραιότητα της πληροφορίας.
- Source Address: Η διεύθυνση του αποστολέα
- Destination Address: Η διεύθυνση του παραλήπτη.
- Options: Άλλες επιλογές του IP, όπως π.χ. για την ασφάλεια.
- Data: Εδώ περιέχονται τα δεδομένα του ανωτέρου επιπέδου.

Το κάθε τερματικό σε ένα δίκτυο IP έχει την δικιά του μοναδική διεύθυνση IP η οποία αποτελείται από 32 bits. Αυτές οι διευθύνσεις διαχωρίζονται από τελείες και παριστάνονται ως τέσσερις αριθμοί (στο δεκαδικό) που κυμαίνονται από το 0 μέχρι και



το 255. Έτσι η μικρότερη διεύθυνση IP μπορεί να είναι η 0.0.0.0 και η μεγαλύτερη η 255.255.255.255

### 2.3.2 IPv6

Όλα αυτά τα χρόνια το IP γνώρισε μια πρωτοφανή επιτυχία την οποία δεν μπορούσαν να φανταστούν οι εμπνευστές του με αποτέλεσμα το πρωτόκολλο αυτό να έχει φτάσει σήμερα στα όρια του. Στην αρχή μόνο μερικά πανεπιστήμια, στρατιωτικοί και μερικοί ακόμα διεθνείς οργανισμοί είχαν πρόσβαση στο Internet. Σήμερα όμως η κατάσταση αυτή έχει αναστραφεί και καθώς στο Internet βρίσκονται συνδεδεμένα δισεκατομμύρια υπολογιστές καθώς και διάφορες άλλες ηλεκτρονικές συσκευές και ο αριθμός αυτός αυξάνει γεωμετρικά. Παράλληλα, στο άμεσο μέλλον όπου όλα τα δίκτυα θα τρέχουν πάνω από IP, σχεδόν όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές θα είναι σε θέση να συνδεθούν στο διαδίκτυο. Αυτό θα δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα στις ήδη υπάρχουσες δικτυακές υποδομές, αρχίζοντας από το γεγονός όπου δεν θα υπάρχουν αρκετές διευθύνσεις για να αποδοθούν σε όλα τα μηχανήματα καθώς όλες οι διευθύνσεις θα είναι πλέον δεσμευμένες.

Την λύση σε αυτά τα προβλήματα θα δώσει ένα νέο πρωτόκολλο το οποίο θα βασίζεται στο παλαιό αλλά θα δίνει λύσει στα προβλήματα του παρελθόντος καθώς θα είναι πιο προηγμένο και θα προσφέρει νέες δυνατότητες. Το νέο αυτό πρωτόκολλο έχει ονομαστεί IPv6 και ήδη χρησιμοποιείται σε μερικά μικρά δίκτυα έτσι ώστε να μελετηθεί αναλυτικά με σκοπό να βελτιστοποιηθεί προτού αντικαταστήσει το υπάρχον πρωτόκολλο IP. Στο IPv6 οι διευθύνσεις IP αποτελούνται από 16 bytes και με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια ανεξάντλητη δεξαμενή διευθύνσεων IP ώστε να μην υπάρχει πλέον πρόβλημα λόγω της μη ύπαρξης αρκετών διευθύνσεων.

Παράλληλα η επικεφαλίδα αποτελείται πλέον από μόνο επτά πεδία σε σύγκριση με τα 13 που υπήρχαν στο IPv4. Αυτή η αλλαγή θα ωφελήσει σημαντικά την δρομολόγηση των πακέτων καθώς οι κόμβοι θα μπορούν να εργάζονται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά καθώς όλες οι μη αναγκαίες πληροφορίες πλέον δεν θα υπάρχουν. Έτσι θα επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης και θα απαιτείται λιγότερη υπολογιστική δύναμη.

Ακόμα μια διαφορά αφορά τον τρόπο οργάνωσης των πληροφοριών στην επικεφαλίδα, οι οποίες είναι πλέον οργανωμένες πολύ καλύτερα έτσι ώστε να διευκολύνεται η δρομολόγηση. Πολλά πεδία που ήταν υποχρεωτικά στο IPv4 έχουν γίνει προαιρετικά και παριστάνονται με διαφορετικό τρόπο.

Επιλογές για την ασφάλεια είναι πλέον παρούσες στο IPv6 καθώς και άλλα χαρακτηριστικά τα οποία κάνουν τις μεταφορές πιο ασφαλείς σε σχέση με ότι συμβαίνει στο IPv4, το οποίο αντιμετωπίζει παρουσιάζει πολλά κενά ασφαλείας τα οποία εκμεταλλεύονται ορισμένοι κακόβουλοι χρήστες με σκοπό τον υποβιβασμό της ασφαλείας των δικτύων και την υποκλοπή σημαντικών δεδομένων.

Τέλος το IPv6 έχει πλέον ένα πεδίο από 8 bit για την περιγραφή του τύπου υπηρεσίας, πράγμα που είναι πολύ σπουδαίο για την παροχή QoS. Σε σύγκριση με το IPv4 όπου η υποστήριξη για QoS ελάχιστη, το IPv6 ξεκαθαρίζει αυτό το ζήτημα με το πεδίο αυτό και ελευθερώνει τα χέρια των διαχειριστών των δικτύων οι οποίοι έπρεπε να

έως τώρα να αναζητούν περίπλοκες λύσεις με χρήση συνδυασμών διαφόρων τεχνολογιών ώστε να είναι σε θέση να εγγυούνται για την Ποιότητα Υπηρεσίας.

Το IPv6 όμως δεν υποστηρίζει απ' ευθείας υποστήριξη του QoS. Υπάρχουν σε αυτό δύο σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να συνδυαστούν ποικιλοτρόπως ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση των δεδομένων με βάση διαφορετικές τάξεις υπηρεσιών. Ο πρώτος εξ' αυτών των παραγόντων είναι το πεδίο των 4 bit (Priority Field) το οποίο βρίσκεται στην επικεφαλίδα και είναι ανάλογο με τα IP precedence bits του IPv4. Με την χρήση αυτού του πεδίου είναι δυνατή η διάκριση και η αναγνώριση των διαφόρων τάξεων υπηρεσιών. Ο δεύτερο παράγοντας είναι το πεδίο Flow Label το οποίο μπορεί να βάζει ετικέτες στα πακέτα ώστε να τα κατηγοριοποιεί ανάλογα με την ροή δεδομένων στην οποία αυτά ανήκουν.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα είναι αυτά που υποδεικνύουν ότι το μέλλον ανήκει στο IPv6, το οποίο αναμένεται να είναι στο μέλλον το κυρίαρχο πρωτόκολλο μεταφοράς.

### 2.3.3 IP over ATM

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η λύσης την οποία θα διαλέξουν οι περισσότεροι χειριστές δικτύων για την R99 είναι το IP over ATM. Αυτή η μίξη πρωτοκόλλων είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για διάφορους λόγους, αφού το IP και το ATM μπορούν να θεωρηθούν ως δύο πλατφόρμες που αλληλοσυμπληρώνονται. Εξαιτίας της μαζικής χρήσης του Internet και των πρωτοκόλλων του, το IP άλλαξε δραματικά τον κόσμο των δικτύων καθώς προσέφερε ένα ανοιχτό και εύκολο περιβάλλον για όλες τις δικτυακές εφαρμογές. Οι περισσότεροι παροχοί σύνδεσης δεδομένων επιλέγουν να μεταφέρουν όλη την IP κίνηση των δικτύων τους πάνω από το στρώμα ATM, κυρίως εξαιτίας των δυνατοτήτων που παρέχει το ATM για traffic-engineering και για διαφοροποίησης τάξεων υπηρεσιών, οι οποίες απουσιάζουν από το IPv4 και είναι πολύ σημαντικές για την προσφορά QoS.

Με την χρήση του ATM, οι παροχοί μπορούν να διαχωρίσουν ποικιλοτρόπως IP δίκτυα τους και έτσι είναι σε θέση να προσφέρουν:

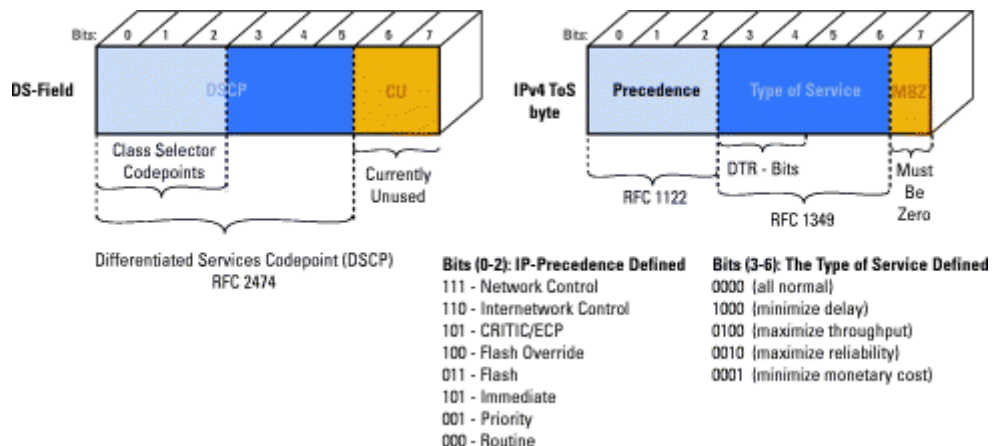
- κλιμάκωση
- traffic engineering
- διαφοροποίηση υπηρεσιών
- υψηλή διαθεσιμότητα
- διάφορες άλλες εφαρμογές όπως νοητά προσωπικά δίκτυα (VPNs)

Με την χρήση του IP over ATM οι παροχοί μπορούν να συνδυάσουν τον πλούτο εργασιών που προσφέρει το IP με την ασφάλεια, την διαχείριση και ευελιξία που προσφέρει το πρωτόκολλο ATM.

## 2.4 Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες(Differentiated Services/DiffServ)

Οι Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες αποτελούν έναν τρόπο ανάθεσης προτεραιοτήτων το οποίο βρίσκεται ακόμα υπό παρακολούθηση από την IETF. Το DiffServ έχει ως σκεπτικό την αντικατάσταση του πεδίου των 8 bit του Type of Service (TOS) στην επικεφαλίδα του IPv4 με ένα πεδίο προτεραιότητας (που ονομάζεται πεδίο DS) το οποίο υποδεικνύει σε ποια τάξη ανήκει το κάθε πακέτο. Στο IPv6 το πεδίο που χρησιμοποιείται είναι το Priority Field της επικεφαλίδας. Το DiffServ είναι το νέο μοντέλο της IETF για να καταστεί δυνατή η μεταφορά δεδομένων σε δίκτυα IP με τρόπο καλύτερο από τον τωρινό Best Effort. Η βασική ιδέα είναι ότι η κάθε επικεφαλίδα των πακέτων IP της ροής ενός χρήστη «μαρκάρεται» με την χρήση ενός κωδικού σημείου DiffServ (DiffServ Code Point /DSCP) στις άκρες του δικτύου, το οποίο προσδιορίζει την σχετική προτεραιότητα του πακέτου.

Οι δρομολογητές που υποστηρίζουν το DiffServ προγραμματίζουν την αποστολή πακέτων με βάση την τιμή του DSCP. Το πλεονέκτημα του DiffServ είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κλιμάκωση σε ένα δίκτυο κορμού, καθώς οι δρομολογητές δεν χρειάζεται να κρατάνε πληροφορίες για την κάθε ροή δεδομένων αφού εργάζονται με απλή εξέταση ενός πεδίου της επικεφαλίδας του IP. Το DSCP το χειρίζονται μερικοί DS-συμβατοί κόμβοι οι οποίοι κατασκευάζουν έναν πίνακα που έχει ορισμένα πεδία που ονομάζονται Συμπεριφορά Προώθησης ανά Κόμβο (Per Hop Behavior/PHB). Έτσι ένας DS-συμβατός κόμβος κατηγοριοποιεί όλα τα πακέτα με το ίδιο DSCP ως πακέτα της ίδιας υπηρεσίας και διαλέγει το κατάλληλο PHB από τον πίνακα του. Αυτός ο πίνακας, εκτός των άλλων, πρέπει να περιέχει και ένα γενικό PHB για πακέτα τα οποία μεταφέρουν μη αναγνωρίσιμα DSCPs. Με την χρήση DSCPs τα οποία έχουν την μορφή xxx000 μπορούν να δημιουργηθούν δύο έως οκτώ διαφορετικές τάξεις προώθησης και αυτά τα DSCPs ονομάζονται κωδικά σημεία επιλογής τάξεων (Class Selector Code-Point). Ένα τέτοιο σημείο που έχει μεγαλύτερη αριθμητική τιμή από ένα άλλο δίνει μια πιθανότητα προώθησης PHB forwarding probability η οποία είναι ίση η μεγαλύτερη από το άλλο. Το DSCP 000000 είναι το προκαθορισμένο και έχει την μικρότερη προτεραιότητα προώθησης σε σχέση με όλα τα άλλα. Οι ακριβείς αλγόριθμοι για την απόρριψη και την προώθηση δεν έχουν οριστεί επακριβώς και στην πράξη εξαρτιούνται από τα ίδια τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται



Εικόνα 2.7 DiffServ Codepoint Field & Original IPv4 ToS byte

Η Εγγυημένη Υπηρεσία (Assured Forwarding/AF) είναι ένας τύπος PHB, ο οποίος εισάχθηκε για να επιτρέπεται ο διαφορετικός χειρισμός πακέτων που ανήκουν στην ίδια τάξη, με βάση την προτεραιότητα τους σε περιπτώσεις συμφόρησης. Τέσσερις τάξεις AF έχουν ορισθεί και σε κάθε μια από αυτές υπάρχουν τρία επίπεδα χειρισμού τα οποία προκύπτουν από τα τρία τελευταία bits. Το δίκτυο χειρίζεται τα πακέτα που ανήκουν σε διαφορετικές AF τάξεις εντελώς ανεξάρτητα και δεν τα συσχετίζει ποτέ. Σε ένα τέτοιο δίκτυο ο κάθε DS κόμβος είναι υπεύθυνος για την δέσμευση των πόρων του δικτύου ώστε να είναι δυνατόν να εγγυηθεί το δίκτυο ότι οι διαφορετικές προτεραιότητες θα τηρούνται πάντα.

Drop Precedence	Class #1	Class #2	Class #3	Class #4
Low Drop Precedence	AF11 001010	AF21 010010	AF31 011010	AF41 100010
Medium Drop Precedence	AF12 001100	AF22 010100	AF32 011100	AF42 100100
High Drop Precedence	AF13 001110	AF23 010110	AF33 011110	AF43 100110

Πίνακας 2.3 DiffServ AF Codepoints

Η Επισπευσμένη Υπηρεσία (Expedited Forwarding/EF), η οποία αναφέρεται και ως Εξαιρετική Υπηρεσία (Premium Service), είναι ένας άλλος τύπος PHB. Ο κύριος σκοπός της είναι να δημιουργεί νοητούς δίαυλους σημείου προς σημείο για κίνηση που απαιτεί πολύ μικρή καθυστέρηση και ελάχιστο Jitter. Η EF βασίζεται στην εγγύηση ενός ελάχιστο ρυθμού αναχώρησης των πακέτων από τον κόμβο DS ο οποίος πρέπει να τηρείται οποιαδήποτε και εάν είναι η κατάσταση στον κόμβο από πλευρά φόρτου.

Το DiffServ μπορεί να παρέχει διάφορες τάξης υπηρεσιών όπως:

- **Premium Service** με χαμηλή καθυστέρηση και Jitter
- **Assured Service** με μεγαλύτερη αξιοπιστία
- **Olympic Service** που αποτελείται από διάφορες υπηρεσίες διαφορετικής ποιότητας που χωρίζονται σε Χρυσή, Ασημένια και Χάλκινη Υπηρεσία.

Οι παρεχόμενες υπηρεσίες εξαρτιούνται από τον παροχέα που προσφέρει τις Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες. Για να είναι σε θέση το δίκτυο να λειτουργήσει πρέπει να γίνουν μεταξύ του παροχέα και του πελάτη Συμφωνίες Επιπέδου Υπηρεσιών (Service Level Agreement/SLA), οι οποίες μπορεί να είναι στατικές αλλά και δυναμικές. Μια στατική SLA είναι ανάλογη με την μίσθωση μια γραμμής ενώ μια δυναμική SLA αφήνει στην ευχέρεια του πελάτη να αποφασίσει και να ζητήσει από το δίκτυο τους απαιτούμενους πόρους.

Για την παροχή δυναμικών SLAs, το DiffServ χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης που ονομάζεται Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (Resource Reservation Protocol/RSVP). Το πρωτόκολλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ροών δεδομένων εφάμιλλων των νοητών κυκλωμάτων του ATM. Για την κάθε ροή δεσμεύεται ένα ορισμένο εύρος ζώνης καθώς και χώρος στους ενταμιευτές ώστε να καλυφθούν οι όποιες ανάγκες.

## 2.5 MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

Η σκοπός πίσω από το MPLS είναι η αύξηση της ταχύτητας της δρομολόγησης καθώς και η ελαχιστοποίηση του χρόνου υπολογισμών, τα οποία προσθέτουν πολύ μεγάλη καθυστέρηση σήμερα εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους των δικτύων. Το πρωτόκολλο αυτό υπάρχει μεταξύ του στρώματος 2 και του στρώματος 3 και αντικαθιστά την χρονοβόρα ρουτίνα της ανάλυσης της IP διεύθυνσης για την δρομολόγηση με το να εισάγει μια ετικέτα προκαθορισμένου μεγέθους μεταξύ του στρώματος δικτύου και του στρώματος σύνδεσης δεδομένων. Αυτό γίνεται στο στρώμα ATM όπου οι ετικέτες αυτές αντικαθιστούνται από τα αναγνωριστικά VP/VC.

Οι ετικέτες αυτές δημιουργούνται στο δίκτυο MPLS από ένα πρωτόκολλο δυναμικής δημιουργίας ετικετών οι οποίες αντιστοιχούν στα όρια του δικτύου. Οι ετικέτες αυτές επεξεργάζονται από τους συνοριακούς κόμβους του MPLS (MPLS network edge node) οι οποίοι είναι δρομολογητές που μπορούν να συνεργάζονται και με άλλους κόμβους οι οποίοι δεν υποστηρίζουν το MPLS. Τέτοιοι κόμβοι ανταλλάζουν πληροφορίες δρομολόγησης με μη συμβατούς με το MPLS κόμβους, και δημιουργούν της ετικέτες MPLS και τις αντιστοιχούν στους άλλους κόμβους του δικτύου MPLS. Για ένα σχετικά μικρό και κλειστό δίκτυο όπως το UMTS, όπου ο αριθμός των μοναδικών άκρη προς άκρη μονοπατιών είναι γνωστός και σχετικά μικρός, η τεχνική αυτή της χρήσης ετικετών επιτρέπει την υψηλή ταχύτητα προώθησης των δεδομένων.



**Εικόνα 2.8** Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου MPLS

Οι συσκευές που παίρνουν μέρος στους μηχανισμούς πρωτοκόλλου MPLS κατηγοριοποιούνται στους συνοριακούς δρομολογητές ετικέτας (Label Edge Routers/LER) και τους δρομολογητές μεταγωγής ετικέτας (Label Switching Routers/LSR). Ένα LSR είναι ένας δρομολογητής υψηλής ταχύτητας στο κορμό του δικτύου MPLS, ο οποίος λαμβάνει μέρος στον καθορισμό των LSPs (Label Switching Paths) χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο σηματοδότησης ετικετών και έτσι τα δεδομένα προωθούνται με υψηλή ταχύτητα μέσω των μονοπατιών που έχουν δημιουργηθεί.

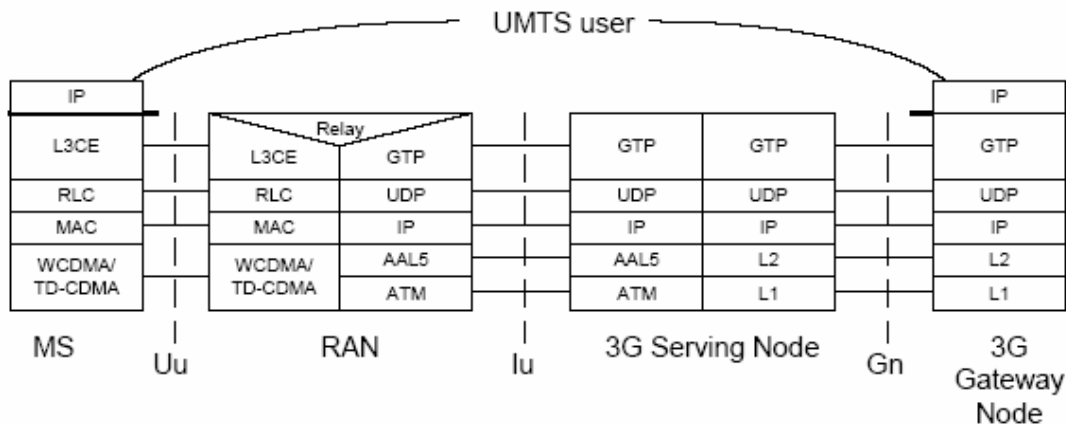
Το LER είναι μια συσκευή η οποία λειτουργεί μεταξύ των συνόρων ενός δικτύου MPLS και ενός συμβατικού δικτύου. Υποστηρίζει την σύνδεση μέσω θυρών διαφορετικών δικτύων, όπως είναι το Frame Relay, το ATM και το Ethernet, και προωθεί την κίνηση στο δίκτυο MPLS αφού έχουν προηγουμένως δημιουργηθεί τα LSPs με την χρήση του πρωτοκόλλου σηματοδότησης ετικέτας κατά την είσοδο, ενώ παράλληλα κάνει την αντίστροφη επεξεργασία για δεδομένα που πρέπει να εξαχθούν από το δίκτυο MPLS προς τα άλλα συμβατικά δίκτυα. Το LER κατέχει πολύ σημαντικό ρόλο σε ένα δίκτυο

MPLS καθώς αυτό είναι που εισάγει και αφαιρεί τις ετικέτες για την κίνηση που εισέρχεται και εξέρχεται σε ένα τέτοιο δίκτυο.

Με την χρήση του MPLS οι χειριστές δικτύων μπορούν να φτιάξουν ορισμένα μονοπάτια ώστε να συνδέσουν διάφορες περιοχές MPLS μεταξύ τους. Αυτά τα μονοπάτια μπορούν να διαφέρουν το κάθε ένα από τα άλλα σε σχέση με το εύρος ζώνης που θα χρησιμοποιήσουν ή και σε σχέση με την χρησιμοποίησή τους. Τα εισερχόμενα πακέτα IP θα λαμβάνουν ετικέτες καθώς θα εισέρχονται στο MPLS και θα διαχωρίζονται με βάση την τάξη υπηρεσίας. Στην συνέχεια οι δρομολογητές θα αναλαμβάνουν να προωθούν τα δεδομένα που έχουν υψηλότερα χαρακτηριστικά QoS μέσω των μονοπατιών υψηλών ταχυτήτων, ενώ η κίνηση που χαρακτηρίζεται ως κίνηση χαμηλής προτεραιότητας θα προωθείται μέσω μονοπατιών χαμηλών ταχυτήτων. Βέβαια αυτό είναι μόνο ένα σενάριο από τα πολλά που μπορούν να υπάρξουν, καθώς υπάρχουν πολλά κριτήρια με τα οποία μπορεί να γίνει το traffic engineering. Το MPLS καλείται Multi-Protocol λόγω της δυνατότητας τους να συνεργάζεται με διάφορα δικτυακά πρωτόκολλα όπως το IP το ATM ή ακόμα και το Frame Relay. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για την παροχή υψηλού QoS καθώς εξαλείφονται οι όποιες στενωποί επίδοσης στο δίκτυο.

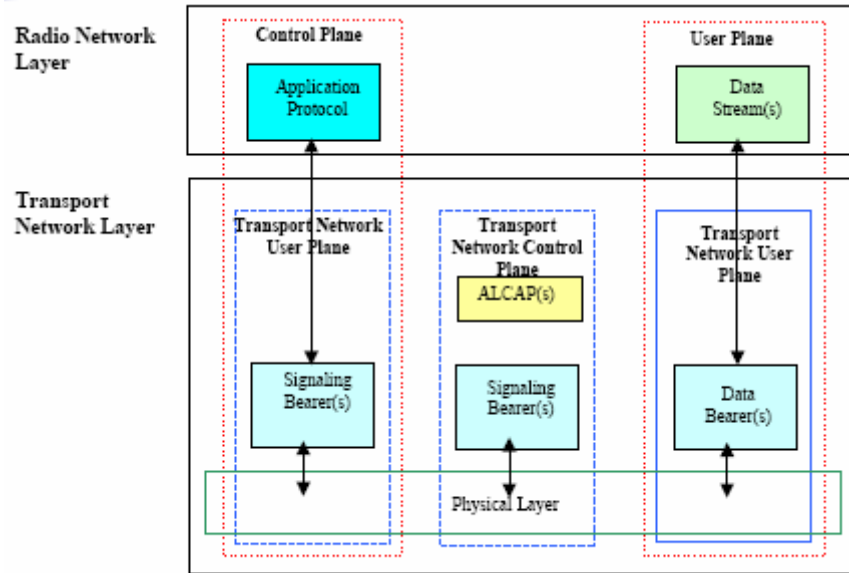
## 2.6 Στρώμα Πρωτοκόλλων στο UMTS

Ας εξετάσουμε την διαστρωμάτωση των πρωτοκόλλων από άκρη σε άκρη για ένα χρήστη που συνδέεται στο UMTS. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται μια πλήρης διαστρωμάτωση των πρωτοκόλλων στο UMTS τα οποία είναι οργανωμένα σε διαφορετικά επίπεδα σε κάθε κομμάτι του δικτύου.



Εικόνα 2.9 Διαστρωμάτωση Πρωτοκόλλων UMTS

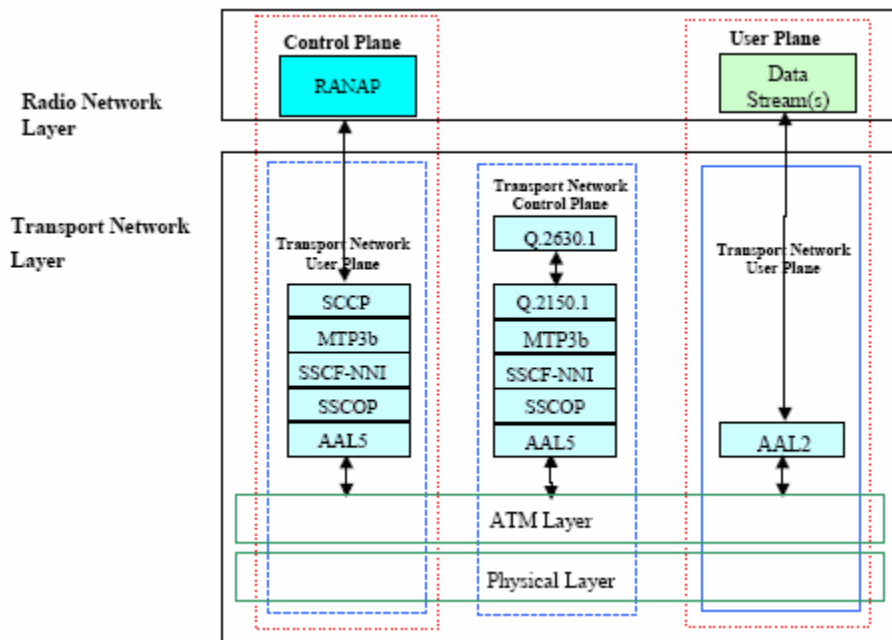
Το γενικό μοντέλο πρωτοκόλλων είναι το ακόλουθο. Με την χρήση διαφορετικών επιπέδων διαχείρισης (planes) διευκολύνεται το traffic και το network engineering. Το επίπεδο διαχείρισης χρήστη (user plane) περιέχει όλες τις πληροφορίες από τον τελικό χρήστη, ενώ το επίπεδο διαχείρισης ελέγχου (control plane) είναι υπεύθυνο για την διεκπεραίωση όλων των λειτουργιών του δικτύου.



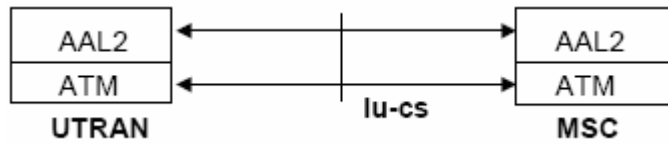
Εικόνα 2.10 Τα διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης

Στις επόμενες εικόνες θα δοθεί μια εποπτική εικόνα των πρωτοκόλλων για το CS και το PS κομμάτι του δικτύου, όπου γίνεται φανερή η διαφορά των δύο αυτών περιοχών, αφού στο CS υπάρχει μόνο το ATM ενώ στο PS έχουμε μια μεγάλη γκάμα πρωτοκόλλων όπως το IP και το ATM.

### 2.6.1. To CS domain



Εικόνα 2.11 Διαστρωμάτωση Πρωτοκόλλων στο Iu του CS



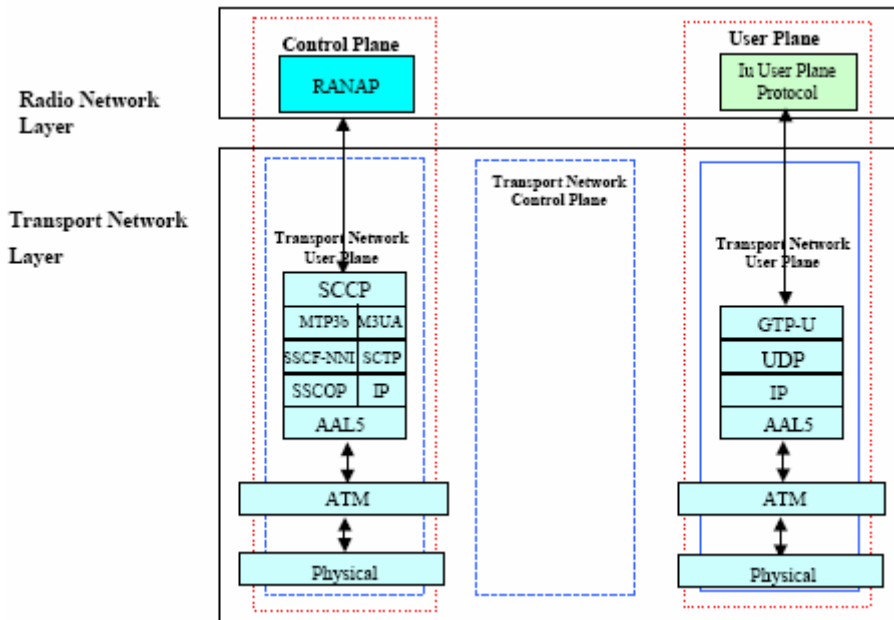
Εικόνα 2.12 User Plane για υπηρεσίες στο CS

Το επίπεδο διαχείρισης ελέγχου αποτελείται από το πρωτόκολλο RANAP το οποίο βρίσκεται πάνω από άλλα πρωτόκολλα σηματοδότησης SS7 όπως το μέρος ελέγχου σηματοδότησης σύνδεσης (SCCP), το μέρος μεταφοράς μηνύματος (MTP3-b), το SSCF και το SSCOP. Στην βάση βρίσκεται το AAL5 το οποίο χρησιμοποιείται για την κατάτμηση των δεδομένων σε κελιά ATM.

Το επίπεδο διαχείρισης μεταφοράς δικτύου αποτελείται από το πρωτόκολλο σηματοδότησης το οποίο δημιουργεί τις συνδέσεις AAL2 για το επίπεδο διαχείρισης χρήστη. Η δομή του είναι ανάλογη με αυτήν του επιπέδου διαχείρισης ελέγχου.

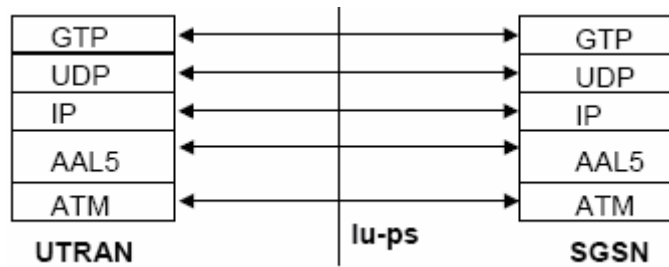
Όσον αφορά το επίπεδο διαχείρισης χρήστη, μπορούμε να δούμε ότι για κάθε μια υπηρεσία του CS δεσμεύεται μια σύνδεση AAL2. Κανένα άλλο πρωτόκολλο δεν υπάρχει στο επίπεδο αυτό. Το AAL2 είναι ιδανικό για την μεταφορά φωνής καθώς είναι το στρώμα προσαρμογής που έχει σχεδιαστεί για αυτή την υπηρεσία σε δίκτυα όπου λειτουργούν με βάση την μεταγωγή κυκλώματος.

## 2.6.2. To PS domain



Εικόνα 2.13 Διαστρωμάτωση Πρωτοκόλλων στο Iu του PS





Εικόνα 2.14 User Plane για τις υπηρεσίες στο PS

Σε αντίθεση με το CS όπου υπάρχει μόνο το ATM, στο PS έχουμε την παρουσία πολλών δικτυακών πρωτοκόλλων. Φυσικά το ATM είναι και σε αυτήν την περίπτωση το κυρίαρχο πρωτόκολλο μεταφοράς, αλλά από πάνω του υπάρχουν πολλά άλλα πρωτόκολλα.

Στην διαστρωμάτωση στο επίπεδο διαχείρισης ελέγχου υπάρχει και πάλι το RANAP και τα ίδια πρωτόκολλα σηματοδότησης που υπάρχουν στο CS. Εκτός από αυτά, υπάρχει και ένας διάυλος βασισμένος στο IP ως εναλλακτική λύση. Αυτός αποτελείται από το πρωτόκολλο M3UA (SS7 MTP3-User Adaptation Layer), το πρωτόκολλο IP και το πρωτόκολλο SCTP το οποίο έχει σχεδιαστεί ειδικά για την σηματοδότηση στο Internet.

Το επίπεδο διαχείρισης ελέγχου μεταφοράς δικτύου δεν υπάρχει στο Iu PS. Η δημιουργία τούνελ GTP απαιτεί μόνο ένα αναγνωριστικό για το κάθε τούνελ και τις διευθύνσεις IP για τις άκρες, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στα μηνύματα RANAP για την εγκατάσταση ενός RAB.

Στο επίπεδο διαχείρισης χρήστη πολλές ροές δεδομένων πολυπλέκονται σε ένα η περισσότερα AAL5 PVCs. Το GTP-U είναι το στρώμα πολυπλεξίας το οποίο προσδίδει αναγνωριστικά σε κάθε ροή δεδομένων. Κάθε τέτοια ροή χρησιμοποιεί μεταφορά χωρίς σύνδεση UDP και διευθυνσιοδότηση IP. Το AAL5 χρησιμοποιείται αντί του AAL2. Το πρωτόκολλο IP τρέχει πάνω από το ATM και αυτό προσφέρει λύση σε πολλά προβλήματα ασυμβατότητας. Για παράδειγμα τα δεδομένα που προέρχονται από το Internet δεν υφίστανται καμία μετατροπή καθώς είναι ήδη σε πακέτα IP. Πάνω από το IP υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα τα οποία εκτελούν διάφορες εργασίες, όπως για παράδειγμα εντοπισμό και έλεγχο λαθών.

Φυσικά όλα τα παραπάνω υπάρχουν μόνο στο κομμάτι PS του δικτύου και όχι στο CS, και η χρήση πολλών πρωτοκόλλων είναι αναγκαία εάν θέλουμε να έχουν μεταφορά σε μικρά πακέτα. Παρ' όλ' αυτά η διαστρωμάτωση αυτή θα αλλάξει στο μέλλον καθώς το ATM θα δώσει στην θέση του στο IP, το οποίο προωθείται ως το μελλοντικό πρωτόκολλο μεταφοράς..



# 3. Γενική Περιγραφή της Ποιότητας Υπηρεσίας

## 3.1 Τι είναι η Ποιότητα Υπηρεσίας; Γιατί είναι επιθυμητή;

Με τον όρο Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service/QoS) αναφερόμαστε στην δυνατότητα του δικτύου να προσφέρει καλύτερες υπηρεσίες στους χρήστες, δηλαδή υπηρεσίες με εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης, αυξημένα χαρακτηριστικά για την ελαχιστοποίηση της απώλειας των δεδομένων, μικρό Jitter και ελεγχόμενη καθυστέρηση. Η Ποιότητα Υπηρεσίας παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο σε κάθε σύγχρονο δίκτυο. Σήμερα, βλέποντας από την οπτική γωνία του χρήστη, είναι φανερό ότι αυτός επιθυμεί από το δίκτυο όχι μόνο να τον εξυπηρετεί, αλλά να τον εξυπηρετεί ανάλογα με τις δικές του απαιτήσεις. Με άλλο λόγο ένα δίκτυο φαίνεται στα μάτια ενός χρήστη άχρηστο όταν αυτό δεν είναι σε θέση να του προσφέρει τις υπηρεσίες που αυτός επιθυμεί.

Η ποιότητα δεν είναι μια έννοια που είναι απλώς καλό να υπάρχει σε ένα δίκτυο. Η παρουσία της είναι επωφελής οικονομικά τόσο στους χρήστες όσο και στους διαχειριστές ενός δικτύου. Εκτός από τους χρήστες που θέλουν απλώς να απολαμβάνουν την υψηλή ποιότητα όντας λάτρες της τεχνολογίας, υπάρχουν και αυτοί που επωφελούνται πραγματικά όσον αφορά τον επαγγελματικό τους τομέα, εάν έχουν στην διάθεση τους υπηρεσίες με υψηλή ποιότητα. Για παράδειγμα ένας διευθύνων σύμβουλος μιας εταιρίας θα είναι σε θέση να κάνει τηλεσυνδιασκέψεις με διάφορους συνεργάτες του που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη. Έτσι θα μπορεί να εξοικονομήσει και χρόνο αλλά και χρήμα αφού δεν θα είναι αναγκαίο να ταξιδεύει ώστε να διεκπεραιώνει αυτές τις εργασίες. Εάν όμως η ποιότητα σε τέτοιες κλήσεις δεν είναι καλή, τότε το περιβάλλον επικοινωνίας δεν είναι ιδανικό και μετατρέπεται σε μη αποδεκτό, ωθώντας τους χρήστες στην εγκατάλειψη μιας τέτοιας υπηρεσίας και επιστροφή στους παλαιούς τρόπους επικοινωνίας. Ένα άλλο παράδειγμα είναι αυτό ενός επιστήμονα ο οποίος πρέπει να συλλέξει πλήθος εργαστηριακών μετρήσεων από διάφορους σταθμούς εργασίας οι οποίοι βρίσκονται στην επαρχία. Μετά την καταγραφή των μετρήσεων πρέπει να επιστρέψει στο εργαστήριο όπου και θα αρχίσει την επεξεργασία. Με την χρήση όμως μια υπηρεσίας η οποία θα επέτρεπε και θα εγγυούταν για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων, θα μπορούσε να γίνει απευθείας αποστολή των δεδομένων στο εργαστήριο, όπου η επεξεργασία θα μπορούσε να αρχίσει αμέσως από τους υπόλοιπους επιστήμονες.

Όπως ήδη ειπώθηκε κερδισμένος είναι και ο διαχειριστής του δικτύου. Ένα δίκτυο 3G θα μεγιστοποιήσει το κέρδος του σε σχέση με ένα δίκτυο 2G εάν είναι σε θέση να προσφέρει QoS. Παρ' όλο που η κατασκευή ενός τέτοιου δικτύου είναι πολύ πιο δαπανηρή, τα οικονομικά οφέλη από την παροχή τέτοιων υπηρεσιών οι οποίες χωρίζονται με βάση το QoS, είναι περισσότερα. Επίσης η παροχή QoS είναι ένας ακόμα τρόπος απόσβεσης της επένδυσης του δικτύου, αφού επιτρέπει την βέλτιστη χρήση των πόρων του δικτύου. Επιπλέον η παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας επιτρέπει στα δίκτυα να προωθούν στην αγορά πολλά οικονομικά πακέτα έτσι ώστε να προσφέρουν στους χρήστες υπηρεσίες περισσότερο προσωπικές, προσελκύοντας έτσι πολλούς νέους πελάτες αφού καλύπτονται οι διαφορετικές ανάγκες των διαφορετικών χρηστών, σε αντίθεση με τα δίκτυα 2G όπου δεν είναι δυνατή η διαφοροποίηση του QoS..

Ποιος είναι όμως αυτός που θέτει τα στάνταρτ για την Ποιότητα Υπηρεσίας; Είναι το ίδιο το δίκτυο, ο κατασκευαστής του εξοπλισμού, μια οργάνωση όπως η 3GPP ή μήπως ο τελικός χρήστης; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι απλή. Παρ' όλο που όλοι όσοι εμπλέκονται σε ένα δίκτυο 3G μπορούν να μιλάνε για την Ποιότητα Υπηρεσία, αυτός που θα κρίνει τελικά την Ποιότητα Υπηρεσίας του δικτύου και θα θέσει τα κατώτερα όρια για αυτήν είναι ο τελικός χρήστης. Όποια γνώμη και εάν έχει ο διαχειριστής του δικτύου για το δίκτυο του, εάν ο χρήστης δεν είναι ικανοποιημένος από την προσφερόμενη ποιότητα, τότε το δίκτυο χαρακτηρίζεται ως ένα δίκτυο το οποίο δεν μπορεί να εγγυηθεί υψηλή Ποιότητα Υπηρεσίας.

### 3.2 QoS στο 3G

Σε αντίθεση με τα δίκτυα 2G όπου η μεταφορά φωνής ήταν ο κύριος λόγος για την δημιουργία και την ύπαρξη τους, τα δίκτυα τρίτης γενιάς έχουν επικεντρωθεί στην παράδοση δεδομένων στους χρήστες, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι υπάρχουν πολλές άλλες υπηρεσίες εκτός της μεταφοράς φωνής.

Στα δίκτυα 3G το δίκτυο κορμού αποτελείται από το CS κομμάτι που απαντάται και στα δίκτυα παλαιότερης γενιάς και από το PS κομμάτι. Η χρησιμοποίηση του κομματιού της μεταγωγής κυκλώματος παρέχει εγγυημένη Ποιότητα Υπηρεσίας αλλά έχει ως μεγάλο μειονέκτημα την δέσμευση πολλών πόρων. Κατά την διάρκεια μιας υπηρεσίας που τρέχει στο κομμάτι αυτό, δημιουργείται μια μόνιμη σύνδεση μέσα στο δίκτυο και έτσι η χωρητικότητα του δικτύου μειώνεται δραστικά, παρ' όλο που μπορεί η σύνδεση αυτή να μην χρησιμοποιείται πλήρως. Με άλλα λόγια μια μόνιμη σύνδεση δημιουργείται και παραμένει ενεργή καθ' όλη την διάρκεια της επιλεγμένης υπηρεσίας. Αυτό επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης αλλά όταν η εφαρμογή παραμένει σε κατάσταση αναμονής και δεν μεταφέρονται δεδομένα, η σύνδεση αυτή παραμένει ενεργή και δεν επιτρέπεται η χρήση της από κάποια άλλη υπηρεσία. Έτσι έχουμε μια σημαντική σπατάλη πόρων καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα ευέλικτης διαχείρισης τους.

Αυτή η σπατάλη πόρων αντιμετωπίζεται με την χρησιμοποίηση του κομματιού του δικτύου που βασίζεται στην μεταγωγή πακέτων, η οποία προσφέρει ευέλικτη διαχείριση πόρων. Εάν μια πηγή δεν εκπέμπει πακέτα για κάποιο χρονικό διάστημα, αυτό δεν επηρεάζει το δίκτυο, καθώς οι γραμμές μεταφοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις άλλες πηγές και έτσι η χρησιμοποίηση δικτύου παραμένει υψηλή. Το κύριο μέλημα είναι η διαφύλαξη του QoS, το οποίο είναι σήμερα το βασικό πρόβλημα το οποίο πρέπει αν αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί δικτύων.

Η μεταφορά φωνή είναι ακόμα η πιο σημαντική υπηρεσία, αλλά στο σύντομο μέλλον θα κυριαρχήσει η μεταφορά δεδομένων. Οι τηλεφωνικές χρήσεις θα αντικατασταθούν από την βίντεο-συνδιάσκεψη ή από την τηλεφωνία πάνω από το IP (Voice over IP/VoIP), η οποία ήδη έχει κάνει την δυναμική της εμφάνιση.

Ο κύριος σκοπός ενός διαχειριστή δικτύου UMTS είναι η επίτευξη του απ' άκρη σε άκρη QoS έτσι να παρέχονται τους χρήστες υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, καλύτερη ποιότητα φωνής, καλύτερη κάλυψη και διαθεσιμότητα του δικτύου σε καταστάσεις συμφόρησης. Καθώς εμπλέκονται και πολλά άλλα δίκτυα (όπως για παράδειγμα το Internet), οι απ' άκρη σε άκρη δίαυλοι είναι αποτέλεσμα της σύνθεσης των διαύλων κάθε δικτύου που υπάρχει μέσα στο τελικό μονοπάτι. Έτσι η δυσκολία έγκειται στο να

συνδεθούν όλα αυτά τα ετερογενή δίκτυα, τα οποία βασίζονται σε διαφορετικά πρωτόκολλα και τεχνολογίες, σε ένα ενιαίο περιβάλλον υψηλής αποδόσεως. Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η ύπαρξη μιας οικουμενικής πλατφόρμας η οποία θα υποστηρίζει και θα συνδυάζει όλες αυτές τις τεχνολογίες. Με την χρήση μιας τέτοιας πλατφόρμας θα καταστεί δυνατή η διασύνδεση ετερογενών δικτύων σε μια διάταξη που θα αποφέρει το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα. Επιπλέον πρέπει να παρέχεται μια προς τα πίσω συμβατότητα για να υποστηριχθούν τα παλαιά μηχανήματα.

Η κυριότερη στενωπός επίδοσης σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι το ασύρματο κομμάτι. Η εύρεση λύσεων για αυτό είναι ένα πολύπλοκο θέμα πάνω στο οποίο γίνονται συνεχώς έρευνες. Έχοντας ως δεδομένο την δυσκολία επίλυσης αυτού του προβλήματος, τα δίκτυα έχουν επιλέξει ως πρώτη τους προτεραιότητα την βελτιστοποίηση ως προς την προσφορά Ποιότητας Υπηρεσίας του δικτύου κορμού τους, καθώς έτσι μπορούν να μετριάσουν με έναν έμμεσο τρόπο τα προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται στο ασύρματο κομμάτι.

### 3.3 Η Ποιότητα Υπηρεσίας από την οπτική του χρήστη

Η Ποιότητα Υπηρεσίας, όπως ήδη ειπώθηκε, είναι σημαντική για το κάθε δίκτυο, αλλά αυτός που είναι ο τελικός κριτής είναι ο χρήστης, ο οποίος δεν ενδιαφέρεται για τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για να του δοθεί μια υπηρεσία. Το μοναδικό του ενδιαφέρον έγκειται στο να είναι συνεχώς συνδεδεμένος στο δίκτυο και να είναι σε θέση ανά πάσα στιγμή να κάνει χρήση των υπηρεσιών για τις οποίες χρεώνεται. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δεν είναι ανεκτικός σε χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης ή στην απώλεια πακέτων πληροφορίας εάν το δίκτυο του έχει εγγραφεί υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και ακεραιότητα δεδομένων. Εάν αυτό συμβεί, τότε θα έχουμε μια δυσαρέσκεια του χρήστη και έτσι ίσως αυτός οδηγηθεί στην επιλογή να αλλάξει τηλεπικοινωνιακό φορέα.

Η πρώτη και κύρια ανάγκη ενός χρήστη είναι να μπορεί να συνδέεται ανα πάσα στιγμή στο δίκτυο. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο πρέπει να υπάρχει στο δίκτυο μεγάλη πιθανότητα για επιτυχής σύνδεση και πρέπει να υπάρχει γρήγορη πρόσβαση. Έτσι η πιθανότητα σύνδεσης θα πρέπει να είναι πάνω από 90% και ο χρόνος αναμονής για σύνδεση δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από μερικά δευτερόλεπτα.

Μια δεύτερη απαίτηση είναι να είναι το δίκτυο ικανό να διατηρεί ενεργή την σύνδεση κατά την ολική διάρκεια της κλήσεως και να μην έχουμε φαινόμενα διακοπής επικοινωνίας. Αυτή η απαίτηση ικανοποιείται σε όλα τα επίγεια δίκτυα αλλά στις κινητές τηλεπικοινωνίες υφίστανται πολλές δυσκολίες καθώς απαιτείται πλήρης γεωγραφική κάλυψη και μεγάλη χωρητικότητα σε κάθε κυψέλη.

Η ποιότητα της κλήσεως είναι ακόμα μια απαίτηση του χρήστη, καθώς επιθυμεί η ποιότητα της φωνής να προσεγγίζει την πραγματική ποιότητα. Έτσι πρέπει να χρησιμοποιηθούν διάφοροι αλγόριθμοι συμπίεσης που θα μπορούν να ελαχιστοποιούν τον όγκο της πληροφορίας χωρίς όμως να αποκλίνουν σημαντικά από την πραγματική ποιότητα.

Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις υπάρχουν όμως και στις υπηρεσίες δεδομένων και όχι μόνο σε φωνητικές υπηρεσίες. Η σημαντικότερη απαίτηση είναι συνήθως η μεγάλη ταχύτητα, ενώ ακολουθούν οι απαιτήσεις για λίγα λάθη και για μη απώλεια της

πληροφορίας. Βέβαια ανάλογα με την υπηρεσία θέτονται και διαφορετικές απαιτήσεις και έτσι για παράδειγμα στην μεταφορά αρχείων θέλουμε ακεραιότητα δεδομένων, ενώ στην παροχή βίντεο επιζητούμε την μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς.

Συνοψίζοντας, υπάρχουν έξι διαστάσεις οι οποίες έχουν συμμετοχή στο πώς αντιλαμβάνεται ο τελικός χρήστης την προσφερόμενη Ποιότητα Υπηρεσίας. Αυτές είναι:

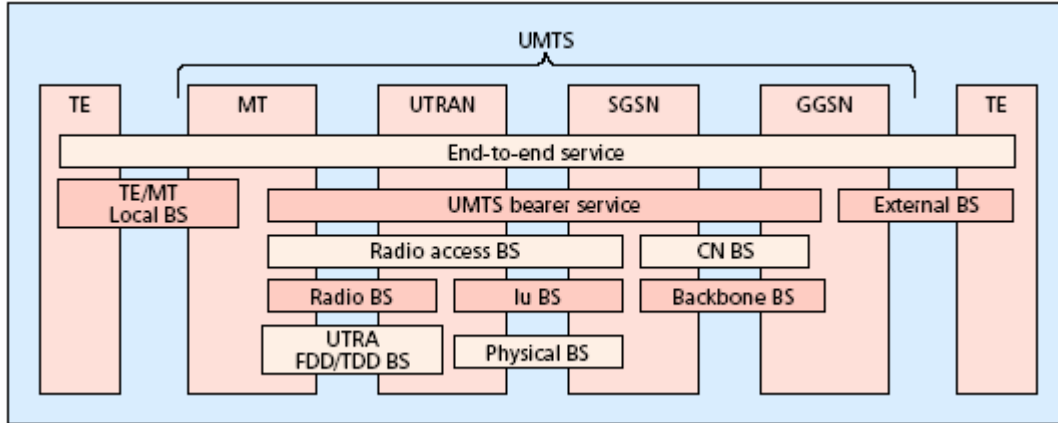
- Διαθεσιμότητα Υπηρεσιών
- Ικανοποιητική Διέλευση Δεδομένων
- Καθυστέρηση
- Jitter
- Ρυθμός Απωλειών Πακέτων
- Ρυθμός Λαθών

### 3.4 Ο Δίαυλος Υπηρεσιών UMTS

Σε ένα δίκτυο UMTS ο χρήστης ή η κάθε εφαρμογή έχει την δυνατότητα να διαπραγματευτεί τα χαρακτηριστικά του διαύλου που θα χρησιμοποιηθεί για να γίνει η μεταφορά των δεδομένων. Υπό την έννοια δίαυλος εννοούμε ένα νοητό κανάλι μέσα από το οποίο θα λάβει χώρα η μετάδοση των πληροφοριών. Ένας τέτοιος δίαυλος συνδέει δύο οντότητες ενός δικτύου αλλά μπορεί να θεωρηθεί και σε υψηλότερο επίπεδο ως η σύνδεση από το ένα άκρο του δικτύου ως το άλλο, η οποία δημιουργείται από την σύνδεση και συνύπαρξη πολλών άλλων μικρότερων διαύλων. Επιπλέον ένας δίαυλος μπορεί να αποτελείται από πολλά στρώματα καθώς έχουμε μια αρχιτεκτονική πολλαπλών στρωμάτων στο δίκτυο. Ο χρήστης ή η εφαρμογή ζητούν από το δίκτυο κάποιες συγκεκριμένες παραμέτρους για να επιτευχθεί η μετάδοση. Στην συνέχεια το δίκτυο ελέγχει τους πόρους του και τους παραχωρεί στον χρήστη ή στην αντίστοιχη εφαρμογή, ενώ εάν αυτές δεν επαρκούν ενημερώνει τον χρήστη ανάλογα.

Οι διαφορετικές παράμετροι που αντιστοιχούν στις εφαρμογές είναι αυτές που διαμορφώνουν και τον τιμολογιακικό κατάλογο, όπου λογικά η καλύτερη ποιότητα αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη τιμή. Αυτές οι παράμετροι δεν αναφέρονται μόνο στην εφαρμογή αλλά και στο ίδιο το δίκτυο που διεκπεραιώνει την σύνδεση και είναι βασικά αυτές που διαμορφώνουν την Ποιότητα Υπηρεσίας.

Για να είναι πιο ευέλικτοι οι μηχανισμοί μέσα σε ένα δίκτυο UMTS έχει αναπτυχθεί μια αρχιτεκτονική πολλαπλών στρωμάτων για τους διάφορους διαύλους. Στην επόμενη εικόνα είναι φανερή αυτή η αρχιτεκτονική. Για την επίτευξη end-to-end QoS πρέπει να ληφθούν όλοι οι δίαυλοι υπ' όψιν. Ο κύριος όμως δίαυλος είναι ο δίαυλος UMTS Bearer Service, ο οποίος είναι στην ουσία το άθροισμα των άλλων διαύλων στο επίγειο δίκτυο.



Εικόνα 3.1 Η Αρχιτεκτονική του UMTS Bearer Service

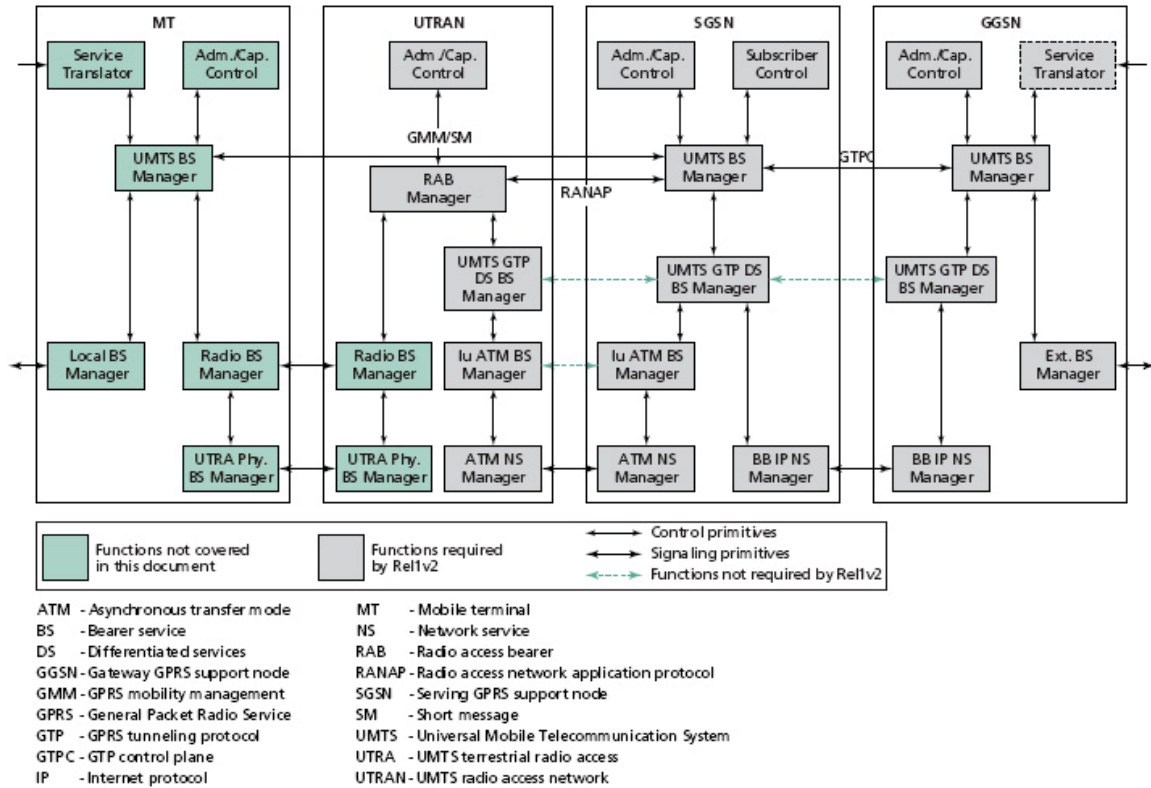
### 3.5 Λειτουργίες Διαχείρισης QoS

Οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS είναι αυτές που επιτρέπουν σε ένα δίκτυο να προσφέρει διαφορετικά επίπεδα QoS ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία, η αλλαγή και η διατήρηση των χαρακτηριστικών του QoS σε έναν δίαυλο. Αυτές οι λειτουργίες δεν είναι όμοιες για το Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη και για το Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου.

Για το Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου, αυτές είναι:

- Ο Διαχειριστής Υπηρεσιών (Service Manager)
- Η Λειτουργία Μετάφρασης (Translation Function)
- Ο Έλεγχος Αποδοχής / Δυνατοτήτων (Admission/Capability Control)
- Ο Έλεγχος Συνδρομής (Subscription Control)

Σε ένα δίκτυο UMTS, ο κάθε κόμβος υποστηρίζει αυτές τις λειτουργίες και η παρακάτω εικόνα μας δίνει μια αναπαράσταση των λειτουργιών του Επιπέδου Διαχείρισης Ελέγχου σε κάθε κόμβο του δικτύου.



Εικόνα 3.2 Οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS για το Control Plane

Αναλυτικότερα:

### Διαχειριστής Υπηρεσιών - Service Manager:

Ο Διαχειριστής Υπηρεσιών είναι υπεύθυνος για να παρέχει όλες τις λειτουργίες διαχείρισης του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη με τις απαραίτητες παραμέτρους και βρίσκεται στο UE.

### Λειτουργία Μετάφρασης - Translation Function:

Η Λειτουργία μετάφρασης βρίσκεται στο UE καθώς και στην gateway. Κύριος σκοπός της είναι η μετατροπή των παραμέτρων QoS εξωτερικών δικτύων σε μια μορφή η οποία να γίνεται κατανοητή από το δίκτυο UMTS, και το αντίστροφο.

### Έλεγχος Αποδοχής / Δυνατοτήτων – Admission / Capability Control:

Ο σκοπός αυτού του ελέγχου είναι να υπολογίζει τους απαιτούμενους από το δίκτυο πόρους για την παροχή ενός ζητούμενου QoS και να αποφασίζει εάν αυτές είναι διαθέσιμες ώστε να προχωρήσει στην δέσμευσή τους. Αυτό γίνεται με το να παρακολουθεί συνεχώς τον φόρτο του δικτύου. Ο έλεγχος αποδοχής γίνεται στο SGSN αλλά και τοπικά σε άλλα στοιχεία του δικτύου, όπως είναι το GGSN και το RNC. Ο Ελεγκτής Αποδοχής στο SGSN έχει την ευθύνη για την αποδοχή και την απόρριψη των μηνυμάτων ενεργοποίησης PDP (PDP context activation) και των ζητούμενων παραμέτρων QoS. Το GGSN και το UTRAN ελέγχουν τοπικά εάν είναι δυνατή η υποστήριξη αυτών των παραμέτρων.



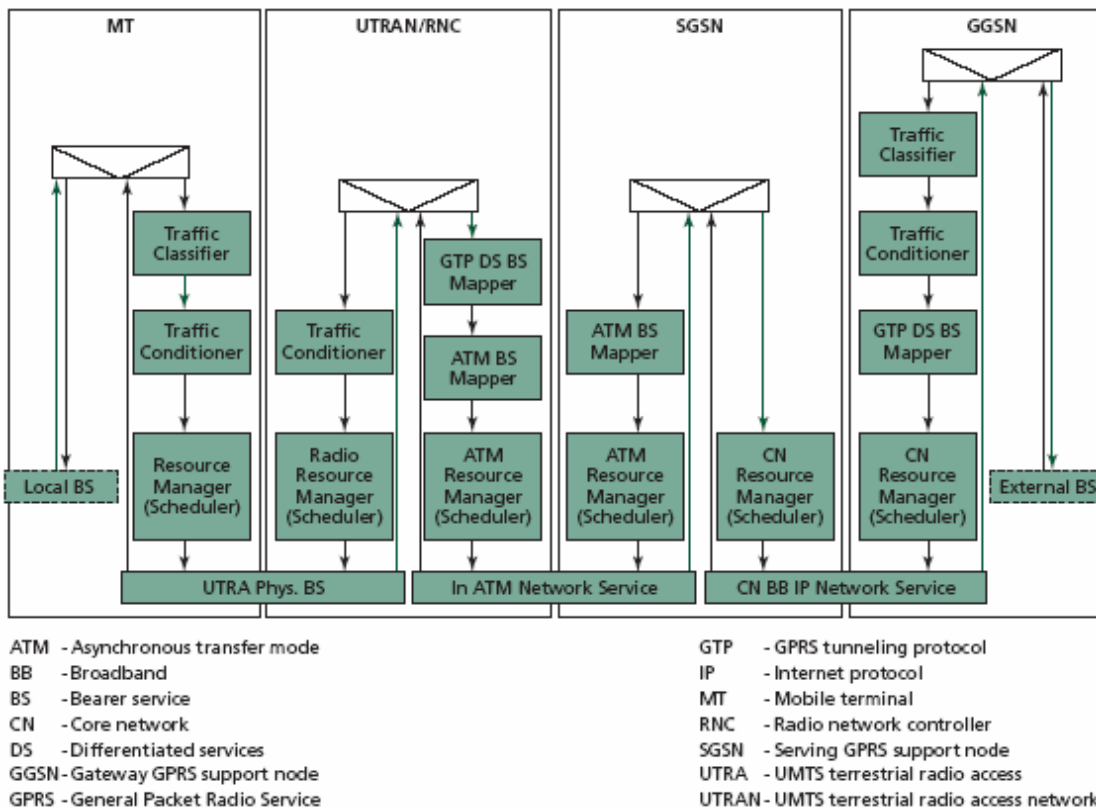
### Έλεγχος Συνδρομής - Subscription Control:

Η λειτουργία αυτή βρίσκεται στο SGSN και ελέγχει εάν ένας χρήστης έχει την δυνατότητα να ζητήσει τα χαρακτηριστικά QoS που ζήτησε ή όχι, με βάση το συνδρομητικό πακέτο στο οποίο βρίσκεται.

Για το Επίπεδο Διαχειρίσεις Χρηστή οι παρακάτω λειτουργίες πρέπει να υποστηρίζονται:

- Λειτουργία Αντιστοίχισης (Mapping Function)
- Λειτουργία Ταξινόμησης (Classification Function)
- Διαχειριστής Πόρων (Resource Manager)
- Χείριστης Κίνησης (Traffic Conditioner)

Αυτές περιγράφονται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 3.3 Οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS για το User Plane

### Λειτουργία Αντιστοίχισης - Mapping Function:

Η Λειτουργία Αντιστοίχισης αντιστοιχεί τα χαρακτηριστικά του QoS κάθε υπηρεσίας στα διαφορετικά χαρακτηριστικά των διαύλων.

### Λειτουργία Ταξινόμησης - Classification Function:

Η Λειτουργία Ταξινόμησης που υπάρχει στην Gateway και στο UE θέτει της πληροφορίες που προέρχονται από εξωτερικά δίκτυα ή από τοπικούς διαύλους στους κατάλληλους διαύλους υπηρεσιών UMTS, σύμφωνα με τις απαιτήσεις QoS της κάθε πληροφορίας.

### **Διαχειριστής Πόρων - Resource Manager:**

Ο Διαχειριστής Πόρων εξετάζει εάν οι παράμετροι QoS που έχουν ζητηθεί από ένα περιεχόμενο PDP μπορούν να ικανοποιηθούν και δεσμεύει τους ανάλογους όρους του δικτύου. Ο τοπικός έλεγχος πόρων συμβαίνει σε κάθε στοιχεί του δικτύου, αλλά το RNC είναι υπεύθυνο για να διαχειρίζεται τους ασύρματους πόρους του δικτύου.

### **Χειριστής Κίνησης - Traffic Conditioner:**

Ο Χειριστής Κίνησης προσαρμόζει την κίνηση των δεδομένων των χρηστών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του QoS που έχουν οι σχετικοί δίαυλοι UMTS. Αυτή η λειτουργία υπάρχει στο UE, στην gateway και στο RNC.

Στο κεφάλαιο 6, όλες αυτές οι λειτουργίες θα περιγραφούν αναλυτικά σε μια πλήρης ανά κόμβο εξέταση.

# 4 ■ Τάξεις QoS και Χαρακτηριστικά στο UMTS

## 4.1 Τάξεις QoS στο UMTS

Για να επιτευχθεί μια ευέλικτη κατηγοριοποίηση εφαρμογών και υπηρεσιών, έχουν δημιουργηθεί ορισμένες κλάσεις QoS οι οποίες βασίζονται στα χαρακτηριστικά των εφαρμογών και των υπηρεσιών αυτών.

Στο UMTS οι υπηρεσίες διαχωρίζονται σε τέσσερις τάξεις οι οποίες είναι οι εξής:

- Conversational
- Streaming
- Interactive
- Background

Κάθε κατηγορία ορίζει πόσο ευαίσθητη στην καθυστέρηση είναι η κάθε εφαρμογή που ανήκει σε κάποια τάξη. Οι εφαρμογές της τάξης Conversational, όπως είναι η φωνή, είναι πιο ευαίσθητες στην καθυστέρηση σε σχέση με εφαρμογές της τάξης Background.

Οι τάξεις Conversational και Streaming είναι και οι δύο υπεύθυνες για την μεταφορά real-time πληροφορίας, αλλά πιο ευαίσθητη στην καθυστέρηση είναι η Conversational.

Στην αντίπερα όχθη, οι τάξεις Interactive και Background έχουν ως κύριο σκοπό την ακεραιότητα των δεδομένων. Όντας λιγότερο ευαίσθητες στην καθυστέρηση, κατέχουν ένα καλύτερο BER και χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές Internet όπως είναι η πλοήγηση στο Web, το E-Mail, το FTP καθώς και πολλές άλλες γνωστές εφαρμογές. Αυτές που έχουν υψηλότερη προτεραιότητα είναι οι εφαρμογές της τάξης Interactive.

Οι τάξεις αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες εφαρμογών οι οποίες είναι:

- Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου (Conversational & Streaming)
- Εφαρμογές μη Πραγματικού Χρόνου (Interactive & Background)

### 4.1.1 Τάξη Conversational

Η τάξη αυτή απαντάται σήμερα στην απλή τηλεφωνία. Καθώς όμως οδηγούμαστε προς ένα μέλλον με ένα μόνο πρωτόκολλο, ακόμα και η τηλεφωνία θα διεξάγεται με την χρήση αυτού και έτσι θα έχει την μορφή του Voice over IP (VoIP) ή ακόμα και τις βίντεο-συνδιάσκεψης.

Καθώς από την φύση τους τέτοιες εφαρμογές είναι εφαρμογές πραγματικού χρόνου, οι χρόνοι μετάδοσης θα πρέπει να είναι μικροί. Εάν δεν συμβαίνει αυτό δεν θα είμαστε σε θέση να έχουμε μια πραγματική συνομιλία. Επίσης οι διάφορες ροές δεδομένων (όπως είναι για παράδειγμα η ροή του ήχου και της εικόνας) θα πρέπει να είναι χρονικά συσχετισμένες και να είναι συγχρονισμένες. Οι μεγάλοι χρόνοι καθυστερήσεις δεν είναι αποδεκτοί σε αυτή την τάξη, καθώς κάτι τέτοιο θα σήμαινε δραματική υποβάθμιση της ποιότητας, η οποία δεν είναι αποδεκτή από τους τελικούς

χρήστες. Στην πραγματικότητα, η καθυστέρηση θα πρέπει να είναι πολύ πιο μικρή από αυτή της τάξης Interactive.

Συνοψίζοντας, οι κύριοι στόχοι αυτής της τάξης είναι:

- Η διασφάλιση του χρονικού συσχετισμού μεταξύ των ροών δεδομένων
- Η εγγύηση χαμηλής καθυστέρησης

#### 4.1.2 Τάξη Streaming

Η τάξη Streaming αντιστοιχεί σε ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου, όπως είναι οι ροές ήχου ή βίντεο. Για παράδειγμα αναφέρεται σε εφαρμογές όπως η ακρόαση μουσικής μέσω δικτύου ή η παρακολούθηση μια ταινίας. Η ροή των δεδομένων είναι αυτή από έναν εξυπηρετητή προς ένα χρήστη που έχει ζητήσει την αντίστοιχη υπηρεσία. Έτσι η επικοινωνία είναι σχεδόν μονόδρομη καθώς έχουμε ελάχιστη αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο τελικών άκρων. Στην πράξη ο εξυπηρετητής στέλνει τα δεδομένα και ο χρήστης προβαίνει σε ελάχιστες ενέργειες όπως είναι η απλή επιλογή της υπηρεσίας, το «πάγωμα» της και η αναπαραγωγή της. Έτσι δεν έχουμε μεγάλη ζήτηση για χαμηλή καθυστέρηση, παρόλο που αυτή είναι πάντοτε επιθυμητή. Για μια εφαρμογή όπως είναι η παρακολούθηση μιας ταινίας, μία ροή μπορεί να συμπεριλαμβάνει διάφορα στοιχεία, καθώς είναι δυνατή η χρήση διαφορετικών υπό-ροών ώστε να μεταφερθούν χωριστά ο ήχος, η εικόνα και οι υπότιτλοι. Για να επιτευχθεί όμως η ορθή αναπαραγωγή στον τελικό παραλήπτη πρέπει να υπάρξει συγχρονισμός όλων αυτών των στοιχείων και έτσι δημιουργείται η ανάγκη για χρονική συσχέτιση μεταξύ των ροών. Έτσι ο κύριος σκοπός μια τέτοιας τάξης είναι:

- Η εξασφάλιση της χρονικής συσχέτισης μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής.

#### 4.1.3 Τάξη Interactive

Στην τάξη αυτές ανήκουν όλες εκείνες οι εφαρμογές που απαιτούν αλληλεπίδραση μεταξύ του εξυπηρετητή και του χρήστη, όπως είναι η πλοήγηση στο Web ή διάφορες On-Line συναλλαγές. Επίσης περιλαμβάνει και εφαρμογές όπου υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ μηχανών, όπως για παράδειγμα η διαρκής ανανέωση στοιχείων από την βάση δεδομένων ενός άλλου μηχανήματος.

Η κύριες ενέργειες βασίζονται στον μηχανισμό ερωτώ-αποκρίσεων, και έτσι οι χρόνοι μετάδοσης θα πρέπει να είναι σύντομοι. Όταν γίνεται μια αίτηση ένα χρονόμετρο τίθεται σε λειτουργία και περιμένει την απάντηση. Έτσι όσο μικρότερος είναι ο χρόνος αυτός, τόσο καλύτερη είναι η προσφερόμενη ποιότητα. Επίσης αυτή η τάξη διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων.

Συνοψίζοντας, τα κύρια χαρακτηριστικά QoS της τάξης αυτής είναι:

- Η εγγύηση μικρών χρόνων μεταξύ της ερώτησης και της απόκρισης
- Η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων

#### 4.1.4 Τάξη Background

Σε αυτήν την τάξη ανήκουν εφαρμογές μεταφοράς δεδομένων όπως είναι το Email, οι μεταφορές FTP, το SMS, τοMMS, κτλ. Η μοναδική απαίτηση της τάξης αυτής είναι η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων, καθώς όλες οι άλλες παράμετροι δεν είναι σημαντικές. Έτσι ο κύριο χαρακτηριστικό της είναι:

- Η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων

Class #	Τάξη Κίνησης	Περιγραφή Τάξης	Παράδειγμα	Σχετικές Απαιτήσεις QoS
1	Conversational	- Διασφάλιση χρονικής συσχέτισης μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής - Βασισμένο στην αντίληψη του χρήστη - Πραγματικός Χρόνος	Voice over IP Video conferencing	- Χαμηλό jitter - Χαμηλή καθυστέρηση
2	Streaming	- Διασφάλιση χρονικής συσχέτισης μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής - Πραγματικός Χρόνος	Real-time video	- Χαμηλό Jitter
3	Interactive	- Καθορισμένα Όρια Απόκρισης - Διασφάλιση ακεραιότητας δεδομένων	Web browsing Database retrieval	- Χαμηλή καθυστέρηση Roundtrip - Χαμηλό BER
4	Background	- Διασφάλιση ακεραιότητας δεδομένων	Email File transfer	- Χαμηλό BER

Πίνακας 4.1 Οι τάξεις QoS στο UMTS

#### 4.2 Σημαντικές Παράμετροι για το QoS

Οι πιο σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τον χρήστη, ο οποίος είναι ο κριτής του προσφερόμενου QoS, είναι η καθυστέρηση, το jitter και η απώλεια των δεδομένων.

Αυτές οι παράμετροι, μαζί με άλλους όπως είναι ο εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης, ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης κτλ, είναι αυτές που διαφοροποιούν τις τάξεις QoS και καθορίζουν τα διαφορετικά προφίλ QoS που προσφέρουν τα δίκτυα.

Παρακάτω ακολουθεί μια μικρή περιγραφή των παραμέτρων αυτών.

- **Καθυστέρηση (Delay)**

Η παράμετρος αυτή είναι ο χρόνο μεταξύ μιας ενέργειας του χρήστη και του αποτελέσματος αυτού. Οι χαμηλοί χρόνοι καθυστέρησης σημαίνουν υψηλές ταχύτητες συναλλαγής ενώ οι μεγάλες καθυστερήσεις υπάρχουν κυρίως σε μεταφορές δεδομένων, στις οποίες δεν μας ενδιαφέρει η ταχεία μεταφορά.

- **Jitter**

Το Jitter είναι επίσης γνωστό ως διαφορά καθυστερήσεις. Περιγράφει τους μεταβλητούς χρόνους άφιξης των πακέτων στον παραλήπτη, πράγμα που

είναι ιδιαίτερο ενοχλητικό για ορισμένες υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και καταπολεμάται με την χρήση τεχνικών ενταμίευσης (buffering techniques) οι οποίες εξαλείφουν το φαινόμενο αυτό.

- **Απώλεια Πληροφορίας (Information loss)**

Με τον όρο αυτό περιγράφεται το ποσοστό των δεδομένων που δεν παραδίνεται ή που παραδίνεται έχοντας όμως σφάλματα. Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι που προσπαθούν να διορθώσουν τα προβλήματα απώλειας δεδομένων, αλλά αυτό δεν είναι πάντα εφικτό. Εφαρμογές όπως η μεταφορά αρχείων απαιτούν μηδενική απώλεια δεδομένων, ενώ άλλες όπως για παράδειγμα η μετάδοση βίντεο, είναι ανεκτικές μέχρι κάποιο σημείο.

### 4.3 Παράμετροι QoS

Οι παράμετροι που είναι σημαντικές για την end-to-end Ποιότητα Υπηρεσίας σε ένα δίκτυο 3G συναντιούνται σε περισσότερους του ενός διαύλου. Έτσι η κάθε εφαρμογή έχει διαφορετικές παραμέτρους στον διάυλο UMTS, διαφορετικές στον Radio Access Bearer (RAB) και διαφορετικές στον Radio Bearer (RB), καθώς τα δεδομένα τυγχάνουν διαφορετικής αντιμετώπισης σε κάθε κομμάτι του δικτύου.

#### 4.3.1 UMTS Bearer

##### 4.3.1.1 Παράμετροι Υπηρεσιών UMTS Bearer

Οι παράμετροι είναι οι εξής:

- **Traffic class (class)**

Περιέχει την τάξη στην οποία ανήκει η εφαρμογή (conversational, streaming, interactive, background)

- **Maximum bit rate (kbps)**

Η παράμετρος αυτή δείχνει τον μέγιστο δυνητικό ρυθμό μετάδοσης και λαμβάνεται υπ' όψιν για την δέσμευση των πόρων του δικτύου. Θέτει ένα άνω όριο ταχύτητας, το οποίο απαγορεύεται να υπερβεί η εφαρμογή.

- **Guaranteed bit rate (kbps)**

Το κάτω όριο όσον αφορά τον ρυθμό μετάδοσης και είναι πολύ σημαντική παράμετρος όσον αφορά τον μηχανισμό Ελέγχου Αποδοχής κλήσεων, καθώς μπορεί να βρεθεί αμέσως εάν υπάρχουν στο δίκτυο οι ελάχιστοι απαιτούμενοι πόροι για την ζητούμενη υπηρεσία.

- **Delivery Order (y/n)**

Καθορίζει εάν επιτρέπεται ή όχι η παράδοση πακέτων με τυχαία σειρά.

- **Maximum SDU size (octets)**  
Καθορίζει το μέγιστο μέγεθος του SDU, το οποίο λαμβάνεται υπ' όψιν στον Έλεγχο Αποδοχής.
- **SDU format information (bits)**  
Το πιθανό μέγεθος των SDUs που θα μεταδοθούν από το UMTS.
- **SDU error ratio**  
Καθορίζει το όριο για τα λανθασμένα SDUs. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα και τους μηχανισμούς διορθώσεως λαθών, ώστε να επιτευχθεί το απαιτούμενο BER για τις ζητούμενες υπηρεσίες
- **Residual bit error rate**  
Υποδεικνύει τον ρυθμό μη ανιχνεύσιμων λαθών στα παραδομένα SDUs.
- **Delivery of erroneous SDUs (y/n/-)**  
Αυτή η παράμετρος καθορίζει εάν επιτρέπεται ή όχι η παράδοση SDUs που περιέχουν λάθη. Με την χρήση αυτής της παραμέτρου καθορίζεται εάν μια υπηρεσία απαιτεί να γίνεται έλεγχος λαθών και το εάν είναι ανεκτική ή όχι στην απώλεια πληροφορίας.
- **Transfer delay (ms)**  
Η παράμετρος αυτή καθορίζει την καθυστέρηση για το 95% της συνολικής καθυστέρησης των παραδομένων SDUs κατά την διάρκεια μιας κλήσης. Με την βοήθεια αυτής της παραμέτρου το UTRAN μπορεί να καθορίσει το πώς θα μεταφερθούν τα δεδομένα ώστε να είναι μέσα στα αποδεκτά όρια καθυστέρησης.
- **Traffic handling priority**  
Καθορίζει την προτεραιότητα των SDUs μιας υπηρεσίας που ανήκει σε ένα δίαυλο, σε σχέση με αυτά άλλων διαύλων, έτσι ώστε το UTRAN να είναι σε θέση να γνωρίζει το πώς πρέπει να γίνει ο χειρισμός της κίνησης. Αυτή η παράμετρος είναι πάρα πολύ σημαντική όσον αφορά το QoS καθώς μπορεί να διαφοροποιεί τους διάφορους χρήστες με βάση τα διαφορετικά προφίλ QoS.
- **Allocation/Retention Priority**  
Καθορίζει την σχετική σημαντικότητα σε σχέση με τους άλλους διαύλους UMTS. Έτσι όταν γίνεται ο Έλεγχος Εισόδου σε περιπτώσεις μη επαρκών πόρων, τότε με βάση αυτή την παράμετρο οι πιο σημαντικοί δίαυλοι έχουν προτεραιότητα. Η δημιουργία διαφορετικών προφίλ με βάση την συνδρομή έχει σημαντικό ρόλο όσον αφορά την παράμετρο αυτή, καθώς όπως είναι φυσικό οι χρήστες με περισσότερα δικαιώματα τοποθετούνται σε διαύλους, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα σε σχέση με τους άλλους. Η παράμετρος ARP βασίζεται στο συνδρομητικό συμβόλαιο του

χρήστη και δεν είναι διαπραγματεύσιμη από την τερματική συσκευή. Οι παράμετροι ARP είναι διαφορετικές στους διαύλους UMTS σε σχέση με το RAB. Έτσι οι συνοριακοί κόμβοι του δικτύου κορμού, δηλαδή το MSC και το SGSN, πρέπει να παρέχουν αντιστοίχιση μεταξύ των παραμέτρων ARP και των προτεραιοτήτων των χρηστών.

ARP Subscription Parameters	Specification
CS ARP	1 (highest priority) 2 3 (lowest priority)
PS ARP	1 (highest priority) 2 3 (lowest priority)

Πίνακας 4.2 Εγγεγραμμένη παράμετρος APR στο HLR

#### 4.3.1.2 Σημαντικές Παράμετροι για κάθε Τάξη

- **Τάξη Conversational class**

Η τάξη Conversation θεωρείται ως μία μη εκρηκτική τάξη. Το **Maximum bit rate** καθορίζει το άνω όριο του ρυθμού μετάδοσης των SDUs στο δίκτυο UMTS. Παρ' όλ' αυτά ο ρυθμός μετάδοσης δεν είναι υποχρεωμένος να υπερβαίνει το **guaranteed bit rate**.

Η παράμετρος **transfer delay** είναι πολύ σημαντική για την τάξη αυτή, το ίδιο και η **SDU format information**.

Εάν η τελευταία δεν δίνεται, τότε τα SDUs είναι μεταβλητού μεγέθους με ανώτατο όριο αυτό που καθορίζεται από την παράμετρο **Maximum SDU size**.

Οι άλλες παράμετροι, όπως το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous SDUs** καθορίζουν τις απαιτήσεις της εφαρμογής για μια αποδεκτή ποιότητα.

- **Τάξη Streaming class**

Το **Maximum bit rate** και το **guaranteed bit rate** έχουν το ίδιο νόημα όπως και στην τάξη conversational και χρησιμοποιούνται για δέσμευση πόρων στο δίκτυο UMTS. Η τάξη αυτή είναι και αυτή μη εκρηκτική και υπάρχει και εδώ η παράμετρος **transfer delay**.

Οι άλλες παράμετροι που είναι παρούσες και στην τάξη conversational είναι και εδώ παρούσες και το **maximum SDU size** είναι αναγκαίο, αλλά στην περίπτωση σταθερών σε μέγεθος SDUs, η παράμετρος **SDU format information** θα δώσει το ακριβές μέγεθος των SDUs. Άλλοι παράμετροι όπως το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous SDUs** καθορίζουν τις απαιτήσεις όσον αφορά την απώλεια πληροφορίας.



- **Τάξη Interactive class**

Για τον περιορισμό της ταχύτητας των εφαρμογών είναι απαραίτητη η παράμετρος **maximum bit rate**. Η παροχή διαφορετικών εκδόσεων QoS ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των χρηστών, απαιτεί από τους παροχείς υπηρεσιών την δημιουργία πολλών συνδυασμών παραμέτρων ώστε να βρεθούν οι κατάλληλοι για τον κάθε δίαυλο. Αυτό μπορεί να γίνει με χρήση παραμέτρων όπως είναι το **guaranteed bit rate**, το **transfer delay**, το **packet loss** κτλ. Επειδή αυτή η λύση εμπεριέχει μεγάλη πολυπλοκότητα χρησιμοποιείται η παράμετρος **traffic handling priority**.

Όπως ειπώθηκε προηγουμένως η εξασφάλιση της ακεραιότητας της πληροφορίας είναι πρωταρχικός στόχος και έτσι οι παράμετροι που έχουν μεγάλη σημασία είναι το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous SDUs**.

- **Τάξη Background**

Για μια ακόμα φορά η παράμετρος **maximum bit rate** είναι αναγκαία ώστε να περιορίζεται η ταχύτητα και να μην έχουμε αλόγιστη δέσμευση πόρων.

Επειδή η τάξη αυτή δεν ενδιαφέρεται παρά μόνο για την μετάδοση πληροφοριών χωρίς λάθη, οι μόνες άλλες παράμετροι που είναι αναγκαίες είναι το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous SDUs**.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται μια συγκεντρωτική όψη των παραμέτρων ανά τάξη:

Traffic Class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Maximum bit rate	X	X	X	X
Delivery order	X	X	X	X
Maximum SDU size	X	X	X	X
SDU format info	X	X		
SDU error ratio	X	X	X	X
Residual bit error ratio	X	X	X	X
Delivery of erroneous SDUs	X	X	X	X
Transfer delay	X	X		
Guaranteed bit rate	X	X		
Traffic handling priority			X	
Allocation/Retention priority	X	X	X	X

Πίνακας 4.3 Παράμετροι για το UMTS Bearer

Traffic class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Maximum bit rate (kbps)	< 2048	< 2048	< 2048 - overhead	< 2048 - overhead
Delivery order	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Maximum SDU size (octets)	<=1500 or 1502	<=1500 or 1502	<= 500 or 1502	<=1500 or 1502
SDU format information				
Delivery of erroneous SDUs	Yes/No/-	Yes/No/-	Yes/No/-	Yes/No/-
Residual BER	5*10 <sup>-2</sup> , 10 <sup>-2</sup> , 5*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-6</sup>	5*10 <sup>-2</sup> , 10 <sup>-2</sup> , 5*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-5</sup> , 10 <sup>-6</sup>	4*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-5</sup> , 6*10 <sup>-8</sup>	4*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-5</sup> , 6*10 <sup>-8</sup>
SDU error ratio	10 <sup>-2</sup> , 7*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-1</sup> , 10 <sup>-2</sup> , 7*10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup> , 10 <sup>-4</sup> , 10 <sup>-6</sup>
Transfer delay (ms)	100 – maximum value	250 – maximum value		
Guaranteed bit rate (kbps)	< 2048	< 2048		
Traffic handling priority			1,2,3	
Allocation/Retention priority	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3

Πίνακας 4.4 Όρια τιμών παραμέτρων για της υπηρεσίες του UMTS Bearer

## 4.3.2 Radio Access Bearer

### 4.3.2.1 Παράμετροι Υπηρεσιών Radio Access Bearer

Οι παράμετροι αυτοί είναι ίδιοι με αυτούς για το UMTS Bearer. Επιπρόσθετα υπάρχει και η εξής παράμετρος:

- **Source Statistics Descriptor (“speech”/“unknown”)**

Αυτή η παράμετρος καθορίζει τον τύπο των δεδομένων που μεταφέρεται στα SDUs. Επειδή η φωνή έχει μια πάρα πολύ γνωστή στατιστική συμπεριφορά, εάν το δίκτυο είναι σε θέση να γνωρίζει ότι τα δεδομένα που μεταφέρονται είναι φωνή, τότε μπορεί να υπολογιστεί το κέρδος πολυπλεξίας το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον Έλεγχο Εισόδου στο ασύρματο κομμάτι του δικτύου.

### 4.3.2.2 Σημαντικές Παράμετροι για κάθε Τάξη

- **Τάξη Conversational**

Με την χρήση του **source statistics descriptor** το UTRAN είναι σε θέση να υπολογίσει το κέρδος πολυπλεξίας στο ασύρματο κομμάτι και αν το χρησιμοποιήσει στον Έλεγχο Εισόδου.

Το **Maximum bit rate** καθορίζει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης, καθώς το **guaranteed bit rate** θέτει το κατώτατο όριο. Παράμετροι όπως το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous**

**SDUs** καθορίζουν τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής για τον ρυθμό λαθών. Με την χρήση αυτών των παραμέτρων, το UTRAN μπορεί να παρέχει έλεγχο λαθών ή όχι, ανάλογα με το αίτημα της εφαρμογής και αυτό μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα των ροών, ώστε να έχουμε μια άνιση προστασία λαθών σε κάθε RAB και έτσι να προσφέρεται διαφορετικό QoS ανάλογα με τον πελάτη. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη και η παράμετρος **SDU format information** καθώς τα δεδομένα υπάρχουν σε άνισα SDUs στις ροές και έτσι μπορεί να βρεθεί ποια SDUs ανήκουν σε ποιο χρήστη.

- **Τάξη Streaming**

Ακριβώς όπως στην τάξη conversational, εάν το RAB μεταφέρει φωνή, τότε η παράμετρος **source statistics descriptor** χρησιμοποιείται από το UTRAN για τον υπολογισμό του κέρδους πολυπλεξίας.

Το **Maximum** και το **guaranteed bit rate** έχουν το ίδιο νόημα που έχουν και στην τάξη conversational και επιδεικνύουν το πώς πρέπει να χειριστεί κανείς τον ρυθμό μετάδοσης και το πώς πρέπει να αντιστοιχούν στα διάφορα SDUs που αναφέρονται από την παράμετρο **SDU format information**.

Παράμετροι όπως είναι το **SDU error ratio**, το **Residual bit error ratio** και το **Delivery of erroneous SDUs** καθορίζουν τις απαιτήσεις για την απώλεια πληροφορίας και δίνουν στο UTRAN την ικανότητα να παρέχει έλεγχο λαθών ένα το επιθυμεί η εφαρμογή αλλά και άνισο χειρισμό της προστασίας δεδομένων στο RAB.

- **Τάξη Interactive**

Για να επιτευχθεί η ο περιορισμός της ταχύτητας μεταφοράς για τις εφαρμογές είναι απαραίτητη η παράμετρος **maximum bit rate**. Επίσης για την δυνατότητα προσφοράς διαφορετικών εκδόσεων QoS και για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των διαφορετικών προφίλ QoS μπορούν να γίνουν πολλοί συνδυασμοί με βάση παραμέτρους όπως είναι το **guaranteed bit rate**, το **transfer delay**, το **packet loss** κτλ, όμως λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητας χρησιμοποιείται η παράμετρος **traffic handling priority**. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η διατήρηση της ακεραιότητας της πληροφορίας είναι κάτι πάρα πολύ σημαντικό και έτσι η παρουσία των παραμέτρων **SDU error ratio**, **Residual bit error ratio** και **Delivery of erroneous SDUs** είναι απαραίτητη.

- **Τάξη Background**

Η παράμετρος **maximum bit rate** χρησιμοποιείται ακόμα μια φορά για τον προορισμό του μεγίστου ρυθμού μετάδοσης. Επίσης υποχρεωτική είναι η παρουσία των παραμέτρων **SDU error ratio**, **Residual bit error ratio** και **Delivery of erroneous SDUs** καθώς το κύριο μέλημα των υπηρεσιών που ανήκουν στην τάξη αυτή είναι η διατήρηση της ακεραιότητας της πληροφορίας.

Όλες αυτές οι παράμετροι φαίνονται συγκεντρωτικά στον επόμενο πίνακα:

Traffic Class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Maximum bit rate	X	X	X	X
Delivery order	X	X	X	X
Maximum SDU size	X	X	X	X
SDU format info	X	X		
SDU error ratio	X	X	X	X
Residual bit error ratio	X	X	X	X
Delivery of erroneous SDUs	X	X	X	X
Transfer delay	X	X		
Guaranteed bit rate	X	X		
Traffic handling priority	X		X	
Allocation/Retention priority	X	X	X	X

Πίνακας 4.5 Παράμετροι για το Radio Access Bearer

Traffic class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Maximum bit rate (kbps)	< 2048	< 2048	< 2048 - overhead	< 2048 - overhead
Delivery order	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Maximum SDU size (octets)	<=1500 or 1502	<=1500 or 1502	<= 500 or 1502	<=1500 or 1502
SDU format information				
Delivery of erroneous SDUs	Yes/No/-	Yes/No/-	Yes/No/-	Yes/No/-
Residual BER	$5 \cdot 10^{-2}$ , $10^{-2}$ , $5 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-2}$ , $10^{-2}$ , $5 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-5}$ , $10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-5}$ , $6 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-5}$ , $6 \cdot 10^{-8}$
SDU error ratio	$10^{-2}$ , $7 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-5}$	$10^{-1}$ , $10^{-2}$ , $7 \cdot 10^{-3}$ , $10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-5}$	$10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-6}$	$10^{-3}$ , $10^{-4}$ , $10^{-6}$
Transfer delay (ms)	80 – maximum value	100 – maximum value		
Guaranteed bit rate (kbps)	< 2048	< 2048		
Traffic handling priority			1,2,3	
Allocation/Retention priority	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Source statistics descriptor	Speech/unknown	Speech/unknown		

Πίνακας 4.6 Όρια τιμών παραμέτρων για της υπηρεσίες του Radio Access Bearer

### 4.3.3 Παράμετροι Υπηρεσιών IU και CN Bearer

Το Iu Bearer μαζί με τον φυσικό δίαυλο είναι υπεύθυνο για την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ του CN και του UTRAN. Εάν έχει γίνει επιλογή του IP, τότε θα χρησιμοποιηθεί το σχήμα με τις Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες. Εάν έχει επιλεγεί το ATM, τότε η συνεργασία με τις υπηρεσίες IP θα βασιστεί πάλι στην αρχή του DiffServ. Για να διασφαλιστεί το end-to-end QoS, θα πρέπει να γίνει μια αντιστοίχιση των διαφορετικών τάξεων υπηρεσιών μεταξύ αυτών των τεχνολογιών. Αυτή η αντιστοίχιση περιγράφεται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 8.



# 5. Παράμετροι QoS για Συγκεκριμένες Υπηρεσίες

## 5.1 Γενικά

Για να είναι σε θέση κανείς να ερευνήσει τις παραμέτρους που παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας σε ένα δίκτυο UMTS θα πρέπει να επικεντρωθεί σε ορισμένες συγκεκριμένες υπηρεσίες οι οποίες θεωρούνται ως βασικές. Το πλήθος των υπηρεσιών που θα προσφερθούν με την έναρξη του 3G θα είναι περιορισμένο, αλλά οι υπηρεσίες αυτές αναμένεται να γνωρίσουν μεγάλη επιτυχία και θα είναι οι προπομποί για τις επόμενες υπηρεσίες. Έτσι λοιπόν μια ανάλυση των παραμέτρων αυτών των υπηρεσιών είναι απαραίτητη.

Στις παρακάτω παραγράφους επιχειρείται μια ανάλυση των απαιτούμενων παραμέτρων για τις υπηρεσίες αυτές. Οι παράμετροι που παραθέτονται λαμβάνουν τις καθορισμένες τιμές οι οποίες θα προσφέρουν ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας χωρίς να εξαντλούν τους πόρους του δικτύου. Όπως είναι φυσικό, στο μέλλον οι τιμές αυτές των παραμέτρων ενδέχεται να αλλάξουν, καθώς οι επενδύσεις στην δικτυακή υποδομή θα αυξήσουν την δυνατότητα του δικτύου και έτσι θα είναι δυνατή η προσφορά καλύτερης ποιότητας.

Η διάκριση των χρηστών σε διαφορετικά QoS προφίλ θέτει τα άνω όρια των παραμέτρων σε κάθε υπηρεσία. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο εγγυημένος και ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεν θα είναι ο ίδιος για όλους του συνδρομητές, καθώς μία τέτοια πράξη έρχεται σε αντίθεση με την φιλοσοφία της κατηγοριοποίησης των χρηστών με βάση την οικονομική του συνδρομή. Όμως η διάκριση αυτή και ο αντίστοιχος καθορισμός των παραμέτρων RAB είναι μια πολύπλοκη διαδικασία για το δίκτυο η οποία είναι όμως αναγκαία. Σε έναν τέτοιο καθορισμό θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν και οι δυνατότητες του δικτύου αλλά και οι πόροι του.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι ο καθορισμός των παραμέτρων RAB είναι μια σημαντική πράξη για το δίκτυο καθώς είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που παρέχει τις απαραίτητες γραμμές πάνω στις οποίες θα πρέπει να κινηθεί το δίκτυο για τον καθορισμό των παραμέτρων των μελλοντικών υπηρεσιών. Έτσι στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζεται ένας τέτοιος καθορισμός για κάθε υπηρεσία, ο οποίος μπορεί να ληφθεί υπ' όψιν κατά την διάρκεια του μελλοντικού καθορισμού παραμέτρων. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι παράμετροι για τις εξής υπηρεσίες:

- Φωνή (Voice / Rich Voice)
- Βίντεο-Τηλεφωνία (Video Telephony)
- Βίντεο-Συνδιάσκεψη (Video Conference)
- Multimedia Messaging Service
- Εφαρμογές Ροής Πολυμέσων (Media Streaming Applications)
- Content Download
- Πρόσβαση στο Internet και Πλοήγηση
- Εταιρική Πρόσβαση (Corporate Access)

## 5.2 Φωνή (Voice/Rich Voice)

Η φωνή στα σημερινά 2G δίκτυα μεταφέρεται με την χρήση τη μεταγωγής κυκλώματος. Αυτό μπορεί να συνεχιστεί στα μελλοντικά δίκτυα 3G αλλά καθώς μεταβαίνουμε στην εποχή του καθολικού IP θα κυριαρχήσει η μεταγωγή πακέτου και η φωνή θα προσφέρεται πάνω από το IP (VoIP, βλ. παράρτημα A1). Αυτή η λύση προσφέρει μείωση των εξόδων τόσο για τους παροχείς όσο και για τους χρήστες όμως μέχρι σήμερα υπάρχουν αρκετά ακόμη προβλήματα τα οποία σχετίζονται κυρίως με την ποιότητα της φωνής και την καθυστέρηση στην μετάδοση των φωνητικών πακέτων. Πολλά από αυτά τα προβλήματα θα λυθούν με την χρησιμοποίηση του επερχόμενου IPv6, όμως μέχρι τότε θα πρέπει να γίνουν πολλά ώστε να καθιερωθεί το VoIP ως η επικρατέστερη μέθοδος μεταφοράς φωνής.

Η φωνητική υπηρεσία ανήκει όπως είναι φυσικό στην τάξη *Conversational* και θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που θέτει η τάξη αυτή και είναι η χαμηλή καθυστέρηση και η ελάχιστη έως μηδαμινή εμφάνιση jitter.

Ο κωδικοποιητής φωνής που έχει επιλεγθεί από την 3GPP για το UMTS είναι ο *AMR* (Adaptive MultiRate). Ο ρυθμός κωδικοποίησης μπορεί να διαφέρει μεταξύ **4.75** και **12.2 kbit/s**, ο οποίος είναι ο ρυθμός του GSM-EFR. Η υποστήριξη πολλαπλών ρυθμών τον χαρακτηρίζει ως multirate AMR. Ο κωδικοποιητής αυτός λειτουργεί με frames των 20 ms frames στην συχνότητα δειγματοληψίας των 8kHz και εκτιμάται ότι θα είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στις εφαρμογές VoIP. Σε σχέση με τους παλαιότερους κωδικοποιητές GSM οι οποίοι λειτουργούσαν σε έναν σταθερό ρυθμό με ένα σταθερό επίπεδο προστασίας λαθών, ο AMR, ο οποίος έχει ένα εντελώς νέο τρόπο κωδικοποίησης σε σχέση με αυτούς που υπάρχουν στο GSM, μπορεί να προσαρμόζεται στις συνθήκες της τηλεπικοινωνιακής κίνησης. Το ότι είναι βαθμωτός είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα και έτσι διευκολύνεται η συνεργασία με τα υπάρχοντα 2G δίκτυα, καθώς ο AMR μπορεί να λάβει τον ρυθμό λειτουργίας κάθε συστήματος πολύ γρήγορα. Η λειτουργία στον πλήρη ρυθμό χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν κανάλια με ελάχιστα λάθη ενώ η λειτουργία στον μέσο ρυθμό χρησιμοποιείται ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου σε μία περιοχή.

Οι επόμενοι πίνακες δείχνουν τους διαθέσιμους ρυθμούς και το πόσα bit εμπεριέχονται σε κάθε frame σε κάθε ρυθμό.

Channel	bit-rate	
Full-rate	12.2	6.70
	kbits/s	kbits/s
	10.2	5.90
	kbits/s	kbits/s
	7.95	5.15
	kbits/s	kbits/s
Half-rate	7.40	4.75
	kbits/s	kbits/s
	7.95	5.90
	kbits/s	kbits/s
	7.40	5.15
kbits/s	kbits/s	
	6.70	4.75
	kbits/s	kbits/s



Mode	Bits per frame
12.2 kbit/s	244
10.2 kbit/s	204
7.95 kbit/s	159
7.40 kbit/s	148
6.70 kbit/s	134
5.90 kbit/s	118
5.15 kbit/s	103
4.75 kbit/s	95

Πίνακες 5.1 & 5.2 AMR bit-rates & bit allocation

Το AMR υποστηρίζει επίσης την μη συνεχόμενη μετάδοση (DTX). Με βάση το στατιστικό γεγονός ότι κάθε δρόμος μετάδοσης χρησιμοποιείται μόνο κατά το 50% του συνολικού χρόνου μετάδοσης, η χρήση του DTX παρέχει πολλά οφέλη, όπως είναι η μεγιστοποίηση του χρόνου ζωής της μπαταρίας του UE αλλά και καλύτερη χρήση του ασύρματου φάσματος. Η χρήση του DTX απαιτεί την ύπαρξη ορισμένων λειτουργιών όπως είναι η Ανίχνευση Φωνητικής Ενέργειας (Voice Activity Detection/VAD) και το Comfort Noise. Η είσοδος του VAD είναι ένα πλήθος παραμέτρων που υπολογίζεται από τον κωδικοποιητή. Ανά 20ms το σύστημα ελέγχει και αποφασίζει εάν το κάθε frame περιέχει ή όχι φωνή. Το Comfort Noise είναι μια λειτουργία όπου ο θόρυβος από το παρασκήνιο υπολογίζεται και οι παράμετροί του κωδικοποιούνται κατάλληλα ώστε να αποκωδικοποιηθούν στον παραλήπτη.

Επιπλέον ο AMR περιέχει λειτουργίες αντικατάστασης των χαμένων frames, έτσι ώστε το κάθε frame που χάνετε να αντικαθιστάται από ένα άλλο που δημιουργείται μέσω πρόγνωσης βασισμένης στις πληροφορίες που περιέχουν τα προηγούμενα frames. Στην περίπτωση που έχουμε απώλειες πολλών frames, χρησιμοποιείται μια τεχνική σιγής. Στην Release 5 υπάρχει ένας προηγμένος AMR που ονομάζεται *AMR-WB* (Wideband AMR) και παρέχει καλύτερη ποιότητα φωνής επειδή χρησιμοποιεί διπλάσιο ρυθμό δειγματοληψίας και λειτουργεί σε ρυθμούς που φτάνουν μέχρι τα **23.85 kbit/s**.

Η φωνή μεταφέρεται από το CS με την χρήση του *AAL2*. Όμως σε περιπτώσεις που έχουμε την φωνή σε πακέτα εξαιτίας εφαρμογών όπως είναι η Internet Telephony, τότε χρησιμοποιείται το PSκομμάτι του δικτύου και η μεταφορά γίνεται με την χρήση του *AAL5*. Για την εξασφάλιση χαμηλής καθυστέρησης, τα PDUs που έχουν φωνητικά δεδομένα λαμβάνουν μια υψηλότερη προτεραιότητα.

Το επιθυμητό όριο καθυστέρησης για την φωνή είναι τα **150ms**. Παρ' όλ' αυτά καθυστερήσεις μέχρι τα **400ms** θεωρούνται αποδεκτές παρά τον σχετικό μεγάλο υποβιβασμό της ποιότητας. Το jitter θα πρέπει να είναι λιγότερο από **1ms** και η χρήση ενός ενταμιευτή είναι απαραίτητη. Η απώλεια πληροφορίας θα πρέπει να είναι λιγότερη από **3%**. Μια τυπική τιμή BER για την φωνή είναι το  $10^{-4}$ .

Για την διατήρηση χαμηλής καθυστέρησης κάθε SDU περιέχει ένα πεδίο που ονομάζεται *source statistics descriptor* και λαμβάνει την τιμή "*speech*" εάν έχουμε την μετάδοση φωνής. Εξαιτίας της καλά γνωστής στατιστικής συμπεριφοράς της φωνής, το UTRAN είναι σε θέση να υπολογίσει το κέρδος πολυπλεξίας ώστε να χρησιμοποιηθεί στον Έλεγχο Εισόδου για το ασύρματο κομμάτι.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

<b>QoS parameter</b>	<b>Parameter value</b>
<b>Delivery of erroneous SDUs</b>	Yes
<b>Delivery order</b>	Yes
<b>Traffic class</b>	Conversational class
<b>Maximum SDU size</b>	1500 bytes
<b>Guaranteed bit rate for downlink</b>	13 kbps 4 kbps for older codecs
<b>Maximum bit rate for downlink</b>	24 kbps
<b>Guaranteed bit rate for uplink</b>	13 kbps 4 kbps for older codecs
<b>Maximum bit rate for uplink</b>	24 kbps
<b>Residual BER</b>	$10^{-5}$
<b>SDU error ratio</b>	$7 \cdot 10^{-3}$ or less for AMR-NB and AMR-WB $10^{-4}$ for the rest
<b>Traffic handling priority</b>	Based on QoS Profile
<b>Transfer delay</b>	150 ms AMR (NB and WB) Maximum 400ms
<b>SDU format information</b>	Not Used
<b>Allocation / Retention priority</b>	Based on QoS Profile
<b>Source Statistics Descriptor</b>	Speech

Πίνακας 5.3 Καθορισμός Παραμέτρων voice service

### 5.3 Βίντεο-Τηλεφωνία (Video Telephony)

Όπως και η φωνή, έτσι και αυτή η υπηρεσία ανήκει στην τάξη **Conversational**. Και πάλι έχουμε μια επικοινωνία μεταξύ δύο άκρων, αλλά αυτή την φορά υπάρχει και παρουσία κινούμενης εικόνας. Κατά την έναρξη της υπηρεσίας αυτής θα γίνεται χρήση του πρωτοκόλλου H.324M. Αυτό αποτελεί την εξέλιξη του H.324 το οποίο είχε σχεδιαστεί για την πολυμεσική τηλεφωνία σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος που λειτουργούσαν σε χαμηλούς ρυθμούς (**64 kbit/s**).

Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο εκδόσεων είναι η χρησιμοποίηση του **AMR codec**, ο οποίος δεν υπήρχε στο παρελθόν και δημιουργούσε διάφορα προβλήματα καθώς η φωνή έπρεπε να αλλάξει bit rate ώστε να μεταδοθεί σωστά. Η υπηρεσία αυτή θα είναι διαθέσιμη στο CS κομμάτι του δικτύου και θα χρησιμοποιούνται συνδέσεις χαμηλού ρυθμού **64 kbit/s** για την μεταφορά των δεδομένων.

Για μια καλή ποιότητα η καθυστέρηση θα πρέπει να είναι μικρότερη από **150ms**. Η μέγιστη όμως καθυστέρηση έχει καθοριστεί στα **400ms** και έτσι οποιαδήποτε τιμή μικρότερη από αυτή θεωρείται ως αποδεκτή. Η εικόνα και ο ήχος θα πρέπει να συγχρονίζονται μέσα σε ορισμένα όρια ώστε να επιτυγχάνεται το "lip-synch", αλλιώς το αποτέλεσμα θα είναι ενοχλητικό στον τελικό χρήστη ο οποίος τελικά θα προτιμήσει την χρήση της απλής τηλεφωνίας. Το όριο αυτό καθορίζεται στα **100ms**. Επίσης, καθώς το ανθρώπινο μάτι είναι ανεκτικό σε κάποιες μικρές απώλειες, επιτρέπεται η απώλεια δεδομένων να φτάνει το **1%** της συνολικής πληροφορίας, οπότε BER είναι ίσο με **10<sup>-4</sup>**.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	Yes
Delivery order	Yes
Traffic class	Conversational class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	64 kbps
Maximum bit rate for downlink	384 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbps
Maximum bit rate for uplink	384 kbps
Residual BER	10 <sup>-4</sup>
SDU error ratio	10 <sup>-3</sup>
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	100 ms Maximum 400ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.4 Καθορισμός Παραμέτρων video telephony service

## 5.4 Βίντεο-Συνδιάσκεψη (Video Conference)

Η βίντεο-συνδιάσκεψη είναι στην ουσία μια υπηρεσία βίντεο-τηλεφωνίας όπου εμπλέκονται περισσότεροι από δύο χρήστες και μπορούν να έχουν όλοι μαζί ταυτόχρονα μια επικοινωνία. Η υπηρεσία αυτή ανήκει στην τάξη **Streaming** και έχει παρόμοιες απαιτήσεις με αυτές της βίντεο-τηλεφωνίας.

Η καθυστέρηση δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα **200ms**. Στην αρχή η υπηρεσία αυτή θα προσφέρεται από το PS κομμάτι στα **128kbps** αλλά και από το CS στα **64kbps**. Οι αυξημένοι ρυθμοί μετάδοσης είναι απαραίτητοι καθώς ένα χρήστης θα δέχεται πλέον πολλές ροές καθώς στην συνδιάσκεψη θα μετέχουν περισσότεροι των δύο χρηστών. Ικανοποιώντας τις παραπάνω απαιτήσεις η ποιότητα μιας τέτοιας υπηρεσίας θεωρείται ως ικανοποιητική. Βέβαια οι παραπάνω ρυθμοί μετάδοσης είναι σχετικά χαμηλοί και αυτοί που προτείνονται από τους διάφορους οργανισμούς είναι μεταξύ των **384** και **768 kbps**. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να υπάρχει μια ασυμμετρία μεταξύ του uplink και του downlink, καθώς τα δεδομένα που θα στέλνονται από τον ένα χρήστη θα είναι σαφώς λιγότερα από αυτά που θα λαμβάνει ο ίδιος χρήστης.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	Yes
Delivery order	Yes
Traffic class	Streaming class
Maximum SDU size	
Guaranteed bit rate for downlink	64 kbbs for CS 128 kbbs for PS
Maximum bit rate for downlink	768 kbbs
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbbs for CS 128 kbbs for PS
Maximum bit rate for uplink	768 kbbs
Residual BER	$10^{-4}$
SDU error ratio	$10^{-3}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	200 ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.5 Καθορισμός Παραμέτρων video conference service

## 5.5 Multimedia Messaging Service (MMS)

Το Multimedia Messaging Service αποτελεί εξέλιξη της γνωστής υπηρεσίας SMS/EMS και υπάρχει ήδη στην αγορά. Η προσφορά αυτής της υπηρεσίας απαιτεί την ύπαρξη δικτύου **2.5G** όπου η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω της τεχνολογίας **GPRS**.

Το MMS είναι ένα μήνυμα που αποστέλλεται μεταξύ δύο χρηστών το οποίο μπορεί να συνδυάζει κείμενο, εικόνα, ήχο αλλά ακόμα και βίντεο. Η τάση στην σύγχρονη αγορά των κινητών τερματικών είναι η διάθεση τηλεφώνων με ενσωματωμένες κάμερες και με έγχρωμες οθόνες. Αυτό το γεγονός έχει δράσει θετικά όσον αφορά την υπηρεσία του MMS και ο καθένας πλέον επιθυμεί να κάνει χρήση αυτής της υπηρεσίας, έχοντας ένα τερματικό που θα του προσφέρει αυτές τις δυνατότητες.

Η υπηρεσία αυτή είναι μια μονόδρομη μεταφορά δεδομένων στην οποία δεν υπάρχει καμία πράξη αλληλεπίδρασης. Η καθυστέρηση μπορεί να είναι μεγάλη και εξαρτάται από το μέγεθος του μηνύματος, αλλά το κύριο μέλημα είναι για μηδενική απώλεια δεδομένων. Έτσι λοιπόν η υπηρεσία αυτή ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις που θέτει η τάξη **Background** και άρα ανήκει σε αυτή. Επίσης η ύπαρξη καθυστέρησης την κατηγοριοποιεί ως μια υπηρεσίας που δεν χρήζει υψηλής προτεραιότητας και έτσι χρησιμοποιείται η τεχνική **Best Effort** για την παράδοση της πληροφορίας. Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορεί να είναι χαμηλοί μέχρι τα **4kbps** και ο μέγιστος δυνατός ρυθμός μετάδοσης συνίσταται να είναι τα **64 kbps** ώστε να μειωθεί η πιθανότητα να υπάρξει υπερφόρτωση του δικτύου. Έχοντας υπ' όψιν το σχετικά μικρό μέγεθος των μηνυμάτων MMS messages, βλέπουμε ότι τέτοιοι ρυθμοί μετάδοσης είναι αρκετοί για την μετάδοση της πληροφορίας με μικρές καθυστερήσεις.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	No
Delivery order	No
Traffic class	Background class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	4 kbps
Maximum bit rate for downlink	64 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	4 kbps
Maximum bit rate for uplink	64 kbps
Residual BER	$10^{-7}$
SDU error ratio	$10^{-6}$
Traffic handling priority	Best Effort
Transfer delay	Some seconds
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.6 Καθορισμός Παραμέτρων MMS service

## 5.6 Εφαρμογές Ροής Πολυμέσων (Media Streaming Applications)

Υπό τον όρο εφαρμογή ροής πολυμέσων εννοούμε εφαρμογές όπως βίντεο, ήχος, μουσική κτλ τις οποίες μπορεί να τις επιλέξει ένας χρήστης ώστε να τις απολαύσει με την χρήση του τερματικού του. Όλες αυτές ανήκουν στην τάξη **Streaming** και η αλληλεπίδραση είναι περιορισμένη, καθώς ο χρήστης μπορεί να επιλέξει λιγοστές εντολές, οι οποίες είναι απαραίτητες μόνο για την αναπαραγωγή της υπηρεσίας .

Ένα βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι η κάθε εφαρμογή έχει τις δικές της παραμέτρους. Οι κυριότερες ομοιότητες εντοπίζονται στους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, την μικρή καθυστέρηση και το ελάχιστο jitter το οποίο απαιτούν αυτές οι εφαρμογές. Η καθυστέρηση εξαρτάται από το συνολικό μέγεθος μιας εφαρμογής και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης ώστε να ελαχιστοποιείται. Επίσης το jitter μπορεί να ελεγχθεί με την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων στους ενταμιευτές. Όσον αφορά την απώλεια πληροφορίας, αυτή μπορεί να υπάρχει αλλά σε μικρό βαθμό. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ανθρώπινες αισθήσεις όπως η όραση και η ακοή δεν είναι σε θέση να αντιληφθούν μικρά λάθη και έτσι επιτρέπεται η ελάχιστη απώλεια πληροφορίας.

Το προφίλ QoS του κάθε χρήστη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς οι χρήστες με περισσότερα προνόμια θα μπορούν να κάνουν χρήση τέτοιων υπηρεσιών σε πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης. Έτσι λοιπόν υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί παραμέτρων, καθώς αυτοί δεν εξαρτιούνται μόνο από την εκάστοτε εφαρμογή αλλά και από το QoS προφίλ του κάθε χρήστη. Παρακάτω δίνεται ένα τυπικό παράδειγμα των παραμέτρων μιας τέτοιας υπηρεσίας.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	Yes
Delivery order	Yes
Traffic class	Streaming class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	64 kbps
Maximum bit rate for downlink	2048 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbps
Maximum bit rate for uplink	2048 kbps
Residual BER	$10^{-6}$
SDU error ratio	$10^{-5}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	200 ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.7 Καθορισμός Παραμέτρων streaming service

## 5.7 Content Download

Ο όρος Content Download αναφέρεται σε υπηρεσίες ροής αλλά η κύρια διαφορά έγκειται στο ότι υφίσταται η δυνατότητα για αποθήκευση της υπηρεσίας ώστε αυτή να μπορεί να αναπαραχθεί στην συνέχεια κατά βούληση σε τοπικό επίπεδο. Έτσι λοιπόν αυτή η υπηρεσία ξεφεύγει από τα όρια της τάξης Streaming και ανήκει στην τάξη **Background**.

Το κύριο μέλημα είναι η ακεραιότητα της πληροφορίας και όχι η καθυστέρηση και έτσι είναι δυνατή η θυσία περισσότερου χρόνου μεταφοράς προς όφελος της ποιότητας. Αυτές οι μεταφορές μπορεί να γίνουν με χρήση του πρωτοκόλλου **FTP**. Έτσι λοιπόν ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την επιθυμητή ποιότητα και σύμφωνα με το QoS προφίλ του θα αρχίσει η μεταφορά η οποία μπορεί να είναι είτε αργή είτε γρήγορη. Για μία τέτοια υπηρεσία η ο εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης είναι τα **64kbps**, δηλαδή η στάνταρτ ταχύτητα του ISDN. Με βάση όμως τους υπάρχοντες πόρους του δικτύου και φυσικά το QoS προφίλ του κάθε συνδρομητή, αυτός μπορεί να φτάσει μέχρι τα **2Mbps**.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	No
Delivery order	No
Traffic class	Background class
Maximum SDU size	1500 bytes
Minimum bit rate for downlink	64 kbps
Maximum bit rate for downlink	2000 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbps
Maximum bit rate for uplink	2000 kbps
Residual BER	$10^{-7}$
SDU error ratio	$10^{-6}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	200 ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.8 Καθορισμός Παραμέτρων content download service

## 5.8 Πρόσβαση στο Internet και Πλοήγηση

Καθώς η ζήτηση για πρόσβαση στο Internet γνωρίζει μια διαρκής αύξηση, αυτή η υπηρεσία δεν θα μπορούσε να απουσιάζει από το UMTS. Η πλοήγηση στο Web (η οποία είναι η κυρίαρχη εφαρμογή του Internet) ανήκει στην τάξη **Interactive**, καθώς η ύπαρξη αλληλεπίδρασης είναι αναγκαία. Για την παρουσίαση των διαφόρων ιστοσελίδων είναι απαραίτητη η μηδενική απώλεια πληροφορίας και ο χρόνος καθυστέρησης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα **4 sec** για κάθε σελίδα που θα έχει συνολικό όγκο **10 kilobytes**.

Εξαιτίας της μεγάλης ζήτησης αυτής της υπηρεσίας έχουν καθοριστεί δύο διαφορετικοί τύποι που θα δοθούν στο κοινό. Ο ένας είναι η βασική υπηρεσία (**basic service**) (basic) και ο άλλος είναι η εξαιρετική υπηρεσία (**premium service**). Αυτοί οι δύο τύποι μπορούν να συνυπάρχουν με τα υπάρχοντα προφίλ QoS, χωρίς να τα παρακάμπτουν όσον αφορά τις άλλες υπηρεσίες. Ένας χρήσης με χαμηλό QoS θα μπορεί να επιλέγει την επιλογή premium εάν τον ενδιαφέρει η πλοήγηση στον ιστό και έτσι θα αποκτάει μεγαλύτερη προτεραιότητα από ένα χρήστη ανώτερου προφίλ που θα έχει επιλέξει τον βασικό τύπο σύνδεσης. Έτσι έχουμε μια διάκριση δύο επιπέδων όσον αφορά την υπηρεσία αυτή.

Η βασική υπηρεσία θα κάνει χρήση ρυθμών μετάδοσης που δεν θα είναι χαμηλότεροι από αυτούς του ISDN ή του GPRS, τα οποία λειτουργούν στα **64 kbps**. Η ταχύτητα αυτή είναι σχετικά χαμηλή αλλά είναι αποδεκτή ως το κατώτερο εγγυημένο όριο. Οι μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης εξαρτιούνται από το παροχέα αλλά για την βασική υπηρεσία ρυθμοί της τάξης των **256 kbps** κρίνονται ως ικανοποιητικοί.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	No
Delivery order	No
Traffic class	Interactive class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	64 kbps
Maximum bit rate for downlink	256 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbps
Maximum bit rate for uplink	256 kbps
Residual BER	$10^{-7}$
SDU error ratio	$10^{-6}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	<4 sec /page
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

Πίνακας 5.9 Καθορισμός Παραμέτρων για την υπηρεσία Basic Level Internet Access



Έχοντας περιγράψει τις γενικές αρχές της βασικής υπηρεσίας πρόσβασης στο Internet, περιμένει κανείς η εξαιρετική υπηρεσία να διαφοροποιείται μόνο ως προς τους ρυθμούς μετάδοσης οι οποίοι θα πρέπει να είναι υψηλότεροι. Και αυτό ακριβώς συμβαίνει.

Η υπηρεσία Premium Internet Access & Browsing εγγυάται υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης που θα αρχίζουν από τα **256 kbps**. Αυτοί οι ρυθμοί θα μπορούν να φτάνουν μέχρι τα **2 Mbps**, ταχύτητα που είναι εφάμιλλη με τις υψηλές ταχύτητες που επιτυγχάνονται από σταθερά δίκτυα με χρήση τεχνολογιών όπως το DSL. Όμως οι υψηλοί αυτοί ρυθμοί δεν μπορούν να υπάρχουν πάντα εξαιτίας πολλών λόγων, όπως η ύπαρξη καναλιών με θόρυβο, η εξάντληση των πόρων κτλ.

Επιπλέον υπάρχει και σε αυτή την περίπτωση ασύμμετρος χαρακτήρας μεταξύ των δύο διαύλων μετάδοσης καθώς το uplink τις περισσότερες φορές χρειάζεται μικρότερο εύρος ζώνης από το downlink, καθώς τα εισερχόμενα δεδομένα είναι πολύ περισσότερα από τα εξερχόμενα. Ο εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης του uplink θα είναι τα **128 kbps** ενώ το άνω όριο έχει καθοριστεί στα **256 kbps**.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	No
Delivery order	No
Traffic class	Interactive class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	256 kbps
Maximum bit rate for downlink	2048 kbps
Guaranteed bit rate for uplink	128 kbps
Maximum bit rate for uplink	256 kbps
Residual BER	$10^{-7}$
SDU error ratio	$10^{-6}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	200 ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

**Πίνακας 5.10** Καθορισμός Παραμέτρων για την υπηρεσία Premium Level Internet Access

## 5.9 Εταιρική Πρόσβαση (Corporate Access)

Μια ακόμη υπηρεσία με υψηλό δυναμικό είναι η εταιρική πρόσβαση σε υψηλές ταχύτητες. Αυτή η παρεχόμενη από το 3G υπηρεσία είναι πολύ σημαντική καθώς δίνει την δυνατότητα σε στελέχη επιχειρήσεων να έχουν πρόσβαση στο εταιρικό τους δίκτυο σε οποιοδήποτε σημείο και εάν βρίσκονται με απλή χρήση των κινητών τερματικών ή και φορητών υπολογιστών οι οποίοι θα είναι συνδεδεμένοι με κάποιο 3G κινητό τηλέφωνο. Μια τέτοια εταιρική σύνδεση θα πρέπει να είναι ασφαλής, καθώς είναι πιθανό τα δεδομένα που θα ανταλλάγουν να είναι εντελώς εμπιστευτικά και θα πρέπει να προστατεύονται από πιθανούς εισβολείς.

Η υπηρεσία αυτή θα χρησιμοποιεί το PS κομμάτι του δικτύου και η ταχύτητα του **downlink** θα είναι **384kbit/s**. Το **uplink** θα είναι ασύμμετρο ως προς το downlink και θα έχει ελάχιστη ταχύτητα τα **64kbit/s**. Ο λόγος για αυτή την διάκριση είναι ότι σύμφωνα με τα στατιστικά ένας χρήστης χρησιμοποιεί πολύ περισσότερο το downlink κανάλι και με έναν τέτοιο διαχωρισμό πετυχαίνεται η απελευθέρωση σημαντικών για το δίκτυο πόρων και το ελεύθερο εύρος ζώνης μπορεί να αποδοθεί σε άλλους χρήστες χωρίς έτσι να αλλοιώνεται ο χαρακτήρας του QoS του δικτύου.

Σε μια πιθανή περίπτωση συμφόρησης ο συνδρομητής που θα χρησιμοποιεί μια τέτοια υπηρεσία θα αντιμετωπίσει δυσκολίες. Για να αποφευχθεί αυτό, η υπηρεσία αυτή μπορεί να διατεθεί και από το CS κομμάτι του δικτύου με εγγυημένο QoS και σταθερούς ρυθμούς μετάδοσης για το uplink και το downlink που θα είναι ίσοι με **64kbit/s**. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η υπηρεσία δεν επιτρέπει την απώλεια πληροφορίας.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις παραμέτρους RAB για αυτή την υπηρεσία:

QoS parameter	Parameter value
Delivery of erroneous SDUs	No
Delivery order	No
Traffic class	Interactive class
Maximum SDU size	1500 bytes
Guaranteed bit rate for downlink	64 kbbs for CS 384 kbbs for PS
Maximum bit rate for downlink	384 kbbs
Guaranteed bit rate for uplink	64 kbbs for CS
Maximum bit rate for uplink	64 kbbs
Residual BER	$10^{-7}$
SDU error ratio	$10^{-6}$
Traffic handling priority	Based on QoS Profile
Transfer delay	200 ms
SDU format information	Not Used
Allocation / Retention priority	Based on QoS Profile
Source Statistics Descriptor	Unknown

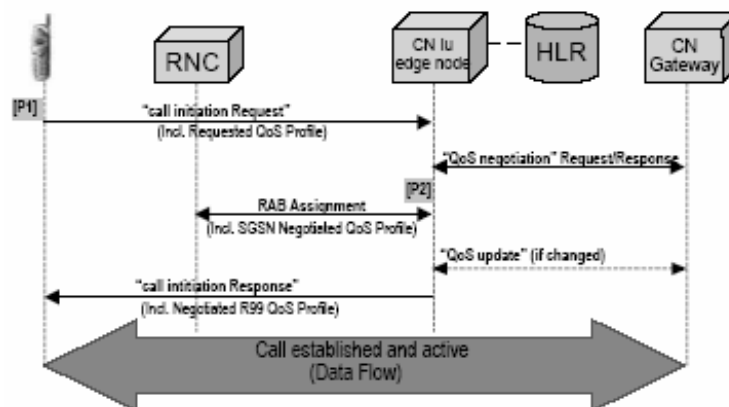
Πίνακας 5.11 Καθορισμός Παραμέτρων για την υπηρεσία Corporate Access

# 6. Ανάλυση του QoS ανά Κόμβο

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθεί μια λεπτομερής περιγραφή των παραμέτρων Ποιότητας Υπηρεσίας που εμπλέκονται σε κάθε κόμβου ενός δικτύου UMTS και το πώς ο κάθε κόμβος του δικτύου λαμβάνει μέρος στην Ποιότητα Υπηρεσίας. Η γνώση του πώς να παρέχει κανείς end-to-end QoS προϋποθέτει την γνώση της αντιστοίχισης των διαφορετικών παραμέτρων (attribute mapping) και την χρήση των διαφορετικών πρωτοκόλλων, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 7.

Το QoS που ζητάει ένας χρήστης από το δίκτυο γίνεται με την μέθοδο ενεργοποίηση περιεχομένου PDP (PDP-context activation). Το περιεχόμενο PDP πρωτοεμφανίστηκε ως έννοια στο GPRS. Στο UMTS, υπήρχε μια περαιτέρω εξέλιξη έτσι ώστε να υποστηρίζονται πολλές λειτουργίες. Το περιεχόμενο PDP δημιουργείται με την σηματοδότηση ενεργοποίησης περιεχομένου PDP. Κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας δημιουργείται μια λογική σύνδεση μεταξύ του MS και του GGSN και αποδίδεται στο MS μια διεύθυνση IP. Μόλις αποδοθεί αυτή η διεύθυνση, το MS μπορεί πλέον να επικοινωνήσει με εξωτερικά δίκτυα. Κατά την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP γίνεται διαπραγμάτευση της Ποιότητα Υπηρεσίας, καθώς και άλλων παραμέτρων, ενώ μπορεί να γίνει επαναδιαπραγμάτευση και κατά την διάρκεια της σύνδεσης.

Σε αυτή την συναλλαγή ο χρήστης περνάει στο δίκτυο τις παραμέτρους του QoS που επιθυμεί. Το δίκτυο ύστερα από την παραλαβή του αιτήματος αυτού διενεργεί διάφορους ελέγχους όπως εάν ο χρήστης επιτρέπεται να ζητήσει τέτοια υπηρεσία ή όχι, εάν οι διαθέσιμοι πόροι επαρκούν για την υπηρεσία αυτή κτλ. Στην συνέχεια το δίκτυο είτε αποδίδει στον χρήστη αυτά που εκείνος ζήτησε, είτε σε περίπτωση που διαπιστωθεί κάποια παραβίαση προσπαθεί να επαναδιαπραγματευτεί τις διάφορες παραμέτρους ενημερώνοντας τον χρήστη σχετικά. Έτσι λοιπόν μια κλήση δημιουργείται με τα αρχικά ζητούμενα χαρακτηριστικά, είτε με μειωμένα, είτε δεν γίνεται ποτέ εάν τα προβλήματα είναι αξεπέραστα.

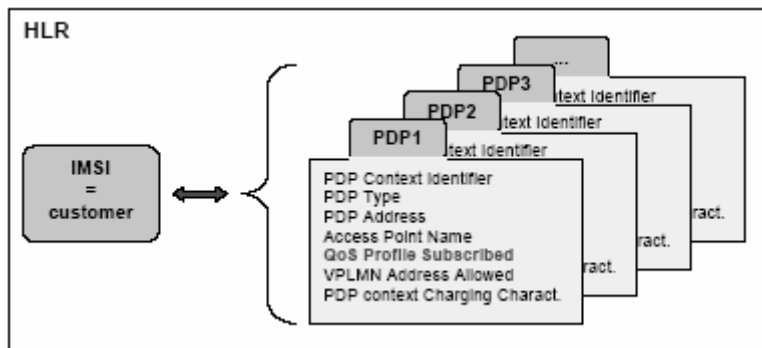


Εικόνα 6.1 Αρχικές διεργασίες για την εγκατάσταση μιας κλήσης

Όλες οι παράμετροι που ζητάει ένας χρήστης ομαδοποιούνται σε ένα μητρώο PDP (PDP Record). Αυτό το μητρώο βρίσκεται αποθηκευμένο στην βάση δεδομένων HLR. Για να είναι σε θέση ένα δίκτυο UMTS να εξυπηρετεί διαφορετικές εφαρμογές με διαφορετικές απαιτήσεις QoS, υποστηρίζεται η ύπαρξη πολλαπλών περιεχομένων PDP για έναν μόνο χρήστη. Έτσι μπορεί ένας χρήστης να έχει μια μοναδική διεύθυνση αλλά πολλαπλά περιεχόμενα PDP. Αυτό συμβαίνει επίσης και στο GPRS στην Release 1999.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα στιγμιότυπο της HLR. Σε αυτό βλέπουμε ότι σε έναν μοναδικό χρήστη αντιστοιχούν πολλά περιεχόμενα PDP, το καθένα εκ των οποίων προφανώς αντιστοιχεί σε κάποια εφαρμογή που εκτελεί ο χρήστης εκείνη την στιγμή. Το κάθε PDP έχει ένα αναγνωριστικό πεδίο καθώς επίσης και άλλα χαρακτηριστικά όπως η διεύθυνση του χρήστη, τον τύπο του PDP, το όνομα του σημείου πρόσβασης, το εγγεγραμμένο προφίλ QoS του χρήστη κτλ.

Έτσι είναι δυνατή η ταυτόχρονη εκτέλεση πολλών εφαρμογών παράλληλα.



Εικόνα 6.2 Μητρώα PDP στην HLR

## 6.1 QoS στο UE

Το UE παρέχει στον χρήστη το περιβάλλον χρήσης μέσω του οποίου θα αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο UMTS. Επίσης συλλέγει τις απαιτήσεις QoS του χρήστη ή της εφαρμογής και τις μεταδίδει στο δίκτυο κορμού. Εξαιτίας της ευρείας γκάμας κατασκευαστών UE, οι λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει το καθένα ποικίλουν. Για να υπάρχει όμως μια πλήρης συμβατότητα η 3GPP καθόρισε μερικές λειτουργίες οι οποίες είναι υποχρεωτικές για κάθε UE. Έτσι λοιπόν το κάθε UE θα είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί στο έπακρο τις δυνατότητες του δικτύου ενώ και το ίδιο το δίκτυο θα μπορεί να εκτελεί διάφορες διεργασίες στο UE ώστε να λαμβάνει σημαντικές πληροφορίες.

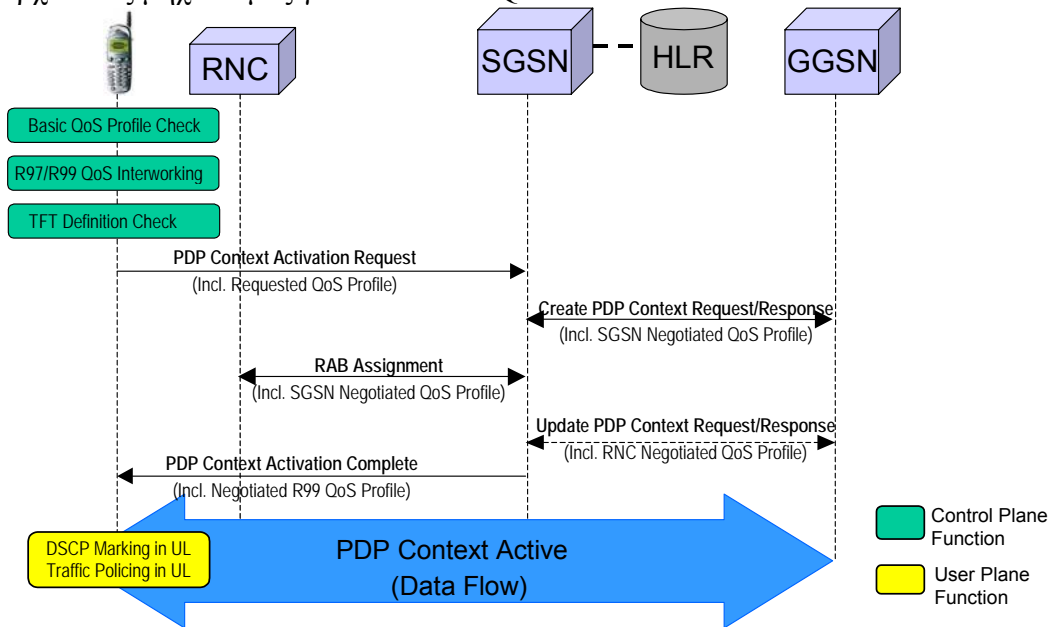
### 6.1.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου

**Inter-working between R97 and R99 (or later) QoS** – Η αυτόματη αντιστοίχιση των παραμέτρων του R97 QoS parameters σε αυτές του R99 QoS και το αντίστροφο εξαρτάται από την έκδοση των παραμέτρων της 3GPP οι οποίες καθορίζονται με εντολές AT πριν την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP. Οι αυθεντικές και οι αντιστοιχισμένες

παράμετροι χρησιμοποιούνται στην δημιουργία του συνολικού προφίλ QoS που χρησιμοποιείται στα μηνύματα ενεργοποίησης και αλλαγής περιεχομένου PDP.

**Basic QoS Profile Check** – Η διεργασία ελέγχου της εγκυρότητας των παραμέτρων QoS σε σχέση με την ζητούμενη τάξη υπηρεσίας.

**TFT Definition Check** – Η λειτουργία για τον έλεγχο ενός νέου TFT για επικαλυπτόμενες τιμές και για την χρήση του πεδίου Type of Service (ToS) ως φίλτρο πακέτων. Ο έλεγχος έχει σκοπό την εξάλειψη συγκρουόμενων TFTs και την χρήση του ToS. Η χρήση του φίλτρου πακέτων ToS είναι ανεπιθύμητη καθώς τα εισερχόμενα πακέτα μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές / ορισμούς για τα ToS/DSCP εκτός εάν υπάρχει ένας μηχανισμός για end-to-end QoS.



Εικόνα 6.3 Οι λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο UE κατά την διαδικασία ενεργοποίησης του περιεχομένου PDP

### 6.1.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη

**Traffic Policing στο UL** – Η διεργασία για την διασφάλιση ότι το προφίλ κίνησης των δεδομένων κατά την μετάδοση στο uplink δεν θα ξεπερνάει τα συμφωνημένα χαρακτηριστικά που θεσπίστηκαν κατά την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP.

**DSCP Marking στο UL** – Η διεργασία όπου το πεδίο Type of Service στην επικεφαλίδα IP των δεδομένων του χρήστη, σημαδεύεται με ένα κωδικό σημείο DiffServ στο uplink.

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει το ποιες από τις λειτουργίες διαχείρισης του QoS στο UE μπορούν να επηρεαστούν από τις παραμέτρους του QoS.

QoS management functions in the UE	Traffic Class	Traffic Handling Priority	Allocation Retention Priority	Maximum bit rate	Guaranteed bit rate	Load
Interworking between R97 and R99 (or later) QoS	X	X		X	X	
Basic QoS Profile Check	X	X			X	
TFT Definition Check <sup>1</sup>	X	X	X <sup>3</sup>			
Traffic Policing in UL <sup>2</sup>	X			X	X	
DSCP Marking in UL	X	X	X <sup>3</sup>			

**Πίνακας 6.1** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο UE

(X) Optionally Supported

1 TFT Definition Check should check for the use of the ToS packet filter and will therefore be dependent on the value of the DSCP.

2 Traffic Policing in UL will typically only occur in a separate MT and TE configuration.

3 The DSCP marking should be similar to that found in the Core Network and Radio Network. However, the UE is unaware of ARP. This may not be possible.

## 6.2 QoS στο SGSN

Το SGSN είναι το πρώτο σημείο επαφής για ένα UE όσον αφορά την διαπραγμάτευση για το QoS σχετικά με την εγκατάσταση μιας νέας κλήσης. Για τον λόγο αυτό το SGSN ενεργεί ως ένα σημείο ελέγχου πολιτικής (Policy Control Point) για τις διαπραγματεύσεις του QoS στο PS κομμάτι του δικτύου, καθώς διαπραγματεύεται το QoS για το περιεχόμενο PDP με βάση τα στοιχεία που έρχονται από το UE, το HLR, το GGSN και το RNC. Επιπλέον το SGSN εμπεριέχει τις λειτουργίες ώστε να χειρίζεται τους χρήστες διαφορετικά, ανάλογα με το QoS της σύνδεσης τους.

### 6.2.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου

**Subscription Control** – Η διεργασία ελέγχου της εγκυρότητας ενός προφίλ QoS που ζητήθηκε από τον χρήστη με βάση εάν αυτό είναι αποθηκευμένο στην HLR.

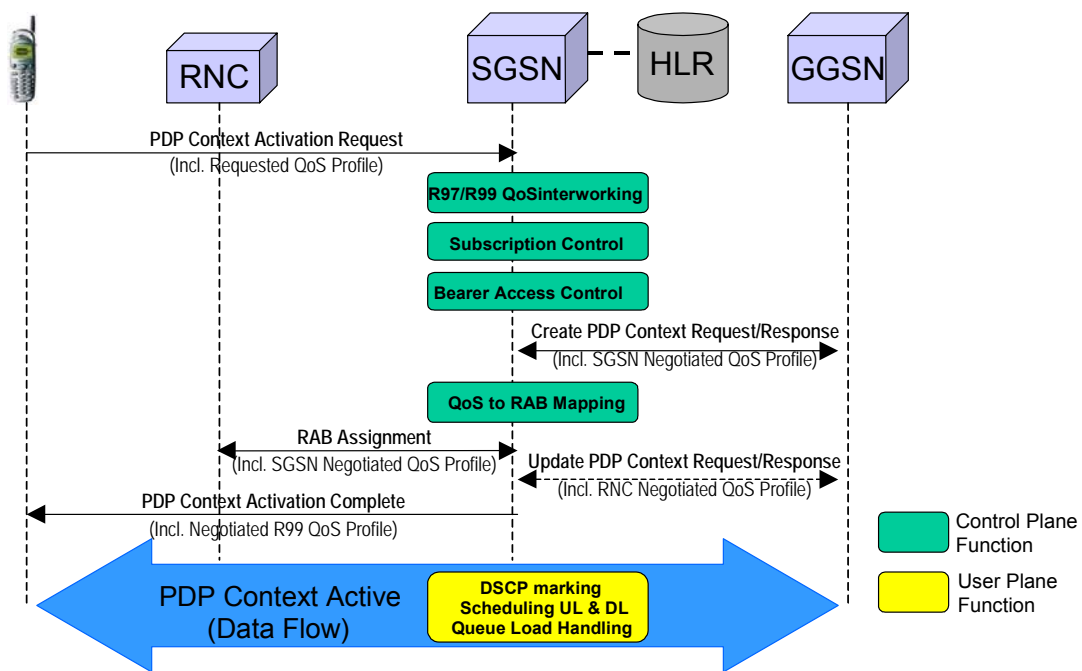
**Bearer Access Control** – Ο έλεγχος για το εάν ένας χρήστης επιτρέπεται να έχει πρόσβαση σε στους πόρους του συστήματος /κόμβου με βάση το ζητούμενο QoS και την επάρκεια των πόρων του κόμβου.

**QoS to RAB mapping** – Η διεργασία για την επιλογή των σωστών RAB σύμφωνα με τις ζητούμενες παραμέτρους QoS που καθορίστηκαν στην αρχή της σύνδεσης. Αυτή η

διεργασία περιλαμβάνει την ανάθεση των παραμέτρων QoS στους μηχανισμούς τόσο του ασύρματου δικτύου, όσο και του δικτύου κορμού.

**Inter-working between R97 and R99 (or later) QoS – Η αντιστοίχιση των παραμέτρων του R97 QoS parameters σε αυτές του R99 QoS και το αντίστροφο.**

Η επόμενη εικόνα παρουσιάζει τα σημεία όπου υπάρχουν λαμβάνουν μέρος οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS κατά την διάρκεια της ενεργοποίησης ενός περιεχομένου PDP. Το R97/R99 QoS interworking είναι μια προαιρετική λειτουργία και η χρήση της εξαρτάται από την έκδοση των γειτονικών στοιχείων του δικτύου (GGSN και HLR). Στην περίπτωση που μια R97 HLR και / ή ένα GGSN και ένα R99 SGSN πρόκειται να συνεργαστούν, αυτή η λειτουργία είναι απαραίτητη.



Εικόνα 6.4 Οι λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο SGSN κατά την διαδικασία ενεργοποίησης του περιεχομένου PDP

**6.2.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη**

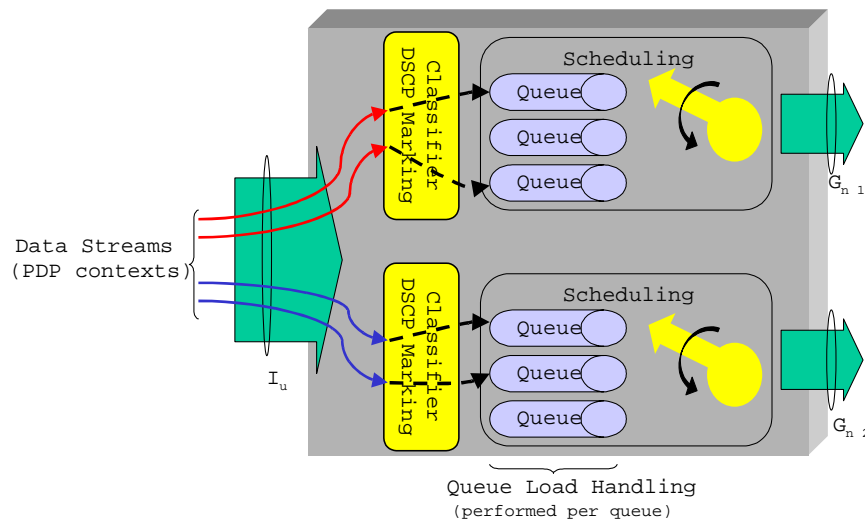
**DSCP marking** – Η λειτουργία κατηγοριοποίησης των πακέτων δεδομένων σε IP τάξεις QoS, με βάση τις παραμέτρους QoS του UMTS και το μαρκάρισμα του πεδίου Type of Service της επικεφαλίδας IP των πακέτων με ένα κωδικό σημείο DiffServ, το οποίο χρειάζεται από τον μηχανισμό μεταφοράς του στρώματος 4 (GTP). Αυτό συμβαίνει τόσο στο RNC (εάν χρησιμοποιείται μια διεπαφή βασισμένη στο IP, όπως συμβαίνει στην R5) όσο και στο GGSN και γίνεται ανά πακέτο και ανά περιεχόμενο PDP. Όλη η κίνηση με που έχει το ίδιο μαρκάρισμα DSCP συσσωρεύεται σε μια ουρά. Η κίνηση που αντιστοιχεί σε έναν τύπο IP QoS θα διαχειριστεί και θα προγραμματιστεί σε μία ουρά. Η

αντιστοίχιση θα γίνει μεταξύ των συμφωνηθέντων τάξεων UMTS και DiffServ όπως αυτές έχουν αντιστοιχιστεί στο δίκτυο κορμού (SGSN, GGSN).

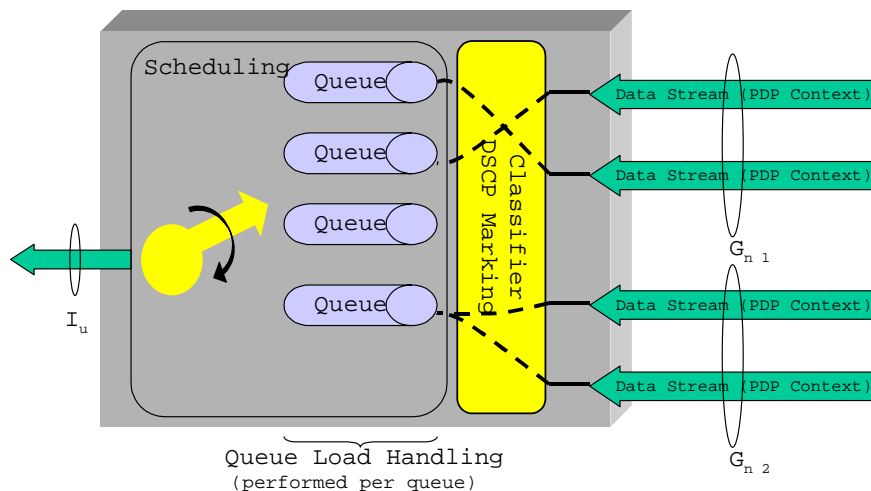
**Scheduling on UL and DL** – Η διεργασία για την αποθήκευση των πακέτων δεδομένων σε ουρές αναμονής και ο προγραμματισμός για το πότε πρέπει να γίνει η μετάδοση των πακέτων εξαιτίας της χρήσης ενός κοινού μέσου μετάδοσης. Ο προγραμματισμός για το uplink γίνεται ανά σημείο αναφοράς  $G_n$ , ενώ για το downlink για κάθε διεπαφή  $I_u$ .

**Queue Load Handling** – Η λειτουργία για την διαχείριση του μεγέθους του ενταμιευτή της ουράς αναμονής..

Η επόμενες εικόνες παρουσιάζουν πώς γίνεται ο σωστός χειρισμός του QoS στο SGSN για τα δεδομένα του χρήστη, αφού έχει δημιουργηθεί το περιεχόμενο PDP. Φαίνονται επίσης οι λειτουργίες που υπάρχουν σε διαφορετικά περιεχόμενα PDP που υπάρχουν στα ίδια σημεία αναφοράς.



**Εικόνα 6.5** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS κατά τον χειρισμό πακέτων του uplink στο SGSN



**Εικόνα 6.6** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS κατά τον χειρισμό πακέτων του downlink στο SGSN



Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει το ποιες λειτουργίες διαχείρισης του QoS στο SGSN μπορούν να επηρεαστούν από τις παραμέτρους του QoS

QoS management functions in the SGSN	Traffic Class	Traffic Handling Priority	Allocation Retention Priority	Maximum bit rate	Guaranteed bit rate	Load of node
Subscription Control	X	X		X	X	
Bearer Access Control	X		X	X <sup>1</sup>	X <sup>2</sup>	✓
QoS to RAB mapping	X	X <sup>3</sup>	X <sup>3</sup>	X	X	
Interworking between R97 and R99 (or later) QoS	X	X	X	X	X	
DSCP marking	X	X	X			
Scheduling on UL and DL	X	X				
Queue Load Handling			X			✓

Πίνακας 6.2 Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο SGSN

(X) Optionally Supported

1 Limit MBR according to supported MBR in current network/node.

2 Check the GBR of new PDP context request does not cause the sum of all GBR negotiated (for PDP contexts that require GBR) to exceed the maximum recommended throughput of the node.

3 THP and ARP are not processed by the SGSN. However, the parameters must be sent in the RAB Assignment Request.

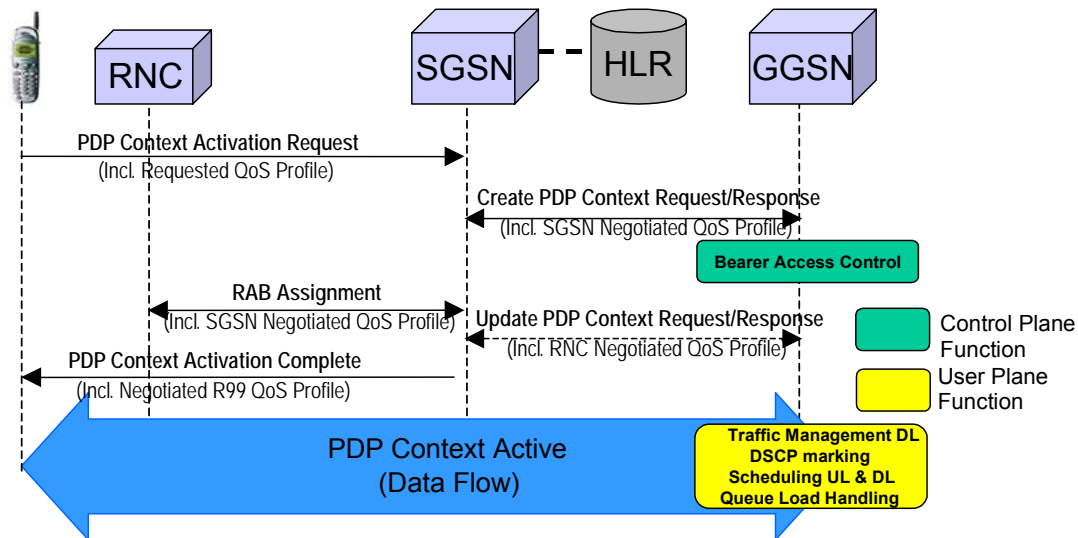
## 6.3 QoS στο GGSN

Το GGSN είναι ουσιαστικά η διεπαφή με τα εξωτερικά δίκτυα. Για τον λόγο αυτό το GGSN πρέπει να εφαρμόζει έλεγχο πολιτικής για τις εισερχόμενες ροές δεδομένων για τον κάθε χρήστη, με βάση το QoS που έχει καθοριστεί κατά την εγκατάσταση της κλήσης. Επιπλέον το GGSN έχει λειτουργίες για τον διαφορετικό χειρισμό των χρηστών, ανάλογα με το QoS που αυτοί έχουν.

### 6.3.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου

**Bearer Access Control** – Ο έλεγχος για το εάν ένας χρήστης επιτρέπεται να έχει πρόσβαση σε στους πόρους του συστήματος /κόμβου με βάση το ζητούμενο QoS και την επάρκεια των πόρων του κόμβου. Ο έλεγχος αυτός γίνεται κατά την διεργασία δημιουργίας ενός περιεχομένου PDP με βάση το διαπραγματευμένο με το SGSN προφίλ. Εάν μια νέα αίτηση περάσει τον έλεγχο αυτό στο GGSN, τότε επιτρέπεται να αποδοθεί στην σύνδεση αυτή ένα RAB. Το SGSN μπορεί να αποστείλει μια αίτηση για αναπροσαρμογή του περιεχομένου PDP εάν το RNC αποφασίσει να μειώσει το διαπραγματευμένο QoS κατά την διάρκεια της διεργασίας απόδοσης RAB. Παρ' όλ' αυτά, αφού η αρχική αίτηση έχει περάσει το Bearer Access Control στο GGSN, η αίτηση για αναπροσαρμογή του περιεχομένου PDP θα περιέχει πάντοτε ένα

«χαμηλότερο» προφίλ QoS από αυτό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά στο Bearer Access Control και έτσι δεν είναι αναγκαίο να γίνει ξανά αυτός ο έλεγχος.



Εικόνα 6.7 Οι λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο GGSN κατά την διαδικασία ενεργοποίησης του περιεχομένου PDP

### 6.3.2 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη

**Traffic Management στο DL** – Η διεργασία για την διασφάλιση ότι το προφίλ κίνησης των εισερχόμενων δεδομένων δεν θα ξεπερνάει τα συμφωνημένα χαρακτηριστικά που θεσπίστηκαν κατά την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP.

**Policing** – Η διεργασία όπου γίνεται έλεγχος εάν τα εισερχόμενα πακέτα είναι μέσα στα πλαίσια του διαπραγματευμένου προφίλ.

**Detection** – Η διεργασία για τον έλεγχο της κίνησης με την χρήση ορισμένης περιόδου δειγματοληψίας.

**Decision** – Η διεργασία για την απόφαση του χειρισμού των πακέτων τα οποία έχουν βρεθεί ότι παραβιάζουν τα όρια του προφίλ κίνησης που έχει δημιουργηθεί.

**Mark for Discard** – Η διεργασία μαρκαρίσματος πακέτων που υπερβαίνουν τα όρια κίνησης ώστε να απορριφθούν από τους επόμενους κόμβους. Εάν όμως οι πόροι του δικτύου το επιτρέπουν, η μετάδοση γίνεται κανονικά.

**Discard** – Η διεργασία για την απόρριψη πακέτων όταν η κίνηση υπερβαίνει το συμφωνηθέν μέγεθος.

**Reschedule (Shaping)** – Η διεργασία καθυστέρησης ή διαμόρφωσης της επικείμενης μετάδοσης πακέτων έως ότου η μετάδοση αυτή μπορεί να γίνει χωρίς να συμβεί υπέρβαση της μέγιστης επιτρεπόμενης κίνησης.

**Notification** – Η διεργασία ειδοποίησης της πηγής εκπομπής ότι έγινε υπέρβαση της επιτρεπόμενης κίνησης. Οι πηγές που λειτουργούν ορθά, με το που λαμβάνουν αυτή την ειδοποίηση ενεργούν κατάλληλα ώστε να επιτευχθεί η αποσυμφόρηση.

**DSCP marking, mapping and checking στο UL και στο DL** – Η διεργασία ταξινόμησης των πακέτων δεδομένων σε IP QoS τάξεις σύμφωνα με τις παραμέτρους QoS του UMTS. Αυτό συμβαίνει για κάθε πακέτο και για κάθε περιεχόμενο PDP.

**Στο downlink:** περιέχεται επίσης η διεργασία μαρκαρίσματος του πεδίου Type of Service της επικεφαλίδας IP με ένα κωδικό σημείο DiffServ, ανάλογα με το QoS που έχει διαπραγματευθεί.

**Στο uplink:** Η ταξινόμηση των δεδομένων του χρήστη από το UMTS QoS στο IP QoS θα διαφέρει ανάλογα με το για ποιο σημείο αναφοράς Gi είναι προορισμένα τα δεδομένα. Επίσης υπάρχει μια διεργασία μαρκαρίσματος του πεδίου Type of Service της επικεφαλίδας IP που σχετίζεται με τα δεδομένα του χρήστη, με ένα κωδικό σημείο DiffServ με βάση το QoS και το ποια εξωτερική ή Gi διεπαφή θα χρησιμοποιηθεί. Εάν το μαρκάρισμα DSCP έγινε από το UE, τότε το GGSN πρέπει να ελέγχει την ορθότητα του μαρκαρίσματος αυτού και εάν είναι ανάγκη να την επιδιορθώσει.

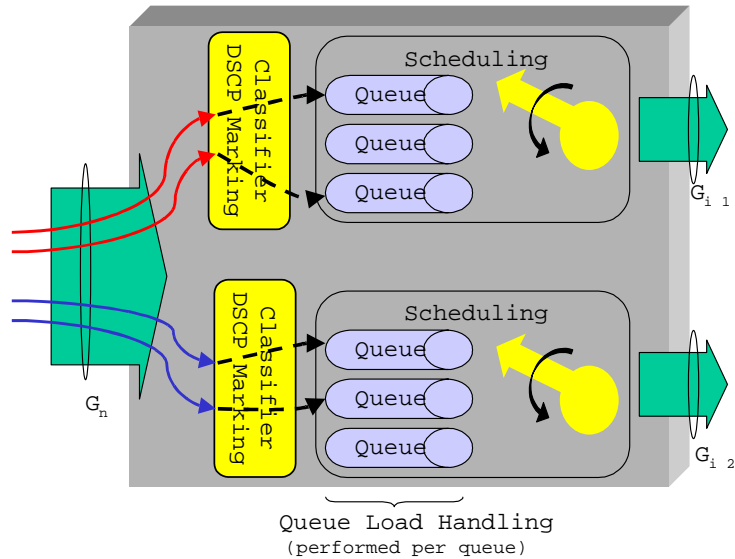
Όλη η κίνηση με που έχει το ίδιο μαρκάρισμα DSCP συσσωρεύεται σε μια ουρά. Η κίνηση που αντιστοιχεί σε έναν τύπο IP QoS θα διαχειριστεί και θα προγραμματιστεί σε μία ουρά. Η αντιστοίχιση θα γίνει μεταξύ των συμφωνηθέντων τάξεων UMTS και DiffServ όπως αυτές έχουν αντιστοιχιστεί στο δίκτυο κορμού (SGSN, GGSN).

**Scheduling στο UL και στο DL** – Η διεργασία για την αποθήκευση των πακέτων δεδομένων σε ουρές αναμονής και ο προγραμματισμός για το πότε πρέπει να γίνει η μετάδοση των πακέτων εξαιτίας της χρήσης ενός κοινού μέσου μετάδοσης. Ο προγραμματισμός για το uplink γίνεται ανά σημείο αναφοράς Gn, ενώ για το downlink για κάθε σημείο αναφοράς Gi.

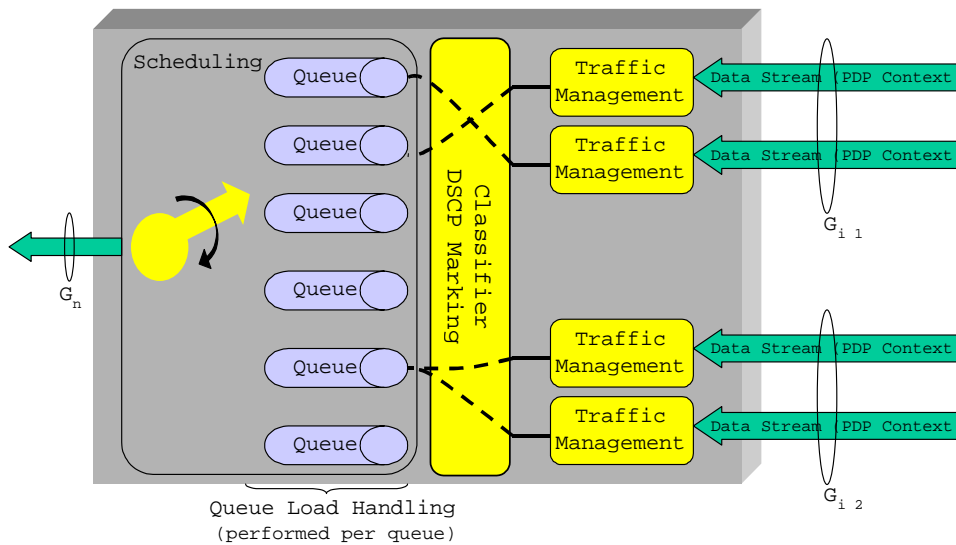
**Queue Load Handling** – Η διεργασία για την διαχείριση του μεγέθους του ενταμιευτή της ουράς αναμονής

**Traffic Shaping στο UL και στο DL** – Αυτή η διεργασία είναι ανεξάρτητη από το Traffic Management στο DL και μπορεί να λάβει χώρα ανά πάσα στιγμή κατά την διάρκεια μιας μεταφοράς δεδομένων. Περιέχει ένα μέρος της ενταμίευσης και αναφέρεται μόνο σε τάξεις μεταφοράς δεδομένων μη πραγματικού χρόνου (interactive και background). Το Traffic Shaping είναι ο επαναπρογραμματισμός των πακέτων με ώστε να εξομαλυνθεί η κίνηση, να μειωθεί η κίνηση και έτσι να γίνει η συμπεριφορά της κίνησης περισσότερο προβλέψιμη. Αυτό επιτρέπει στο δίκτυο να λειτουργεί πιο ομαλά. Η διεργασία αυτή δεν έχει ως αποτέλεσμα την απόρριψη πακέτων και μπορεί να εκτελείται για κάθε περιεχόμενο PDP ή για κάθε ουρά αναμονής που περιέχει κίνηση μη πραγματικού χρόνου.

Οι δύο επόμενες εικόνες δείχνουν πώς γίνεται ο ορθός χειρισμός του QoS των δεδομένων του χρηστή στο GGSN, ύστερα από την δημιουργία κάποιου περιεχομένου PDP.



Εικόνα 6.8 Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS κατά τον χειρισμό πακέτων του uplink στο GGSN



Εικόνα 6.9 Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS κατά τον χειρισμό πακέτων του downlink στο GGSN

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει το ποιες λειτουργίες διαχείρισης του QoS στο GGSN μπορούν να επηρεαστούν από τις παραμέτρους του QoS

QoS management functions in the GGSN	Traffic Class	Traffic Handling Priority	Allocation Retention Priority	Maximum bit rate	Guaranteed bit rate	Load of node
Bearer Access Control	X		X <sup>1</sup>		X <sup>2</sup>	✓
Traffic management on DL	-	-	-	-	-	-
Policing	-	-	-	-	-	-
Detection	X			X	X	
Decision	X		X	X	X	
Mark for Discard <sup>3</sup>	X		X		X	
Discard <sup>3</sup>	X		X	X	X	
Reschedule <sup>3,4</sup>	X			X		
Notification				X	X	
DSCP marking, mapping and checking on UL and DL <sup>5</sup>	X	X	X			
Scheduling on UL and DL	X	X				
Queue Load Handling			X			✓
Traffic Shaping	X			X <sup>6</sup>	X <sup>6</sup>	

Πίνακας 6.3 Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο GGSN

(X) Optionally Supported

1 Bearer Access Control based on ARP is not mandated in standards, but the use of this would allow the prioritisation of users when the node becomes congested, i.e. instead of hard limit, have soft limit.

2 Check the GBR of new PDP context request does not cause the sum of all GBR negotiated (for PDP contexts that require GBR) to exceed the maximum recommended throughput of the node.

3 X denotes the UMTS QoS parameters, which would influence a decision to the particular handling function

4 Rescheduling cannot occur in situations where Maximum Bit Rate = Guaranteed Bit Rate i.e. some Conversational or Streaming class traffic.

5 DSCP marking/mapping in downlink in GGSN must be consistent with that defined in the SGSN (in both uplink and downlink directions).

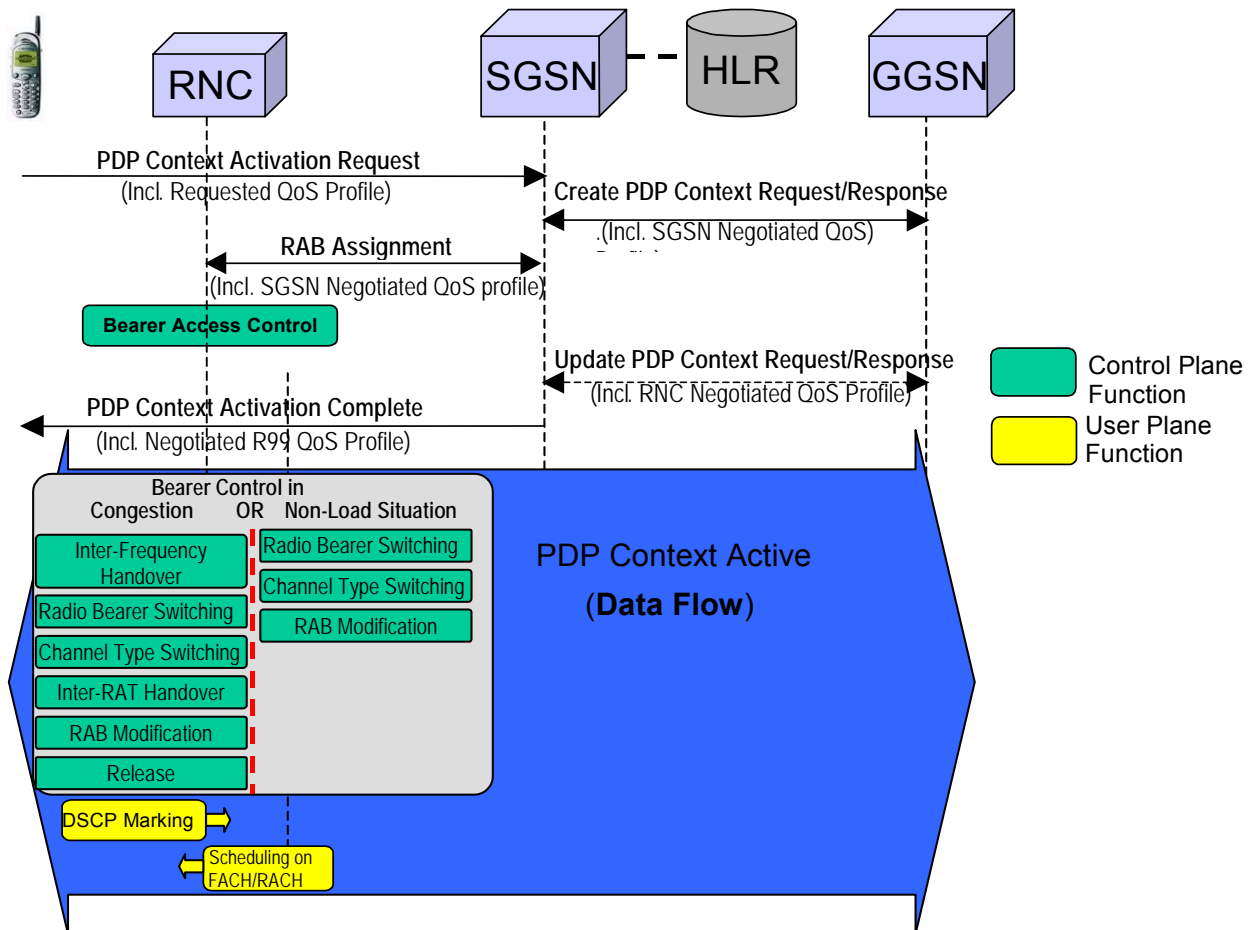
6 MBR and GBR of a particular PDP context may be used if shaping is performed per PDP context. Otherwise MBR and GBR as defined by the requirements of a particular link (internal or external) may be used for shaping on queues carrying NRT traffic over that link. If link is external MBR/GBR will be defined by SLA.

## 6.4 QoS στο RNC

Το RNC είναι ένα σημαντικό στοιχείο του δικτύου το οποίο λαμβάνει μέρος στην διαπραγμάτευση του QoS κατά την δημιουργία μιας σύνδεσης. Επιπλέον RNC υποστηρίζει λειτουργίες οι οποίες παρέχουν επαρκή έλεγχο των ασύρματων πόρων σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης ή ελλιπής κάλυψης ή ακόμα και στην περίπτωση αλλαγής της συμπεριφοράς του χρήστη. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις το RNC λαμβάνει υπ' όψιν ορισμένες παραμέτρους QoS ώστε να επιτύχει την ορθή διαφοροποίηση των χρηστών και της κίνησης.

Οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS στο RNC είναι ομαδοποιημένες στις ακόλουθες περιοχές:

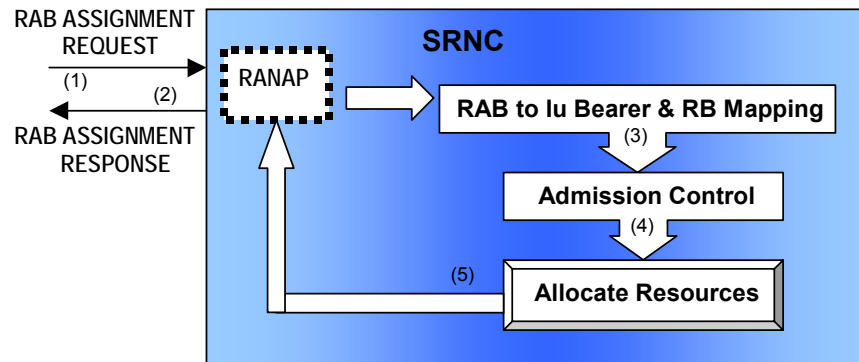
- Bearer Access Control (Control Plane) το οποίο περιέχει τις διεργασίες που σχετίζονται με τον έλεγχο εισόδου και τις αντιστοιχίσεις μεταξύ RAB και RB.
- Bearer Control During Transfer Phase (Control Plane) το οποίο περιέχει:
  - ο Bearer Control σε περιπτώσεις συμφόρησης (congestion)
  - ο Bearer Control σε περιπτώσεις χαμηλού φόρτου
- Scheduling και Marking (User Plane) το οποίο περιέχει προγραμματισμό για τα κοινά κανάλια (common shared channels) καθώς και μαρκάρισμα DSCP



Εικόνα 6.10 Οι λειτουργίες Διαχείρισης QoS στο RNC

## 6.4.1 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Ελέγχου

### 6.4.1.1 Έλεγχος Πρόσβασης Διαύλου (Bearer Access Control)



Εικόνα 6.11 Απλουστευμένη όψη της διεργασίας απόδοσης RAB (υποθέτουμε ότι δεν υπάρχει Iur)

#### A) Αντιστοίχιση RAB σε RB (Control Plane)

Κατά την δημιουργία ενός RAB εγκαθίσταται ένα RAB μεταξύ του CN και του UE (μέσω του RANAP) σύμφωνα με την ζητούμενη υπηρεσία. Οι παράμετροι για τον συγκεκριμένο διαύλο UMTS αντιστοιχίζονται σε παραμέτρους QoS κατάλληλους για την συγκεκριμένη συμπεριφορά του RAB.

Η δημιουργία ενός RAB γίνεται σε δύο μέρη, το πρώτο είναι η εγκατάσταση του διαύλου Iu και το δεύτερο η εγκατάσταση του Radio Bearer. Για τις ενέργειες αυτές το SRNC καθορίζει τα χαρακτηριστικά της νέας σύνδεσης και είναι επίσης σε θέση να ελέγξει τις δυνατότητες του UE. Σε μερικές περιπτώσεις το SRNC ίσως χρειαστεί να διαλέξει από μια ποικιλία διαφόρων Radio Bearers ώστε να ικανοποιήσει όσο το δυνατόν καλύτερα τις απαιτήσεις της νέας σύνδεσης.

Η αντιστοίχιση μεταξύ του RAB και του Radio Bearer πρέπει να λάβει υπ' όψιν της την ζητούμενη τάξη κίνησης, το MBR και το GBR καθώς αποφασίζεται ποιος Radio Bearer θα χρησιμοποιηθεί πρώτα και στην συνέχεια θα αποσταλεί στο UE μια αίτηση για χρήση αυτού του διαύλου. Έτσι πετυχαίνεται μια πιο ορθολογική χρήση των ασύρματων πόρων του συστήματος, αφού για παράδειγμα έτσι δεν γίνεται χρήση ενός RB 384kbps για μια υπηρεσία Interactive όταν αυτή έχει ζητήσει MBR ίσο με 64kbps. Τα ίδια προφανώς ισχύουν και για το GBR όσον αφορά τις κατώτατες τιμές.

Η παράμετρος ARP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή των διαύλων με βάση το προφίλ των χρηστών. Έτσι αποφεύγεται η χρήση διαύλων υψηλής ταχύτητας από χρήστες «χαμηλού» προφίλ, ακόμα και εάν αυτοί ζητούν υψηλές τιμές MBR και GBR.

## **B) Έλεγχος Εισόδου (Admission Control)**

Αφού το SRNC αποφασίσει για τους Radio Bearers για την εγκατάσταση του ζητούμενου RAB, λαμβάνει χώρα το Admission Control. Ο έλεγχος αυτός γίνεται στο CRNC σύμφωνα με τον παρόν φόρτο στην κυψέλη, την ζητούμενη υπηρεσία και το προφίλ του χρήστη. Ο σκοπός του είναι να ελέγχει τις νέες αιτήσεις για εγκατάσταση, αλλαγή ή πρόσθεση κλήσεων, ώστε να αποφεύγονται καταστάσεις μεγάλου φόρτου στις κυψέλες. Τα κριτήρια του Ελέγχου Εισόδου μπορεί να είναι απλά (για παράδειγμα να είναι σχετικά με την μέγιστη ισχύ της κυψέλης) αλλά μπορεί να είναι και μεγάλης πολυπλοκότητας και βασίζονται σε πολλούς παράγοντες όπως η ισχύς, η αύξηση του θορύβου, ο χρησιμοποιημένος κώδικας, κτλ. Οι πολιτικές του ελέγχου μπορούν να διαφοροποιούν τις διάφορες τάξεις κίνησης και να επιτρέπουν την δέσμευση ορισμένων αποκλειστικών πόρων.

Ο αλγόριθμος για τον έλεγχο εισόδου στο CRNC λαμβάνει υπ' όψιν το MBR καθώς υπολογίζει του επιπλέον πόρους που θα απαιτηθούν. Διαφορετικά όρια μπορούν να διαφοροποιήσουν τους χρήστες στους οποίους προσφέρεται μια εγγύηση από αυτούς στους οποίους δεν προσφέρεται καμία εγγύηση.

Τα όρια αυτά μπορούν να διαφοροποιούν τους χρήστες και σύμφωνα με το ARP. Η διαφοροποίηση με βάση μόνο την τάξη κίνησης προϋποθέτει ότι όλοι οι χρήστες που ανήκουν στην ίδια τάξη αντιμετωπίζουν τα ίδια όρια εισόδου. Η χρήση του ARP δίνει όμως στο δίκτυο την δυνατότητα να ορίζει διαφορετικά κατώφλια εισόδου, όχι μόνο με βάση την τάξη κίνησης αλλά και σε σχέση με το ARP.

Εάν μια αίτηση για ένα νέο Radio Bearer αποτύχει να περάσει τον έλεγχο αυτό, τότε το SRNC μπορεί να προβεί στις ακόλουθες πράξεις:

- Άρνηση εισόδου στην νέα αίτηση
- Δρομολόγηση της νέας αίτησης σε άλλη κυψέλη ή σε άλλο σύστημα
- Επίτρεψη εισόδου στην νέα αίτηση στην οποία όμως θα γίνουν περαιτέρω ενέργειες όπως είναι το pre-emption, queuing και το downgrading.

## **C) Pre Emption**

Εάν μια αίτηση αποτύχει να περάσει το admission control, τότε το SRNC πρέπει να κάνει χρήση του Pre-emption ώστε να επιτρέψει στους χρήστες με υψηλή προτεραιότητα (ARP) να δημιουργήσουν συνδέσεις ενώ ταυτόχρονα οι χρήστες με χαμηλή προτεραιότητα θα απορρίπτονται. Το Pre-emption θεωρείται ως μια δραστική πράξη η οποία οδηγεί στην απώλεια συνδέσεων χρηστών που είναι ίση συνδεδεμένοι. Με την χρήση του ARP στο admission control, όταν οι χρήστες με υψηλή προτεραιότητα προσπαθούν συνδεθούν στο δίκτυο σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης, τότε αναλαμβάνει ο έλεγχος συμφόρησης για τον χειρισμό των χρηστών. Όμως υπάρχουν και περιπτώσεις όπου είναι απολύτως αναγκαίο να προωθηθούν μερικές κλήσεις (όπως είναι οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης) και τότε χρησιμοποιείται το pre-emption.

Υπάρχουν δύο υπό-παράμετροι pre-emption που ανήκουν στο Allocation Retention Priority. Το 'Pre-emption Capability' το οποίο υποδεικνύει εάν επιτρέπεται η όχι να γίνει χρήση του pre-emption σε ένα RAB. Επίσης υπάρχει και το «Pre-emption



Vulnerability», το οποίο υποδεικνύει εάν μπορεί το pre-emption να εφαρμοστεί σε ένα RAB από άλλα RABs ή όχι.

#### **D) Queuing**

Με τον τρόπο αυτό, το SRNC τοποθετεί τα ζητούμενα RAB σε ουρές αναμονής. Έτσι οι χρήστες, ανάλογα με το επίπεδο ARP τους παραμένουν στην ουρά μέχρι να μειωθεί ο συνολικός φόρτος στο δίκτυο.

#### **E) Directed Retry to GSM (voice)**

Εάν μια αίτηση για έναν νέο Radio Bearer για υπηρεσία φωνής αποτύχει να περάσει τον έλεγχο εισόδου, τότε το SRNC μπορεί να χρησιμοποιήσει την επιλογή Directed Retry to GSM (voice), ώστε η κλήση αυτή να δρομολογηθεί απευθείας στο δίκτυο GSM.

Το πεδίο Source Statistics Descriptor (SSD) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει διάκριση των φωνητικών υπηρεσιών από τις υπόλοιπες. Το SSD ανήκει στις παραμέτρους ενός RAB, συμπεριλαμβάνεται στην αίτηση RAB ASSIGNMENT REQUEST και έχει την τιμή 'speech' στην περίπτωση που γίνεται μεταφορά συμπιεσμένης φωνής.

Βέβαια, αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα δίκτυα για να μεταφέρουν τις φωνητικές κλήσεις στο δίκτυο GSM ακόμα και ένα δεν έχουμε μεγάλο φόρτο δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση επεμβαίνει το Service Handover IE για να καθορίσει εάν το RAB:

- Είναι υποχρεωμένο να μεταβεί στο GSM, δηλαδή το RAB μπορεί να μεταβεί το GSM αμέσως, προσπερνώντας τον έλεγχο που γίνεται στο UTRAN
- Δεν είναι υποχρεωμένο να μεταβεί στο GSM, δηλαδή το RAB θα πρέπει να παραμείνει στο UMTS όσο το δυνατόν περισσότερο
- Δεν επιτρέπεται να μεταβεί στο GSM, δηλαδή το RAB δεν μεταβιβάζεται ποτέ στο GSM.

Η τιμή του Service Handover IE είναι παραμένει σε ισχύ καθ' όλη την διάρκεια ζωής ενός RAB ή έως ότου ένα RAB υποστεί κάποια αλλαγή.

#### **F) Directed Retry to other frequency layers**

Σε ένα περιβάλλον πολλών φερόντων, το UE θα πρέπει να είναι ικανό να ανιχνεύσει και να χρησιμοποιήσει το λιγότερο φορτωμένο φέρον, το οποίο γίνεται με την ανάγνωση των μετρήσεων RSSI του UTRA φέροντος.

Παρ' όλ' αυτά, το δίκτυο μπορεί να έχει αποφασίσει να δρομολογεί ένα συγκεκριμένο τύπο υπηρεσίας, όπως για παράδειγμα υπηρεσίες broadcast ή multicast σε ένα αποκλειστικό φέρον. Όμως τα στάνταρτ που υπάρχουν μέχρι σήμερα δεν επιτρέπουν μια τέτοια δυνατότητα, καθώς το Service Handover IE έχει μόνο σχέση με την μετάβαση από το UTRAN στο GSM.

Η χρήση καθορισμένων φερόντων για κάθε QoS, δηλαδή η εκχώρηση φερόντων με βάση τις παραμέτρους του QoS, δεν αποτελεί την πιο ενδεδειγμένη επιλογή, καθώς έχουμε σπατάλη πόρων σε περιπτώσεις που η ζήτηση μιας συγκεκριμένης τάξης QoS είναι χαμηλότερη από την χωρητικότητα του φέροντος.

QoS Management functions in the RNC	QoS Attributes *						Non-QoS Related Triggers	
	Traffic Class	THP	ARP	MB R	GBR	SSD	Load	Service
<b>Bearer Access Control</b>								
<b>RAB to RB mapping</b>	X		(X)	X	X		✓	
<b>Admission Control</b>	X		(X)	X	X		✓	
<b>Pre-emption</b>	X		X				✓	
<b>Queueing</b>	X		X				✓	
<b>Directed retry to GSM</b>	X					X	✓	✓
<b>Directed retry to other frequency layers</b>	-	-	-	-	-	-	✓	✓

**Πίνακας 6.4.** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο RNC σε σχέση με τον Έλεγχο Πρόσβασης Διαύλου

(X) Optionally Supported \* Transfer Delay is not considered within the RNC

## 6.4.2 Έλεγχος Διαύλου κατά την Φάση Μετάδοσης (Bearer Control during Transfer Phase)

### 6.4.2.1 Έλεγχος Διαύλου σε Καταστάσεις Συμφόρησης (Bearer Control in Load Situations (Congestion Control))

Ο έλεγχος συμφόρησης γίνεται στο CRNC για κάθε επίπεδο κυψέλης. Ενεργοποιείται αυτόματα όταν ο φόρτος σε μια κυψέλη υπερβαίνει ένα καθορισμένο όριο και τότε γίνονται διάφορες πράξεις ώστε να αποσυμφοριστεί το σύστημα.

- Εάν γίνεται μια πράξη από έναν συγκεκριμένο χρήστη (π.χ. η αλλαγή τύπου καναλιού), τότε ο αλγόριθμος ελέγχου συμφόρησης ελέγχει αμέσως εάν παραμένει η συμφόρηση πριν συνεχίσει να ενεργεί στους άλλους χρήστες.
- Η σειρά με την οποία γίνονται οι διάφορες πράξεις που αναφέρονται παρακάτω επιλέγεται από το δίκτυο.

#### A) Inter-frequency Handover

Γίνεται μεταβίβαση των ενεργών χρηστών σε μια άλλη κυψέλη. Στην περίπτωση αυτή ο φόρτος της νέας αυτής κυψέλης πρέπει να ελεγχθεί πρώτου γίνει η μεταβίβαση αυτή.

Για παράδειγμα η μεταβίβαση χρηστών που χρησιμοποιούν εφαρμογές Best Effort σε άλλες κυψέλες, θα ήταν επωφελής για το δίκτυο ώστε οι χρήστες στους οποίους έχει εγγραφεί μια σταθερή ποιότητα, να μην αντιμετωπίσουν κάποια διακοπή της υπηρεσίας

που απολαμβάνουν. Στην περίπτωση αυτή θα χρησιμοποιηθεί η τάξη κίνησης (με την Best Effort σημειωμένη ως «πρώτη» και την εγγυημένη ως «δεύτερη» ή «μη επιτρεπόμενη») και το ARP ώστε να γίνει διαφοροποίηση των χρηστών σύμφωνα με το εγγεγραμμένο προφίλ τους.

## **B) Radio Bearer Switching**

Αναφέρεται στην υποβάθμιση των Radio Bearers σε ένα χαμηλότερο ρυθμό με χρήση της διεργασίας Radio Bearer Reconfiguration χωρίς όμως να χάνεται η σύνδεση στο αποκλειστικό κανάλι (CELL\_DCH). Η τάξη της κίνησης λαμβάνεται υπ' όψιν ώστε να διαπιστωθεί ποίος τύπος Radio Bearer θα διαμορφωθεί πρώτος. Το ARP χρησιμοποιείται μαζί με το MBR για την διαφοροποίηση των διαύλων της ίδιας τάξης. Το MBR είναι προαιρετικό, καθώς είναι πιο σωστό να γίνεται υποβάθμιση των χρηστών μια τάξης κίνησης με βάση το ARP τους, το Spreading Factor και την χρησιμοποιούμενη ισχύ στο DL.

## **C) Channel Type Switching**

Αναφέρεται στην υποβάθμιση των Radio Bearer από τα αποκλειστικά κανάλια (CELL\_DCH state) σε κοινά κανάλια (CELL\_FACH state). Αυτό συμβαίνει μόνο στους χρήστες υπηρεσιών Best Effort (interactive/background) καθώς χρησιμοποιείται η τάξη κίνησης. Το ARP χρησιμοποιείται μαζί με το MBR για την διαφοροποίηση των διαύλων Best Effort ώστε να ευρεθεί ποιος θα υποβαθμιστεί πρώτος. Όπως όμως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα ήταν πιο ορθό να γίνεται η υποβάθμιση των χρηστών με βάση το ARP τους, το Spreading Factor και την χρησιμοποιούμενη ισχύ στο DL.

Επίσης θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός που θα ελέγχει το πλήθος των διαύλων που υποβαθμίζονται στο κανάλι FACH, ελέγχοντας τον ρυθμό δεδομένων στο FACH σε σχέση με την μέγιστη χωρητικότητα του καναλιού.

## **D) Inter-RAT Handover**

Η μεταβίβαση των ενεργών χρηστών σε ένα άλλο σύστημα, π.χ. σε ένα σύστημα GSM/GPRS. Στην περίπτωση αυτή οι σημαντικές παράμετροι του QoS είναι και πάλι η τάξη κίνησης και το GBR. Σύμφωνα με τον καθορισμό των παραμέτρων, ορισμένες τάξεις κίνησης πρέπει να εξαιρεθούν από αυτή την μεταβίβαση καθώς αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την σαφή αδυναμία παροχής της προσφερόμενης υπηρεσίας. Το πεδίο Source Statistics Descriptor (SSD) χρησιμοποιείται και πάλι για τον διαχωρισμό των τηλεφωνικών κλήσεων από τις άλλες υπηρεσίες.

Ο διαχωρισμός προτεραιότητας με βάση το ARP και το MBR είναι επίσης χρήσιμος καθώς προσφέρει στο δίκτυο την δυνατότητα να επιλέξει που χρήστες και με ποια σειρά 8<sup>α</sup> μεταβιβαστούν στο GSM/GPRS.

## E) RAB Modification

Μια ακόμα ενέργεια που μπορεί να γίνει ώστε να επιτευχθεί η αποσυμφόρηση είναι το RAB Modification. Όπως υποδεικνύει το όνομα, η ενέργεια αυτή επιτρέπει την μετατροπή ορισμένων παραμέτρων QoS, οι οποίες καθορίστηκαν κατά την εκχώρηση ενός RAB και έτσι ως αποτέλεσμα έχουμε μείωση του φόρτου της κυψέλης. Όλες οι παράμετροι του QoS μπορούν να αλλαχθούν.

Η ενέργεια αυτή πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως το τελευταίο μέτρο για την αποσυμφόρηση, πριν την έναρξη τερματισμού συνδέσεων. Για παράδειγμα, το RAB Modification μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αλλαχθεί η τάξη κίνησης από streaming σε interactive ή μπορεί να επαναδιαπραγματευτεί το MBR. Τέτοιες πράξεις έχουν όμως, παρ' όλο που μειώνουν τον φόρτο σε μια κυψέλη, έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην παρεχόμενη ποιότητα της υπηρεσίας, καθώς αλλάζουν δραματικά τα χαρακτηριστικά της. Το δίκτυο είναι σε θέση να επιλέξει εάν τέτοιες ενέργειες θα γίνονται μόνο για μερικούς χρήστες (π.χ. μόνο για αυτούς που έχουν ένα χαμηλό ARP) ή για όλους τους χρήστες αλλά ακολουθώντας μια συγκεκριμένα σειρά (π.χ. πρώτα τα ARP3, μετά το ARP2, κτλ)

## F) Release

Αποτελεί την τελευταία επιλογή σε περιπτώσεις συμφόρησης, η οποία είναι ο τερματισμός των ενεργών συνδέσεων. Ο τερματισμός αυτός πρέπει να γίνεται ανάλογα με την προτεραιότητα του χρήστη και ανάλογα με το σε ποια τάξη ανήκει η εφαρμογή του χρήστη και το τι ARP έχει αυτός.

QoS Management functions in the RNC	QoS Attributes *						Non-QoS Related Triggers
	Traffic Class	THP	ARP	MBR	GBR	SSD	Load
<b>Bearer Control in load situations (congestion control)</b>							
<b>Inter-frequency Handover</b>	X		X				✓
<b>Radio bearer switching (in dedicated channel)</b>	X		X	(X)	X		✓
<b>Channel type switching (between Common Channel and Dedicated Channel)</b>	X		X	(X)			✓
<b>Inter-RAT Handover</b>	X		X	(X)	X	X	✓
<b>RAB Modification</b>	X	X	X	X	X	X	✓
<b>Release</b>	X		X	X	X		✓

**Πίνακας 6.5** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο RNC σε σχέση με τον Έλεγχο Διαύλου κατά την φάση μετάδοσης σε περιπτώσεις συμφόρησης

(X) Optionally Supported \* Transfer Delay is not considered within the RNC

### 6.4.2.2 Έλεγχος Διαύλου σε Καταστάσεις Μη Υψηλού Φόρτου (Bearer Control in Non-Load Situations)

#### A) Radio Bearer Switching based on Coverage or Throughput

Η αλλαγή ενός Radio Bearer switching (υποβάθμιση ή αναβάθμιση) μπορεί να λάβει χώρα όχι μόνο εξαιτίας του φόρτου αλλά και εξαιτίας αλλαγής των ασύρματων συνθηκών (π.χ. κάλυψη) ή διέλευσης (αλλαγή στην συμπεριφορά του χρήστη). Ισχύουν τα ίδια όπως στην αλλαγή Radio Bearer όταν υπάρχει συμφόρηση. Όταν ένας Radio Bearer αναβαθμίζεται εξαιτίας της κάλυψης ή της διέλευσης, ο καινούργιος ρυθμός μετάδοσης δεν θα πρέπει να είναι υψηλότερος από τον αρχικό που ζητήθηκε με τις παραμέτρους MBR και GBR κατά την διάρκεια της αίτησης ανάθεσης RAB. Το δίκτυο μπορεί επίσης να διασφαλίσει ότι ορισμένες τάξεις όπως είναι η τάξη Streaming και η Conversational, δεν θα πέφτουν σε χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης εξαιτίας της διακύμανσης στην διέλευση.

#### B) Channel Type Switching based on Throughput

Η υποβάθμιση ή αναβάθμιση ενεργών Radio Bearers από αποκλειστικά κανάλια (CELL\_DCH state) σε κοινά κανάλια (CELL\_FACH state) βασίζεται στην διέλευση. Εξ' ορισμού, μόνο η τάξη κίνησης μας ενδιαφέρει, καθώς η διεργασία αυτή έχει εφαρμογή μόνο σε υπηρεσίες Best Effort.

#### C) RAB Modification

Το σκεπτικό της τροποποίησης του RAB (από το RNC) μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις μικρής κάλυψης. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και από το δίκτυο κορμού ως αποτέλεσμα αλλαγής του περιεχομένου PDP.

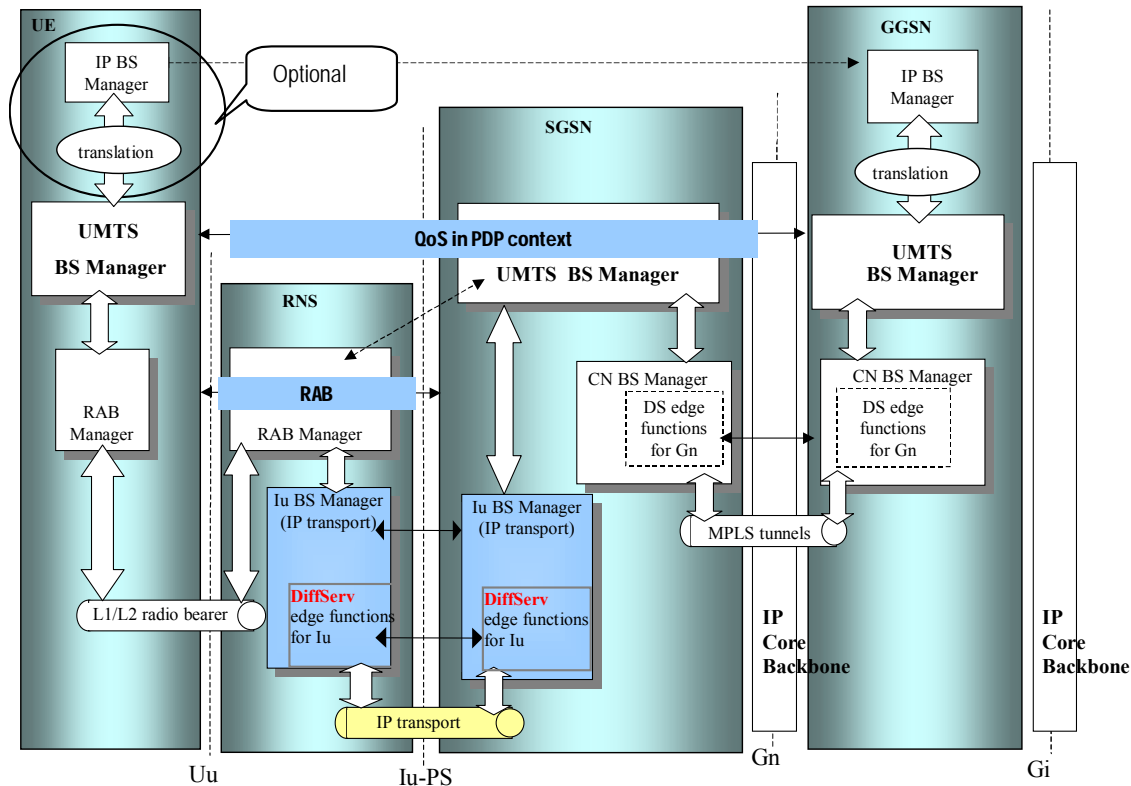
QoS Management functions in the RNC	QoS Attributes *						Non-QoS Related Triggers	
	Traffic Class	THP	ARP	MBR	GBR	SSD	Coverage	Throughput
<b>Bearer Control in non-load situations</b>								
Radio Bearer switching based on coverage/ throughput	X			X	X		✓	✓
Channel type switching based on throughput (between Common and Dedicated Channel)	X							✓
RAB Modification	X	X	X	X	X	X	✓	

Πίνακας 6.6 Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο RNC σε σχέση με τον Έλεγχο Διαύλου κατά την φάση μετάδοσης σε περιπτώσεις μη υψηλού φόρτου

(X) Optionally Supported \* Transfer Delay is not considered within the RNC

### 6.4.3 Περιγραφή των Λειτουργιών για την Διαχείριση του QoS στο Επίπεδο Διαχείρισης Χρήστη

#### A) Μαρκάρισμα DSCP (UL)



Εικόνα 6.12 Πιθανό σενάριο μιας αρχιτεκτονικής QoS σε ένα IP-UMTS δίκτυο

Εάν στο δίκτυο χρησιμοποιείται το IP για την μεταφορά στο UTRAN, το RNC μπορεί να υποστηρίξει DiffServ QoS και να αντιστοιχήσει τις τάξεις UMTS σε DSCP με κατεύθυνση προς το SGSN. Η αντιστοίχιση σε DiffServ είναι μια διεργασία για την ταξινόμηση των δεδομένων σε τάξεις IP QoS σύμφωνα με τις παραμέτρους του UMTS QoS και γίνεται με το να μαρκάρεται το πεδίο Type of Service της επικεφαλίδας IP με ένα κωδικό σημείο DiffServ ώστε να συσχετίζεται με τον μηχανισμό μεταφοράς του στρώματος 4. Η αντιστοίχιση οφείλει να ακολουθεί την αντιστοίχιση που υπάρχει στο δίκτυο κορμού μεταξύ των τάξεων UMTS και των τάξεων DiffServ.

Από το RNC προς το SGSN (διεπαφή Iu), η κίνηση που σχετίζεται μένα ένα RAB τοποθετείται σε ένα τούνελ GTP και η IP επικεφαλίδα μαρκάρεται με το DSCP που έχει επιλεγεί για αυτό το RAB. Αυτή η τιμή DSCP επιλέχθηκε την στιγμή της δημιουργία του RAB.

#### B) Scheduling on Common Channels (UL και DL)

Ο προγραμματισμός στο downlink (FACH) ελέγχεται από το RNC όπου λαμβάνονται υπ' όψιν οι διάφορες τάξεις κίνησης και το THP. Στην περίπτωση του

uplink (RACH), ο προγραμματισμός βασίζεται στα οχτώ επίπεδα προτεραιότητας MAC και η διαφοροποίηση μπορεί να γίνει για κάθε ροή χωριστά στο ίδιο το MS.

QoS Management functions in the RNC	QoS Attributes *				
	Traffic Class	THP	ARP	MBR	GBR
DSCP marking UL flow (RNC to SGSN)	X	X	X		
<b>Scheduling</b>					
Scheduling/queuing on FACH/RACH	X	X			
Scheduling on DSCH	X	X			

**Πίνακας 6.7** Λειτουργίες Διαχείρισης του QoS στο RNC σε σχέση με τον Χειρισμό της Κίνησης

(X) Optionally Supported \* Transfer Delay is not considered within the RNC

Οι λειτουργίες του επιπέδου διαχείρισης χρήστη στο Iu-PS από το RNC μέχρι το SGSN γίνονται μέσα από τούνελ μονάδων πρωτοκόλλου του GPRS(GTPU). Ο κύριος σκοπός τους είναι η επεξεργασία πρωτοκόλλου IP και GTP.

- Το RNC θεωρείται μια συσκευή IP που τερματίζει την κίνηση από το SGSN
- Το RNC επιλέγει GTP tunnel IDs και διευθύνσεις IP για τα περιεχόμενα PDP και το SGSN αναλαμβάνει την δρομολόγηση.
- Το RNC κατηγοριοποιεί και μαρκάρει τα πακέτα DiffServ στο uplink σύμφωνα με τις αντιστοιχίσεις των παραμέτρων QoS του Iu bearer σε αυτές του UMTS bearer.





# 7 ■ QoS στο Backbone Δίκτυο

## 7.1 QoS στο Iub, στο Iur και στο Iu

Στην Release 99 της 3GPP, το πρωτόκολλο μεταφοράς για τα Iub, Iur και Iu βασίζεται στα στρώματα προσαρμογής 2 και 5 του ATM (AAL2 και AAL5) και το υποκείμενο στρώμα ATM χρησιμοποιεί νοητές συνδέσεις (ATM Virtual Connections /VC). Η περίπτωση της χρήσης IP πάνω από το στρώμα ATM υπάρχει επίσης και αναφέρεται στο PS κομμάτι ενός δικτύου 3G.

## 7.2 Επιλογές για QoS στην μεταφορά με μεταγωγή κυκλώματος

Όπως ήδη αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, το πρωτόκολλο μεταφοράς στο CS κομμάτι του δικτύου είναι το ATM το οποίο κάνει χρήση των λειτουργιών του υποστρώματος AAL2, οι οποίες είναι:

- Δυναμική εγκατάσταση συνδέσεων AAL2
- Admission Control συνδέσεων AAL2 και δέσμευση εύρους ζώνης βασισμένο στα χαρακτηριστικά των συνδέσεων AAL2.
- AAL2 traffic shaping

Οι διεργασίες του στρώματος ATM είναι:

- Διαχείριση Εύρους Ζώνης ημι-μόνιμων συνδέσεων ATM (ATM Connection Admission Control)
- Χρήση της τάξης υπηρεσιών CBR για ντετερμινιστική κίνηση ATM καθώς και της τάξης rt-VBR στο RAN2.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι:

- Ο Έλεγχος Εισόδου συνδέσεων AAL2 επιτρέπει στην χωρητικότητα τις μεταδόσεις των Iub and Iur να διαμορφώνεται ανάλογα με την υπάρχουσα κίνηση, και να μην λαμβάνει το θεωρητικό μέγιστο όριο της χωρητικότητας του BTS.
- Η στατιστική πολυπλεξία που προσφέρει το AAL2 μπορεί να παρέχει QoS για υπηρεσίες τύπου rt-VBR.
- Το Traffic Shaping στο στρώμα AAL2 εξαλείφει την εκρηκτικότητα η οποία δημιουργείται από μεγάλα πακέτα και έτσι βελτιώνεται η χρησιμοποίηση της σύνδεσης.
- Οι υπηρεσίες CBR στο στρώμα ATM παρέχουν ντετερμινιστικές μεταφορές με μικρή καθυστέρηση και ελάχιστα λάθη, θέτοντας έτσι πολύ αυστηρές εγγυήσεις για το QoS:
  - Ορθή χρήση του ασύρματων πόρων

- Ικανοποίηση των απαιτήσεων των χρηστών υπηρεσιών πραγματικού χρόνου
- Υποστήριξη για υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος

### **7.3 Επιλογές για QoS στην μεταφορά με μεταγωγή πακέτου**

Οι μηχανισμοί του QoS στο backbone του δικτύου δεν καθορίζονται πλήρως από την 3GPP. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι αυτοί οι μηχανισμοί και οι λειτουργίες σχετικά με το QoS αφήνονται στους κατασκευαστές του εξοπλισμού και από αυτούς εξαρτάται το ποια τεχνολογία θα επιλεγεί κάθε φορά. Οι κύριες τεχνολογίες για τα επόμενα πέντε χρόνια είναι το IP, το ATM και το MLS τα οποία αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2. Η προκαθορισμένη λύση είναι η χρησιμοποίηση Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (DiffServ) πάνω από νοητές συνδέσεις AAL5 μη καθορισμένου ρυθμού μετάδοσης (UBR AAL5 VCs). Σε αυτό το κεφάλαιο θα συζητηθούν οι διάφορες λύσεις και τεχνολογίες που εξασφαλίζουν την παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας στο backbone ενός δικτύου, καθώς και οι διατάξεις μέσω των οποίων επικοινωνεί το UMTS και το backbone.

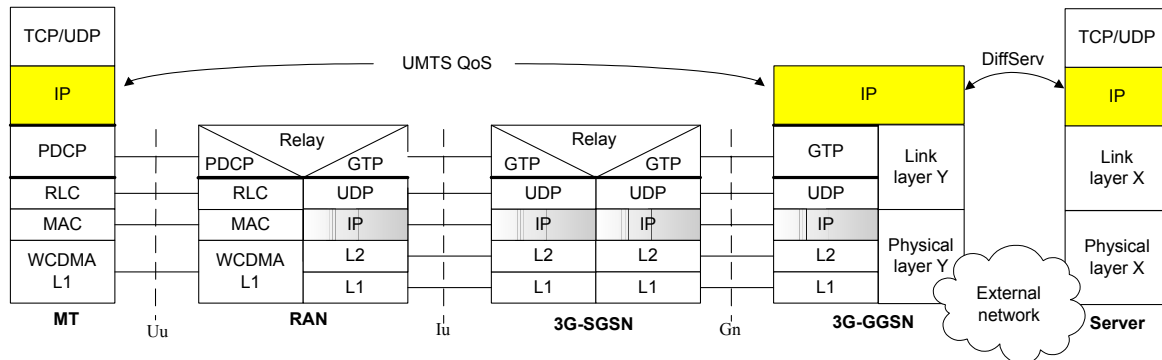
#### **7.3.1 To IP Backbone**

Για την εξασφάλιση της Ποιότητας Υπηρεσίας στο IP, η IETF έχει καθορίσει τα μοντέλα DiffServ και IntServ. Σε φυσικά περιβάλλοντα IP, το μοντέλο IntServ, το οποίο βασίζεται στην δέσμευση πόρων, αντιμετωπίζει μεγάλα προβλήματα διαβάθμισης και δεν χρησιμοποιείται. Το μοντέλο DiffServ, που βασίζεται στο μαρκάρισμα των πακέτων με κωδικά σημεία για την ανά κόμβο συμπεριφορά είναι πολύ πιο εύχρηστο. Το μειονέκτημα του DiffServ είναι ότι παρέχει ένα «χαλαρό» QoS. Καθορίζει το πώς πρέπει να γίνεται ο χειρισμός του κάθε πακέτου σε σχέση με τα άλλα αλλά σε περιπτώσεις που έχουμε πολύ μεγάλη κίνηση υψηλής προτεραιότητας έχουμε αύξηση της καθυστέρησης και του jitter και τελικά ολική απώλεια πακέτων.

Ο πιο σωστός τρόπος για συνεργασία του QoS μεταξύ του επιπέδου κινητικότητας (mobility layer) και του IP Backbone είναι η χρήση του DiffServ. Ο τύπος του περιεχομένου PDP αντιστοιχίζεται σε διάφορα κωδικά σημεία DiffServ (EF για την τάξη Conversational, επιλεγμένα σημεία AF για τις τάξεις Interactive και Streaming καθώς και Best Effort για την τάξη Background). Αυτή είναι η προκαθορισμένη διάταξη λειτουργίας και οι αντιστοιχίες αυτές περιγράφονται στο κεφάλαιο 8.

Η Ποιότητα Υπηρεσίας στο UMTS πρέπει να αντιστοιχηθεί στην Ποιότητα Υπηρεσίας των άλλων εξωτερικών IP δικτύων έτσι ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό end-to-end QoS. Σε μια κλήση VoIP, οι δύο τελικές άκρες χρησιμοποιούν την σηματοδότηση επιπέδου εφαρμογής (π.χ. SIP) ώστε να συμφωνήσουν για το end-to-end QoS. Στην συνέχεια το UE αντιστοιχεί μια ή περισσότερες απ' άκρη σ' άκρη μικρο-ροές μέσα από το δίκτυο UMT χρησιμοποιώντας την σηματοδότηση περιεχομένου PDP. Η αντιστοίχιση του QoS στους μηχανισμούς QoS των εξωτερικών δικτύων γίνεται στο κόμβο GGSN. Αυτός είναι σε θέση να υποστηρίζει πολλαπλούς μηχανισμούς QoS που υπάρχουν σε εξωτερικά δίκτυα, αλλά απαραίτητη είναι η υποστήριξη του DiffServ, καθώς αυτό έχει οριστεί από την 3GPP. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η διαστρωμάτωση

των πρωτοκόλλων στο επίπεδο διαχείρισης χρήστη στο UMTS καθώς και η αντιστοίχιση που κάνει το GGSN μεταξύ του QoS του περιεχομένου PDP και των κωδικών σημείων DiffServ σύμφωνα πάντα με την επιλογή που έχει κάνει το δίκτυο.



**Εικόνα 7.1** Τα πρωτόκολλα του επιπέδου διαχείρισης χρήστη στο UMTS και η διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα

Σε περιβάλλοντα IntServ χρησιμοποιούνται αιτήσεις RSVP για συνδέσεις πραγματικού χρόνου από το στρώμα κινητικότητας (π.χ. GGSN) προς το backbone. Σε ένα τέτοιο σενάριο, η αίτηση RSVP για την δέσμευση πόρων μπορεί να απορριφθεί εξαιτίας έλλειψης πόρων σε κάποιον από όλους τους δρομολογητές στο δίκτυο.

Σε αντίθεση με το να κατασκευαστεί ένα καθολικό περιβάλλον IntServ, θα μπορούσε το RSVP να χρησιμοποιηθεί στα όρια του δικτύου και 'τι μόνο οι συνοριακοί δρομολογητές θα μπορούν να επεξεργάζονται τα μηνύματα RSVP για κάθε ροή. Παράλληλα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και το backbone δίκτυο που θα ήταν βασισμένο στο MPLS ή στο ATM.

Η καταλληλότητα του RSVP σε ένα δίκτυο 3G εξ' ολοκλήρου βασισμένο στο IP είναι ένα θέμα το οποίο είναι ακόμα υπό έρευνα στην 3GPP και χρειάζεται να γίνουν περισσότερες έρευνες, ώστε να έχουμε τα σωστά αποτελέσματα για τις υπηρεσίες real-time καθώς και για να καθοριστεί η λειτουργία μεταξύ των διαφόρων δικτύων. Επιπρόσθετα θα πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω και το πώς θα μπορούσε να συνεισφέρει αυτό το πρότυπο, ένα μόνο ένα κομμάτι του δικτύου είναι ικανό να υποστηρίξει το RSVP.

Όμως παράλο που το RSVP δίνει την δυνατότητα στους δρομολογητές IP να λαμβάνουν μέρος στον έλεγχο εισόδου συνδέσεων στο VoIP, τα περισσότερα δίκτυα προτιμούν να μην κάνουν χρήση του RSVP στο UMTS και στο UE, καθώς η σηματοδότηση RSVP θα θυσίαζε μεγάλο μέρος των ασύρματων πόρων χωρίς αντίκρισμα. Έτσι λοιπόν το RSVP δεν θεωρείται ως η ιδανική λύση σε ένα μεγάλο δίκτυο UMTS καθώς υπάρχουν άλλοι εναλλακτικοί τρόποι που είναι πιο ευέλικτοι και πιο ωφέλιμοι στο δίκτυο.

Γενικά σε ένα καλά σχεδιασμένο δίκτυο UMTS, το IP backbone δεν θα μπορούσε ποτέ να είναι η στενωπός επίδοσης, αφού πάντοτε θα υπάρχουν οι απαιτούμενοι πόροι. Έτσι λοιπόν εάν υπάρχουν αρκετοί ασύρματοι πόροι, τότε οι κλήσεις δεν θα μπλοκάρονται ποτέ στο backbone δίκτυο αφού οι δυνατότητες αυτού είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές του ασύρματου μέρους, και έτσι μια απλή και διαβαθμίσιμη λύση

όπως είναι το DiffServ είναι η ιδανική για να έχουμε αξιόπιστη και αποτελεσματική υποστήριξη του QoS.

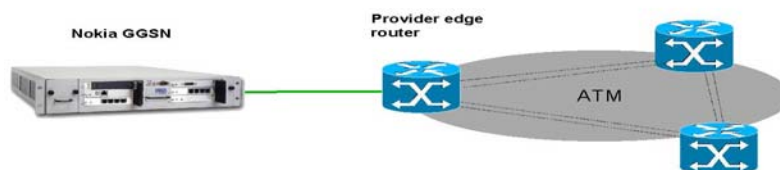
### 7.3.2 Το ATM Backbone

Το ATM ήδη είναι η κυρίαρχη τεχνολογία στα backbone δίκτυα. Παρόλο που οι περισσότερες υπηρεσίες είναι βασισμένες στο IP, υπάρχουν ακόμα πολλά οφέλη από την χρήση του ATM στο backbone, όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Κυρίως αυτά είναι η ύπαρξη ενός «σκληρού» σχήματος QoS και οι δυνατότητες για traffic management, που είναι σαφώς ανώτερες από αυτές που υπάρχουν στο φυσικό IP.

Μια πρακτική λύση για ένα "All IP" περιβάλλον είναι η χρήση αποκλειστικών PVC's για κάθε διαφορετική τάξη κίνησης, έτσι ώστε για παράδειγμα να χρησιμοποιείται CBR για τα PVCs που μεταφέρουν κίνηση πραγματικού χρόνου.

Αυτοί οι μηχανισμοί θα λειτουργούν ως εξής:

- Το στρώμα κινητικότητας (GGSN) αντιστοιχεί τις τάξεις κίνησης του UMTS σε κωδικά σημεία DiffServ.
- Τα πακέτα προωθούνται στον συνοριακό δρομολογητή που είναι συνδεδεμένος στο ATM backbone.
- Τα ATM PVC στα οποία προωθούνται τα πακέτα έχουν επιλεγεί με βάση τα κωδικά σημεία DiffServ



Εικόνα 7.2 Η χρήση διαφορετικών PVCs για την παροχή QoS σε ένα δίκτυο ATM

Η λύση που περιγράφεται παραπάνω απαιτεί την υποστήριξη από τον συνοριακό δρομολογητή.

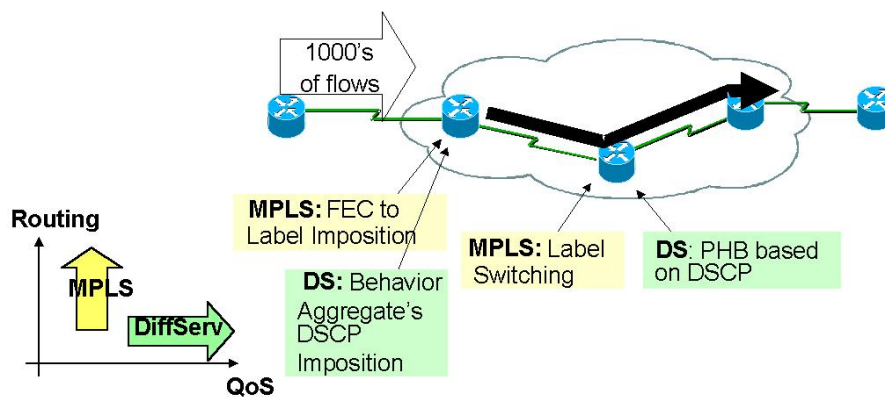
Μια εναλλακτική λύση είναι αυτή της συνύπαρξης του RSVP και του ATM για την παροχή QoS. Με την χρήση του RSVP η δέσμευση πόρων για real-time κίνηση μπορεί να επεκταθεί και στο backbone δίκτυο. Έτσι τα SVCs θα δημιουργούνται δυναμικά ύστερα από τις αιτήσεις του RSVP και οι τάξεις του ATM θα αντιστοιχίζονται σε ροές του RSVP. Το πόσο είναι μια τέτοια λύση βιώσιμη είναι αντικείμενο περαιτέρω ερευνών.

Μια τρίτη λύση είναι η συνύπαρξη του DiffServ με το ATM, η οποία θα προσφέρει τα πλεονεκτήματα του ATM αλλά και του DiffServ. Αυτή η λύση έχει συζητηθεί από το ATM Forum, αλλά δεν έχει καθοριστεί πλήρως ακόμα.

### 7.3.3 Το MPLS Backbone

Η τρίτη δυνατότητα είναι η δημιουργία ενός backbone δικτύου βασισμένο στην τεχνολογία MPLS (Multi Protocol Label Switching). Αυτή έχει αναπτυχθεί, ώστε να συνδυάζει τα πλεονεκτήματα του IP και του ATM και σε πολλές περιπτώσεις δρα ως ένα στρώμα σύγκλισης αυτών των δύο πρωτοκόλλων. Ένα μεγάλο της προσόν είναι η παροχή πολλών εργαλείων για το traffic engineering. Στα πακέτα MPLS που υπάρχουν σε ένα δίκτυο όπου υπάρχει DiffServ πάνω από το MPLS, οι πληροφορίες σχετικά με το QoS μεταφέρονται στα EXP bits της επικεφαλίδας του MPLS, ή υπάρχουν αντιστοιχισμένα στην ετικέτα όταν δεν υπάρχει το πεδίο EXP, πράγμα που υπάρχει σε διεπαφές βασισμένα στο ATM.

Η συνεργασία του QoS με το στρώμα κινητικότητας μπορεί να γίνει εύκολα με την χρήση των μηχανισμών για QoS σε IP. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το DiffServ για την προώθηση με βάση την προτεραιότητα και το MPLS για το Traffic Engineering. Η ορθογώνια σχέση μεταξύ του DiffServ και του MPLS φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 7.3 Η ορθογώνια σχέση μεταξύ του DiffServ και του MPLS.

Χρησιμοποιώντας το RSVP, η δέσμευση πόρων μπορεί να επεκταθεί από το UMTS κομμάτι του δικτύου σε αυτό του MPLS backbone. Η καταλληλότητα αυτής της προσέγγισης είναι ακόμα υπό καθεστώς έρευνας.



# 8. Αντιστοίχιση Παραμέτρων

## 8.1 Γενικά

Όπως ειπώθηκε προηγούμενος, ένα δίκτυο UMTS αποτελείται από διάφορα ανεξάρτητα δικτυακά κομμάτια και από διαφορετικές τεχνολογίες για την μεταφορά δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, ενώ σχεδόν πάντα οι μεταδόσεις είναι επιτυχείς, το ίδιο δεν ισχύει και για την Ποιότητα Υπηρεσίας που εξαιτίας αυτής της μεγάλης ανομοιογένειας δεν μπορεί να διατηρηθεί. Η χρησιμοποίηση πολλών διαφορετικών τεχνολογιών δημιουργεί πολλά προβλήματα αναφορικά με την Ποιότητα Υπηρεσίας καθώς δεν υπάρχει μόνο ένας μοναδικός τρόπος στις τεχνολογίες αυτές για την θέσπιση προτεραιοτήτων και τον διαχωρισμό των προφίλ των χρηστών.

Το πρόβλημα αυτό που δημιουργείται μπορεί να λυθεί με την αντιστοίχιση των παραμέτρων που εξασφαλίζουν το QoS σε κάθε πρωτόκολλο. Αυτή η αντιστοίχιση είναι μια πολύ σημαντική ενέργεια καθώς είναι στην ουσία υπεύθυνη για την διασφάλιση για την εγγύηση του QoS.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, όλα τα πρωτόκολλα έχουν τρόπους για να καθορίζουν την προτεραιότητα των πακέτων, αλλά ο κάθε τρόπος διαφέρει από τον άλλο. Η αντιστοίχιση μεταξύ των παραμέτρων αυτών προσπαθεί να βρει την χρήση τομή μεταξύ αυτών των παραμέτρων, ώστε να έχουμε την μέγιστη δυνατή επίδοση στο δίκτυο. Αυτή δεν μπορεί να είναι το 100% αυτού που μπορεί να παρέχει το δίκτυο, καθώς γίνονται μερικοί συμβιβασμοί μεταξύ της ποιότητας και των πόρων, όμως μια ορθή αντιστοίχιση μπορεί να φτάσει σε αν πολύ υψηλό ποσοστό όσον αφορά την συνολική χρησιμοποίηση των δυνατοτήτων του δικτύου. Έτσι για παράδειγμα μπορεί να έχουμε και χαμηλά ποσοστά καθώς υπάρχουν και εφαρμογές με μοναδικές απαιτήσεις, οι οποίες είναι δυνατές να ικανοποιηθούν μέσω της αντιστοίχισης με την θυσία πόρων, οι οποίοι μπορεί να μην χρησιμοποιούνται πλήρως, και έτσι έχουμε ένα χαμηλό ποσοστό χρησιμοποίησης.

Όπου υπάρχει το IP θα χρησιμοποιηθούν οι μηχανισμοί του DiffServ για τον έλεγχο του QoS μέσα στο δίκτυο. Με βάση την επιλογή του δικτύου σχετικά με το πρωτόκολλο μεταφοράς, το QoS στο IP backbone μπορεί να υποστηρίζεται και από το MPLS. Όλα τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια τάξη κίνησης θα τυγχάνουν του ίδιου χειρισμού, πράγμα που σημαίνει ότι θα προωθούνται στην ίδια ουρά αναμονής.

Παρόλο που το DiffServ δεν μπορεί να εγγυηθεί στον χρήστη για το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση και την ροή των δεδομένων, αυτό είναι δυνατόν να παρακαμφθεί με την σωστή χρήση του ελέγχου εισόδου και με σωστό traffic engineering.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγραφεί η αντιστοίχιση παραμέτρων μεταξύ των διαφορετικών διαύλων. Αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Application domain -> UMTS bearer domain
2. UMTS bearer domain -> Radio access bearer domain
3. UMTS bearer domain -> Core network bearer domain

## 8.2 Αντιστοίχιση UMTS Bearer Domain σε CN Bearer Domain

Οι δίαυλοι του δικτύου κορμού μπορούν να ορισθούν ως ορισμένες Συμπεριφορές ανά περιοχή (PDBs). Τα PDBs αποτελούνται από συγκεντρωμένες ανά κόμβο συμπεριφορές (PHBs). Ένα PHB ορίζεται ως η εξωτερική όψη μιας συμπεριφοράς προώθησης που υφίσταται σε έναν συμβατό κόμβο DiffServ. Μιλώντας αφαιρετικά αυτό σημαίνει ότι το PHB είναι η περιγραφή του πώς γίνεται ο χειρισμός της κίνησης από έναν κόμβο του δικτύου. Από την άλλη, ένα PDB είναι η περιγραφή του πώς γίνεται ο χειρισμός της κίνησης μέσα σε μια περιοχή DiffServ. Έτσι το PDB εξαρτάται από τα PHBs, αλλά και από την τοπολογία του δικτύου DiffServ, το traffic shaping, το admission control και την πολιτική που εφαρμόζεται στα σύνορα του δικτύου. Καθώς ενδιαφερόμαστε για την αντιστοίχιση των παραμέτρων σε διαφορετικές περιπτώσεις δικτυακού φόρτου, η εξέταση των PDBs μας είναι άχρηστη. Ο λόγος είναι ότι σε αυτά περιέχεται το traffic shaping, το admission control αλλά και η πολιτική, τα οποία προστατεύουν από την συμφόρηση. Έτσι λοιπόν μας ενδιαφέρουν μόνο τα PHBs.

### 8.2.1 Αντιστοίχιση μεταξύ των τάξεων QoS του UMTS και των DSCPs

Στα δίκτυα UMTS, ο μηχανισμός DiffServ χρησιμοποιείται για την διαφοροποίηση του QoS για την κίνηση στους διαύλους που έχουν διαφορετικές απαιτήσεις QoS. Στην διεπαφή Iu, το RNC χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη αντιστοίχιση ανάμεσα στις τάξεις QoS του UMTS και των σημείων DSCPs όσον αφορά την κίνηση στο uplink.

Αναλόγως το GGSN χρησιμοποιεί και αυτό μια αντιστοίχιση με το να μαρκάρει το DSCP της επικεφαλίδας IP των GTP πακέτων του downlink προτού αυτά μεταδοθούν στο δίκτυο κορμού του UMTS. Οι αντιστοιχίσεις στο RNC και στο GGSN μπορούν να διαφέρουν εάν αυτά τα δύο προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η αντιστοίχιση μεταξύ των τάξεων QoS του UMTS και των IETF DSCPs είναι αποκλειστική απόφαση του χειριστή του δικτύου.

Ο επόμενος πίνακας δείχνει έναν πιθανό τρόπο αντιστοίχισης.

UMTS QoS Classes	DSCP
Conversational	EF,AF1x
Streaming	EF,AF1x
Interactive	AF1x,AF2x,AF3x
Background	AF3x, Best Effort

Πίνακας 8.1

Στον παραπάνω πίνακα τα κωδικά σημεία DiffServ που είναι σημειωμένα ως Assured Traffic έχουν την μορφή AF1x, AF2x και AF3x. Η τιμή του x μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 3 και αυτό υποδεικνύει ότι η σειρά απόρριψης μπορεί και αυτή να διαφέρει και έτσι έχουμε περισσότερα του ενός QoS προφίλ σε κάθε τάξη κίνησης.



## 8.2.2 Αντιστοίχιση μεταξύ των κωδικών σημείων DiffServ και των υπηρεσιών ATM

Η υποστήριξη της συνύπαρξης IP και ATM QoS επιτρέπει στα δίκτυα να υποστηρίζουν το απαιτούμενο IP QoS με την ήδη υπάρχουσα δικτυακή τους υποδομή. Όσον αφορά την διεπαφή Iu-PS, το ATM είναι το αναγκαίο πρωτόκολλο μεταφοράς, σύμφωνα με τον ορισμό τις 3GPP. Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την συνεργασία του IP και του ATM QoS, αλλά η πιο διαδεδομένη είναι αυτή που βασίζεται στην αντιστοίχιση του DiffServ PHB στο ATM QoS, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς διαύλους υπηρεσιών ATM για τα διαφορετικά DSCPs.

Το ATM υποστηρίζει QoS χρησιμοποιώντας τους περιγραφείς κίνησης ATM και το bit την προτεραιότητα απώλειας κελιού (CLP) στις επικεφαλίδες ATM αλλά και τον έλεγχο εισόδου κλήσεων. Υπάρχουν πέντε τάξεις υπηρεσιών όπως αυτές έχουν ορισθεί από το ATM Forum και αυτές είναι η CBR, η rt-VBR, η nrt-VBR, η UBR και η ABR. Η κάθε τάξη ορίζεται από ένα πλήθος χαρακτηριστικών κίνησης και η κάθε μία προσφέρει ένα κανονισμένο τύπο υπηρεσιών. Όλα αυτά αναλύθηκαν διεξοδικά στο κεφάλαιο 2.

Η παρούσα αρχιτεκτονική DiffServ θέτει τρεις βασικές απαιτήσεις σε ένα δίκτυο ATM:

- Το μαρκάρισμα της σειράς απώλειας πακέτου
- Τον έλεγχο του ανώτατου / μεσαίου / ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης κελιών
- Την ενεργή διαχείριση των ουρών αναμονής

**Μαρκάρισμα της σειράς απώλειας πακέτου:** Το ATM προσφέρει τον μηχανισμό CLP. Τα κελιά που προέρχονται από πακέτα που βρίσκονται μέσα στο όριο του προφίλ μαρκάρονται ως CLP\_0, ενώ αυτά που είναι εκτός των ορίων του προφίλ μαρκάρονται ως CLP\_1. Έτσι το μαρκάρισμα των κελιών μπορεί να γίνει σε ολόκληρα πλαίσια μετάδοσης και τοποθετείται στα όρια του κάθε πλαισίου. Το αδιάκριτο μαρκάρισμα των κελιών μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτή συμπεριφορά της διέλευσης που οδηγεί στην συμφόρηση του δικτύου ATM.

**Έλεγχος του ανώτατου / μεσαίου / ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης κελιών [cell/s]:** Ο ρυθμός μετάδοσης των κελιών πρέπει να καθοριστεί τόσο για τα Expedited Forwarding (EF) όσο και για τα Assured Forwarding (AF) PHBs.

Για το EF, ο ανώτατος / μεσαίος ρυθμός μετάδοσης κελιών διασφαλίζει ότι η κίνηση έχει έναν καλά καθορισμένο ρυθμό αναχώρησης ο οποίος είναι μέσα σε ένα χρονικό διάστημα ίσο ή μεγαλύτερο του χρονικού διαστήματος που χρειάζεται για να αποσταλεί ένα πακέτο MTU με τον ρυθμό του EF PHB. Αυτό μαζί με τις ενέργειες πολιτικής που υπάρχουν στα όρια του δικτύου οδηγεί σε χαμηλές απώλειες, χαμηλή καθυστέρηση και χαμηλό jitter.

Ανάλογα, για τα AF PHBs είναι αναγκαίος ο ορισμός του μεγίστου και μεσαίου ρυθμού μετάδοσης ώστε να αντιστοιχισθούν τα AF PHBs στην rt-VBR και στην nrt-VBR. Εάν τα AF PHBs αντιστοιχηθούν στην ABR, τότε πρέπει να οριστεί ο μέγιστος και ο ελάχιστος ρυθμός μετάδοσης κελιών.

**Ενεργή διαχείριση ουρών αναμονής:** Τα AF PHB και άρα οι υπηρεσίες που αναπαριστούν χρησιμοποιούν τα στοιχεία ενός RED-like αλγορίθμου για ενεργή διαχείριση των ουρών αναμονής.

Οι υπηρεσίες ATM μπορούν να αγνοούν τα κελιά που είναι μαρκαρισμένα ως CLP\_1 cells. Όμως η αδιάκριτη απόρριψη των πακέτων δεν ωφελεί το AF PHB. Τόσο ο μηχανισμός μερικής αγνόησης πακέτου του ATM όσο και ο μηχανισμός πρόωρης απόρριψης οδηγούν σε μια συμπεριφορά ουράς απορριπτόμενων πακέτων. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό είναι ανεπιθύμητο καθώς δημιουργεί διάφορες παρενέργειες στις ροές TCP. Έτσι οι τάξεις κίνησης ATM μπορούν να εμπλουτιστούν με ενέργειες τοπικής πολιτικής ώστε να προσφέρουν ενεργή διαχείριση των ουρών αναμονής. Όμως αυτές οι λύσεις είναι πολύ πολύπλοκες διότι επενεργούν και στα νοητά μονοπάτια σύνδεσης όπου δεν είναι φανερά τα πλαίσια. Έτσι λοιπόν η αντιστοίχιση μεταξύ των DSCPs και των υπηρεσιών ATM μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη και το κάθε δίκτυο θα έχει το δικό του μοντέλο αντιστοίχισης με βάση τα πλάνα χρέωσης που έχει. Αυτή η αντιστοιχία γίνεται ανεξάρτητα από την αντιστοιχία μεταξύ των QoS τάξεων του UMTS και των DSCPs.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι κατάλληλες αντιστοιχίσεις μεταξύ των τάξεων QoS του UMTS, των DSCPs και των υπηρεσιών ATM.

UMTS QoS Classes	DSCP	ATM Service
Conversational	EF/AF1x	CBR/rt-VBR
Streaming	EF/AF1x	CBR/rt-VBR
Interactive	AF1x/AF2x/AF3x	Rt-VBR/nrt-VBR/ABR
Background	AF3x/Best Effort	ABR/UBR

**Πίνακας 8.2**

Για παράδειγμα ένα δίκτυο μπορεί να αντιστοιχίσει την τάξη Conversational του UMTS στο EF και να επιθυμεί να χρησιμοποιεί την υπηρεσία ATM CBR. Επίσης είναι δυνατή η αντιστοιχία μια τέτοια τάξης σε μια τάξη AF1x με χρήση της rt-VBR.

Τις περισσότερες φορές η αντιστοιχία του EF στις υπηρεσίες ATM είναι απαγορευμένη. Ένα άλλο παράδειγμα είναι αυτό που αφορά την ροή video. Ένα δίκτυο μπορεί να επιθυμεί να την αντιστοιχίσει στο EF και να χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία ATM CBR (σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο θα πρέπει να πληρώσει περισσότερο); ένα άλλο δίκτυο θα θελήσει να χρησιμοποιήσει το AF1x με την χρήση του rt-VBR.

Για την τάξη Interactive, ένα δίκτυο μπορεί να δώσει στην αγορά τους εξής τύπους υπηρεσιών:

- Χρυσή (gold)
- Ασημένια (silver)
- Χάλκινη (bronze)

Έτσι το δίκτυο μπορεί να αντιστοιχίσει την «χρυσή» υπηρεσία στο AF11 και να χρησιμοποιήσει rt-VBR, την «ασημένια» υπηρεσία στο AF21 και να χρησιμοποιήσει ABR και την «χάλκινη» υπηρεσία στο AF22 και να χρησιμοποιήσει ABR.

Μια πιο αναλυτική αντιστοίχιση των παραμέτρων QoS είναι η ακόλουθη:

#### **EF <-> CBR**

Peak cell rate <-> Line rate (cells/s)

Μόνο αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται στην αντιστοίχιση

#### **AF1x <-> rt-VBR**

Peak cell rate <-> Line rate (cells/s)

Sustained cell rate <-> Bandwidth allocated for AF1x

Maximum burst size <-> Maximum PDU size

#### **AF2x, AF3x <-> ABR**

Peak cell rate <-> Line rate (cells/s)

Minimum cell rate <-> Minimum bandwidth allocated for AF2x, AF3x

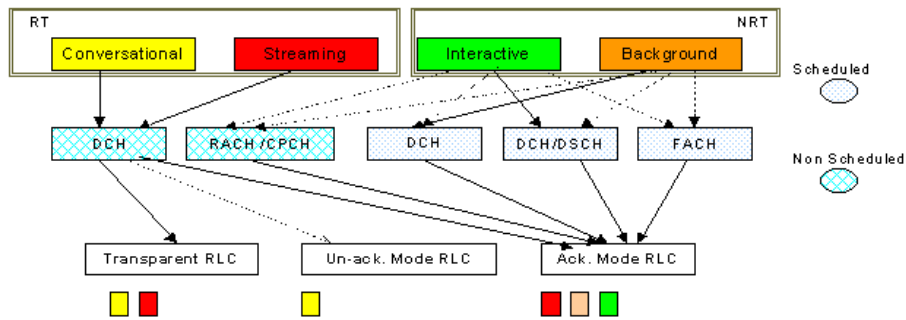
Ο επόμενος πίνακας δείχνει την αντιστοίχιση μεταξύ του UMTS QoS και του IP QoS (DiffServ και DSCP). Τα QoS προφίλ που αναφέρονται εδώ θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Service Type	User Type	Traffic Class	A/R priority	AF DiffServ Class	SSCP value	ATM QoS
Voice, Video Conference	N/A	Conversational	N/A	EF	101110	rt-VBR
Voice, Video Streaming	N/A	Streaming	N/A	AF41	101110	rt-VBR
High priority Interactive services	Gold	Interactive	1	AF31	100010	nrt-VBR
	Silver	Interactive	2	AF32	011010	
	Bronze	Interactive	3	AF33	011100	
Medium priority Interactive services	Gold	Interactive	1	AF21	011110	nrt-VBR
	Silver	Interactive	2	AF22	010100	
	Bronze	Interactive	3	AF23	010110	
Low priority Interactive services	Gold	Interactive	1	AF11	001010	nrt-VBR
	Silver	Interactive	2	AF12	001100	
	Bronze	Interactive	3	AF13	001110	
Background services	N/A	Background	N/A	BE	000000	UBR

Πίνακας 8.3 Η αντιστοίχιση του UMTS QoS στο IP QoS και στο ATM QoS

### 8.3 Αντιστοίχιση μεταξύ του UMTS bearer και του Radio Bearer

Στον Radio Bearer, ο οποίος υφίσταται στο στρώμα 2, προσφέρονται τρεις τύποι υπηρεσιών, η διαυγής μεταφορά (Transparent Mode Transfer), η μεταφορά χωρίς επιβεβαίωση (Non-Acknowledged Mode Transfer), και η μεταφορά με επιβεβαίωση (Acknowledged Mode Transfer). Επιπλέον κάθε radio bearer σχετίζεται με ένα κανάλι μετάδοσης, του οποίου η μορφή καθορίζει το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση μετάδοσης στον αέρα (delay over the air) καθώς και τον τρόπο ανίχνευσης των λαθών. Η επόμενη εικόνα δείχνει μια αντιστοίχιση μεταξύ του UMTS και του RAB.



Εικόνα 8.1 Αντιστοίχιση των τάξεων του UMTS στον Radio Bearer

#### L2 user bit rates:

• Iu-CS Speech

AMR Mode	0	1	2	3	4	5	6	7
Rate kbps	12.20	10.20	7.95	7.40	6.70	5.90	5.15	4.75

• Iu-CS (Conversational & Streaming)

Rate kbps	14.4	28.8	32	33.6	57.6	64
-----------	------	------	----	------	------	----

• Iu-PS (Conversational, Streaming, Interactive and Background)

Rate	0	1	2	3	4	5	6	7		
Rate kbps	384	320	256	128	64	32	16	8		

Multi-bearer calls:

- Maximum user data rate 384 kbps (512kbps DL in RAN2)
- Maximum number of simultaneous CS calls is 7 and 16 for PS calls
- Maximum 1 AMR speech call

Εικόνα 8.2 Ρυθμοί μετάδοσης του Radio Bearer

Όσον αφορά τον έλεγχο πρόσβασης στο μέσο μεταφοράς (Media Access Control/MAC), υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις.

#### **Dedicated Media Access:**

Οι τάξεις Conversational και Streaming απαιτούν μια πρόβλεψη για τον ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης. Επιπλέον η τάξη Conversational είναι πολύ ευαίσθητη στην καθυστέρηση. Γι την μεταφορά στο ασύρματο μέρος, αυτές αντιμετωπίζονται ως τάξεις που έχουν real-time κίνηση και τις αποδίδονται αποκλειστικοί πόροι με την χρήση αποκλειστικών καναλιών. Έτσι έχουμε έναν εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης και έτσι η καθυστέρηση και το jitter είναι μέσα στα ανεκτά όρια.

Επιπλέον όσον αφορά την καθυστέρηση είναι γνωστό ότι η ασύρματη ζεύξη χαρακτηρίζεται από εξασθένηση. Το Power Control Loop δίνει την λύση και διατηρεί το επιθυμητό επίπεδο ελαχίστων λαθών το οποίο είναι αναγκαίο για την παροχή του QoS που ζητήθηκε από το περιεχόμενο PDP. Έτσι έχουμε απώλειες μικρότερες του 1% για φωνητικές συνδέσεις.

#### **Shared Media Access:**

Ο όρος Πρόσβαση σε Κοινό Μέσο σημαίνει στο περιεχόμενο PDP δεν αποδίδεται ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης, αλλά τα εξερχόμενα πακέτα τοποθετούνται σε μια ουρά και μεταδίδονται όταν υπάρχει επάρκεια πόρων. Ο προγραμματισμός γίνεται σε διαφορετικά κανάλια μεταφοράς όπως είναι για παράδειγμα το Dedicated Transport Channel (DCH), το Downlink Shared Channel (DSCH) και το Forward Access Channel (FACH).

Σε αυτή την κατηγορία υπάγεται η κίνηση που δεν έχει αυστηρές απαιτήσεις σε καθυστέρηση και jitter όπως είναι η τάξη Interactive και η Background. Επίσης η μεγάλη εκρηκτικότητα της τάξης Interactive επιτρέπει τους στιγμιαίους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης μέσω του Packet Scheduler, ώστε να μην δημιουργείται μεγάλη συμφόρηση στους χρήστες στην κυψέλη. Η αποδοτικότητα της πρόσβασης σε κοινό μέσο οφείλεται στο γεγονός ότι οι εφαρμογές που την χρησιμοποιούν δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις όσο αφορά την καθυστέρηση.

Επιπλέον οι επαναμεταδόσεις στον αέρα προσθέτουν επιπλέον καθυστέρηση αλλά προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια δεδομένων και εφόσον τα λάθη που γίνονται στον αέρα αποτελούν το 10% των συνολικών λαθών, η επαναεκπομπή επιτρέπει στην ζεύξη να είναι πιο αξιόπιστη.

Ο Προγραμματιστής Πακέτων (Packet Scheduler/PS) στο RNC παρέχει τον προγραμματισμό για τον έλεγχο πρόσβασης κοινού μέσου. Ο PS είναι μια σημαντική λειτουργία του ελέγχου QoS, καθώς χειρίζεται τους πόρους για τις διάφορες ροές.

Επιπλέον για την αύξηση της απόδοσης, το RNC έχει και άλλες λειτουργίες όπως η δυναμική διαχείριση των ενταμιευτών, ώστε να μειώνονται οι απώλειες των πακέτων εξαιτίας υπερχειλίσης, ή ακόμα και η συμπίεση των επικεφαλίδων ώστε να μειώνεται η IP κίνηση.

Όπως είναι αναμενόμενο δεν είναι όλες οι παράμετροι στους δύο διαύλους ίδιες. Καθώς ο δίαυλος του UMTS καλύπτει μια μεγαλύτερη απόσταση οι πιο πολλές παράμετροι του έχουν μεγαλύτερες τιμές από αυτές του RAB. Παράμετροι όπως το **Residual BER**, το **SDU error ratio** και το **Transfer delay** έχουν μικρότερες τιμές στο

RAB απ' ότι στον διάυλο UMTS καθώς το RAB μπορεί να θεωρηθεί ως ένα υποσύνολο του διαύλου UMTS.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι οι παράμετροι **SDU format information** και **Source statistics** υπάρχουν μόνο στο RAB.

# 9. Δια-συνεργασία των Κόμβων 3G και Περιπτώσεις Διαπομπής

## 9.1 Γενικά

Μιλώντας για ένα κινητό δίκτυο θα πρέπει κανείς να γνωρίζει ότι η διαπομπή είναι μια πολύ σημαντική ενέργεια του δικτύου, καθώς εξασφαλίζει την «συνέχεια» του δικτύου έτσι ώστε ένας πελάτης να είναι σε θέση να αλλάξει γεωγραφική θέση χωρίς να επηρεάζεται η κλήση του στο μεσοδιάστημα. Ο σύριος σκοπός των διαπομπών είναι να διατηρούνται ενεργές όλες οι συνδέσεις σε οποιαδήποτε περίπτωση κινητικότητας.

Σήμερα το θέμα των διαπομπών στα δίκτυα δεύτερης γενιάς έχει επιλυθεί πλήρως και αποτελεί πλέον ρουτίνα καθώς τα προβλήματα είναι από ελάχιστα ως μηδενικά. Όμως στην περίπτωση των δικτύων 3G οι περιπτώσεις διαπομπής είναι πιο πολύπλοκες καθώς ο στόχος δεν είναι απλά να κρατείται ενεργή η σύνδεση αλλά και να διατηρείται το επίπεδο της προσφερόμενης Ποιότητας Υπηρεσίας.

Επιπλέον η υπάρχουσα δικτυακή υποδομή δημιουργεί ακόμη περισσότερα προβλήματα καθώς δεν υπάρχει ακόμα καθολική κάλυψη μιας περιοχής από ένα δίκτυο 3G. Βέβαια αυτό το πρόβλημα όσο περνάνε τα χρόνια θα μειώνεται καθώς θα αυξηθούν οι επενδύσεις στο 3G και θα υπάρξει σε κάποια φάση η πλήρης κάλυψη μια γεωγραφικής περιοχής, όμως προς το παρόν η παράλληλη λειτουργία των δικτύων 2G και 3G δημιουργεί και αυτή με την σειρά της προβλήματα καθώς υπάρχει πρόβλημα στην διατήρηση του QoS κατά την διάρκεια των διαπομπών, καθώς τα δίκτυα αυτά βασίζονται σε διαφορετικές φιλοσοφίες και στην ουσία στο 2G η υποστήριξη για QoS είναι ελάχιστη ως μηδαμινή. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι διαπομπής στο UTRAN, το Soft Handover, το Softer και το Hard Handover. Με τον όρο Softer Handover εννοείται ότι το MS είναι συνδεδεμένο σε δύο τομείς του ίδιου Node B. Στις περιπτώσεις Soft Handover το MS είναι συνδεδεμένο με δύο ή περισσότερα Nodes B, σε αντίθεση με το Hard Handover όπου το MS είναι συνδεδεμένο σε μία Node B σε κάθε στιγμή. Κατά την διάρκεια του Soft και του Softer Handover και εφόσον υπάρχουν αρκετοί πόροι στο δίκτυο, δεν υπάρχει απώλεια πακέτων και το QoS διατηρείται.

## 9.2 Περιπτώσεις Διαπομπής

Η διαπομπή στο UMTS διαχωρίζεται στην διαπομπή μεταξύ διαφορετικών συστημάτων (Inter-System Handover) και στην εσωτερική διαπομπή (Intra-System Handover). Ο όρος εσωτερική διαπομπή αναφέρεται στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι παλαιές και οι νέες κυψέλες βρίσκονται στο ίδιο Radio Network Subsystem (RNS). Στο UMTS αυτό συμβαίνει όταν η πράξη της διαπομπής λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου στο δίκτυο UMTS. Στον αντίποδα, οι διαπομπές μεταξύ διαφορετικών συστημάτων είναι αυτές όπου οι παλαιές και οι νέες κυψέλες ανήκουν σε διαφορετικά RNSs. Όπως είναι φυσικό τα Inter-RNS Handover εμπεριέχουν περισσότερες δυσκολίες από αυτές των

Intra-RNS. Μια διαπομπή Inter-RNS χωρίς την χρήση της διεπαφής Iur καθώς και οι διαπομπές μεταξύ του UMTS και GPRS θεωρούνται ως Hard Handovers.

Στο UMTS υπάρχουν οι εξής τύποι διαπομπών:

- Διαπομπές από 3G σε 3G δίκτυα
- FDD Soft/Softer Handover
- FDD Intra-frequency Hard Handover
- FDD/TDD Handover (change of cell)
- TDD/FDD Handover (change of cell)
- TDD/TDD Handover
- Διαπομπές από 3G σε 2G δίκτυα («απόδοση» στο GSM)
- Διαπομπές από 2G σε 3G δίκτυα («απόδοση» στο GSM)

Εκτός από αυτόν τον διαχωρισμό των διαπομπών, αυτές μπορούν να χωριστούν και σύμφωνα με τις επόμενες περιπτώσεις.

### 9.2.1 Softer Handover

Κατά την διάρκεια ενός Softer Handover, ένα κινητό τηλέφωνο βρίσκεται στην υπερκαλυπτόμενη, από δύο κυψέλες του ίδιου σταθμού βάσης, περιοχή. Σε μια τέτοια περίπτωση οι ασύρματες συνδέσεις που προσθέτονται και αφαιρούνται κατά την διάρκεια της διαπομπής ανήκουν στον ίδιο Node B. Η επικοινωνία μεταξύ του κινητού σταθμού και του σταθμού βάσης γίνεται ταυτόχρονα μέσω δύο διαφορετικών ασύρματων επαφών, μία για κάθε τομέα. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούνται δυο διαφορετικοί κώδικες στο downlink, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διάκριση του κάθε σήματος. Στο uplink συμβαίνει το ίδιο καθώς το κινητό στέλνει δεδομένα μέσω δύο διαφορετικών καναλιών. Τα δεδομένα που λαμβάνονται τόσο στο κινητό όσο και στον σταθμό βάσης συνδέονται με τρόπους επεξεργασίας Rake, η οποία παρουσιάζει ομοιότητες με την υποδοχή δεδομένων μέσω διαφορετικών μονοπατιών (multipath reception). Το Softer Handover λαμβάνει χώρα στο 5-15% των κλήσεων.

### 9.2.2 Soft Handover

Κατά την διάρκεια του Soft Handover, ένας κινητός σταθμός βρίσκεται στην επικαλυπτόμενη περιοχή δύο κυψελών, οι οποίες όμως ανήκουν σε διαφορετικούς σταθμούς βάσης. Τα δεδομένα μεταφέρονται και σε αυτήν την περίπτωση μέσω δύο διαφορετικών καναλιών όπως συμβαίνει και στην περίπτωση του Softer Handover. Η κύρια διαφορά είναι ότι στο uplink, παρόλο που τα δεδομένα λαμβάνονται από δύο διαφορετικούς σταθμούς, δρομολογούνται στο RNC ώστε να γίνει η σύνδεσή τους. Έτσι στο RNC επιλέγεται το καλύτερο πλαίσιο εκ των δύο. Στο Soft Handover η εγκατάσταση και απελευθέρωση των συνδέσεων γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε σε κάθε περίπτωση το UE να διατηρεί μια ενεργή σύνδεση με το UTRAN. Όταν έχουμε μια περίπτωση Soft Handover έχουμε την ταυτόχρονη συνύπαρξη πολλών ενεργών ασυρμάτων συνδέσεων. Το Soft Handover χρησιμοποιείται κατά την αλλαγή μεταξύ κυψελών της ίδιας συχρότητας και αυτό συμβαίνει γενικά στο 20 με 40% των συνδέσεων.



### 9.2.3 Hard Handover

Κατά το Hard Handover, ο κινητός σταθμός επικοινωνεί με ένα μόνο Node-B σε κάθε στιγμή σε αντίθεση με το Soft και το Softer Handover, όπου χρησιμοποιούνται δύο κανάλια επικοινωνίας μεταξύ του δικτύου κορμού και του κινητού σταθμού. Αυτό σημαίνει ότι οι παλιές συνδέσεις στο UE αφαιρούνται προτού δημιουργηθούν οι νέες συνδέσεις. Στην περίπτωση μια τέτοιας διαπομπής ο κινητός σταθμός επιλέγει την κυψέλη που δίνει την καλύτερη λήψη και αυτό συμβαίνει τις περισσότερες φορές με αλλαγή συχνότητας. Το Hard Handover μπορεί να γίνει αντιληπτό από τον χρήστη αλλά μπορεί να μην καταλάβει ο χρήστης την αλλαγή. Πρακτικά όταν συμβαίνει μια διαπομπή που απαιτεί αλλαγή συχνότητα φέροντος (Inter-System Handover), τότε έχουμε πάντα Hard Handover.

### 9.3 Διατήρηση του QoS κατά την διάρκεια του Handover

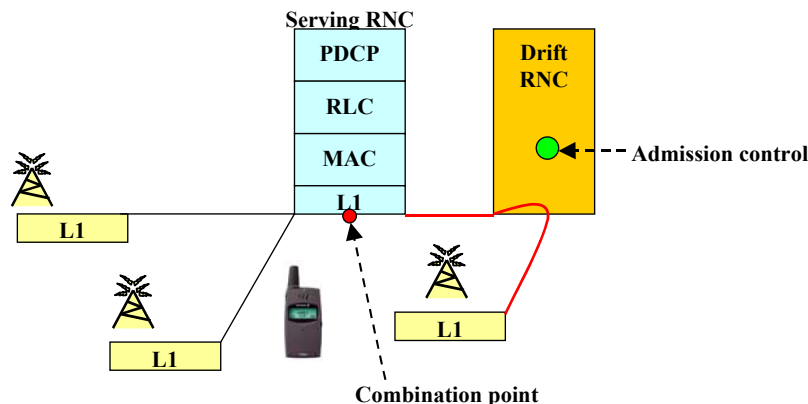
Το UMTS έχει ένα ορισμένο πλήθος διαφορεικών μηχανισμών ώστε να διατηρείται το QoS για τις υπηρεσίες PS όταν έχουμε διαπομπές. Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, υπάρχουν βασικά τρία σενάρια για τις διαπομπές στο UMTS όσον αφορά τις PS UMTS υπηρεσίες:

- Το Intra UTRAN Handover, δηλαδή χωρίς την αλλαγή διεπαφής Iu, διατηρώντας το ίδιο SGSN. Αυτή η διαπομπή μπορεί να γίνει τοπικά μέσα στο ίδιο RNC η σε ένα άλλο RNC διατηρώντας όμως το αρχικό RNC ως serving RNC.
- Το Inter UTRAN Handover με αλλαγή του RNC, δηλαδή υπάρχει αλλαγή του serving RNC με ένα άλλο RNC και έτσι μια νέα διεπαφή Iu θα χρησιμοποιηθεί για το ίδιο SGSN.
- Το Inter UTRAN Handover με αλλαγή του SGSN. Αυτή η διαπομπή μπορεί να λάβει χώρα είτε ως Intra System (δηλαδή μέσα στο UMTS) είτε ως Inter System (μεταξύ του UMTS και του GSM).

Η λειτουργία του Soft Handover σε συστήματα WCDMA θα χρησιμοποιηθεί για την διατήρηση του υψηλού QoS ενός διαύλου στην περίπτωση του Intra UTRAN. Για τις περιπτώσεις αλλαγής του serving RNS και του Inter SGSN Handover υπάρχει ένας μηχανισμός προώθησης πακέτων που κάνει δυνατές τις διαπομπές χωρίς την απώλεια πακέτων.

#### 9.3.1 Intra UTRAN Handover

Γενικά στις περιπτώσεις που έχουμε διαπομπές Intra UTRAN δεν έχουμε καμία παρενέργεια όσον αφορά το QoS, εφόσον βέβαια υπάρχουν οι απαιτούμενοι πόροι. Καθώς το αρχικό και το τελικό σύστημα είναι το ίδιο δεν χρειάζεται καμία είδους αντιστοίχιση των παραμέτρων του QoS καθώς αυτές διατηρούνται.



Εικόνα 9.1 Soft Handover στο UMTS

### 9.3.2 Αλλαγή του Serving RNS και Inter SGSN Handover

Σε περιπτώσεις διαπομπών όπου το σημείο πρόσβασης μεταξύ του UTRAN και του δικτύου κορμού πρέπει να αλλάξει, ο μηχανισμός Soft Handover δεν μπορούν να χρησιμοποιηθεί. Η διατήρηση του QoS κατά την αλλαγή του SRNS ονομάζεται Seamless Handover. Ο άνευ απωλειών χειρισμός της μεταφοράς των πακέτων κατά την αλλαγή του SRNS βασίζεται σε τεχνικές ενταμίευσης πακέτων στο παλιό RNC και προώθησης τους στο νέο RNC.

Κατά την διάρκεια της διεργασίας αλλαγής SRNS, το νέο RNC θα λάβει το μήνυμα “SRNC RELOCATION REQUEST”, το οποίο θα έχει αποσταλεί από το παλιό serving RNC. Μετά από την λήψη αυτού του αιτήματος, το νέο RNC μπορεί να απαντήσει καταφατικά στέλνοντας ένα μήνυμα “ACCEPT”, ή να αρνηθεί στέλνοντας ένα μήνυμα “REJECT”, απάντηση που βασίζεται στο αποτέλεσμα του μηχανισμού ελέγχου εισόδου. Έπειτα από την καταφατική απάντηση το νέο RNC στέλνει στο νέο SGSN ένα μήνυμα “SRNC RELOCATION DETECT” και τότε το παλιό RNC αρχίζει την προώθηση των αποθηκευμένων πακέτων μέσα της διεπαφής Iur.

Σε περιπτώσεις διαπομπών Inter System οι παράμετροι του QoS θα πρέπει να αντιστοιχηθούν σε αυτές του νέου συστήματος. Εξαιτίας όμως των πολύ σημαντικών διαφορών μεταξύ των δικτύων διαφορετικών γενιών, δεν είναι δυνατή πάντοτε η διατήρηση του QoS καθώς οι μηχανισμοί που το προστατεύουν δεν υπάρχουν στα δίκτυα παλαιότερης τεχνολογίας. Έτσι τα δίκτυα προσπαθούν να εφαρμόσουν την καλύτερη δυνατή αντιστοίχιση έτσι ώστε οι επιδράσεις στο παρεχόμενο QoS να είναι ελάχιστες.

#### 9.3.2.1 Ο Έλεγχος Εισόδου κατά την διάρκεια των Διαπομπών

Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, όταν ένας δίαυλος μεταβιβάζεται από ένα γειτονικό RNC, επεμβαίνει ο έλεγχος εισόδου. Στην περίπτωση διαπομπής σε ένα νέο RNC το οποίο είναι υπερφορτωμένο, ο δίαυλος που μεταβιβάζεται έχει πάντοτε μεγαλύτερη προτεραιότητα από έναν νέο δίαυλο. Αυτό συμβαίνει διότι έχει μεγαλύτερη σημασία το να μην διακόπτονται οι κλήσεις και έτσι οι δίαυλοι που ήδη υπάρχουν αποκτούν μεγαλύτερη προτεραιότητα σε περιπτώσεις διαπομπής. Όπως έχει γίνει γνωστό

από πολλές έρευνες, ο χρήστης προτιμάει το να μην μπορεί να κάνει μια κλήση, από το να διακόπτεται η κλήση που έχει ήδη κάνει. Για παράδειγμα η διακοπή μιας μεταφοράς αρχείων προκαλεί μεγάλο εκνευρισμό εάν πρέπει να γίνει από την αρχή η μεταφορά αυτή, ενώ στην περίπτωση που η μεταφορά αυτή δεν μπορεί να γίνει άμεσα, τότε ο χρήστης ναι μεν δυσαρεστείται, αλλά θα προσπαθήσει αργότερα και έτσι δεν υπάρχει τόσο μεγάλος εκνευρισμός. Έτσι λοιπόν είναι φανερό ότι σε περιπτώσεις συμφόρησης υπάρχει προσπάθεια αποδοχής των κλήσεων που μεταβιβάζονται, ενώ αυτές ου θα μπλοκάρονται είναι οι αιτήσεις για νέες κλήσεις.

### **9.3.3 Διαπομπή μεταξύ δικτύων 2G και 3G**

Η διαπομπή μεταξύ διαφορετικών δικτύων πρέπει να υποστηρίζεται τόσο για τις περιπτώσεις του Inter SGSN αλλά και του Intra SGSN.

Για τις διαπομπές μεταξύ του GSM/GPRS και του UMTS υπάρχει ένας μηχανισμός προώθησης πακέτων από το παλιό SGSN προς το νέο SGSN. Τα πακέτα αποθηκεύονται στο παλιό SGSN και προωθούνται στο νέο SGSN κατά την διάρκεια τις διαπομπής.

#### **9.3.3.1 Διαπομπή από το GSM στο UMTS**

Στις περιπτώσεις διαπομπής Inter-MSC από το GSM στο UMTS, το serving GSM MSC/VLR στέλνει ένα μήνυμα που περιέχει την αίτηση διαπομπής, το οποίο περιέχει την παράμετρο τύπου καναλιού που υποδεικνύει το ποιο πόροι πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την φωνή ή τα δεδομένα και μεταξύ άλλων, τον τύπο της υπηρεσίας (transparent/non transparent) και τους ρυθμούς του χρήστη.

Καθώς δεν μεταβιβάζονται άλλες παράμετροι σχετικά με τον διάυλο, είναι αδύνατο να γίνει άλλος καθορισμός των υπηρεσιών εκτός των «speech», «data transparent» και «data non-transparent», καθώς οι άλλες έννοιες δεν υπάρχουν στο GSM.

#### **9.3.3.2 Διαπομπή από το UMTS στο GSM**

Στην περίπτωση μιας κλήσης UMTS, οι παράμετροι αντιστοιχίζονται στις παραμέτρους QoS του RAB κατά την εγκατάσταση της κλήσης. Εάν το CN πρέπει να μεταβιβάσει την κλήση στο GSM, τότε το non-anchor MSC πρέπει να κάνει την ανάθεση σύμφωνα με τις παραμέτρους κίνησης στο GSM.

Στην περίπτωση διαπομπής από το UMTS στο GSM, το anchor MSC αντιστοιχίζει τις παραμέτρους UMTS στις παραμέτρους κίνησης καναλιού του GSM. Αυτή η ενέργεια απαιτεί την κωδικοποίηση των παραμέτρων σύμφωνα με αυτές που απαιτεί το πρωτόκολλο GSM και έτσι όλες οι παράμετροι που αγνοούνται από το UMTS θα πρέπει να παρ' όλ' αυτά να ορισθούν ώστε να είναι επιτυχής η διαπομπή.

Κατά την διαπομπή από το UMTS Release 99 σε δίκτυα GSM με GPRS Release 97/98, θα επιζήσει μόνο ένα περιεχόμενο PDP το οποίο βρίσκεται με την χρησιμοποίηση του ακόλουθου αλγορίθμου:

1. Επιλέγεται το περιεχόμενο PDP με την υψηλότερη τιμή QoS από όλα τα περιεχόμενα που έχουν το ίδιο APN και την ίδια διεύθυνση PDP σύμφωνα με τον πίνακα 9.1
2. Εάν επιζήσουν περισσότερα του ενός περιεχόμενα PDP context τότε επιλέγεται αυτό με το μεγαλύτερο DL MBR ή UL MBR.
3. Εάν εξακολουθούν να υπάρχουν περισσότερα του ενός περιεχόμενα PDP, τότε επιλέγεται αυτό με το χαμηλότερο (Network Service Access Point Identifier/NSAPI).
4. Στην συνέχεια απενεργοποιούνται όλα τα άλλα περιεχόμενα PDP.

QoS ranking	Traffic class	Traffic handling priority
1	Interactive	1
2	Conversational	Not applicable
3	Streaming	Not applicable
4	Interactive	2
5	Interactive	3
6	Background	Not applicable

**Πίνακας 9.1** Κριτήρια επιλογής για τον καθορισμό του υψηλότερου QoS

## 9.4 Αντιστοίχιση Παραμέτρων QoS στις περιπτώσεις Διαπομπών

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αντιστοίχιση των παραμέτρων είναι πολύ σημαντική στις περιπτώσεις διαπομπών Inter System, καθώς τα δύο εμπλεκόμενα συστήματα είναι κατά κάποιον τρόπο ασύμβατα. Παρακάτω θα δοθεί μια συνολική εικόνα του πώς θα πρέπει να γίνει η αντιστοίχιση μεταξύ των παραμέτρων του UMTS και του GPRS R97/98.

Οι παράμετροι QoS του GPRS R99 θα πρέπει να είναι ανάλογες με αυτές του UMTS. Η αντιστοίχιση θα λαμβάνει χώρα όποτε ένας κόμβος εκ των MS, SGSN, GGSN και HLR ανήκει σε διαφορετική έκδοση από τους άλλους, είτε στην R97/98 είτε στην R99. Η αντιστοίχιση απαιτείται κατά την διάρκεια των διεργασιών για την ενεργοποίηση ή αλλαγή του περιεχομένου PDP και όταν μια R99 HLR αλληλοενεργεί για τα δεδομένα ενός χρήστη με ένα R97/98 SGSN.

Η αντιστοίχιση που περιγράφεται παρακάτω δεν εγγυάται την ύπαρξη των ίδιων προφίλ QoS στα δύο δίκτυα. Έτσι παρέχεται μια πλήρης αντιστοίχιση των παραμέτρων, αλλά εάν ζητηθεί ένα προφίλ που δεν μπορεί να προσφερθεί από το δίκτυο, τότε αποφασίζει ο έλεγχος εισόδου εάν επιτρέπεται ένας τέτοιος συνδυασμός παραμέτρων και τελικά γίνεται μια επαναδιαπραγμάτευση του QoS με βάση πάντοτε τους εναπομείναντες στο δίκτυο πόρους.

Η βασική προϋπόθεση για να γίνει μια τέτοια αντιστοίχιση μεταξύ δύο προφίλ, είναι ότι τα δύο προφίλ αυτά θα πρέπει με βάση τα χαρακτηριστικά των εκδόσεων τους να έχουν τα ίδια ή έστω παρόμοια χαρακτηριστικά QoS. Ο εξοπλισμός για το GPRS R97/98 δεν είναι σε θέση να προσφέρει υπηρεσίες real-time οι οποίες αντιστοιχούν στις τάξεις Conversational και Streaming τους UMTS R99. Έτσι λοιπόν η αντιστοίχιση που υπάρχει αναφέρεται μόνο για υπηρεσίες non-real-time, δηλαδή για τις τάξεις Interactive και Background.

### 9.4.1 Γενικοί Κανόνες

Το Air Interface Session Management και τα μηνύματα GTP του R99 περιέχουν τις παραμέτρους του R99 ως μία επέκταση των στοιχείων QoS του R97/98. Όταν ένα R97/98 MS επισκέπτεται ένα UMTS SGSN και το αντίστοιχο GGSN είναι R97/98 ή R99, τότε το επισκεπτόμενο SGSN δεν θα πρέπει να κάνει αντιστοίχιση των παραμέτρων του QoS. Στην περίπτωση που το GGSN είναι R99, τότε το GTP version 1 (R99) QoS προφίλ περιέχει μόνο τις παραμέτρους QoS του R97/98. Για αυτό το περιεχόμενο PDP μπορεί να ζητηθεί ένα (Traffic Flow Template/TFT).

Όταν ένα R99 MS επισκέπτεται ένα UMTS SGSN και το GGSN είναι R97/98, τότε το επισκεπτόμενο SGSN θα πρέπει να είναι ικανό να παρέχει τους ανάλογους διαύλους ώστε να υπάρχει υποστήριξη για QoS με βάση τις αρχές του R99. Έτσι όταν θα ενεργοποιείται ένα περιεχόμενο PDP (το οποίο μπορεί να γίνει είτε από το κινητό, είτε από το δίκτυο), τότε θα λαμβάνει χώρα η αντιστοίχιση των παραμέτρων στο serving SGSN.

Για τις ενεργοποιήσεις περιεχομένων PDP από την μεριά του MS, τότε το R97/98 GGSN θα πρέπει να απαντάει στα αιτήματα ενεργοποίησης παρέχοντας το QoS προφίλ που θα περιέχει τις αποδεχτές και αλλαγμένες R97/98 παραμέτρους. Η αντιστοίχιση των αλλαγμένων παραμέτρων σε αυτές του R99 λάβει χώρα στο serving SGSN και θα στέλνεται στον κινητό σταθμό με το μήνυμα αποδοχής της ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP..

Ένας γενικός κανόνας αντιστοίχισης είναι αυτός που υπογραμμίζει ότι οι επιστρεφόμενες και μη αλλαγμένες παράμετροι κατά την διάρκεια των διαπραγματεύσεων δεν επιτρέπονται να εισέλθουν σε μια δεύτερη διαδικασία ώστε να αντιστοιχηθούν ξανά από το SGSN. Έτσι λοιπόν οι παράμετροι R99 που περιέχονται στο μήνυμα απάντησης για την ενεργοποίηση PDP και δεν έχουν υποστεί καμία αλλαγή θα στέλνονται στο MS σύμφωνα με το διαπραγματευμένο προφίλ QoS που υπήρχε στο μήνυμα αποδοχής του περιεχομένου PDP.

Το μήνυμα MAP του R99 θα πρέπει επίσης να περιέχει τις παραμέτρους του R99 ως προέκταση των στοιχείων QoS του R97/98 όταν αποστέλλεται ένα μήνυμα «Insert Subscriber Data» σε ένα R99 SGSN.

Στην περίπτωση που μία R99 HLR στέλνει ένα μήνυμα «Insert Subscriber Data» σε ένα R97/98 SGSN, τότε το μήνυμα αυτό θα πρέπει να περιέχει τις R97/98 παραμέτρους του QoS. Ένα R99 SGSN θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις R99 παραμέτρους του εγγεγραμμένου προφίλ QoS όταν ένα R99 MS ζητάει την χρήση των εγγεγραμμένων δεδομένων κατά την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP. Το R99 SGSN θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις R97/98 παραμέτρους του εγγεγραμμένου προφίλ QoS όταν ένα R97/98 MS ζητάει την χρήση των εγγεγραμμένων δεδομένων κατά την ενεργοποίηση του περιεχομένου PDP.

## 9.4.2 Καθορισμός των Παραμέτρων R99 από τις Παραμέτρους R97/98

Η αντιστοίχιση αυτή αναφέρεται στις εξής περιπτώσεις:

- Μεταβίβαση ενός περιεχομένου PDP από ένα GPRS R97/98 SGSN σε ένα GPRS R99 ή UMTS SGSN.
- Ενεργοποίηση ενός PDP περιεχομένου σε ένα serving R99 SGSN με ένα R97/98 GGSN. Όταν το GGSN απαντάει στην ενεργοποίηση περιεχομένου PDP, τότε στο SGSN γίνεται η αντιστοίχιση των αλλαγμένων QoS R97/98 παραμέτρων που παραλήφθηκαν από το GGSN σε παραμέτρους QoS R99.

Resulting R99 Attribute		Derived from R97/98 Attribute	
Name	Value	Value	Name
Traffic class	Interactive	1, 2, 3	Delay class
	Background	4	
Traffic handling priority	1	1	Delay class
	2	2	
	3	3	
SDU error ratio	10-6	1, 2	Reliability class
	10-4	3	
	10-3	4, 5	
Residual bit error ratio	10-5	1, 2, 3, 4	Reliability class
	4*10-3	5	
Delivery of erroneous SDUs	'no'	1, 2, 3, 4	Reliability class
	'yes'	5	
Maximum bit rate [kbps]	8	1	Peak throughput class
	16	2	
	32	3	
	64	4	
	128	5	
	256	6	
	512	7	
	1024	8	
Allocation/Retention priority	1	1	Precedence class
	2	2	
	3	3	
Delivery order	'yes'	'yes'	Reordering Required (Information in the SGSN and the GGSN PDP Contexts)
	'no'	'no'	
Maximum SDU size	1 500 octets	(Fixed value)	

Πίνακας 9.2 Κανόνες για τον καθορισμό των R99 παραμέτρων από τις R97/98 (3GPP 23.107)

### 9.4.3 Καθορισμός των Παραμέτρων R97/98 από τις Παραμέτρους R99

Η αντιστοίχιση αυτή αναφέρεται στις εξής περιπτώσεις:

- Μεταβίβαση ενός περιεχομένου PDP από ένα GPRS R99 ή UMTS SGSN σε ένα GPRS R97/98 SGSN.
- Όταν ένα R99 MS εκτελεί μια ενεργοποίηση περιεχομένου PDP σε ένα serving R99 SGSN ενώ το GGSN είναι R97/98. Στην περίπτωση αυτή το SGSN πρέπει να αντιστοιχίσει τις QoS παραμέτρους R99 στις R97/98.
- Μια R99 HLR μπορεί να χρειαστεί να αντιστοιχίσει τις αποθηκευμένες παραμέτρους QoS σε παραμέτρους R97/98 για να αποσταλούν με το μήνυμα «Insert Subscriber Data» από την R99 HLR στο R97/98 και R99 SGSN. Η αποθήκευση των R97/98 QoS παραμέτρων στην HLR μαζί με τις R99 είναι ένα θέμα υλοποίησης του δικτύου.

Resulting R97/98 Attribute		Derived from R99 Attribute	
Name	Value	Value	Name
<b>Delay class</b>	1	conversational	Traffic class
	1	streaming	Traffic class
	1	Interactive	Traffic class
			1
	2	Interactive	Traffic class
			2
	3	Interactive	Traffic class
3			Traffic handling priority
4	Background	Traffic class	
<b>Reliability class</b>	2	$\leq 10^{-5}$	SDU error ratio
	3	$10^{-5} < x \leq 5 \cdot 10^{-4}$	SDU error ratio
	4	$> 5 \cdot 10^{-4}$	SDU error ratio
			$\leq 2 \cdot 10^{-4}$
	5	$> 5 \cdot 10^{-4}$	SDU error ratio
			$> 2 \cdot 10^{-4}$
<b>Peak throughput class</b>	1	$< 16$	Maximum bit rate [kbps]
	2	$16 \leq x < 32$	
	3	$32 \leq x < 64$	
	4	$64 \leq x < 128$	
	5	$128 \leq x < 256$	
	6	$256 \leq x < 512$	
	7	$512 \leq x < 1024$	
	8	$1024 \leq x < 2048$	
	9	$\geq 2048$	
<b>Precedence class</b>	1	1	Allocation/retention priority
	2	2	
	3	3	
<b>Mean throughput class</b>	Always set to 31	-	
<b>Reordering Required (Information in the SGSN and the GGSN PDP Contexts)</b>	'yes'	'yes'	Delivery order
	'no'	'no'	

Πίνακας 9.3 Κανόνες για τον καθορισμό των R97/98 παραμέτρων από τις R99 (3GPP 23.107)





# 10. Προφίλ QoS & Οικονομικά Στοιχεία στο UMTS

## 10.1 Η σημασία των προφίλ QoS

Ο χωρισμός των χρηστών σε διαφορετικά προφίλ QoS είναι ένα θέμα που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν από κάθε δίκτυο. Με τα διαφορετικά προφίλ το δίκτυο μπορεί να προσφέρει διαφορετικές υπηρεσίες στους χρήστες και έτσι οι χρήστες μπορούν να επιλέγουν της υπηρεσίες που ανταποκρίνονται καλύτερα στις απαιτήσεις τους.

Επιπλέον το δίκτυο θα είναι σε θέση να υπολογίζει την χρησιμοποίηση των πόρων με την χρήση του Admission Control. Έτσι σε περιπτώσει συμφόρησης θα αναλαμβάνει το Congestion Control το οποίο θα προσπαθεί να επαναφέρει το δίκτυο στην ομαλή κατάσταση φόρτου.

Με την χρήση διαφορετικών προφίλ, οι έλεγχοι εισόδου και συμφόρησης είναι πιο ευέλικτοι καθώς το δίκτυο δεν βασίζεται σε τυχαία επιλογή των χρηστών και έτσι ο κάθε πελάτης γνωρίζει το πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί η κλήση του.

## 10.2 Στρατηγικές Διαχωρισμού Προφίλ

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη στρατηγική διαχωρισμού προφίλ είναι ο λεγόμενος «Ολυμπιακός Διαχωρισμός» όπου τα διαφορετικά προφίλ ονομάζονται ως «Χρυσό», «Ασημένιο» και «Χάλκινο».

Όπως είναι φυσικό το «Χρυσό» προφίλ είναι αυτό με τα περισσότερα προνόμια και φυσικό επακόλουθο είναι να είναι το πιο ακριβό. Οι χρήστες που ανήκουν σε αυτό το προφίλ απολαμβάνουν πάντα το QoS για το οποίο έχουν πληρώσει ακόμα και ένα στο δίκτυο υπάρχει εξαιρετικά μεγάλος φόρτος. Έχουν πρόσβαση σε «εξαιρετικές» υπηρεσίες καθώς οι χρήστες αυτοί θεωρούνται ως οι καλύτεροι πελάτες του δικτύου και για τον λόγο αυτό έχουν πάντοτε την υψηλότερη προτεραιότητα.

Οι χρήστες που ανήκουν στο «Ασημένιο» προφίλ λαμβάνουν και αυτοί πάντα την μια σταθερή ποιότητα, όμως σε κατάσταση μεγάλου φόρτου είναι δυνατόν να διαπιστώσουν μια υποβάθμιση της ποιότητας αυτής. Δεν έχουν τα ίδια προνόμια με αυτά που έχουν οι χρήστες του «Χρυσού» προφίλ, αλλά έχουν την εγγύηση ότι θα έχουν υψηλότερη ποιότητα από αυτή που θα έχουν οι χρήστες της «Χάλκινης» κατηγορίας.

Οι χρήστες του «Χάλκινου» προφίλ είναι αυτοί που υποφέρουν σε καταστάσεις υπερφόρτωσης του δικτύου καθώς έχουν την χαμηλότερη προτεραιότητα. Είναι κατά βάση οι περισσότεροι χρήστες του δικτύου όμως ξοδεύουν τα λιγότερα χρήματα και για τον λόγο αυτό έχουν λιγότερα προνόμια.

Βέβαια υπάρχουν και άλλες στρατηγικές διαχωρισμού των χρηστών. Πολλά δίκτυα διαλέγουν τον διαχωρισμό δύο επιπέδων όπου οι χρήστες που ανήκουν στο υψηλότερο επίπεδο έχουν περισσότερα προνόμια και σε περιπτώσεις συμφόρησης οι πρώτοι που επηρεάζονται είναι οι χρήστες του κατώτερου επιπέδου. Ένας τέτοιος διαχωρισμός δεν μπορεί να προσφέρει στο δίκτυο την ευελιξία που αυτό επιθυμεί και

παρόλο που ο διαχωρισμός των χρηστών είναι πολύ εύκολος υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα κυρίως όσον αφορά την δέσμευση πόρων. Από την άλλη, στρατηγικές διαχωρισμού όπως η «Ολυμπιακή» που είναι πιο πολύπλοκες στην αρχική υλοποίηση προσφέρουν μεγάλη ευελιξία στο δίκτυο και μια πιο σωστή και επωφελής διαχείριση των πόρων του.

Μια άλλη επιλογή είναι η λύση «pay as you go», όπου δεν υπάρχουν διαφορετικά QoS προφίλ και όλοι οι χρήστες έχουν τα ίδια προνόμια. Σε μια τέτοια περίπτωση ο χρήστης αποφασίζει επί τόπου για το ποια υπηρεσία θέλει και με ποια ποιότητα την θέλει και έτσι γίνεται ο διαχωρισμός στην ποιότητα αλλά και στην χρέωση.

### **10.2.1 Ένα δίκαιο σενάριο**

Εάν ένα δίκτυο θέλει να κρατήσει μια δίκαιη στάση θα πρέπει να προσφέρει σε κάθε χρήστη την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει όποια υπηρεσία αυτός επιθυμεί και δεν θα πρέπει να υπάρχουν περιορισμοί σχετικά την διαθεσιμότητα των υπηρεσιών. Έτσι με την χρήση του «Ολυμπιακού» διαχωρισμού οι όλοι οι χρήστες θα έχουν πρόσβαση στις ίδιες υπηρεσίες αλλά ο χρήστης που θα ανήκει στην «Χρυσή» κατηγορία θα έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από αυτόν που ανήκει στην «Ασημένια», ο οποίος θα είναι ανώτερος του «Χάλκινου» χρήστη. Έτσι ο πρώτος θα είναι ικανός να παρακολουθεί ένα βίντεο σε υψηλή ποιότητα, ο δεύτερος θα μπορεί να το παρακολουθεί σε μέτρια ποιότητα και ο τελευταίος θα λαμβάνει την χειρότερη ποιότητα σε σχέση με τους άλλους δύο.

Η ιδέα να παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες της «Χάλκινης» κατηγορίας να έχουν πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες έχει ταυτόχρονα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Με μια τέτοια πολιτική θα αυξηθεί πολύ η πελατειακή βάση ενός δικτύου καθώς σε σχέση με τους ανταγωνιστές θα παρέχεται πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες. Επιπλέον οι πελάτες που ήδη ανήκουν σε αυτή την κατηγορία θα δοκιμάζουν τις νέες αυτές υπηρεσίες και σύντομα θα αρχίσουν να σκέφτονται την μεταπήδηση στην πιο πάνω κατηγορία.

Το κύριο μειονέκτημα από μια τέτοια πράξη είναι όμως η αύξηση στον φόρτο του δικτύου και η εξάντληση των διαθέσιμων πόρων. Σε ένα τέτοιο σενάριο η υπάρχουσα δικτυακή υποδομή δεν θα είναι σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών. Υποθέτοντας ότι οι χρήστες της «Χρυσής» κατηγορίας δεν θα επηρεαστούν από αυτή την κατάσταση, τότε οι χρήστες που δεν θα λαμβάνουν το συμφωνημένο QoS θα είναι αυτοί της «Ασημένιας» κατηγορίας. Βέβαια αυτοί που θα επηρεαστούν πρώτοι είναι όσοι ανήκουν στην «Χάλκινη» κατηγορία καθώς οι παρεχόμενες υπηρεσίες θα έχουν πλέον δραματικά μειωμένη ποιότητα.

Για την αποφυγή μιας τέτοια καταστάσεως είναι αναγκαίος ο προσεκτικός σχεδιασμός των προνομίων και της τιμολογιακής πολιτικής που θα πρέπει να ακολουθηθεί ένα δίκτυο. Επιπλέον θα πρέπει να γίνουν επενδύσεις και όσον αφορά την μεγέθυνση του δικτύου ώστε να είναι επιτυχής η αντιμετώπιση των περιπτώσεων συμφόρησης και αυξημένου δικτυακού φόρτου.

### 10.3 Οικονομικά Στοιχεία στο UMTS

Η οικονομική εκτίμηση των επιστρεφόμενων κερδών από την επένδυση για την δικτυακή υποδομή ενός δικτύου παίζει μεγάλο ρόλο όσον αφορά την τελική απόφαση για την επιλογή μιας συγκεκριμένης στρατηγικής για την ανάπτυξη ενός δικτύου UMTS. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται σε υποθέσεις για την ζήτηση και την ανταπόκριση που θα έχουν ορισμένες υπηρεσίες αλλά και στην τάση των τιμολογίων και των πολιτικών που υπάρχουν σε μία περιοχή.

Η ανάπτυξη ενός δικτύου UMTS είναι μια διεργασία όπου συνυπάρχουν στρατηγικές και οικονομικές αποφάσεις οι οποίες παίζουν μεγάλο ρόλο στον σχεδιασμό της ανάπτυξης νέων υπηρεσιών και της αύξησης της χωρητικότητας του δικτύου μέσα σε ένα οικονομικό κύκλο ζωής. Όσον αφορά τις επενδύσεις στον σχεδιασμό, θα πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των πράξεων των αρχικών χρόνων, που είναι χρονοβόρες και μακροπρόθεσμες και αφορούν την δικτυακή υποδομή και την χωρητικότητα και των πράξεων των μετέπειτα χρόνων, οι οποίες έχουν άμεσα αποτελέσματα και είναι σχετικές με τις τάσεις της αγοράς και τις διάφορες οικονομικοπολιτικές συνθήκες που επικρατούν. Όποια απόφαση επιλεγεί, θα πρέπει να περιέχει μεγάλα περιθώρια ευελιξίας, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν ένα δίκτυο και μια τέτοια μεγάλη επένδυση θα πρέπει να έχει την ικανότητα να προσαρμοστεί στις εκάστοτε συνθήκες με ορισμένες διορθωτικές επεμβάσεις.

Το παραπάνω θα πρέπει να γίνεται για κάθε δίκτυο, πόσο μάλλον για τα δίκτυα 3G τα οποία στοχεύουν σε μία νέα αγορά η οποία έχει πολλές ευκαιρίες υπηρεσίες οι οποίες όμως πρέπει να δοκιμαστούν σε πραγματικές συνθήκες. Από την τεχνική σκοπιά, οι δυνατότητες του νέου εξοπλισμού για χρήση και συνεργασία με μελλοντικές τεχνολογίες δίνει στο δίκτυο μία εγγύηση για αυτή την ικανότητα ευελιξίας όσον αφορά τους ασύρματους διαύλους, την υποδομή του δικτύου κορμού και τις διάφορες πλατφόρμες που θα χρησιμοποιηθούν.

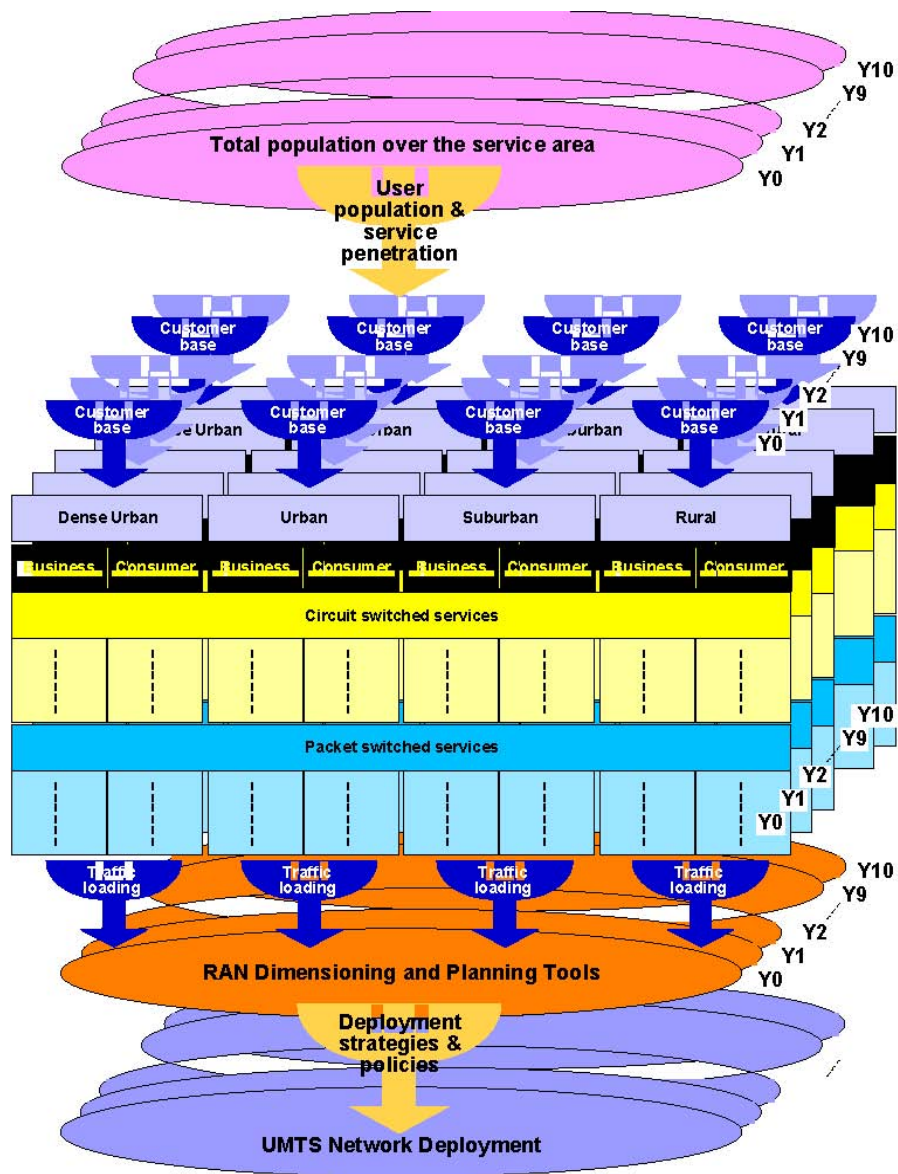
Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται η μεθοδολογία για το πώς θα πρέπει να γίνεται μια τέτοια εκτίμηση. Ένας βασικός παράγοντας είναι η εκτίμηση του δείκτη παρούσας αξίας του δικτύου (Net Present Value/NPV) ο οποίος αφορά την συνολική ροή των χρημάτων έως την παρούσα χρονική στιγμή. Σε ένα λιγότερο επίσημο επίπεδο, η παράμετρος αυτή υποδηλώνει το κέρδος μια επιχείρησης υπολογισμένο στον πρώτο χρόνο (Year 0), για μία σειρά N ετών, όπου το διάστημα N έως 1 αποτελεί τον οικονομικό κύκλο ζωής της επιχείρησης. Για την διευκόλυνση της περιγραφής υπάρχουν αριθμητικά στοιχεία για τις διάφορες παραμέτρους. Βέβαια μια τέτοια ανάλυση δεν οδηγεί πάντοτε σε σωστά συμπεράσματα, αφού οι αποφάσεις που βασίζονται στο NPV εξαρτώνται άμεσα από τις διάφορες υποθέσεις που έχουν γίνει προηγουμένως, υποθέσεις που μπορεί να μην ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και μπορεί να παράγουν εντελώς εσφαλμένα αποτελέσματα.

### 10.3.1. Περιγραφή Επιχειρησιακού Πλάνου

Οι λογικές φάσεις μιας οικονομικής ανάπτυξης είναι οι εξής:

1. Εκτιμάται η ζήτηση για μία περίοδο. Αυτό προϋποθέτει τα εξής βήματα:
  - Εκτίμηση της δυναμικής του πλήθους των χρηστών
  - Εκτίμηση της ανταπόκρισης των υπηρεσιών λαμβάνοντας υ' όψιν παράγοντες όπως η τάξη υπηρεσίας, το περιβάλλον χρήσης, η ηλικία των χρηστών κτλ.
  - Εκτίμηση του παράγοντα δραστηριότητας ανά τύπο και τάξη υπηρεσίας
2. Το RAN θα πρέπει να σχεδιάζεται σε ετήσια βάση ύστερα από μελέτη της αύξησης της ζήτησης ( παράμετροι που αναφέρθηκαν στο 1.) και της ανάγκης για προσθήκη περισσότερων μηχανημάτων στην δικτυακή υποδομή (Node Bs και RNCs) ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις χωρητικότητας. Επίσης λαμβάνεται υπ' όψιν ότι υπάρχουν διαφορετικές ανάγκες για υπηρεσίες στις διάφορες περιοχές και οι πυκνοκατοικημένες περιοχές είναι αυτές που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα.
3. Το δίκτυο κορμού σχεδιάζεται και αυτό σε ετήσια βάση σύμφωνα με της επιπτώσεις στην κίνηση που αναφέρθηκαν στα 1. και 2.. Ο επαναπρογραμματισμός των SGSNs και των GGSNs συμπεριλαμβάνεται και αυτός στον σχεδιασμό αυτό. Αυτός περιλαμβάνει αναβαθμίσει τόσο στο λογισμικό όσο και στο hardware των μηχανημάτων αυτών, αφού πλέον υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις που πρέπει να καλυφθούν. Επίσης λαμβάνεται υπ' όψιν ότι καθώς προχωράμε προς την εποχή του καθολικού IP, ο εξοπλισμός που βασίζεται σε μεταγωγή κυκλώματος θα αφήνει σιγά σιγά την θέση του σε αυτόν που βασίζεται στην μεταγωγή πακέτων.
4. Τα προβλεπόμενα έσοδα από κάθε υπηρεσία θα πρέπει να υπολογιστούν. Αυτός ο υπολογισμός θα λαμβάνει υπ' όψιν τα έσοδα από τις χρεώσεις των τελικών χρηστών αλλά και τον ισοζύγιο μεταξύ των εξόδων και των εισόδων διαφόρων συμφωνιών με τρίτους που μπορεί να εμπλέκονται στην παροχή υπηρεσιών. Στην συνέχεια αυτά τα έσοδα συσχετίζονται με την διακύμανση των τιμών κατά την διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής. Η διακύμανση αυτή οφείλεται κυρίως στις διάφορες τηλεπικοινωνιακές επιτροπές, οι οποίες καθορίζουν τα τιμολόγια σε μία χώρα, αλλά και στην πολιτική των δικτύων που έχουν ως σκοπό την διατήρηση και την αύξηση της πελατειακής τους βάσης.
5. Διεξάγεται ο υπολογισμός του NPV και με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων γίνονται οι όποιες διορθώσεις στην αναπτυξιακή στρατηγική του δικτύου UMTS.

Όλες οι παραπάνω φάσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 10.1

	Year 0	Year 3	Year 4 to 10
	Rel-99	From Rel-99 to Rel-5	Capacity increases
<b>RAN</b>			
Node Bs	55%	55%	60%
RNCs	30%	35%	30%
UTRAN transport infrastructure	15%	10%	10%
<b>Core Network</b>			
MSCs & MSC servers	50%	0%	0%
SGSNs & GGSNs	35%	60%	65%
MGWs	0%	10%	10%
CSCFs, MGCFs, TSGWs, MRFs	0%	20%	15%
Core Network transport infrastructure	15%	10%	10%
	Year 0	Year 3	Year 4 to Year 10
<b>Bussiness</b>	65%	60%	50%
<b>Consimer</b>	35%	40%	50%
<b>Tarrifs</b>	3% yearly reduction over the whole economic life cycle		

Πίνακας 10.1 Παράδειγμα της αναπτυξιακής στρατηγικής σε μια περίοδο 10 ετών

Τα δεδομένα εισόδου για ένα τέτοιο μοντέλο μπορούν αν δοθούν στα εξής σημεία:

- **Τιμές**  
Εκτίμηση των τιμών (υπάρχει χρονική διακύμανση)
- **Κόστος Εξοπλισμού**  
Κόστος του εξοπλισμού για κάθε κόμβο (υπάρχει οικονομική διακύμανση)
- **Κόστος συχνότητων και λογισμικού**
  - Κόστος για την αγορά φάσματος συχνότητων
  - Κόστος για την απόκτηση άδειων λογισμικού
- **Λειτουργικά έξοδα**
  - Συντήρηση
  - Διαχείριση
  - Προσωπικό υπεύθυνο για την σχεδίαση του δικτύου κτλ.
  - Προσωπικό για πωλήσεις και εξυπηρέτηση πελατών
  - Διαφημιστικά έξοδα

Τα δεδομένα εξόδου της ανάλυσης θα είναι:

- Οι απαιτούμενοι πόροι  
Εκτίμηση πόρων δικτύου για τις ανάγκες των χρηστών
- Τα Έσοδα  
Έσοδα ανά υπηρεσία, έσοδα ανά συνδρομητή

### 10.3.2 Σενάρια Ζήτησης και Διείσδυσης Υπηρεσιών

Τα σενάρια ζήτησης υπηρεσιών είναι τα δεδομένα εισόδου για την διεργασία σχεδιασμού και είναι η βάση για τις οικονομικές μελέτες των επιχειρησιακών σχεδίων. Τα σενάρια αυτά δημιουργούνται από έναν συνδυασμό δεδομένων όπως κοινωνικά ζητήματα, πυκνότητα πληθυσμού, περιοχές κάλυψης, προβλεπόμενη αποδοχή των παρεχόμενων υπηρεσιών, ρυθμούς μετάδοσης κτλ.

Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών αρχίζει με την αναγνώριση της περιοχής της υπηρεσίας και του πληθυσμού που υπάρχει εκεί. Από τον συνολικό πληθυσμό βρίσκεται στην συνέχεια ο πιθανός πληθυσμός που θα κάνει χρήση της υπηρεσίας, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ κάποιων ηλικιακών ορίων.

Στην συνέχεια βρίσκεται η τελική πελατειακή βάση υποθέτοντας ένα ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης της περιοχής. Στην συνέχεια υποθέτοντας ορισμένα ποσοστά της έκτασης αυτής ως αστική, ημιαστική κτλ και υποθέτοντας ότι οι κατηγορίες χρήσης της υπηρεσίας σχετίζονται με τον κάθε τύπο περιοχής, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους χρήστες σύμφωνα κριτήρια επιχειρησιακού περιβάλλοντος και τύπου συνδρομής.

Τέλος υποθέτοντας ότι η διείσδυση τόσο των υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου όσο και αυτή των υπηρεσιών μεταγωγής κυκλώματος εξαρτιούνται από το επιχειρησιακό περιβάλλον και από τον τύπο συνδρομής, μπορούμε να υπολογίσουμε το πλήθος χρηστών που είναι εγγεγραμμένοι σε μία υπηρεσία UMTS. Αυτός ο πληθυσμός θεωρείται ομαλά κατανομημένος σε μια περιοχή παροχής της υπηρεσίας, έτσι ώστε να διευκολυνθεί ο υπολογισμός της προσφερόμενης κίνησης και να γίνει έτσι σχεδιασμός του RAN.

Σε αυτό το σημείο υπεισέρχεται ένας παράγοντας δραστηριότητας για κάθε τάξη υπηρεσίας και έτσι υπολογίζεται η συνολική προσφερόμενη κίνηση. Για να ληφθεί η εξέλιξη του σχεδιασμού του RAN η παραπάνω διαδικασία πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο. Αυτό προϋποθέτει ενημέρωση σχετικά με το συνολικό πληθυσμό καθώς και ρύθμιση της διείσδυσης των υπηρεσιών.

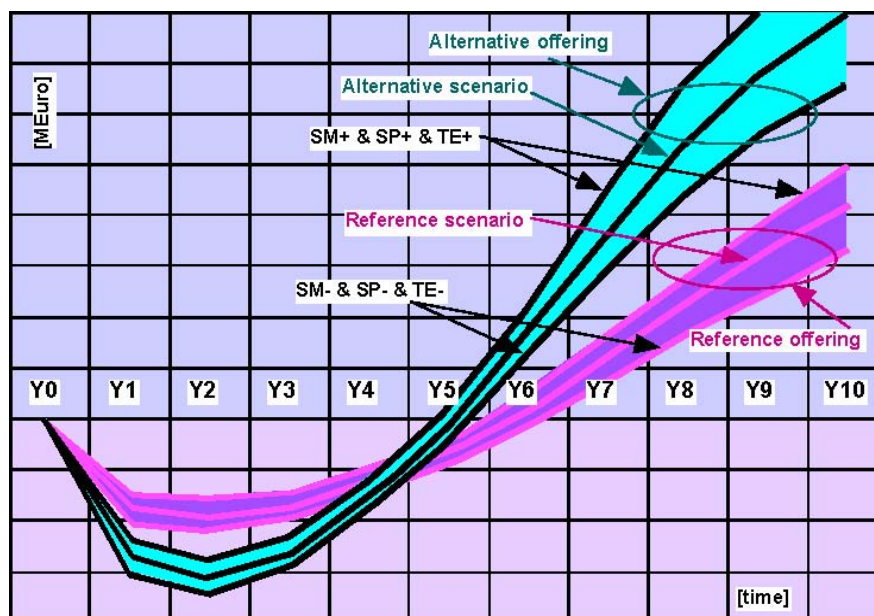
Έτσι όπως είναι λογικό ο αριθμός και η τοποθεσία των Node Bs και των RNCs για το έτος N+1 είναι το άθροισμα αυτών του έτους N με αυτούς που θα χρειασθούν λόγω της αύξησης της πελατειακής βάσης που συνέβη στο διάστημα μεταξύ του έτους N και N+1.

### 10.3.3 Ένα πιθανό μονοπάτι εξέλιξης του UMTS

Για λόγους ευκολίας, στα επόμενα θεωρούμε ότι στο έτος 0 έχουμε εγκατάσταση UMTS R99 και το Rel5 εγκαθίσταται το έτος 3. Βέβαια αυτό δεν ανταποκρίνεται τελείως στην πραγματικότητα καθώς πολλά δίκτυα θα αρχίσουν να λειτουργούν από την αρχή με το Rel5. Αυτό θα συμβεί καθώς δεν έχουν αναπτύξει μέχρι τώρα κάποιο δίκτυο R99 και έτσι δεν θα τους συμφέρει να αρχίσουν να επενδύουν σε μια πιο παλιά έκδοση ενώ οι ανταγωνιστές τους θα προσφέρουν την ίδια στιγμή πιο εξελιγμένες υπηρεσίες με χρήση εκδόσεων νεωτέρων της Rel99.

Επίσης η αναβάθμιση της χωρητικότητας θα γίνεται συστηματικά μέσα στον κύκλο ζωής του συστήματος (ο οποίος έχει τεθεί ίσως με 10 έτη). Άλλες εισοδοί και έξοδοι στο επιχειρησιακό πλάνο φαίνονται στον πίνακα 10.2. Ο δείκτης NPV ο οποίος εξάγεται από το επιχειρησιακό πλάνο για το σενάριο που έχουμε ως παράδειγμα δίνεται στην εικόνα 10.2 Η εικόνα αυτή δείχνει ότι την επιστροφή εσόδων από τις επενδύσεις αρχίζει κάπου στο μέσο του οικονομικού κύκλου του δικτύου. Έως τότε τα

κέρδη αντισταθμίζονται από τις συνεχείς επενδύσεις για την έναρξη των υπηρεσιών. Από την στιγμή όμως που αρχίζει η επιστροφή κεφαλαίου παρατηρείται μια σταθερή αύξηση των εσόδων η οποία διατηρείται μέχρι το τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής.



Εικόνα 10.2 Ο NPV για το παράδειγμα ενός επιχειρησιακού πλάνου

### 10.3.4 Ανάλυση Ευαισθησίας και Πολιτική Προσφοράς Υπηρεσιών

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αποτελούν μόνο προβλέψεις και δεν λαμβάνουν υπ όψιν πολλές άλλες παραμέτρους που μπορεί να έχουν ισχυρή ή όχι επιρροή σε αυτές τις οικονομικές προβλέψεις. Υπάρχουν πάρα πολλές παράμετροι που μπορούν να επιδράσουν στο οικονομικό μέρος της ανάπτυξης ενός δικτύου UMTS οι οποίοι μπορεί να επηρεαστούν είτε από ανακρίβεια στις εκτιμήσεις, είτε από επιλογές των δικτύων τα οποία μπορεί με την σειρά τους να επηρεαστούν από της συνθήκες της αγοράς. Έχουμε δηλαδή μια αλυσιδωτή σχέση που η κάθε αλλαγή σε μία βαθμίδα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες αλλαγές σε όλους τους άλλους παράγοντες. Έτσι λοιπόν γίνεται μια ανάλυση ευαισθησίας για να υπολογιστεί ο βαθμός στον οποίο μπορούν να επηρεάσουν μερικοί παράγοντες το σύστημα. Στο παράδειγμα αυτό αναφέρονται τέσσερις παράγοντες :

- Ζήτηση κίνησης
- Διείσδυση υπηρεσιών
- Διαβάθμιση τιμών
- Προσφορά υπηρεσιών

Ειδικότερα ο χαρακτήρας της προσφοράς υπηρεσιών όπως δόθηκε στο προηγούμενο σενάριο προδιαθέτει για έναν πιο επιθετικό σχεδιασμό των επενδύσεων σε ότι αφορά τις υπηρεσίες. Η υποκείμενη υπόθεση είναι ότι πρέπει να υπάρχει ένα μεγαλύτερο πλήθος υπηρεσιών βασισμένο σε αυτές που ήδη υπάρχουν στα συστήματα



GSM/GPRS , όπως είναι η υπηρεσία πρόσβασης στο Internet και τα MMS. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού τέτοιων διαφορών φαίνεται στην εικόνα 10.2.

Όπως είναι φανερό, η επίδραση ενός τέτοιου διαφορετικού σεναρίου όσον αφορά την προσφορά υπηρεσιών έχει μεγάλο αντίκτυπο στον NPV. Έτσι βλέπουμε πώς έχοντας την ίδια εξέλιξη του πληθυσμού των χρηστών και της συνολική κίνησης, μια αύξηση της προσφοράς υπηρεσιών που γνωρίζει την αύξηση της διείσδυσης των κατηγοριών της πρόσβασης στο Internet και των MMS , θα αποδώσει σημαντικά έσοδα, παρά την μεγαλύτερη έκθεση σε έξοδα σε μια περίοδο του οικονομικού κύκλου της ζωής του δικτύου. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν αν επηρεάσουν και οι άλλοι τρεις παράμετροι, τρόπος που φυσικά εξαρτάται από το αντίστοιχο σενάριο.

Συνοψίζοντας, από τους τέσσερις παράγοντες που λήφθηκαν υπ' όψιν αυτός που έχει την μεγαλύτερη επίδραση στον NPV και στην αναπτυξιακή στρατηγική, είναι η προσφορά υπηρεσιών. Επιπλέον θα είναι καλό να σημειωθεί ότι ο NPV ωφελείται από τον κύκλο «Προσφορά υπηρεσιών – Διείσδυση υπηρεσιών – QoS» εάν ο κύκλος αυτός λειτουργεί ορθά. Τέλος άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον NPV είναι το κόστος των συνδέσεων πρόσβασης στο RAN, τα χρήματα που εξοικονομούνται από την συνύπαρξη των δικτύων 2G και 3G και επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η αξία του χρήματος, πράγμα που επηρεάζει κάθε οικονομία.



# Παράρτημα Α

## A.1 Voice over IP (VoIP)

### **Γιατί είναι επιθυμητή η χρήση του VoIP;**

Γιατί είναι επιθυμητή η χρήση του VoIP και όχι των παραδοσιακών υπηρεσιών μετάδοσης φωνής; Γιατί να μην συνεχιστεί η χρήση της μεταγωγής κυκλώματος η οποία λειτουργεί σωστά όλα αυτά τα χρόνια στα τηλεφωνικά δίκτυα (PSTN); Το VoIP προσφέρει τα εξής τρία πλεονεκτήματα:

- Επιτρέπει σε ένα δίκτυο να μεταφέρει και φωνή και δεδομένα.
- Είναι πιο ωφέλιμο από την μεταγωγή κυκλώματος καθώς απαιτεί λιγότερες επενδύσεις στον τομέα της δικτυακής υποδομής για να μεταφέρει το ίδιο μέγεθος κίνησης.
- Υποστηρίζει προσωπικά δίκτυα φωνής (private voice networks).

Το πρώτο πλεονέκτημα από αυτά είναι προφανές. Επιχειρήσεις που πρόσφεραν υπηρεσίες δεδομένων όπως είναι η πρόσβαση στο Internet μπορούν πλέον με την χρήση του δικτύου τους να μεταφέρουν και φωνή και να εισέλθουν έτσι στην τηλεφωνική αγορά. Επίσης διάφοροι μεγάλοι παροχοί που προσφέρουν και υπηρεσίες φωνής αλλά και υπηρεσίες δεδομένων θα ωφεληθούν αφού πλέον θα μπορούν να έχουν ένα ενοποιημένο δίκτυο και όχι δύο διαφορετικά.

Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι επακόλουθο της διαφοράς μεταξύ των δικτύων μεταγωγής πακέτου και των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος. Όταν δημιουργείται μια σύνδεση σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (όπως είναι το PSTN), τότε δημιουργείται μια σύνδεση η οποία παραμένει ενεργή μέχρι την λήξη του τηλεφωνήματος. Αντιθέτως τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου λειτουργούν εντελώς διαφορετικά. Η συνομιλία κατατιμίζεται σε μικρά πακέτα τα οποία αποστέλλονται στον προορισμό. Μία σύνδεση μπορεί να προωθεί την ίδια στιγμή πακέτα διαφορετικών συνομιλιών σε αντίθεση αυτό που συμβαίνει στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος όπου η κάθε σύνδεση είναι αποκλειστικά στην χρήση ενός μόνο τηλεφωνήματος. Έτσι το VoIP αντικαθιστά τα δύο δίκτυα με ένα κοινό και παράλληλα μειώνει το μέγεθος και το κόστος του δικτύου.

Το τρίτο πλεονέκτημα αναφέρεται σε μεγάλες εταιρίες που έχουν τα γραφεία του διασκορπισμένα σε διάφορες περιοχές. Με την χρήση του VoIP οι εταιρίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιούν το intranet δίκτυο τους για την μεταφορά φωνής και έτσι θα μειωθούν δραματικά οι τηλεφωνικοί λογαριασμοί, καθώς οι κλήσεις θα διεξάγονται μέσα από το προσωπικό δίκτυο της εταιρίας και δεν θα επιφέρουν κανένα επιπλέον κόστος.

### **Προβλήματα του VoIP**

Υπάρχουν δύο μεγάλα προβλήματα που αφορούν την χρησιμοποίηση ενός δικτύου IP για την μεταφορά φωνής. Το πρώτο αφορά την απόφαση για την διαπραγμάτευση των παραμέτρων για μία κλήση. Στο PSTN το χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο σηματοδοσίας είναι το SS7, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει και σε ένα

δίκτυο IP. Εάν όμως χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο αυτό τότε δεν θα μπορεί να γίνει πλήρης εκμετάλλευση των λειτουργιών που προσφέρει το IP, καθώς το SS7 σχεδιάστηκε πρωταρχικά για χρήση σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος.

Το δεύτερο πρόβλημα αφορά το πώς θα μεταδοθεί η επιθυμητή ποιότητα φωνής μέσα από ένα δίκτυο IP χωρίς να υφίστανται μεγάλες και απρόβλεπτες καθυστερήσεις, οι οποίες είναι ένα τυπικό φαινόμενο των δικτύων μεταγωγής πακέτου. Τα πακέτα IP προωθούνται όπως τα γράμματα στο ταχυδρομείο. Έτσι λοιπόν δεν μεταδίδονται όλα μέσω της ίδιας διαδρομής. Λόγω αυτού του γεγονότος το μέγεθος της κάθε διαδρομής είναι διαφορετικό και είναι φυσικό επακόλουθο η εμφάνιση καθυστέρησης καθώς και η παράδοση με λανθασμένη σειρά. Επίσης πολλές φορές στα πακέτα υπάρχουν και λάθη και έτσι δεν φτάνουν στον παραλήπτη όπως ακριβώς έπρεπε να φτάσουν. Όλα τα παραπάνω δεν επηρεάζουν την μεταφορά δεδομένων καθώς υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι ενταμίευσης, όμως για κίνηση που είναι ευαίσθητη στην καθυστέρηση, όπως είναι το VoIP, τέτοιες μέθοδοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Έτσι λοιπόν η Ποιότητα Υπηρεσίας είναι ένα σημαντικό θέμα όσον αφορά το VoIP.

Στην τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία υπάρχει μία διάκριση μεταξύ της πληροφορίας ελέγχου (σηματοδοσία) και την ροή δεδομένων και έτσι σε πολλά πρωτόκολλα ακολουθούν διαφορετικά μονοπάτια μέσα στο δίκτυο. Το όφελος ενός τέτοιου διαχωρισμού είναι ότι επιτρέπεται η χρησιμοποίηση ενός μικρού αριθμού ακριβών μηχανημάτων τα οποία θα μπορούν να διαχειριστούν έναν μεγάλο αριθμό πιο φτηνών μηχανημάτων.

## **Χρήση του TCP ή του UDP;**

Όταν γίνεται αναφορά στο TCP/IP, εννοείται γενικά μια οικογένεια πρωτοκόλλων που περιέχει το TCP (Transport Control Protocol), το UDP (User Datagram Protocol), το IP (Internet Protocol) και ορισμένα πρωτόκολλα χαμηλότερου στρώματος. Τα δεδομένα που στέλνονται με το πρωτόκολλο TCP αναφέρονται ως καταταμήσεις, αυτά που στέλνονται με το UDP αναφέρονται ως πακέτα. Το IP είναι το πρωτόκολλο που βρίσκεται κάτω από το TCP και το UDP και παρέχει μια αναξιόπιστη και χωρίς σύνδεση μεταφορά πακέτων προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση. Τα πακέτα IP ονομάζονται και δεδομενογραφήματα και μπορούν να χαθούν, να διπλασιαστούν ή και να παραδοθούν με λάθος σειρά. Το πλεονέκτημα του IP είναι ότι με την χρήση ενός τέτοιου δεδομενογραφήματος παρέχεται ένας οικουμενικός τρόπος μεταφοράς δεδομένων, χωρίς να μας απασχολεί η υποκείμενη δικτυακή τεχνολογία.

Η υπηρεσία της βίντεο-συνδιάσκεψης και το VoIP είναι παραδείγματα υπηρεσιών που χρησιμοποιούν το UDP. Αυτό γίνεται διότι η διέλευση είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για υπηρεσίες που μεταφέρουν real-time ήχο ή βίντεο. Οι λιγοστές λειτουργίες του UDP σε αντίθεση με το TCP του επιτρέπουν να στέλνει τα δεδομένα με υψηλότερους ρυθμούς. Έτσι μειώνεται η καθυστέρηση. Επίσης η απουσία μια απ' άκρη σ' άκρη σύνδεση επιτρέπουν να γίνεται broadcasting.

## **Το Πακέτο Φωνής**

Οι μορφές που μπορεί να πάρει ένα πακέτο φωνής είναι ειδικά σχεδιασμένες έτσι ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά τους πάνω από το IP, το Frame Relay, το ATM, ή και από άλλα δίκτυα.

Το πακέτο φωνής χρησιμοποιείται για την μετάδοση υψηλής ποιότητας φωνής με εντός ζώνης σηματοδοσία σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου. Για τέτοιες υπηρεσίες απαιτούνται διάφοροι αλγόριθμοι συμπίεσης φωνής καθώς και διάφοροι άλλοι αλγόριθμοι διαχείρισης πακέτων.

Το πακέτο φωνής υποστηρίζει πολλές μορφές συμπίεσης. Μεταξύ αυτών είναι οι αλγόριθμοι G.711 (64kbps u-law/A-law), G.726 (16/24/32/40kbps ADPCM conversion), G.729A(8 kbps CS-ACELP) και G.723.1(5.3 or 6.3 kbps MPMLQ/ACELP).

Επίσης υποστηρίζεται η εντός ζώνης σηματοδοσία (300-3600 Hz) για τον έλεγχο και την διαχείριση κλήσεων που μπορεί να συμβεί μεταξύ του τοπικού κέντρου και του συνδρομητή. Η ανίχνευση και η γέννηση εντός ζώνης είναι απαραίτητη και μπορεί να γίνει με τόνους DTMF και με τόνους call-progress.

Τέλος το πακέτο φωνής υποστηρίζεται και επεξεργάζεται από πολλές συσκευές, όπως είναι τα DSL Modems, τα Cable Modems, τα διάφορα Gateways κτλ. Έτσι ώστε να υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των παραδοσιακών δικτύων μεταγωγής κυκλώματος και των νέων δικτύων μεταγωγής πακέτου.



## Βιβλιογραφία

<b>Βενιέρης Ι.</b>	“Δίκτυα Ευρείας Ζώνης”, 2001
<b>Βενιέρης Ι. &amp; Νικολούζου Ε.</b>	“Τεχνολογίες Διαδικτύου”, 2002
<b>Θεολόγου Μ.</b>	“Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών”, 2002
<b>3GPP</b>	TS 29.002, “Mobile Application Part (MAP) Specification”
<b>3GPP</b>	TS 23.107, “Quality of Service, Concept and Architecture”
<b>3GPP</b>	TS 25.413 “UTRAN Iu Interface RANAP Signalling”
<b>3GPP</b>	TS 29.208, “End to end Quality of Service (QoS) signalling flows”
<b>3GPP</b>	TS 25.221, “ Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD)”
<b>3GPP</b>	TS 12.540, “Utran overall description”
<b>3GPP</b>	TS 12.210 , “Services & Service Capabilities”
<b>3GPP</b>	TS 24.008, “Core network protocols”
<b>3GPP</b>	TR 23.910, “Circuit Switched Data Bearer Services”
<b>3GPP</b>	TS 26.110, “Codec for Circuit Switched Multimedia Telephony Service”
<b>3GPP</b>	TS 26.103, “ Speech Codec List for GSM and UMTS”
<b>3GPP</b>	TS 23.009, “Handover procedures”
<b>3GPP</b>	TS 22.129, “Handover Requirements between UTRAN and GERAN or other Radio Systems”
<b>ATM Forum</b>	“Basic ATM technical characteristics”
<b>ATM Forum</b>	“Next Generation Mobile & Wireless”, 2003
<b>Bali S. &amp; Korah J.</b>	“Quality of Service Issues in 3G Wireless Networks”, ECPE 6504: Network QoS
<b>Campbell A., Coulson G. &amp; Hutchison D.</b>	“A Quality of Service Architecture”, ACM Computer Communications Review, 4/1994
<b>Dixit S., Yile Guo Y. &amp; Antoniou Z.</b>	“Resource Management and Quality of Service in Third-Generation Wireless Networks”, IEEE Communications Magazine, 2/2001
<b>Engman C.</b>	“Quality of Service”, 2G1303, Telecom vs Computer com
<b>Ericsson</b>	“A Framework for QoS & Mobility in the Internet Next Generation”
<b>Ericsson</b>	“Quality of Service concepts and solutions for UMTS based IP Multimedia services”
<b>Ericsson</b>	“End-to-end QoS in PS Domain”, ETG/P-1:1215_5505, 18/1/2002
<b>Grillo D., Montagna M., Alfano F., Colombo A., &amp; Ricci S.</b>	“Implementation Options, QoS Aspects and Economics of Phased UMTS Deployment”, Alcatel Italia S.p.A
<b>Heiska K.</b>	“UMTS Architecture, protocols and logical Channels”, 25/1/2002
<b>Horney C.</b>	“Quality of Service and Multi-Protocol Label Switching”, Nuntius Systems Inc.

<b>IT&amp;TM</b>	“QoS Working Group “DiffServ Code Point Mapping Philosophy for the UMTS Core Network”
<b>Kappler C.</b>	“QoS in UMTS emphasis on the IP-based part of the UMTS core network”, Research & Concepts for future Mobile Networks – ICM, Siemens AG, Berlin
<b>Maniatis S., Nikolouzou E. &amp; Venieris I.</b>	“QoS issues in the converged 3G wireless and wired networks”, IEEE Communications Magazine, 8/2002
<b>Lataouis O., T. Rachidis T., Samuel L. G., Gruhl S. &amp; Hong Yan R.H.</b>	“A QoS Management Architecture for Packet Switched 3rd Generation Mobile Systems”
<b>Laukkanen J.</b>	“UMTS Quality of Service Concept and Architecture”, 4/5/2002
<b>Nortel Networks Inc.</b>	“QoS Performance requirements for UMTS”, TSG-SA Working Group 1 (services) meeting #3, Surrey, UK 10th-12th May 1999
<b>Nortel Network, Inc</b>	“UMTS02 QoS Solution FN”, UMT/SYS/DD/0085
<b>Polyzos G.</b>	“Supporting Quality of Service Supporting Quality of Service in the Wireless Internet”, Department of Informatics, Athens University of Economics and Business
<b>Rivera N.</b>	“Technical Overview of UMTS”
<b>Tanenbaum A.</b>	“Computer Networks”, Prentice-Hall
<b>Trillium Digital Systems</b>	“Third Generation (3G) Wireless”, 2002
<b>Vodafone, Telia, France Telecom.</b>	“Requirements on Handover for 3G”, 3GPP TSG RAN WG4 #2, Turin, Italy, 15 – 19 February 1999
<b>Xipeng XiaoX. &amp; Ni L.</b>	“Internet QoS: A Big Picture”, IEEE Network , 3/1999