



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ



Διπλωματική Εργασία
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης



«Παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας στο UMTS με τη χρήση Ενοποιημένων Υπηρεσιών»
(Quality of Service in UMTS – Integrated Services)

Κονταράκη Μαρία

Επιβλέπων: Γεώργιος Ξυλωμένος

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2005



Περίληψη	4
Εισαγωγή	4
1. UMTS	6
1.1 Αρχιτεκτονική UMTS	6
1.2 Radio Access Network (RAN)	8
1.3 Core Network (CN)	9
1.3.1 Serving GPRS Support Node (SGSN)	11
1.3.2 Gateway GPRS Support Node (GGSN)	11
1.3.3 Home Subscriber Server (HSS)	12
2. IMS	13
2.1 Βασικά στοιχεία του IMS	14
2.1.1 Call State Control Function (CSCF)	14
2.1.2 Media Gateway Control Function (MGCF)	15
2.1.3 Media Resource Function (MRF)	16
3. Quality of Service (QoS)	17
3.1 Τι είναι QoS	17
3.2 QoS στο UMTS	18
3.3 Παράμετροι QoS	19
3.4 Αρχιτεκτονική QoS	19
3.5 Κατηγορίες QoS	21
4. Τι είναι το μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών	23
4.1 Συνιστώσες του μοντέλου IntServ	23
4.2 Υπηρεσίες IntServ	25
4.3 Μειονεκτήματα του μοντέλου IntServ	25
5. Πρωτόκολλο RSVP	27
5.1 Περιγραφή – Λειτουργία Πρωτοκόλλου RSVP	28
5.2 Μειονεκτήματα του RSVP	30
6. Policy based QoS	31
6.1 PDP Context	31
6.1.1 Ενεργοποίηση Primary PDP Context	31
6.1.2 Ενεργοποίηση Secondary PDP Context	32
6.2 Προβλήματα παροχής QoS σε IP πολυμεσικές υπηρεσίες από άκρο-σε-άκρο	33
6.3 Αρχιτεκτονική του Policy Based QoS	34
6.4 Εγκαθίδρυση και Έλεγχος Συνόδου (Session Setup and Control)	36
7. Mobile IP	39
7.1 Λειτουργία του πρωτοκόλλου Mobile IP	39

7.2 Βελτιστοποίηση της Διαδρομής (Route Optimization)	41
8. QoS over UMTS – 1^η Προτεινόμενη Λύση.....	43
8.1 IP QoS.....	43
8.2 Περιγραφή της προτεινόμενης QoS αρχιτεκτονικής	45
8.3 Περιγραφή της λειτουργίας του πρωτοκόλλου RSVP	49
8.4 Συμπεράσματα Αρχιτεκτονικής.....	51
9. Mobile RSVP - 2^η Προτεινόμενη Λύση.....	52
9.1 Λειτουργία του Πρωτοκόλλου.....	52
9.1.1 Εγκαθίδρυση Mobile RSVP Σύνδεσης (Mobile RSVP Connection Set-up)	52
9.1.2 Προοδευτική Δέσμευση Πόρων (Progressive Resource Reservation).....	53
9.1.3 Διαδικασία Hand-Over.....	54
9.1.4 Δυναμικός Διαμοιρασμός Πόρων (Dynamic Resource Sharing)	55
9.2 Προσομοίωση	56
9.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης	57
9.2.2 Συμπεράσματα	58
9.3 Προβλήματα πρωτοκόλλου Mobile RSVP	59
10. Συμπεράσματα.....	60
11. Λεξικό Ακρονύμων.....	61
12. Αναφορές.....	63

Περιλήψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται δύο προτάσεις για την επίτευξη ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service – QoS), για IP κίνηση, σε συστήματα κυψελικών δικτύων και πιο συγκεκριμένα στο σύστημα UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Αναλύεται η αρχιτεκτονική του UMTS και οι απαιτήσεις των εφαρμογών πραγματικού χρόνου (όπως πολυμεσικές εφαρμογές). Εξηγείται πώς η τεχνολογία καλύτερης προσπάθειας (best-effort) αποτυγχάνει να υποστηρίζει τέτοιου είδους εφαρμογές και πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η τεχνολογία Integrated Services (Ενοποιημένες Υπηρεσίες – IntServ) για την παρογή ποιότητας υπηρεσίας σε δίκτυα UMTS.

Εισαγωγή

Η ασύρματη επικοινωνία είναι μία από τις γρηγορότερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες στο γύρο των τηλεπικοινωνιών. Οι υπηρεσίες και ο εξοπλισμός είναι οικονομικά προσιτές στο ευρύ κοινό και οι γρήγορες αρχήσουν να συγχθίζουν στην ευκολία γρήγορης των τηλεπικοινωνιών αυτών και των εφαρμογών που προσφέρουν. Η εξέλιξη, της ασύρματης επικοινωνίας ξεπέρασε τη μετάδοση φωνής και έκανε δυνατή τη μετάδοση πολυμέσων και δεδομένων η οποία υποστηρίζεται από το σύστημα UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Το σύστημα UMTS είναι ένα κυψελικό σύστημα 3rd γενιάς συγεδιασμένο να υποστηρίζει πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου με δυνατότητες βελτιωμένης διαχείρισης του εύρους ζώνης. Για την εξυπηρέτηση τέτοιου είδους εφαρμογών είναι απαραίτητος ο σαφής καθορισμός της ποιότητας υπηρεσίας που πρέπει να προσφέρει το σύστημα. Ωστόσο, τη επίτευξη ποιότητας υπηρεσίας από άκρο-σε-άκρο σε ένα δίκτυο, όπου συμπεριλαμβάνεται και το Internet, εισάγει αρκετή πολυπλοκότητα τόσο από την πλευρά της εφαρμογής όσο και από την πλευρά του δικτύου, σε ότι αριθμά την αρχιτεκτονική και τη διαχείρισή του. Αυτού του είδους τα προβλήματα γίνονται ακόμα πιο πολύπλοκα στο περιβάλλον της κινητής επικοινωνίας. Σε ένα δίκτυο κινητής επικοινωνίας όπου δεν περιλαμβάνεται το Internet είναι δυνατόν να παρέχονται υπηρεσίες με ικανοποιητική ποιότητα, ενώ στην περίπτωση που το Internet βρίσκεται ανάμεσα στον αποστολέα και στον παραλήπτη, η εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας γίνεται αρκετά πιο δύσκολη λόγω του ότι το Internet είναι ένα πολύσύνθετο δίκτυο καλύτερης προσπάθειας (best-effort).

Οι σημαντικότερες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει μια οποιαδήποτε πρόταση ή οποια υπόσχεται πολυμεσικές εφαρμογές σε κυψελικό δίκτυο είναι:

- η εγγυημένη παρογή ποιότητας υπηρεσίας σε ένα κατά βάση best-effort δίκτυο μετακίνησης πακέτων και

β) η διαχείριση της κινητικότητας σε ένα δίκτυο ασύρματης πρόσβασης και η παρογή αδιάλειπτων υπηρεσιών σε κόμβους που κινούνται! διαρκώς από κυψέλη σε κυψέλη.

Ερχαρμογές πραγματικού γρόνου (όπως το VoIP) δε μπορούν να υλοποιηθούν πάνω στο Internet, γιατί λόγω της best-effort αρχιτεκτονικής του δε μπορεί να προσφέρει καμία εγγύηση, για την ποιότητα της υπηρεσίας, παρά προσφέρει ό,τι καλύτερο μπορεί ανάλογα με το φόρτο του δικτύου. Οι ευχαρμογές πραγματικού γρόνου δεν είναι ανεκτικές στην καθυστέρηση, και απαιτούν σαφώς καθορισμένες προδιαγραφές μετάδοσης οι οποίες με τη σειρά τους εξασφαλίζονται από την ποιότητα υπηρεσίας. Στην εργασία παρουσιάζεται η τεχνολογία Integrated Services (Ενοποιημένες Υπηρεσίες – IntServ) για την παρογή ποιότητας υπηρεσίας σε ένα UMTS δίκτυο.

Στα κείματα 1 έως 5 αναλύεται το σύστημα UMTS, η έννοια του QoS, η τεχνολογία IntServ και το πρωτόκολλο RSVP (για τη διαχείριση της δέσμευσης των πόρων). Τα κείματα 6 και 7 περιγράφουν την αρχιτεκτονική του Policy Based QoS και τι είναι το πρωτόκολλο Mobile IP. Όλα τα παραπάνω συστήματα και τεχνολογίες συμπεριλαμβάνονται στις δύο προτάσεις (QoS over UMTS και Mobile RSVP) τα οποία παρουσιάζονται στα κείματα 8 και 9, καταλήγοντας στα συμπεράσματα στο κείμαιο 10.

1. UMTS

Το σύστημα UMTS έχει καθιερωθεί ως το πρότυπο σύστημα από τον οργανισμό 3rd Generation Partnership Project (3GPP¹) το οποίο θα αποτελέσει το μελλοντικό σύστημα κινητών επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας και θα υποστηρίξει υπηρεσίες μεταγωγής πακέτων (Packet Switched – PS) καθώς και υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched – CS). Η υποστήριξη και των δύο αυτών τύπων υπηρεσιών είναι αναγκαία, αφού το σύστημα αξιοποιεί και εκμεταλλεύεται την εγκατεστημένη υπάρχουσα υποδομή δικτύου (δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος), για να προσφέρει νέες υπηρεσίες (πολυμεσικές πραγματικού γρόνου και γρήγορη ασύρματη πρόσβαση στο Internet) τη υλοποίηση των οποίων γίνεται ειρηνή μόνο σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Στόχος των συστημάτων 3rd γενιάς είναι να δώσει, στους γρήγορες κινητής τηλεφωνίας πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε ένα ευρύ φάσμα πολυμεσικών υπηρεσιών, οπουδήποτε κι αν βρίσκονται, και επίσης να είναι συμβατά με συστήματα 2nd γενιάς, όπως το GSM.

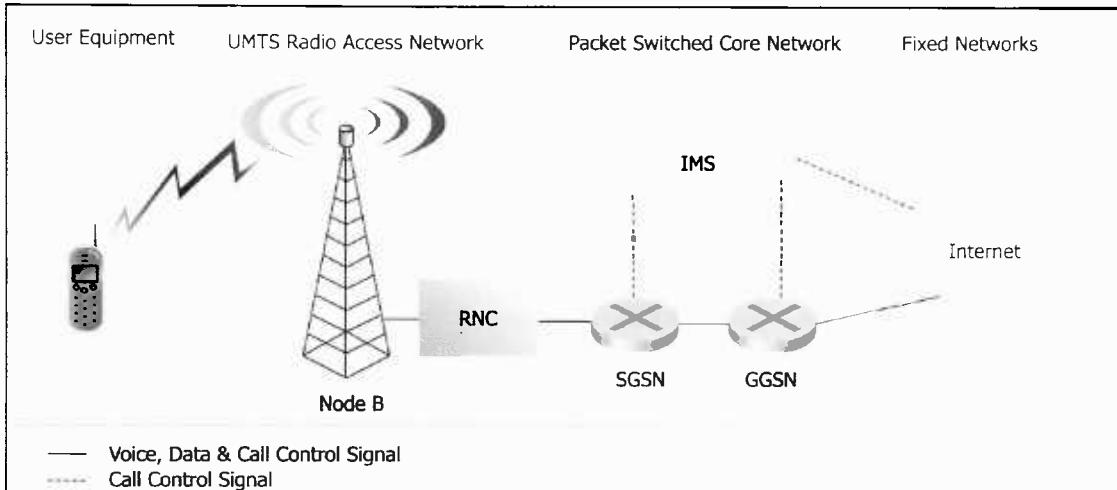
1.1 Αρχιτεκτονική UMTS

Το UMTS αποτελείται από δύο υποσυστήματα :

- 1) Το Radio Access Network (RAN). Το RAN [12] συντίθεται από όλα εκείνα τα στοιχεία του δικτύου που προσφέρουν στους γρήγορες πρόσβαση στο UMTS μέσω ραδιοκυμάτων. Ο τερματικός εξοπλισμός των γρηγορών (κινητό τηλέφωνο, φορητός υπολογιστής, PDAs, κ.α.) συνδέεται στο UMTS μέσω του RAN.
- 2) Το Κεντρικό Δίκτυο (Core Network – CN). Το CN [12] συντίθεται από όλα εκείνα τα στοιχεία δικτύου τα οποία προσφέρουν στους γρήγορες τις υπηρεσίες του UMTS, και είναι ανεξάρτητο της ασύρματης τεχνολογίας που έχει γρηγοριμοποιηθεί.

Αυτός ο διαγωρισμός επιτρέπει σε διαφορετικά RAN και CN υποσυστήματα να συνδυαστούν προσφέροντας έτσι πολλαπλά εξελικτικά μονοπάτια από το 2G στο 3G. Η αρχιτεκτονική του UMTS υποστηρίζει και τα δύο πρωτόκολλα IPv4 και IPv6. Πλαρακάτω απεικονίζεται και αναλύεται η αρχιτεκτονική του UMTS.

¹ 3GPP (3rd Generation Partnership Project) : συλλογική συμφωνία που δημιουργήθηκε το 1998 και συσπειρώνει μία ομάδα από φορείς προτυποποίησης τηλεπικοινωνιών, γνωστών ως “Organizational Partners”.



Σχήμα 1: Αρχιτεκτονική UMTS

- Ο τερματικός εξοπλισμός του χρήστη (**User Equipment**) π.χ. κινητό τηλέφωνο, επικοινωνεί ασύρματα με το κεντρικό δίκτυο μέσω του RAN.
- Το **UMTS Radio Access Network** παρέχει την ασύρματη πρόσβαση του εξοπλισμού του χρήστη προς το βασικό δίκτυο. Αποτελείται από ένα ή περισσότερα ασύρματα υποσύστημα (Radio Network Subsystems – RNSs). Κάθε RNS αποτελείται από το σταθμό βάσης (Node B) και τον ελεγκτή ασύρματου δικτύου (Radio Network Controller – RNC). Οι δύο διαφορετικοί τύποι RAN : το GERAN (GSM EDGE RAN) και το UTRAN (UMTS Terrestrial RAN) τα οποία αναλύονται σε επόμενη ενότητα.
- Το **Packet Switched Core Network** αποτελείται από όλα εκείνα τα στοιχεία που χρειάζεται το δίκτυο για να παρέχει UMTS υπηρεσίες. Παρέχει μεταγωγή, δρομολόγηση και μεταφορά πακέτων δεδομένων από και προς το Internet, PSTN και άλλους κινητούς χρήστες. Επίσης, αποθηκεύει βάσεις δεδομένων με πληροφορίες που είναι απαραίτητες για το δίκτυο και παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης δικτύου. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη μεταγωγή πακέτων είναι το SGSN και το GGSN (αναλύονται σε επόμενη ενότητα).
- Το υποσύστημα **IMS** (IP Multimedia Subsystem) [12] εμπλουτίζει τη βασική IP συνδεσιμότητα του UMTS προσθέτοντας δικτυακές οντότητες οι οποίες χειρίζονται την εγκαθίδρυση και τον έλεγχο πολυμεσιών συνόδων μεταφοράς (sessions) και την προετοιμασία για το QoS. Συνδέεται στο Internet όπως και στα δίκτυα PSTN/ISDN και έχει τη δυνατότητα να τερματίζει τόσο κλήσεις φωνής όσο και πολυμεσιές κλήσεις στο Internet και στα δίκτυα PSTN/ISDN.

1.2 Radio Access Network (RAN)

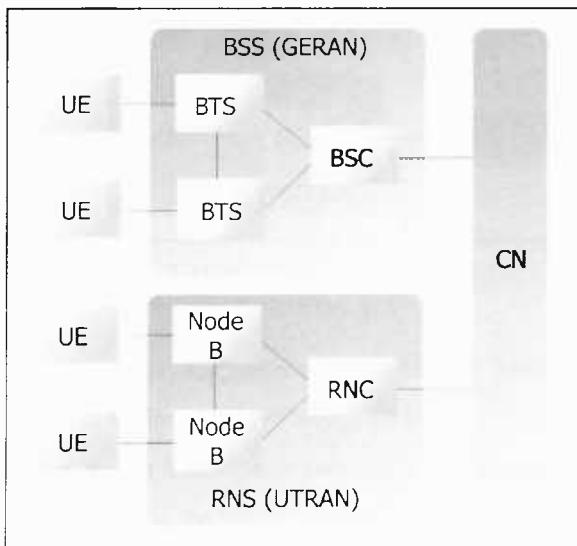
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η κύρια λειτουργία του RAN είναι να παρέχει σύνδεση μεταξύ του τερματικού εξοπλισμού του χρήστη και του CN. Τα δύο είδη RAN υπάρχουν, το μεν πρώτο για να αξιοποιεί τις υπάρχουσες υποδομές και το δε δεύτερο για να υποστηρίζει τις υπηρεσίες της νέας γενιάς. Το ένα από τα δύο είδη RAN που υποστηρίζει το UMTS είναι το GERAN (βλ. Σχήμα 2), το οποίο είναι μία εξέλιξη του Global System for Mobile Communications (GSM) και υποστηρίζει General Packet Radio Service (GPRS). Το GERAN ικανύπτει μία αρκετά μεγάλη περιοχή γύνωστή ως Base Station Subsystem (BSS). Το BSS γωρίζεται σε μικρότερες περιοχές και κάθε μία ελέγχεται από έναν Base Station Controller (BSC). Κάθε BSC γωρίζεται σε κελιά κάθε ένα από τα οποία εξυπηρετείται από τον Base Transceiver Station (BTS). Το GERAN υποστηρίζει EDGE τεχνολογία (Enhanced Data rates for GSM Evolution), η οποία επαναγρησμοποιεί τις συγγότητες του GSM και παρέχει καλύτερο υέρος ζώνης, γρησμοποιώντας προγραμμάτιση διαμόρφωση και κωδικοποίηση σήματος. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων που υποστηρίζει είναι 384 kbps σε αστικές περιοχές και 144 kbps σε αγροτικές περιοχές, γωρίς να αλλάξει τις δομές FDMA (Frequency Division Multiple Access) και TDMA (Time Division Multiple Access) του GSM. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το GERAN να υποστηρίζει πολλές από τις υπηρεσίες που προσφέρονται από τα UMTS δίκτυα, αλλά η συμβατότητά του με το GSM οδηγεί στην παρουσία περιορισμένων ρυθμών μετάδοσης, γι' αυτό γρειάζεται μία διαχρονική τεχνολογία για να μπορεί να εξυπηρετεί υπηρεσίες που απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

Μία τέτοια τεχνολογία είναι το UTRAN, το δεύτερο είδος RAN που υποστηρίζεται από το UMTS (βλ. Σχήμα 2). Στο UTRAN ένα η περισσότερα κελιά εξυπηρετούνται από έναν σταθμό βάσης (Node-B). Πολλαπλοί σταθμοί βάσης συνδέονται σε έναν Radio Network Controller (RNC), και πολλαπλά RNCs συγχωνεύονται σε έναν Radio Network Subsystem (RNS). Το UTRAN γρησμοποιεί τεχνολογία W-CDMA για να μοιράζεται τη διαθέσιμη συγγότητα μεταξύ πολλαπλών ταυτόχρονων κλήσεων. Η τεχνολογία αυτή λειτουργεί σε δύο καταστάσεις : στην Frequency Division Duplexing (FDD), όπου οι μεταδόσεις (uplink / downlink) γίνονται σε διαφορετικές συγγότητες, και στην Time Division Duplexing (TDD), όπου οι μεταδόσεις χρησιμοποιούν την ίδια συγγότητα και πολυπλέκονται ως προς τον χρόνο. Η κατάσταση TDD είναι πιο ευέλικτη όσον αφορά τη κατανομή του φάσματος αλλά είναι πιο πολύπλοκη ως προς τον συγχρονισμό.

Το UTRAN, σε αντίθεση με το GERAN, υποστηρίζει ταχύτητες στο ύψος των 2048 kbps. Η επίτευξη τέτοιων ταχυτήτων είναι αποτέλεσμα όχι μόνο της τεχνολογίας W-CDMA, η οποία διαχειρίζεται όσο καλύτερα γίνεται τη κατανομή του υέρους ζώνης, αλλά και του ελέγχου της (power control) που εκτελεί το UMTS δίκτυο. Στην τελευταία περίπτωση, οι μεταδόσεις μεταξύ του τερματικού εξοπλισμού του χρήστη και του σταθμού βάσης γρησμοποιούν τη μικρότερη

δυνατή ισχύ για να επιτύχουν το απαιτούμενο επίπεδο αξιοπιστίας, ανάλογα πάντα με την απόσταση μεταξύ τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνονται οι παρεμβολές μεταξύ των κλήσεων και επομένως το σύστημα να παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Επιπλέον, το UTRAN υπερέχει στην διαχείριση των handovers², σε σύγκριση με το GERAN. Όταν ο τερματικός εξοπλισμός του χρήστη μετακινείται από κυψέλη σε κυψέλη (και έχει ανοιχτή μία σύνδεση), τότε εκτελείται ένα handover. Επειδή το GERAN χρησιμοποιεί διαφορετικές συχνότητες σε κάθε κυψέλη, υποστηρίζει *hard handover*, κατά το οποίο ο ασύρματος σύνδεσμος στην παλαιά κυψέλη αποσυνδέεται πριν να δημιουργηθεί η νέα ασύρματη σύνδεση στη νέα κυψέλη. Αντίθετα, επειδή το UTRAN χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα παντού (η διαφοροποίηση γίνεται στην κωδικοποίηση), υποστηρίζει *soft handover*, κατά το οποίο η νέα ασύρματη σύνδεση στη νέα κυψέλη δημιουργείται πριν να γίνει η αποσύνδεση στη προηγούμενη κυψέλη. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια του handover ποτέ δεν καταστρέφεται η σύνδεση του χρήστη.



Σχήμα 2: Radio Access Network

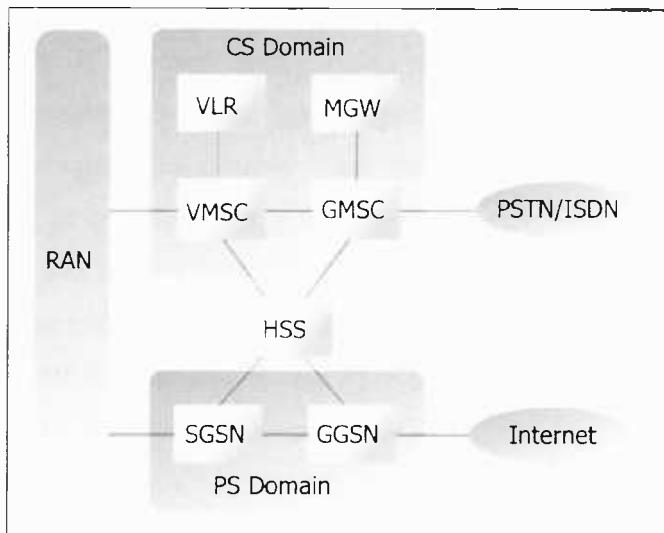
1.3 Core Network (CN)

Οι κύριες λειτουργίες του Core Network είναι να παρέχει δρομολόγηση και μεταγωγή πακέτων. Το CN χωρίζεται σε δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched – CS) και σε δίκτυο μεταγωγής πακέτου (Packet Switched – PS) (βλ. Σχήμα 3). Τα δύο υποδίκτυα αυτά υπάρχουν, το μεν πρώτο για να αξιοποιεί τις υπάρχουσες υποδομές και το δε δεύτερο για να

² Handover : το πέρασμα μιας συνόδου μετάδοσης από μία κυψέλη σε μία άλλη για την εξυπηρέτηση ενός χρήστη που κινείται μεταξύ δύο κυψελών.

υποστηρίζει τις υπηρεσίες νέας γενιάς.

Το CS δίκτυο είναι μία εξέλιξη του GSM, ενώ το PS του GPRS, τροποποιημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χειρίστούν UMTS υπηρεσίες. Και τα δύο αυτά δίκτυα έχουν μία βάση δεδομένων, την Home Subscriber Server (HSS), η οποία περιέχει πληροφορίες που έχουν σχέση με τις προτιμήσεις των χρηστών, με στοιχεία για την πιστοποίησή τους και την διαχείριση της θέσης τους.



Σχήμα 3: Core Network

Στο CS δίκτυο, οι κλήσεις διαχειρίζονται από δύο Mobile Switching Centers (MSCs) : τον Gateway MSC (GMSC) και τον Visitor MSC (VMSC). Ο GMSC τοποθετείται στο οικιακό δίκτυο (home network) του χρήστη, ενώ ο VMSC στο επισκεπτόμενο δίκτυο (visited network). Όταν ο χρήστης εισέρχεται σε ένα νέο δίκτυο, το VMSC ενημερώνει το τοπικό Visitor Location Register (VLR) για την ύπαρξη του και στη συνέχεια το VLR ενημερώνει τον κατάλληλο HSS για τη νέα του θέση. Οι εισερχόμενες κλήσεις αρχινά κατευθύνονται στο GMSC, ο οποίος ζητάει από τον HSS την τρέχουσα θέση του χρήστη και στη συνέχεια προωθεί την κλήση στον κατάλληλο VMSC. Οι εξερχόμενες κλήσεις ακολουθούν το αντίστροφο μονοπάτι, από τον VMSC στο GMSC στο οικιακό δίκτυο του χρήστη. Για κλήσεις όπου η αφετηρία και ο προορισμός τους είναι το PSTN/ISDN, χρησιμοποιείται ο Media GateWay (MGW) από τον GMSC ο οποίος εκτελεί τις απαιτούμενες μετατροπές.

Στο PS δίκτυο, οι κλήσεις διαχειρίζονται από δύο GPRS Support Nodes (GSN) : τον Gateway GSN (GGSN) και τον Serving GSN (SGSN). Ο GGSN τοποθετείται στο οικιακό δίκτυο του χρήστη, ενώ ο SGSN στο επισκεπτόμενο δίκτυο. Παρόλο που ο HSS παρέχει όλες τις

πληροφορίες που σχετίζονται με τον χρήστη, το GGSN γνωρίζει πάντα τον τρέχον SGSN που χειρίζεται το χρήστη. Έτσι δεν υπάρχει λόγος για ύπαρξη ξεχωριστού VLR στο PS δίκτυο. Για αλήσεις όπου η αφετηρία και ο προορισμός τους είναι το Internet, ο GGSN λειτουργεί σαν IP δρομολογητής μεταξύ του UMTS δίκτυου και του Internet.

Επειδή το PS δίκτυο βασίζεται στο GPRS, είναι απαραίτητο να παρουσιαστούν κάποιες λεπτομέρειες γι' αυτό. Το GPRS αρχικά σχεδιάστηκε για να μεταφέρει κάθε είδος πακέτων δεδομένων. Αντίθετα, το UMTS υποστηρίζει μόνο IP πακέτα. Ο τερματικός εξοπλισμός του χρήστη για να αποκτήσει IP σύνδεση πρέπει πρώτα να συνδεθεί στο GPRS δίκτυο. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ο χρήστης πιστοποιείται από τη βάση δεδομένων του HSS και ο τοπικός του SGSN δημιουργεί δύο contexts : ένα Mobility Management Context συνδέοντας λογικά τον κινητό κόμβο με το SGSN (για τη διαχείριση των υπηρεσιών) και ένα IP PDP context συνδέοντας την ροή με το GGSN (αναλύεται στο κεφάλαιο 6). Μετά την αποκατάσταση της πρώτης σύνδεσης ο τερματικός εξοπλισμός είναι γνωστός στο UMTS δίκτυο, αλλά δεν μπορεί ακόμα να επικοινωνήσει. Μετά τη δημιουργία του PDP context ο χρήστης μπορεί να στείλει και να λάβει IP πακέτα δεδομένων μέσω του SGSN και του GGSN.

1.3.1 Serving GPRS Support Node (SGSN)

Ο SGSN [24] είναι ένας κόμβος, που βρίσκεται στο επισκεπτόμενο δίκτυο, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη διανομή των πακέτων από και προς έναν κινητό κόμβο μέσα σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Οι λειτουργίες που περιλαμβάνει είναι : δρομολόγηση και μεταφορά πακέτων, διαχείριση κινητικότητας (attach/detach, location management), διαχείριση λογικού συνδέσμου, διαχείριση πόρων, πιστοποίηση και λειτουργίες χρέωσης.

1.3.2 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

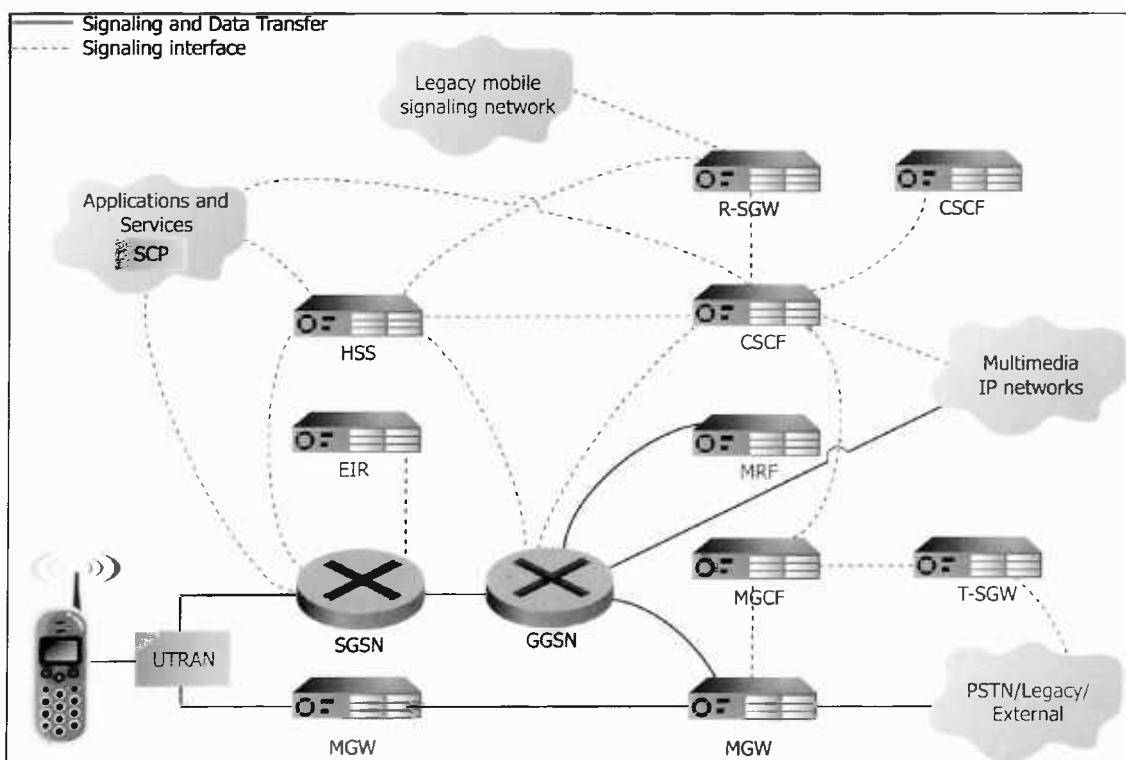
Ο GGSN [24] είναι ένας κόμβος, που βρίσκεται στο οικιακό δίκτυο, ο οποίος λειτουργεί σαν μία διεπαρχία, μεταξύ του UMTS Core Network και των εξωτερικών δίκτυων μεταγωγής πακέτου (radio network and IP network). Μετατρέπει τα πακέτα που έρχονται από το SGSN στην κατάλληλη μορφή και τα στέλνει στο επιλεγμένο δίκτυο δεδομένων. Το GGSN εκτελεί επίσης λειτουργίες πιστοποίησης και χρέωσης. Η τοπική λειτουργία της εγγραφής (register) αποθηκεύει προσωπικά δεδομένα του συνδρομητή, τα οποία έργουνται από τον HSS και το SGSN.

1.3.3 Home Subscriber Server (HSS)

Ο HSS τηρεί μία κύρια βάση δεδομένων η οποία περιλαμβάνει όλους τους χρήστες των δικτύων με τα οποία επικοινωνεί. Σκοπός της βάσης αυτής είναι να αποθηκεύει τα γαρακτηριστικά και τις διαθέσιμες σε κάθε χρήστη υπηρεσίες. Επίσης, χρησιμοποιείται και για να γνωστοποιεί τη θέση και τη πρόσβαση κάθε χρήστη. Παρέχει πληροφορίες που έγουν σχέση με τους χρήστες είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω άλλων εξυπηρετητών. Π.χ. ταυτότητα χρήστη, υπηρεσίες στις οποίες έχει πρόσβαση ο συνδρομητής, λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις υπηρεσίες, πληροφορίες σχετικές με τη διαχείριση της κίνησης του χρήστη, και πληροφορίες σχετικές με την πιστοποίησή του. Στόχος του HSS είναι να μεταφέρει τις κατάλληλες πληροφορίες στην κατάλληλη οντότητα του CN και τελικά να παρέχει την εγκαθίδρυση της κλήσης, την ασφάλειά της, την πιστοποίησή της, την αναγνώρισή της κ.τ.λ. Τέλος, έχει τη δυνατότητα να έχει πρόσβαση σε άλλους εξυπηρετητές πιστοποίησης (π.χ. AUC, AAA).

2. IMS

Το IMS [24] χρησιμοποιεί δίκτυο μεταγωγής πακέτου για τη μετάδοση πολυμεσιών εφαρμογών. Υποστηρίζει πολύπλοκες πολυμεσικές IP συνόδους με εγγύηση παροχής ποιότητας υπηρεσίας για κάθε πολυμεσικό συστατικό. Επίσης, συνεργάζεται και με τις παραδοσιακές τηλεφωνικές υπηρεσίες και με εξωτερικές πολυμεσικές IP υπηρεσίες. Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι προσφέρει μία κλιμακωτή πλατφόρμα πάνω στην οποία μπορούν να αναπτυχθούν γρήγορα και ευέλικτα νέες υπηρεσίες, χωρίς να απαιτούνται αλλαγές στο PS δίκτυο.



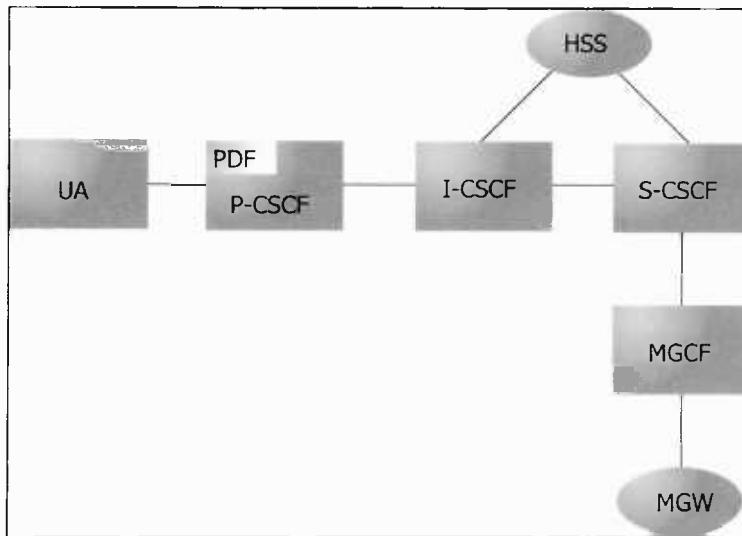
Σχήμα 4: Αρχιτεκτονική UMTS με το IMS

Τα στοιχεία που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα αποτελούν το IMS το οποίο είναι ένα υποσύστημα μεταγωγής πακέτου του UMTS.

2.1 Βασικά στοιχεία του IMS

2.1.1 Call State Control Function (CSCF)

To CSCF [24] μπορεί να λειτουργεί σαν: α) Proxy CSCF (P-CSCF), β) Serving CSCF (S-CSCF), γ) Interrogating CSCF (I-CSCF).



Σχήμα 5: Αρχιτεκτονική του CSCF

P-CSCF

Το P-CSCF βρίσκεται στο επισκεπτόμενο δίκτυο και είναι το πρώτο σημείο επαφής του UE με το IMS CN. Λειτουργεί σαν proxy. Δέχεται ερωτήσεις και στη συνέχεια είτε τις εξυπηρετεί είτε τις προωθεί σε άλλους εξυπηρετητές. Επίσης, το P-CSCF λειτουργεί και σαν αντιπρόσωπος του χρήστη (user agent). Πιο συγκεκριμένα, σε μη κανονικές συνθήκες μπορεί να τερματίσει και ανεξάρτητα να ενεργοποιήσει SIP (Session Initiation Protocol) δοσοληψίες.

Η Policy Decision Function (PDF) είναι μία λογική μονάδα του P-CSCF. Οι λειτουργίες που εκτελούνται από το P-CSCF είναι οι εξής:

- Προωθεί τα SIP μηνύματα και τις απαντήσεις από και προς τον UE.
- Διατηρεί μία ασφαλή σύνδεση μεταξύ του ιδίου και κάθε UE.
- Εκτελεί την συμπλεση/αποσυμπλεση των SIP μηνυμάτων.
- Εξουσιοδοτεί τις πηγές και διαχειρίζεται το QoS.

S-CSCF

Το S-CSCF βρίσκεται στο οικιακό δίκτυο και εκτελεί υπηρεσίες που ελέγχουν τη σύνοδο για το UE. Διατηρεί πληροφορίες που έχουν σχέση με την κατάσταση της συνόδου. Σε ένα δίκτυο διαχορετικοί S-CSCF μπορεί να έχουν διαχορετικές λειτουργίες. Κάποιες από τις λειτουργίες που εκτελούνται είναι:

- Δέχεται αιτήσεις εγγραφής και κοινοποιεί αυτές τις πληροφορίες εγγραφής μέσω ενός τοπικού εξυπηρετητή (π.γ. HSS).
- **Πρόσες**
 - Έλεγγος ροών
 - Άλληεπιδραση με άλλες πλατφόρμες που προσφέρουν υπηρεσίες.
 - Υπάρχει η δυνατότητα να τερματιστούν ή να δημιουργηθούν SIP δοσοληψίες.
 - Παρέχει στο UE πληροφορίες σχετικές με τις υπηρεσίες.
 - Προωθεί τα SIP μηνύματα στους I-CSCF, P-CSCF εκ μέρους των συνδρομητών.

I-CSCF

Το I-CSCF βρίσκεται στο οικιακό δίκτυο και είναι ένα σημείο επαρφής μέσα σε ένα δίκτυο όταν μία κλήση προορίζεται σε γρήστη του συγκεκριμένου δίκτυου ή σε γρήστη που βρίσκεται σε αυτό το δίκτυο λόγω περικινώγης. Κάθε δίκτυο μπορεί να έχει πολλά I-CSCF. Οι λειτουργίες που εκτελεί είναι:

- **Εγγραφή**
 - Σε κάθε γρήστη αντιστοιχίζεται ένα S-CSCF. Η αντιστοίχιση αυτή εκτελείται με SIP εγγραφή.
- **Διαχείριση συνόδου (session)**
 - Δρομολογεί τα εισερχόμενα SIP μηνύματα τα οποία προορίζονται σε ένα S-CSCF.
 - Αποκτά τη διεύθυνση του S-CSCF από την HSS.
 - Προωθεί τα SIP μηνύματα στον κατάλληλο S-CSCF (αφού τον έγει προσδιορίσει από το προηγούμενο βήμα).

2.1.2 Media Gateway Control Function (MGCF)

Η ουτότητα MGCF:

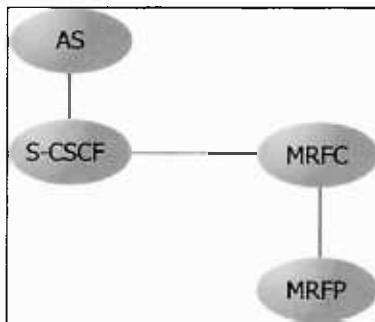
- Ελέγγει τα τμήματα εκείνα της κλήσης τα οποία αναφέρονται στον έλεγχο της

σύνδεσης.

- Επικοινωνεί με το CSCF.
- Επιλέγει το κατάλληλο CSCF βασιζόμενο σε κάποιο αριθμό της εισερχόμενης κλήσης.
- Εκτελεί μετατροπή πρωτοκόλλου μεταξύ Legacy και R00 διατύπου
- Προωθεί πληροφορίες προς το CSCF/MGW (Media GateWay).

2.1.3 Media Resource Function (MRF)

Η αρχιτεκτονική της οντότητας MRF παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική του MRF

Το MRF χωρίζεται στον Multimedia Resource Function Controller (MRFC) και στον Multimedia Resource Function Processor (MRFP).

Οι εργασίες του MRFC είναι να:

- Ελέγχει τις πηγές media stream στο MRFP
- Μεταφράζει πληροφορίες που έρχονται από έναν AS (Application Server) και από τον S-CSCF και ελέγχει το MRFP.

Οι εργασίες του MRFP είναι να:

- Ελέγχει τον κομιστή (bearer) μεταξύ των MRFP και GGSN.
- Παρέχει πηγές για να ελεγχθούν από το MRFC.
- Επεξεργάζεται media streams.

3. Quality of Service (QoS)

3.1 Τι είναι QoS

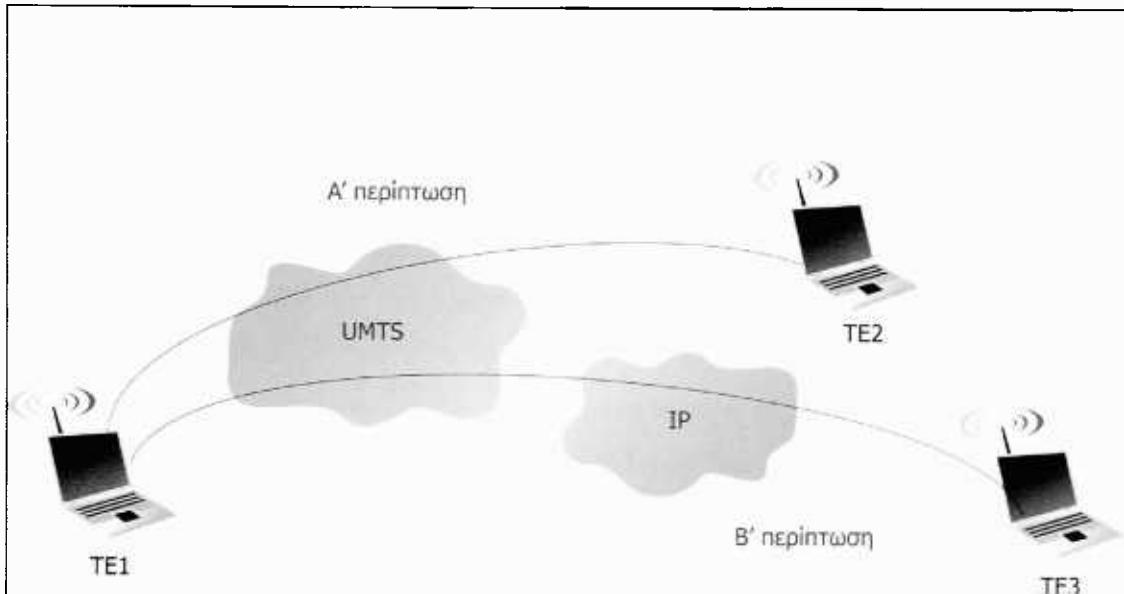
QoS είναι ένα σύνολο διαδικασιών των οποίων στόχος είναι να εξυπηρετήσουν τις εισεργόμενες ροές (ήχος, φωνή, βίντεο, δεδομένα) με την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση και διαχορασμό των διαθέσιμων πόρων.

Από την οπτική γωνία του δικτύου, το QoS δίνει τη δυνατότητα να εξυπηρετηθούν διαφορετικές υπηρεσίες με διαφορετική προτεραιότητα και σε δίκτυα με μεταβλητούς ρυθμούς κυκλοφορίας. Η εξυπηρέτηση κάθε υπηρεσίας εξαρτάται από το εύρος ζώνης, το ρυθμό λαθών, το γρόνο καθυστέρησης ο οποίος μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με το φόρτο που υπάρχει στο δίκτυο κάθε δεδομένη στιγμή. Συκοπός του QoS είναι η μέγιστη εκμετάλλευση των υπαρχόντων πόρων, έτσι ώστε να εξυπηρετηθούν όσο γίνεται περισσότερες υπηρεσίες με το βέλτιστο τρόπο.

Το παραδοσιακό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (GSM) εγγυάται υψηλό και σταθερό QoS χρησιμοποιώντας μεταγωγής κυλώματος για εφαρμογές πραγματικού γρόνου, οι οποίες καταναλώνουν πολύ χωρητικότητα από το σύστημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένας σύνδεσμος δεσμεύει πόρους για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης και επομένως οι πόροι παρέχονται ακόμη, και όταν δεν μεταχέρουνται δεδομένα. Από την άλλη μεριά, το δίκτυο μεταγωγής πακέτων επιτρέπει μία πιο αποτελεσματική, αποδοτική γρήση, της χωρητικότητας του συστήματος, του αδρανούς γρόνου και της πολιτικής ογκοχρέωσης. Επίσης, η τεχνολογία μεταγωγής πακέτων είναι αυτή που γρησιμοποιείται στις ραδιοζεύξεις, ενδείκνυται για τη γρήγορη ανάπτυξη πολύπλοκων υπηρεσιών και έτσι βρίσκεται σε εξέλιξη στο γώρο των τηλεπικοινωνιών.

Το QoS από-άκρο-σε-άκρο (End-to-End QoS) [6] σημαίνει ότι η αποτίμηση της υπηρεσίας πραγματοποιείται από την πλευρά του ακραίου γρήστη. Ο ακραίος γρήστης μπορεί να είναι ένα τερματικό ή ακόμη και ένα άλλο 3G δίκτυο. Η απαίτηση για QoS από-άκρο-σε-άκρο στο UMTS υπονοεί ότι όλα τα εμπλεκόμενα δίκτυα (όπως ασύρματα, IP) χρειάζονται διαχείριση του QoS (βλ. συγκέντρωση 7).

Για να επικοινωνήσουν δύο τερματικοί εξοπλισμοί (TE1-TE2 και TE1-TE3) (βλ. συγκέντρωση 7) μπορούν να γρησιμοποιούν το ασύρματο δίκτυο και το UMTS δίκτυο (Α' περίπτωση) ή να εμπλέκονται και ένα εξωτερικό IP δίκτυο (Β' περίπτωση). Στην περίπτωση που οι τερματικοί εξοπλισμοί επικοινωνούν με τον πρώτο τρόπο, τότε οι μηχανισμοί του UMTS QoS είναι αρκετοί. Στην άλλη περίπτωση όμως, το QoS από-άκρο-σε-άκρο εξαρτάται από το UMTS δίκτυο, τους μηχανισμούς QoS του εξωτερικού IP δικτύου και τη μεταξύ τους επικοινωνία.



Σχήμα 7: Δυνατότητες Συνδεσιμότητας από-άκρο-σε-άκρο

3.2 QoS στο UMTS

Τα συστήματα δεύτερης γενιάς αναπτύχθηκαν για να υποστηρίζουν μετάδοση φωνής. Η επίδραση όμως του Internet οδήγησε στην ραγδαία αύξηση της κίνησης πακέτων δεδομένων, κάνοντας έτσι απαραίτητη την ανάπτυξη ενός κινητού δικτύου το οποίο να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει τόσο πακέτα δεδομένων όσο και φωνή. Προκειμένου να ολοκληρωθεί η ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου πρέπει να μειωθεί το κόστος του, να εκμεταλλευθεί όσο γίνεται καλύτερα το εύρος ζώνης και να υποστηριχθούν πολυμεσικές εφαρμογές. Τα συστήματα τρίτης γενιάς έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν εφαρμογές τόσο μεταγωγής πακέτου όσο και μεταγωγής κυκλώματος.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του UMTS είναι ότι η πληροφορία που παράγεται από πολλαπλές πηγές μπορεί να πολυπλεχθεί αποτελεσματικά και να μεταδοθεί από το ίδιο μέσο. Το UMTS υποστηρίζει κίνηση με διαφορετικό εύρος ζώνης και διαφορετικές απαιτήσεις ως προς το QoS. Η κίνηση που παράγεται από υπηρεσίες μετάδοσης πακέτων είναι απρόβλεπτη. Συνήθως στη μετάδοση πακέτων υπάρχει μια ανεκτικότητα στην καθυστέρηση και το jitter (βλ. § 3.3), όχι όμως και στην απώλεια των πακέτων. Αντίθετα, στη μετάδοση φωνής και εφαρμογών πραγματικού χρόνου υπάρχει συγκεκριμένος περιορισμός στην επιτροπή καθυστέρησης και μια μικρή ανεκτικότητα στο ρυθμό σφαλμάτων.

Τα συστήματα τρίτης γενιάς προσφέρουν πολυμεσικές εφαρμογές με αποτέλεσμα να υπάρχουν απαιτήσεις ως προς την ποιότητα υπηρεσίας από άκρο-σε-άκρο. Η κύρια δυσκολία που αντιμετωπίζεται σε τέτοιου είδους συστήματα οφείλεται στην κίνηση των κόμβων από κυψέλη σε

κυψέλη καθώς επίσης και στην απρόβλεπτη κατάσταση του συνδέσμου. Το Internet δεν παρέχει ποιότητα υπηρεσίας αλλά προσπαθεί να κάνει το καλύτερο (best-effort). Προσπαθεί να εκμεταλλευτεί όσο καλύτερα γίνεται τους διαθέσιμους πόρους. Αυτή η έλλειψη της παροχής ποιότητας υπηρεσίας οδήγησε την IETF (Internet Engineering Task Force) να αναζητήσει υποστήριξη QoS μέσω των μηχανισμών : 1) το μοντέλο Integrated Services [28] και 2) το μοντέλο Differentiated Services [29]. Το μεν πρώτο παρέχει υπηρεσίες από άκρη σε άκρη δεσμεύοντας πόρους και δίνει τη δυνατότητα σε κάθε εφαρμογή να ζητήσει συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας, αλλά δεν είναι κλιμακούμενο σε μεγάλο αριθμό ροών, επειδή κάθε κόμβος πρέπει να χρατάει πληροφορίες συγετικές με την κατάσταση κάθε ροής. Το δε δεύτερο παρέχει QoS σε υψηλότερο επίπεδο, κατηγοριοποιώντας τις εισερχόμενες ροές και βασίζεται στο τύπο της ροής και όχι σε συγκεκριμένες απαιτήσεις που μπορεί να έχει κάθε ροή.

3.3 Παράμετροι QoS

Σε ένα δίκτυο PS για να καθοριστεί το QoS, λαμβάνεται υπ' όψιν ένας αριθμός από παραμέτρους. Αυτοί οι παράμετροι είναι :

Latency : Η καθυστέρηση που υπάρχει για να μεταδοθεί ένα πακέτο δεδομένων από τη μία άκρη της συνόδου στην άλλη.

Jitter : Η απόκλιση που μπορεί να υπάρχει κατά τη μετάδοση ενός συνόλου πακέτων δεδομένων εντός μίας συγκεκριμένης ροής. Αυτή η παράμετρος επηρεάζει κυρίως πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού γρόνου, όπου η μετάδοση των πακέτων δεν πρέπει να γίνεται με αποκλίσεις, γιατί έτσι τα πακέτα θα φτάνουν σε λάθος σειρά, καταστρέφοντας τη συνοχή των δεδομένων.

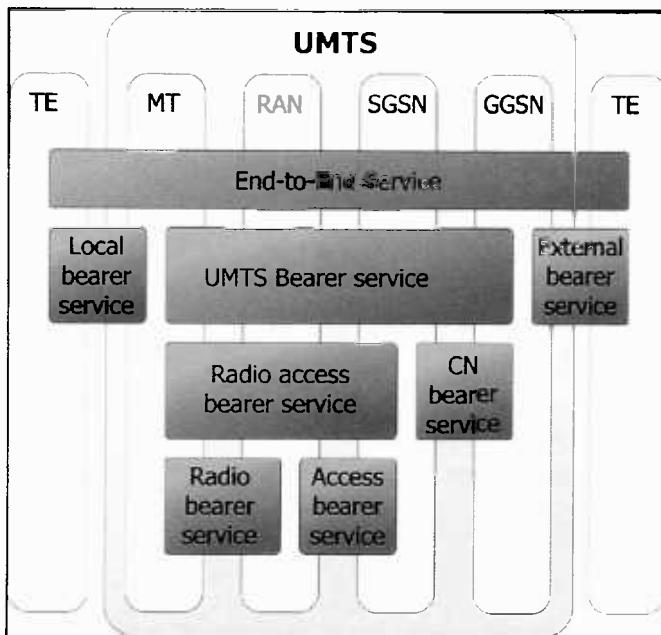
Throughput : Η ποσότητα των δεδομένων που μεταδίδεται επιτυγχώς από τη μία άκρη στην άλλη στη μονάδα του γρόνου.

Packet Loss: Το ποσοστό των πακέτων που γίνονται κατά τη μετάδοσή τους. Κάθε εφαρμογή έχει διαφορετική ανοχή στο αριθμό των πακέτων που μπορούν να γαθούν.

3.4 Αρχιτεκτονική QoS

Η 3GPP έγινε υιοθετήσει μία αρχιτεκτονική στρωμάτων για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας στο UMTS [1]. Πιο συγκεκριμένα, η υπηρεσία από άκρο-σε-άκρο χωρίζεται σε επιμέρους υπηρεσίες έτσι ώστε να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, σε κάθε σύνδεση μεταξύ των κόμβων, το QoS. Το σύγκριτο 8 δείγνει την επικοινωνία ενός χρήστη, συνδεδεμένου στο UMTS δίκτυο, με έναν γυρήστη, συνδεδεμένο σε άλλο δίκτυο, το οποίο μπορεί να είναι PSTN/ISDN/Internet. Το

QoS από άκρο-σε-άκρο εξαρτάται από την ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρεται από κάθε επιμέρους υπηρεσία κομιστή (bearer service)³ που υπάρχει στο μονοπάτι της σύνδεσης.



Σχήμα 8: Λογιτεκτονική QoS από άκρο-σε-άκρο

Η τοπική υπηρεσία κομιστή (local bearer service) προσφέρεται είτε πάνω από μία τοπική σύνδεση είτε εσωτερικά στον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη. Είναι απαραίτητη για να ολοκληρωθεί η σύνδεση και κάποιες άλλες λειτουργίες όπως η σηματοδοσία⁴. Η UMTS υπηρεσία κομιστή (UMTS bearer service) είναι η πραγματική υπηρεσία που παρέχεται από το UMTS δίκτυο και αποτελείται από δύο υπο-υπηρεσίες :

- Την υπηρεσία κομιστή ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Bearer Service), η οποία παρέχεται από το RAN και
- Την υπηρεσία κομιστή κεντρικού δικτύου (Core Network Bearer Service), η οποία παρέχεται από το CN.

Αυτές οι υπηρεσίες χωρίζονται όταν το UMTS δίκτυο περιλαμβάνει διαφορετικά RANs (π.χ. UTRAN, GERAN) και διαφορετικά CNs (π.χ. PS, CS, IMS). Επίσης, η Radio Access Bearer υπηρεσία αποτελείται από δύο υπο-υπηρεσίες:

³ Υπηρεσία κομιστή (bearer service): μία υπηρεσία η οποία παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων ανάμεσα στον χρήστη και στα σημεία πρόσβασης (access points). Κάθε κομιστής ορίζεται χρησιμοποιώντας τις QoS παραμέτρους, οι οποίοι ορίζουν τύπο κακλοφορίας, ρυθμόνς μετάδοσης, αναλογία λαθών.

⁴ Σηματοδοσία (signaling): κάθε είδους επικοινωνία η οποία κωδικοποιεί μηνύματα.

- Την ασύρματη υπηρεσία κομιστή (Radio Bearer Service), η οποία παρέχεται από τον ασύρματο σύνδεσμο και
- Την υπηρεσία κομιστή πρόσβασης (Access Bearer Service), η οποία παρέχεται μέσα στο ενσύρματο τμήμα του RAN.

Τέλος, ανάμεσα στο CN και στον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη υπάρχει η εξωτερική υπηρεσία κομιστή (external bearer service), η οποία παρέχεται από κάποιο εξωτερικό δίκτυο. Μία τέτοια υπηρεσία μπορεί να είναι μία αλήση φωνής από ένα PSTN δίκτυο ή μία IP σύνοδος (session).

3.5 Κατηγορίες QoS

Η δομή του UMTS αποτελεί μία πρόκληση ως προς το γεγονός ότι μπορεί να μεταφέρεται ποικίλους τύπους εφαρμογών στο ίδιο μέσο και με μία ποικιλία από διαφορετικά QoS. Για να μπορέσει το UMTS να ανταπεξέλθει στα απαιτούμενα QoS παρέχει τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες [1]:

- Την **Conversational class**, η οποία είναι κατάλληλη για εφαρμογές πραγματικού χρόνου με περιορισμές στη καθυστέρηση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η υπηρεσία της τηλεϊωνίας.
- Την **Streaming class**, η οποία επίσης είναι κατάλληλη για εφαρμογές πραγματικού χρόνου και είναι ανεκτική σε περιορισμένες καθυστερήσεις. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η υπηρεσία media streaming.
- Την **Interactive class**, η οποία είναι κατάλληλη για εφαρμογές ερωταποκρίσεων και υπάρχει υψηλή αξιοπιστία και λογική καθυστέρηση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει το web browsing.
- Την **Background class**, η οποία είναι κατάλληλη για εφαρμογές που έχουν σχέση με τη μεταφορά αρχείων και υπάρχει επίσης υψηλή αξιοπιστία. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η υπηρεσία FTP.

Παρόλο που και η conversational class και η streaming class είναι κατάλληλες για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, μόνο η conversational απαιτεί χαμηλή καθυστέρηση από άκρο-σε-άκρο. Παρομοίως, παρόλο που και η interactive class και η background class είναι κατάλληλες για εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου, μόνο η interactive class απαιτεί λογική καθυστέρηση από άκρο-σε-άκρο.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι παράμετροι ως προς την ποιότητα υπηρεσίας για κάθε κατηγορία.

Traffic class	Conv.	Str.	Int.	Back.
Maximum bit rate (Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης)	X	X	X	X
Maximum packet size (Μέγιστο μέγεθος πακέτου)	X	X	X	X
Packet error ratio (Αναλογία λαθών στα πακέτα)	X	X	X	X
Residual bit error ratio (Εναπομείναντας Ρυθμός Σφαλμάτων)	X	X	X	X
Delivery order (Σειρά παράδοσης πακέτων)	X	X	X	X
Delivery of erroneous packets (Παράδοση λανθασμένων πακέτων)	X	X	X	X
Allocation/Retention priority ⁵	X	X	X	X
Guaranteed bit rate (Εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης)	X	X		
Transfer delay (Καθυστέρηση μετάδοσης)	X	X		
Packet format information (Πληροφορίες για τη μορφή του πακέτου)	X	X		
Source statistics descriptor (Περιγραφής στατιστικών πηγής)	X	X		
Traffic handling priority (Προτεραιότητα χειρισμού κυκλοφορίας)			X	
Signaling indication (Κανάλι Σηματοδοσίας)			X	

Πίνακας 1: Παράμετροι QoS ανά κατηγορία

Οι κατηγορίες του QoS είναι γνωστές καθώς και οι παράμετροι τους, αυτό που εκκρεμεί είναι να διαλεγετεί ο κατάλληλος μηχανισμός με τις κατάλληλες παραμέτρους, έτσι ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας για κάθε κομιστή (bearer). Ένας τρόπος για να διακρίνει κανείς την πολιτική για παροχή ποιότητας υπηρεσίας είναι να χρησιμοποιήσει την policy – based αρχιτεκτονική (βλ. Ενότητα 6).

⁵ Allocation priority : η σειρά προτεραιότητας με την οποία ο έλεγχος αποδοχής (admission control) αποδέχεται ή όχι τις κλήσεις κατά την άριξη τους. Retention priority : η σειρά προτεραιότητας με την οποία οι κλήσεις διατηρούνται ή τερματίζονται με σκοπό να εξυπηρετηθούν υψηλότερης προτεραιότητας εισερχόμενες κλήσεις.

4. Τι είναι το μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών

Οι Ενοποιημένες Υπηρεσίες (Integrated Services – IntServ) [28] είναι ένα μοντέλο για την εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας σε ένα δίκτυο PS, όπως το Internet. Εγγυάται την παρογή ποιότητας υπηρεσίας και είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί τόσο σε επίπεδο multicast όσο και σε επίπεδο unicast. Παρέχει QoS από άχρο-σε-άχρο σε εφαρμογές που μεταδίδονται πάνω από ετερογενή δίκτυα και συνεργάζεται άμεσα με το πρωτόκολλο RSVP (βλ. ενότητα 5). Αρχικά θα γίνει αναφορά σε μερικές προϋποθέσεις του μοντέλου. Η πρώτη προϋπόθεση είναι ότι οι πόροι, π.χ. το εύρος ζώνης, πρέπει να διαχειρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η εξυπηρέτηση των απαιτήσεων κάθε εφαρμογής. Μία άλλη προϋπόθεση είναι ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί το Internet σαν κοινή υποδομή, για να υποστηριχθούν αποδοτικά τόσο οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου όσο και οι εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου. Γενικά, κάθε νέα υποδομή πρέπει να συμβαδίζει με την υπάρχουσα και να μην δημιουργείται μία παράλληλη η οποία να εξυπηρετεί μόνο τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Προκειμένου να δεσμευθούν οι κατάλληλοι πόροι, για να υπάρξει εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας, υπόργουν δύο μοντέλα πρωτοκόλλων : το “hard state” (HS - connection-oriented) και το “soft state” (SS – connectionless). Στην περίπτωση του HS, ένα προκαθορισμένο μονοπάτι δημιουργείται και καταστρέφεται στα πλαίσια ενός πλήρους ντετερμινιστικού τρόπου με συνεργασία μεταξύ των δρομολογητών. Το δίκτυο αναλαμβάνει την ευθύνη για την δημιουργία και την μετέπειτα καταστροφή της συγκεκριμένης κατάστασης. Πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας πρέπει να είναι αξιόπιστα ως προς τις επαναμεταδόσεις, τις αποδείξεις παραδόσεων (acks), την ανίγνευση και την αντικατάσταση, υπωλειών. Το πρωτόκολλο RSVP γρησιμοποιεί την SS προσέγγιση, η οποία θεωρεί τη δέσμευση της κατάστασης σαν πληροφορία, η οποία είναι εγκατεστημένη και ανανεώνεται περιοδικά από τους ακραίους hosts. Τα αγρησιμοποίητα μονοπάτια τερματίζονται μετά από την πάροδο συγκεκριμένου χρόνου από τους δρομολογητές. Αν το μονοπάτι αλλάξει, ενημερώνεται αυτόματα μέσω μηνυμάτων ανανέωσης. Η προσέγγιση αυτή επιλέγει για να εκμεταλλευτεί την απλότητα και τη ρωμαλεότητα που έχουν επιδείξει τα connection-less πρωτόκολλα, όπως το IP.

4.1 Συνιστώσες του μοντέλου IntServ

Στο μοντέλο IntServ, οι δρομολογητές είναι εκείνοι που πρέπει να υλοποιήσουν το καταίγητο QoS για κάθε ροή. Ο μηχανισμός, ο οποίος δημιουργεί τα διαφορετικά QoS, ονομάζεται έλεγχος κυριοφορίας (traffic control) και με τη σειρά του υλοποιείται από τις συνιστώσες :

- 1) τον χρονοπρογραμματιστή πακέτων (packet scheduler),
- 2) τον κατηγοριοποιητή πακέτων (packet classifier) και
- 3) τον έλεγχο αποδοχής (admission control).
- 4) Το πρωτόκολλο RSVP (Resource ReSerVation Protocol)

Οι βασικότερες διαδικασίες για τη σωστή λειτουργία του μοντέλου είναι : η διαδικασία της δέσμευσης των πόρων και η διαδικασία ελέγχου αποδοχής μίας ροής. Πλρακάτω θα παρουσιαστούν περιληπτικά οι τέσσερις συνιστώσες του μοντέλου IntServ.

➤ Χρονοπρογραμματιστής Πακέτων (Packet Scheduler)

Διαγειρίζεται την προώθηση διαφορετικών πακέτων διαφορετικών ροών, γρηγοριοποιώντας μηχανισμούς, όπως ουρές προτεραιότητας, γρονθόμετρα, αλγόριθμους γρονοπρογραμματισμού. Επίσης, πρέπει να επιβεβαιώσει ότι κάθε εισερχόμενο πακέτο ανταποκρίνεται στις παραμέτρους QoS της αντίστοιχης ροής. Ο packet scheduler ενεργοποιείται όταν τα πακέτα βρίσκονται στην ουρά.

➤ Κατηγοριοποιητής Πακέτων (Packet Classifier)

Αναγνωρίζει τα εισερχόμενα πακέτα κάθε ροής και τα ταξινομεί σε κλάσεις. Στη συνέχεια τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια κλάση διαγειρίζονται με τον ίδιο τρόπο από τον packet scheduler. Κάθε κλάση, ανταποκρίνεται σε έναν συγκεκριμένο αριθμό ροών. Για παράδειγμα, όλες οι ροές βίντεο, που έχουν τις ίδιες απαιτήσεις, ανήκουν σε μία κλάση, αλλά και μία μόνο ροή μπορεί να ανήκει σε μία συγκεκριμένη κλάση.

➤ Έλεγχος Αποδοχής (Admission Control)

Υλοποιεί έναν αλγόριθμο λήψης αποφάσεων έτσι ώστε ο δρομολογητής ή ο host να έχει τη δυνατότητα να απορρίσει εάν μία εισερχόμενη ροή έγει τη δυνατότητα να εξυπηρετηθεί από τους διαθέσιμους πόρους, ανάλογα βέβαια με τις απαιτήσεις της. Εάν η ροή γίνει δεκτή, τότε ο packet classifier και ο packet scheduler, οι οποίοι ενημερώνονται από το δρομολογητή για τις δεσμεύσεις, είναι υπεύθυνοι να δεσμεύσουν το απαιτούμενο QoS. Γενικά, ο έλεγχος αποδοχής (admission control) υλοποιείται σε κάθε δρομολογητή κατά μήκος του μονοπατιού και ο έλεγχος για την αποδοχή ή την απόρριψη, της ροής γίνεται τοπικά.

➤ Πρωτόκολλο RSVP

Το πρωτόκολλο αυτό είναι απαραίτητο για να δημιουργεί και να ελέγχει την κατάσταση των πόρων στα άκρα (π.γ. hosts, δρομολογητές). Είναι υπεύθυνο για την δέσμευση των πόρων με σκοπό να εξυπηρετηθεί κάποια ροή (βλ. ενότητα 5).

4.2 Υπηρεσίες IntServ

Ένα δίκτυο για να μπορέσει να υλοποιήσει μία υπηρεσία πρέπει να γνωρίζει ποια είναι τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας μέσα σε αυτό. Γενικά, προσφέρει δύο κατηγορίες υπηρεσιών [28] : **Guaranteed Quality of Service** : Αυτό το είδος υπηρεσιών προσφέρει αυστηρά καθορισμένα όρια στην καθυστέρηση των πακέτων από άκρο-σε-άκρο. Πιο συγκεκριμένα, προσφέρει εγγύηση τόσο για την καθυστέρηση όσο και για το εύρος ζώνης. Απευθύνεται σε ειφαρμογές οι οποίες γρειάζονται εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας και τα πακέτα δεδομένων πρέπει να φτάνουν εγκαίρως στον προορισμό τους. Για παράδειγμα, η φωνή και το βίντεο δεν έχουν μεγάλη ανογή στις καθυστερήσεις. Γι' αυτό λοιπόν προκειμένου να εκτελεστεί μία τέτοια υπηρεσία, πρώτα, δεσμεύονται οι απαιτήσει πόροι.

Controlled-Load Network / Predicted Service : Αυτό το είδος υπηρεσιών δεν προσφέρει αυστηρά ποσοτική εγγύηση όπως το προηγούμενο. Θεωρεί ότι το παρελθόν μπορεί να είναι οδηγός του μέλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνονται υπ' όψιν πρόσφατες μετρήσεις για την κατάσταση της κυκλοφορίας στο δίκτυο, και ανάλογα με τα στατιστικά αποτελέσματα, μπορεί να υπολογιστεί το είδος της ειφαρμογής (σε σχέση, με τις απαιτήσεις της) που μπορεί να μεταδοθεί.

4.3 Μειονεκτήματα του μοντέλου IntServ

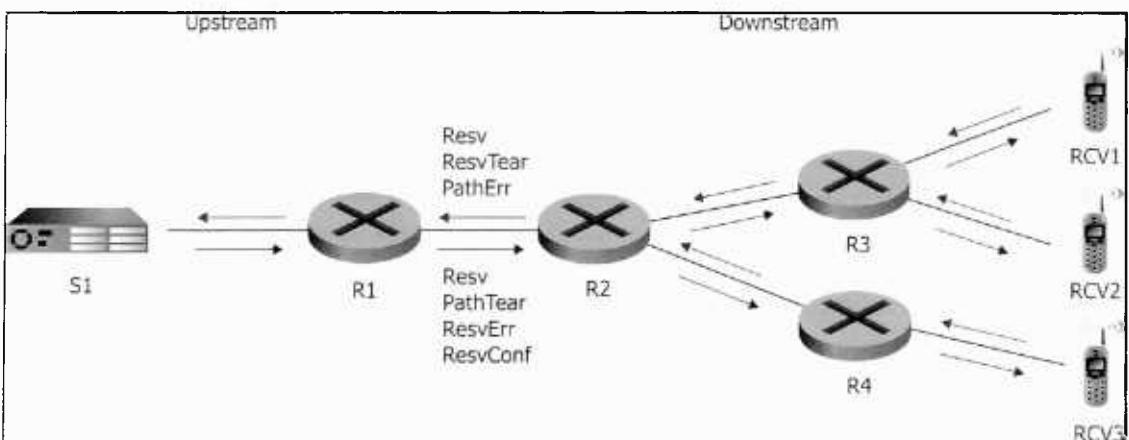
Παρόλο που το μοντέλο IntServ προσφέρει ποιότητα υπηρεσίας η πολυπλοκότητα υλοποίησής του συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματά του, τα οποία πιο συγκεκριμένα είναι :

- Η πολυπλοκότητα λειτουργίας των δρομολογητών, εξαιτίας της κατηγοριοποίησης και του γρονοπρογραμματισμού των πακέτων προκειμένου να φτάσουν στον προορισμό τους.
- Δεν είναι κλιμακούμενο. Καθώς ο αριθμός των ροών αυξάνεται η επικοινωνία επιβαρύνεται σημαντικά λόγω της απαιτούμενης σηματοδοσίας. Κάθε ροή αντιμετωπίζεται ξεχωριστά και επομένως υπάρχουν αρκετές επιπλέον πληροφορίες που πρέπει να διαγειριστεί κάθε δρομολογητής ή host.
- Απαιτεί τη συνεγή διαθεσιμότητα δρομολογητών και μονοπατιού μεταξύ των άκρων. Σε περίπτωση που έχουν γίνει οι κατάλληλες δεσμεύσεις και τελικά βρεθεί εκτός λειτουργίας κάποιος από τους δρομολογητές, το αποτέλεσμα είναι ο πρόωρος τερματισμός της συνόδου.
- Η διαδικασία της δέσμευσης των πόρων δεν συμπεριλαμβάνει διαπραγμάτευση. Οι

πόροι που αιτούνται από τη σύνοδο ή θα αποδοθούν εξ ολοκλήρου ή όχι. Επομένως μία σύνοδος μπορεί : α) να μην πραγματοποιηθεί καθόλου ούτε έστω με λιγότερους πόρους ή β) να λάβει περισσότερους πόρους από αυτούς τους οποίους θα έπρεπε να λάβει στα πλαίσια μιας δικαιούτερης κατανομής των πόρων.

5. Πρωτόκολλο RSVP

Το μοντέλο Integrated Services χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RSVP [27] για να διαχειρίζεται την παροχή QoS σε ένα IP δίκτυο. Το RSVP δεν είναι πρωτόκολλο δρομολόγησης, αλλά πρωτόκολλο σηματοδοσίας και χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με το μοντέλο IntServ, για να δεσμεύει πόρους κατά μήκος ενδιάμεσης μονοπατιού. Λειτουργεί τόσο σε περιβάλλον unicast όσο και σε multicast. Διευκολύνει τις ετερογενείς υπηρεσίες και ελέγχει ευέλικτα τις πολυεκπομπές. Το RSVP και το IntServ είναι ξεχωριστές οντότητες, αλλά συνδέονται μεταξύ τους. Ο συνδυασμός του RSVP με το IntServ είναι ο επικρατέστερος έναντι άλλων συνδυασμών (άλλα τέτοια πρωτόκολλα που συνεργάζονται με το μοντέλο IntServ είναι: το ST-II+, το οποίο επιτρέπει τόσο στον αποστολέα όσο και στον παραλήπτη να αρχικοποιούν δεσμεύσεις πόρων, και το ST-II, το οποίο επιτρέπει μόνο στον αποστολέα να αρχικοποιεί δεσμεύσεις πόρων).

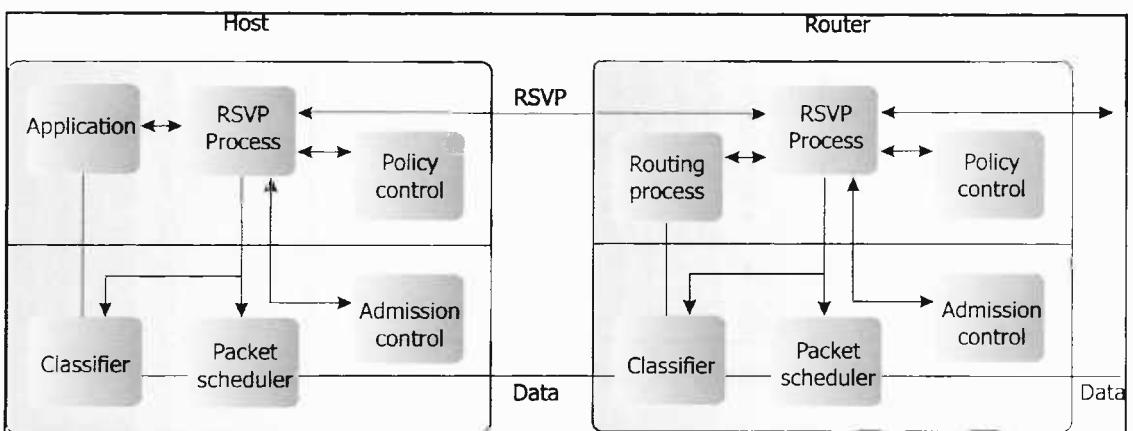


Σχήμα 9: RSVP μηνύματα

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται μία RSVP πολυεκπομπή (multicast), η οποία περιλαμβάνει έναν αποστολέα S1 και τρεις παραλήπτες RCV1, RCV2, RCV3. Το πρωτόκολλο RSVP χρησιμοποιεί δύο βασικά μηνύματα : το PATH μήνυμα, το οποίο παράγεται από τον αποστολέα και το RESV μήνυμα, το οποίο παράγεται από τον παραλήπτη. Ο ρόλος του πρώτου μηνύματος είναι να παρέχει πληροφορίες, σχετικές με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά της συνόδου από άκρο-σε-άκρο, στους δρομολογητές (R1, R2, R3, R4). Με αυτό τον τρόπο, γνωστοποιούνται οι απαιτήσεις κάθε ροής προκειμένου αυτή να εξυπηρετηθεί. Ο ρόλος του δεύτερου μηνύματος είναι να μεταφέρει κατά μήκος του μονοπατιού, από δρομολογητή σε δρομολογητή, τις ζητούμενες δεσμεύσεις πόρων. Οι δρομολογητές μεταφέρουν τα παραπάνω μηνύματα από κόμβο σε κόμβο, χωρίς να γνωρίζουν το περιεχόμενό τους. Η δέσμευση των πόρων γίνεται σε άλλο επίπεδο.

5.1 Περιγραφή – Λειτουργία Πρωτοκόλλου RSVP

Όπως προαναφέρθηκε, στο μοντέλο RSVP/IntServ, σε κάθε ροή, πρώτος ο αποστολέας στέλνει ένα PATH μήνυμα στον παραλήπτη. Οι παράμετροι που δέχεται αυτό το μήνυμα ενημερώνονται από κάθε δρομολογητή κατά μήκος του μονοπατιού. Στη συνέχεια, αφού το λάβει ο παραλήπτης απαντάει με ένα RESV μήνυμα δηλώνοντας σε κάθε ροή τους πόρους που χρειάζεται η προσεχής ροή. Εάν οι πόροι δεν είναι διαθέσιμοι σε κάποιο δίκτυο, τότε πρέπει να το δηλώσει ο κατάλληλος κόδιμος.

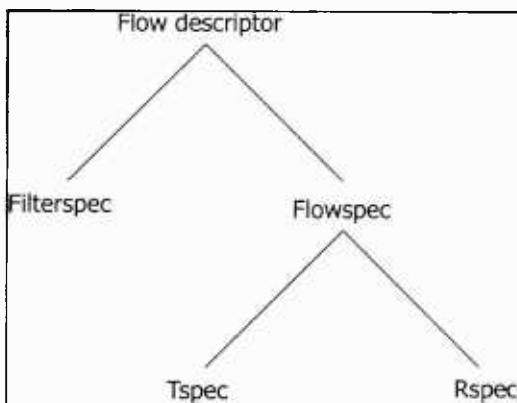


Σχήμα 10: Μοντέλο host / router του πρωτοκόλλου RSVP

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η εφαρμογή (application) που θέλει να στελνει δεδομένα σε μία δεσμευμένη ροή επικοινωνεί με την διαδικασία RSVP (RSVP process). Το πρωτόκολλο RSVP προσπαθεί να εγκαθιδρύσει μία ροή, η οποία να μπορεί να παρέχει το απαιτούμενο QoS. Αυτή η ροή θα γίνει αποδεκτή εάν η εφαρμογή ακολουθεί την καθορισμένη πολιτική και εάν οι δρομολογητές έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν το απαιτούμενο QoS. Στη συνέχεια, το RSVP είναι υπεύθυνο να ενημερώνει τον κατηγοριοποιητή πακέτων (packet classifier) και τον χρονοπρογραμματιστή πακέτων (packet scheduler), σε κάθε κόδιμο, ότι μπορεί να προωθεί τα πακέτα για την συγκεκριμένη ροή. Σε περίπτωση βέβαια που τα πακέτα μεταδίδονται απ' ευθείας στον κατηγοριοποιητή πακέτων (packet classifier), τότε η ροή αναγνωρίζεται από τη διεύθυνση του αποστολέα και τελικά προωθούνται στον χρονοπρογραμματιστή πακέτων (packet scheduler). Με τη σειρά του ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων (packet scheduler) τα προωθεί στον επόμενο δρομολογητή ανάλογα με την κατηγορία της υπηρεσίας. Επειδή το RSVP είναι πρωτόκολλο μονής κατεύθυνσης, οι δεσμεύσεις των πόρων ρυθμίζονται με κατεύθυνση από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη. Εάν η εφαρμογή επιθυμεί να ακυρώσει τις δεσμεύσεις των πόρων για μία συγκεκριμένη ροή, τότε στέλνει ένα μήνυμα σε όλους τους δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού και ελευθερώνει τους

δεσμευμένους πόρους.

Επειδή το μοντέλο IntServ παρέχει ξεχωριστά για κάθε ροή δεσμεύσεις πόρων, σε κάθε ροή ανατίθεται ένας περιγραφητής ροής (*flow descriptor*), ο οποίος ορίζει χαρακτηριστικά τόσο της ροής της κίνησης των πακέτων όσο και της παροχής QoS. Ο περιγραφητής ροής αποτελείται από δύο παραμέτρους : το φίλτρο προδιαγραφής (*filter specification – filterspec*) και την προδιαγραφή ροής (*flow specification – flowspec*) (βλ. σχήμα 11).



Σχήμα 11: Μοντέλο Περιγραφητή Ροής (Flow Descriptor Model)

Η παράμετρος filterspec χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των πακέτων, π.χ. σε ποια ροή ανήκουν. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται από τον κατηγοριοποιητή πακέτων. Η παράμετρος flowspec περιέχει ένα σύνολο νάποιων άλλων υποπαραμέτρων, που χωρίζονται σε δύο ομάδες : στην προδιαγραφή κίνησης (*Traffic specification – Tspec*) και στην προδιαγραφή ζήτησης υπηρεσίας (*Service Request Specification – Rspec*) (βλ. σχήμα 11).

Η παράμετρος Tspec [23] περιγράφει τα χαρακτηριστικά της κίνησης της ροής και μεταφέρει επιπλέον πληροφορίες που χρειάζονται στις υπηρεσίες ελέγχου QoS. Ενώ η παράμετρος Rspec [23] καθορίζει το QoS που ζητάει κάθε ροή.

Πιο συγκεκριμένα το PATH μήνυμα φέρει τις παρακάτω μεταβλητές :

- SENDER_TEMPLATE : Προσδιορίζει την ταυτότητα του αποστολέα και αποτελείται από την IP διεύθυνση και το port number του αποστολέα.
- SENDER_TSPEC : Περιγράφει τα χαρακτηριστικά της κίνησης της ροής.
- ADSPEC : Περιγράφει τα χαρακτηριστικά του QoS της ροής.
- PHOP : Προσδιορίζει το προηγούμενο hop, το οποίο έστειλε το PATH μήνυμα.

Ενώ, το RESV μήνυμα περιέχει την παράμετρο FLOWSPEC.

5.2 Μειονεκτήματα του RSVP

Το πρωτόκολλο RSVP παρέχει QoS δεσμεύοντας πόρους, προς μία κατεύθυνση, ενός υπάρχοντος μονοπατιού. Δηλαδή, διανύοντας ένα συγκεκριμένο μονοπάτι hop-by-hop ζητάει τους απαιτούμενους πόρους. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι, τότε δεν είναι εφικτή η μετάδοση των πακέτων δεδομένων. Στο σύστημα UMTS, όπου γίνεται αναφορά για πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου και για κινητούς κόμβους, δεν είναι δυνατόν να ανταπεξέλθει το RSVP. Ένας από τους λόγους για του οποίους δεν μπορεί να εφαρμοστεί είναι το ότι η διαδρομή δεν είναι σταθερή. Κάθε κόμβος κινείται από δίκτυο σε δίκτυο και δεν υπάρχει ένα καθορισμένο μονοπάτι. Προκείμενου να παρέχει το κατάλληλο QoS το RSVP χρειάζεται συγκεκριμένες λειτουργικές επεκτάσεις.

Αντιμετωπίζονται επομένως τρία θέματα δρομολόγησης σε ένα πρωτόκολλο δέσμευσης πόρων, όπως είναι το RSVP :

- Να βρεθεί μία διαδρομή η οποία να υποστηρίζει δέσμευση πόρων.
- Να βρεθεί μία διαδρομή η οποία να διαθέτει επαρκή και μη δεσμευμένη χωρητικότητα για την εισεργόμενη ροή.
- Να υπάρχει τρόπος να αντιμετωπιστεί η απώλεια ενός δρομολογητή και η αντικατάστασή του.

6. Policy based QoS

6.1 PDP Context

Τα PDP contexts [30] είναι μηνύματα που ανταλλάσσονται προκειμένου να εγκαθιδρυθεί μία σύνδεση ανταλλαγής IP πακέτων. Αρχικά αντιστοιχίζεται μία IP διεύθυνση σε ένα UE (το μοναδικό αναγνωριστικό του UE είναι το IMSI⁶). Ένας UE μόλις συνδεθεί με το GPRS δίκτυο ενεργοποιεί ένα ή περισσότερα PDP context για να μπορέσει να δεχτεί ή να στείλει πακέτα IP. Για μεγαλύτερη ευελιξία το context περιέχει κι άλλες πληροφορίες, όπως QoS και TCP/UDP ports, έτσι ώστε ακόμη και η κίνηση προς την ίδια διεύθυνση IP να μπορεί να αντιμετωπίζεται διαφορετικά. Αν λοιπόν ένας χρήστης έχει ένα web session και ένα video streaming session, μπορεί να ενεργοποιήσει δύο PDP context (Primary & Secondary), πιθανόν με την ίδια IP διεύθυνση, και κάθε context να έχει διαφορετικό QoS ανάλογα με το session. Τα πακέτα κάθε session διαχρίνονται με βάση το filter spec, π.γ. το UDP destination port.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του PDP context είναι το QoS και διαπραγματεύεται κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησής του. Περιέχει επίσης πληροφορίες σχετικές με τις κατηγορίες κίνησης (conversational, streaming, interactive, background). Περιλαμβάνει επιπλέον χαρακτηριστικά όπως μέγιστος ρυθμός μετάδοσης, σειρά προτεραιότητας μετάδοσης πακέτων, μέγιστο μέγεθος SDU⁷, ρυθμός λαθών στο SDU, υπολειπόμενος ρυθμός λαθών, καθυστέρηση μετάδοσης, εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης κτλ.

Ο λόγος που το PDP context ενεργοποιείται μετά τη σύνδεση με το GPRS δίκτυο (δηλαδή, πρώτα γίνεται η διαδικασία GPRS attach και μετά η ενεργοποίηση PDP context) είναι ότι ένα UE μπορεί να μην πάρει ποτέ PDP context και να έχει μόνο circuit switched τηλεφωνία.

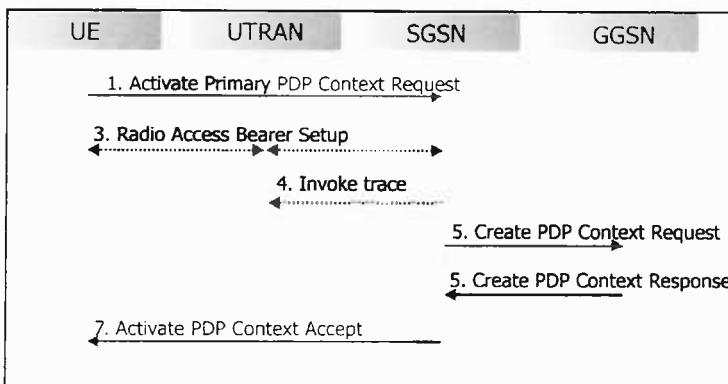
6.1.1 Ενεργοποίηση Primary PDP Context

Στόχος της διαδικασίας ενεργοποίησης είναι η εγκαθίδρυση ενός PDP context, για την παρογή συγκεκριμένου QoS, μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Η ενεργοποίηση μπορεί να ζητηθεί είτε από τον κινητό κόμβο είτε από το δίκτυο.

⁶ IMSI : International Mobile Subscriber Identifier – μοναδικός για κάθε συνδρομητή αριθμός, που αποθηκεύεται στην κάρτα SIM και χρησιμοποιείται από το δίκτυο για εισωτερική επικοινωνία.

⁷ SDU : Service Data Unit – Σε ένα στρωματοποιημένο σύστημα, ένα σύνολο δεδομένων που αποστέλλεται από έναν χρήστη, των υπηρεσιών ενός δεδομένου επιπέδου και μεταδίδεται σε έναν άλλο χρήστη σημασιολογικά αμετάβλητο.

Όταν ο κόμβος SGSN λάβει μία αιτηση PDP context πιστοποιεί το χρήστη, επιλέγει το APN⁸ και κάνεις τις απαραίτητες ρυθμίσεις. Το μήνυμα προωθείται στο GGSN, ο οποίος απαντά με ένα μήνυμα Create PDP Context. Μέσω του SGSN ο UE λαμβάνει το μήνυμα με την αποδοχή ή μη-αποδοχή του PDP Context. Όλα τα επιπλέον PDP contexts, τα οποία απευθύνονται στην ίδια PDP διεύθυνση, διαχειρίζονται ισότιμα. Το πρώτο ενεργό PDP context έχει μία συγκεκριμένη PDP διεύθυνση και ονομάζεται Primary PDP context (κύριο PDP context). Τα επιπλέον PDP contexts που απευθύνονται στην ίδια PDP διεύθυνση ονομάζονται Secondary PDP contexts (δευτερεύοντα PDP contexts).



Σχήμα 12: Ενεργοποίηση Primary PDP Context

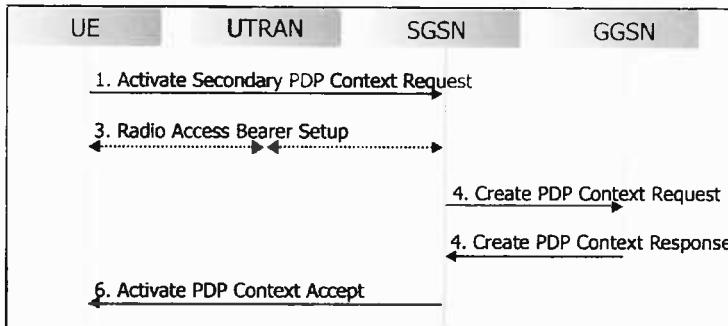
6.1.2 Ενεργοποίηση Secondary PDP Context

Για μία συγκεκριμένη PDP διεύθυνση μπορούν να δημιουργηθούν περισσότερα από ένα PDP contexts κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετικό QoS. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το πρώτο είναι το Primary PDP context και τα υπόλοιπα είναι τα Secondary PDP contexts. Σε κάθε δευτερεύουσα ενεργοποίηση PDP context υπάρχει η παράμετρος TFT⁹. Ο κινητός κόμβος στέλνει ένα μήνυμα στον SGSN ζητώντας την ενεργοποίηση ενός Secondary PDP context. Ο SGSN πιστοποιεί το χρήστη, ζητάει από τον GGSN την ενεργοποίηση του PDP context και τελικά ο GGSN στέλνει την απάντηση (θετική ή αρνητική). Σε περίπτωση που η ενεργοποίηση αποτύχει (ο χρήστης λαμβάνει το αντίστοιχο μήνυμα, το οποίο αναφέρει και το λόγο αποτυχίας), τότε ο κινητός κόμβος μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία ενεργοποίησης ενός νέου PDP context με διαφορετικό

⁸ APN : Access Point Name – Πλαρέχει πληροφορίες δρομολόγησης για τους κόμβους SGSN και GGSN. Αποτελείται από δύο μέρη: Το Network ID, το οποίο αναγνωρίζει τις εξωτερικές αιτήσεις υπηρεσίας από ένα χρήστη του GPRS και το Operator ID το οποίο καθορίζει τις πληροφορίες δρομολόγησης.

⁹ TFT : Traffic Flow Template – Η παράμετρος αυτής χρησιμοποιείται από τον GGSN για να ζεχωρίζει τα πακέτα των διαφορετικών χρηστών και για να μεταδίδει πακέτα με διαφορετικό QoS σε διαφορετικά PDP contexts, τα οποία όμως απευθύνονται στην ίδια PDP διεύθυνση.

TFT.



Σχήμα 13: Ενεργοποίηση Secondary PDP Context

6.2 Προβλήματα παροχής QoS σε IP πολυμεσιές υπηρεσίες από άκρο-σε-άκρο

Το UMTS τυποποιείται από την 3GPP και αποτελεί ένα κινητό τηλεπικοινωνιακό σύστημα υψηλής ταχύτητας το οποίο υποστηρίζει υπηρεσίες τόσο μεταγωγής κυκλώματος όσο και μεταγωγής πακέτου. Το UMTS δύκτυο πρέπει να ανακαλύψει τις απαιτήσεις που χρειάζονται για παροχή QoS σε μία IP πολυμεσιή σύνοδο, μέσω ενός πρωτοκόλλου σηματοδοσίας. Αυτό πρέπει να γίνει πριν καθοριστούν και δεσμευθούν οι απαιτούμενοι πόροι, προκειμένου να μεταδοθούν τα δεδομένα σε PS δύκτυο. Για να υποστηριχθεί η επικοινωνία μεταξύ των παροχέων του UMTS δύκτυου, τυποποιείται από την 3GPP το IMS. Σκοπός του είναι να εξυπηρετεί SIP¹⁰ πολυμεσιές υπηρεσίες πάνω από το UMTS PS δύκτυο.

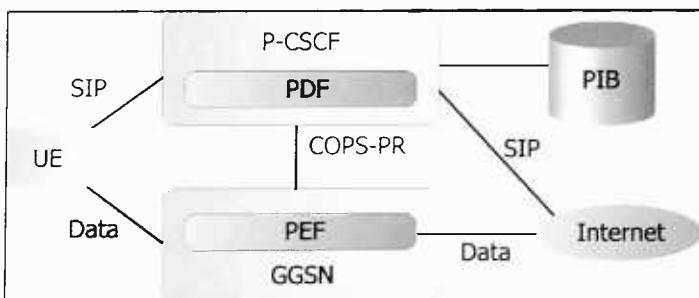
Το κύριο πρόβλημα, για να παρέχει κανείς συνεπείς και σταθερές IP υπηρεσίες από άκρο-σε-άκρο, είναι η δυσκολία που υπάρχει στο να ρυθμιστούν οι συσκευές δικτύου (όπως δρομολογητές, μεταγωγείς) και ο χειρισμός των ροών πακέτων, με τέτοιο τρόπο που να μανοποιεί τις ζητούμενες απαιτήσεις παροχής ποιότητας υπηρεσίας. Το πρόβλημα αυτό είναι αρκετά έντονο όταν το μονοπάτι δεδομένων από άκρο-σε-άκρο, το οποίο απαιτεί IP QoS, διασταυρώθει με πολλαπλούς διαφορετικούς διαχειριστές διαφορετικών δικτύων. Δηλαδή, παρόλο που οι διαχειριστές συμφωνούν στο ποιες είναι οι απαιτήσεις για την παροχή QoS συγκεκριμένων IP υπηρεσιών, στην πραγματικότητα δεν είναι εφικτό να ρυθμίσουν με τον ίδιο τρόπο τις συσκευές δικτύου τους έτσι ώστε να υλοποιήσουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των διαφορών που

¹⁰ SIP : Session Initiation Protocol. Είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδόσης για τηλεδιάσκεψη μέσω Internet, τηλεφωνία, τηλεειδοποίηση και συγμαίων μυνημάτων. Αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας IETF MMUSIC (Multiparty

υπάρχουν ως προς την τοπολογία των δικτύων (π.χ. διαθέσιμοι QoS μηχανισμοί στις συσκευές δικτύου, τεχνικές απαιτήσεις, διαχειριση). Γι' αυτό λοιπόν, υπάρχει η ανάγκη μίας λύσης η οποία επιτρέπει στους διαχειριστές δικτύου (συμπεριλαμβανομένων και εκείνων του UMTS) να ρυθμίσουν εύκολα το δίκτυο τους, έτοις ώστε να υλοποιούν IP QoS υπηρεσίες χωρίς να έρχονται αντιμέτωποι με την πολυπλοκότητα της τοπολογίας των δικτύων τους.

Το Policy – Based Networking (PBN) [4] αποτελεί μία νέα προσέγγιση για να ρυθμίσει κανές χιλιάδες συσκευές δικτύου με σκοπό να υλοποιηθούν IP QoS υπηρεσίες. Ουσιαστικά, οι διαχειριστές δικτύων διαπραγματεύονται service level agreements (SLAs), τα οποία περιγράφουν ένα σύνολο από IP QoS υπηρεσίες. Στη συνέχεια, κάθε διαχειριστής δικτύου μετατρέπει τις απαιτήσεις παροχής ποιότητας υπηρεσίας, οι οποίες αναφέρονται στα SLAs, σε ένα σύνολο από κανόνες πολιτικής, οι οποίοι ταιριάζουν στο δίκτυο του με σκοπό να υλοποιηθούν οι απαιτούμενες IP QoS υπηρεσίες. Στην πραγματικότητα, αυτοί οι κανόνες περιγράφουν τους πόρους που πρέπει να δεσμευθούν για να υλαντοποιηθεί το QoS των υπηρεσιών, χωρίς οι διαχειριστές να εισέρχονται σε λεπτομέρειες (δηλαδή, πώς να ρυθμίσουν τις συσκευές δικτύου). Κατόπιν, οι κανόνες μεταφράζονται σε ρυθμίσεις των συσκευών δικτύων και εν συνεχείᾳ εκτελούνται μία σειρά από ενέργειες από αυτόματες οντότητες, οι οποίες γνωρίζουν την τοπολογία των δικτύων και τις συσκευές. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται δυναμικά ο έλεγχος των πόρων κάθε δικτύου. Αυτό είναι σημαντικό επειδή η 3GPP δεσμεύει QoS πόρους στο δίκτυο μεταγωγής πακέτου, μόνο σε ανταπόκριση με IP πολυμεσική εγκαθίδρυση συνόδου (multimedia session setup).

6.3 Αρχιτεκτονική του Policy Based QoS



Σχήμα 14: Αρχιτεκτονική Policy based QoS

Η παραπάνω προσέγγιση [12] χωρίζει τη διαδικασία παροχής ποιότητας υπηρεσίας σε δύο οντότητες: την Policy Decision Function (PDF) και την Policy Enforcement Function (PEF). Η

διαδικασία PDF εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

- Παρεμβαίνει στα μηνύματα εγκατάστασης συνόδου καθορίζοντας ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS
- Ανακτεί τους κανόνες πολιτικής του δικτύου συνδυάζοντάς τους με δεδομένα από μία βάση PIB (Policy Information Base) και στη συνέχεια αποφασίζει εάν θα δεχθεί κάποιες συνόδους, βασιζόμενη πάντα στην τρέχουσα διαθεσιμότητα των πόρων του δικτύου.
- Εάν η σύνοδος γίνει δεκτή, τότε η PDF μεταφράζει τους κανόνες πολιτικής σε κατάλληλες ωριμίσεις και τελικά τις στέλνει στη PEF. Η PEF αναλαμβάνει να υλοποιήσει το μηχανισμό παροχής ποιότητας υπηρεσίας.
- Η PEF ενημερώνει την PDF όταν οι κανόνες πολιτικής έχουν εφαρμοστεί, έτσι ώστε η τελευταία να είναι συνεχώς ενήμερη για τη διαθεσιμότητα των PEF πόρων και να μπορεί να παίρνει τις σωστές αποφάσεις για την αποδοχή ή μη κάποιας συνόδου.

Αν και οι PDF και PEF είναι ξεχωριστές οντότητες, ίσως είναι πιο οικονομικό να συνδυαστούν με τις ήδη υπάρχουσες οντότητες του UMTS. Δηλαδή, αφού η PDF πρέπει να παρεμβαίνει στη σηματοδότηση εγκατάστασης συνόδου, μπορεί να συνδυαστεί με το P-CSCF εξυπηρετώντας τον τερματικό εξοπλισμό. Από τη άλλη μεριά, η PEF πρέπει να διακόπτει τη μεταφορά των δεδομένων και επομένως μπορεί να συνδυαστεί με το GGSN εξυπηρετώντας τον τερματικό εξοπλισμό. Η PDF και η PEF επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του πρωτοκόλλου COPS-PR¹¹ και τα μηνύματα μεταφέρονται πάνω από TCP. Οι κανόνες πολιτικής που ορίζονται από τον διαγειριστή του δικτύου αποθηκεύονται στο UMTS σε μία καθορισμένη βάση PIB (Policy Information Base).

Το μοντέλο της παροχής policy based QoS στο UMTS προϋποθέτει ότι η PEF υλοποιεί μία πύλη για κάθε υπηρεσία κομιστή. Η πύλη αυτή είναι ουσιαστικά μια προδιαγραφή για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας και ένα φίλτρο το οποίο ταιριάζει τα αντίστοιχα IP πακέτα βασιζόμενο σε πεδία επικεφαλίδας των πακέτων. Μπορεί να είναι ανοιχτή ή κλειστή, ανάλογα με τις αποφάσεις πολιτικής που παίρνονται από την PDF. Όταν μια αίτηση εγκατάστασης συνόδου SIP περνάει από την PDF, τότε η PDF εξετάζει την περιγραφή της συνόδου (πολυμεσικές συνιστώσες) και αποφασίζει εάν είναι δυνατή η εγκατάστασή της ή όχι. Εάν τελικά εγκριθεί η σύνοδος ακολουθεί η πιστοποίησή της, στέλνοντας απαραίτητες πληροφορίες στον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη. Αυτές συμπεριλαμβάνουν ένα token εξουσιοδότησης που προσδιορίζει μοναδικά την

¹¹ COPS-PR: Common Open Policy Service for policy provisioning. Πρωτόκολλο καθορισμένο από την IETF για την επικοινωνία μεταξύ των policy servers και των συσκευών δικτύου, όσον αφορά τις αποφάσεις σχετικές με τους κανόνες δέσμευσης πόρων

εξουσιοδοτημένη αίτηση και φίλτρα που ταιριάζουν στις εγκεκριμένες πολυμεσικές συνιστώσες.

Όταν παραλάβει ο τερματικός εξοπλισμός τις πληροφορίες αυτές, τότε μπορεί να ξεκινήσει να δημιουργεί PDP contexts για τις διάφορες πολυμεσικές συνιστώσες της συνόδου. Αυτές οι αιτήσεις που περιέχουν τις προδιαγραφές για τη παρογή ποιότητας υπηρεσίας και οι παραπάνω πληροφορίες που επιστρέφονται από την PDF αποστέλλονται στο GGSN. Το PEF στο GGSN παρεμβαίνει στα μηνύματα αυτά, εξάγει το token εξουσιοδότησης και ρωτά το PDF για τους εξουσιοδοτημένους πόρους. Το PDF επιστρέφει τα φίλτρα και τις προδιαγραφές QoS εξουσιοδοτημένα. Εάν αυτά ικανοποιούν τις προδιαγραφές της αίτησης του χρήστη τότε το PDP Context ενεργοποιείται, τα κατάλληλα φίλτρα και οι προδιαγραφές QoS εγκαθίστανται από το PEF και το PDF ενημερώνεται να τροποποιήσει τα αρχεία του. Τέλος, όταν η σύνοδος εγκατασταθεί, το PDF που παρεμβαίνει στο αντίστοιχο SIP μήνυμα δίνει εντολή στο PEF να ανοίξει την πύλη και τα δεδομένα της συνόδου μπορούν να αρχίσουν να περνούν μέσα από το GGSN.

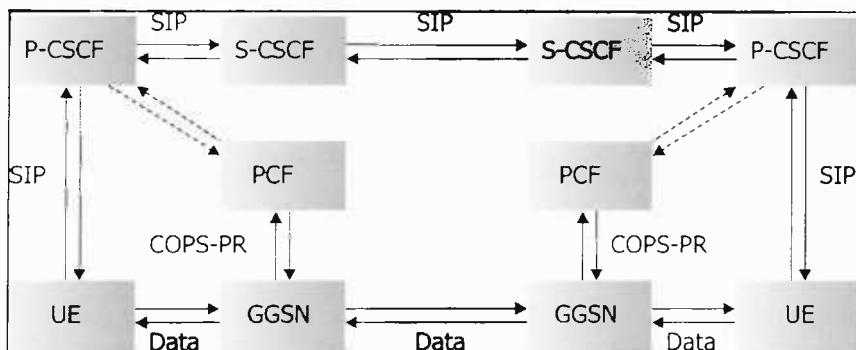
6.4 Εγκαθίδρυση και Έλεγχος Συνόδου (Session Setup and Control)

Παρακάτω αναλύονται οι ενέργειες [12] που διεξάγονται για την παρογή ποιότητας υπηρεσιών. Για να γίνει πιο κατανοητό θα γρησιμοποιηθεί ένα παράδειγμα μίας σύνδεσης μεταξύ δύο UMTS τερματικών εξοπλισμών χρήστη.

- **Authorize QoS resources.** Κατά τη διάρκεια του session setup, όταν ο καλούμενος τερματικός εξοπλισμός επιστρέψει ένα SIP μήνυμα στον καλούντα τερματικό εξοπλισμό, η PDF καθορίζει εάν μπορεί να γίνει αποδεκτή η σύνδεση. Δεν υπάρχει λόγος να γίνει πιο νωρίς το authorize QoS, γιατί ο καλούμενος τερματικός εξοπλισμός μπορεί να μην αποδεγμένει την κλήση.
- **Resource reservation.** Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται η δέσμευση των πόρων προκειμένου να ολοκληρωθεί επιτυχώς η σύνδεση. Ο τερματικός εξοπλισμός ενεργοποιεί PDP contexts και στέλνει πληροφορίες σχετικές με την δέσμευση των πόρων, μέσω του PDF, στο GGSN. Ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους γίνεται δεκτή ή όχι η αίτηση πόρων.
- **Approval of QoS commit.** Όταν ολοκληρωθεί η SIP σηματοδοσία εγκαθίδρυσης (SIP setup signaling) και εγκαθίδρυθεί η σύνδεση, η PDF (η οποία βρίσκεται στο P-CSCF) ενημερώνει τη βάση για τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου και επίσης ενημερώνει την PEF (που βρίσκεται στο GGSN) να επιτρέψει την ροή των δεδομένων.
- **Removal of QoS commit.** Η διαδικασία αυτή κάνει ακριβώς το αντίθετο από την προηγούμενη, δηλαδή κλείνει τις πύλες. Τα φίλτρα και οι δεσμεύσεις πόρων δεν

καταργούνται, επομένως αυτή η διαδικασία δεν είναι χρήσιμη όταν η σύνοδος αναβάλλεται προσωρινά.

- **Revoke authorization for QoS resources.** Αυτή η διαδικασία αντιστρέφει τις διαδικασίες της δέσμευσης και της πιστοποίησης. Ενεργοποιείται όταν μία ήδη εγκατεστημένη σύνδεση τερματίστει χρησιμοποιώντας SIP σηματοδοσία.
- **Indication of PDP context release.** Αυτή η διαδικασία είναι ίδια με την προηγούμενη με τη διαφορά όμως ότι η σύνδεση τερματίζεται ξαφνικά, χωρίς προηγουμένως να υπάρξει SIP σηματοδοσία.
- **Authorization of PDP context modification.** Αυτή η διαδικασία ενεργοποιείται όταν ο τερματικός εξοπλισμός θέλει να τροποποιήσει τη σύνδεση ζητώντας περισσότερους πόρους.
- **Indication of PDP context modification.** Αυτή η διαδικασία ενεργοποιείται όταν το PDP context δηλώσει ότι δεν υπάρχει ανάγκη για επιπλέον πόρους.



Σχήμα 15: Παράδειγμα εγκαθίδρυσης συνόδου με QoS

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα QoS setup. Αρχικά και οι δύο τερματικοί εξοπλισμοί (UEs) κάνουν εγγραφή στους αντίστοιχους S-CSCFs. Ο καλών UE στέλνει SIP invite μήνυμα στον καλούμενο UE μέσω των ενδιάμεσων CSCFs. Ο καλούμενος UE απαντάει με μία SDP περιγραφή των πολυμεσιών συστατικών της σύνδεσης και η PDF εξετάζει την αίτηση και γίνεται η πιστοποίηση. Στη συνέχεια γίνεται ανταλλαγή μηνυμάτων, που σχετίζονται με την ζήτηση πόρων, μεταξύ των UEs ενώ μέχρι αυτό το σημείο έχει γίνει η πιστοποίηση των πόρων και όχι η δέσμευση.

Στο επόμενο βήμα οι UEs ενεργοποιούν τα κατάλληλα PDP contexts στους αντίστοιχους GGSNs, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες για δέσμευση πόρων που επιστρέφονται από τις PDFs. Ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους, εάν είναι εφικτό, γίνεται η δέσμευση των ζητούμενων πόρων. Στο σημείο όμως αυτό οι πύλες είναι ακόμα κλειστές αφού η σύνοδος δεν έχει εγκαθιδρυθεί.

Η αλήση πραγματοποιείται όταν σταλεί το τελευταίο SIP μήνυμα από τον καλούμενο στον καλούντα UE μέσω των CSCFs. Καθώς το μήνυμα αυτό περνάει από την PCF (Policy Control Function) (σε κάθε P-CSCF), η PCF ενημερώνει την PEF (στο GGSN) να ανοίξει τις πύλες. Όταν τελικά φτάσει το τελευταίο SIP μήνυμα στον καλούντα UE, οι πύλες και στους δύο GGSNs έγκουν ανοίξει και επομένως η σύνδεση είναι έτοιμη και τα δεδομένα μπορούν να μεταφέρονται προς τις δύο κατευθύνσεις.

7. Mobile IP

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μία αναφορά στο πρωτόκολλο Mobile IP [14] προκειμένου να δοθεί το απαιτούμενο υπόβαθρο για το κεφάλαιο 9. Το πρωτόκολλο αυτό έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί ανάγκες των κινητών κόμβων, οι οποίοι θέλουν να διατηρούν την συνδεσιμότητά τους ενώ κινούνται από δίκτυο σε δίκτυο. Το πρωτόκολλο IP αδυνατεί να εξυπηρετήσει κινητούς κόμβους γιατί αυτοί αλλάζουν IP διεύθυνση κάθε φορά που εισέρχονται σε καινούρια κυψέλη. Το πρωτόκολλο IP προϋποθέτει ότι ο κόμβος διατηρεί σταθερή IP διεύθυνση, κάτι που συμβαίνει μόνο στους σταθερούς κόμβους. Παρακάτω αναφέρονται οι ορισμοί κάποιων απαραίτητων όρων:

Κινητός κόμβος (Mobile Node – MN): Ένας host ή δρομολογητής ο οποίος κινείται από δίκτυο σε δίκτυο χωρίς να αλλάζει την IP του διεύθυνση. Ο κόμβος αυτός μπορεί να συνεχίζει να επικοινωνεί με άλλους κόμβους του διαδικτύου, σε οποιοδήποτε σημείο, χρησιμοποιώντας σταθερή IP διεύθυνση.

Οικιακό Δίκτυο (Home Network – HN): Το δίκτυο στο οποίο έχει κάνει εγγραφή ο κινητός κόμβος. Ο κόμβος λαμβάνει μία IP διεύθυνση (home address) από το οικιακό του δίκτυο και κάθε πακέτο που προορίζεται σε αυτή την διεύθυνση δρομολογείται στον κόμβο μέσω του δικτύου αυτού.

Επισκεπτόμενο Δίκτυο (Visited ή Foreign Network – FN): Κάθε άλλο δίκτυο ζένο προς το οικιακό δίκτυο, στο οποίο ο κινητός κόμβος είναι συνδεδεμένος.

Home Agent (HA) : Ένας δρομολογητής στο οικιακό δίκτυο του κινητού κόμβου, ο οποίος προωθεί τα εισερχόμενα πακέτα δεδομένων σε κόμβους οι οποίοι έχουν αποσυνδεθεί από το δίκτυο αυτό και έχουν συνδεθεί σε κάποιο άλλο. Για την ενέργεια αυτή διατηρεί πληροφορίες σχετικές με τη θέση κάθε κόμβου.

Foreign Agent (FA) : Ένας δρομολογητής στο επισκεπτόμενο δίκτυο του κινητού κόμβου, ο οποίος συνεργάζεται με τον HA προκειμένου να διεκπεραιώθει η διαδικασία της αποστολής πακέτων σε κόμβους που δεν βρίσκονται στο οικιακό τους δίκτυο.

Mobility Agent (MA) : Μπορεί να είναι είτε ο HA είτε ο FA.

Care-of Address : Μία διεύθυνση η οποία δίδεται στον κινητό κόμβο από τον FA. Με αυτή τη διεύθυνσή του ο κινητός κόμβος είναι γνωστός στο επισκεπτόμενο δίκτυο και επίσης ενημερώνει και το οικιακό του δίκτυο για τη νέα του διεύθυνση.

7.1 Λειτουργία του πρωτοκόλλου Mobile IP

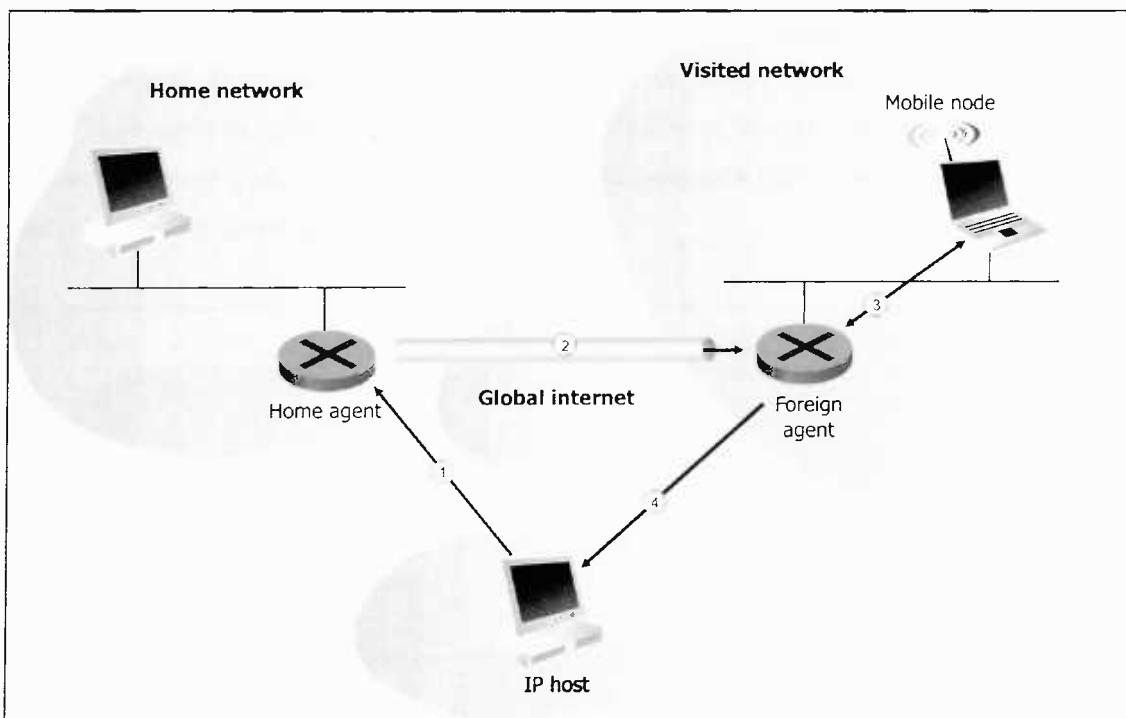
Το πρωτόκολλο Mobile IP εκτελεί τις παρακάτω τρεις λειτουργίες :

Ανακάλυψη του αντιπροσώπου (Agent Discovery) : Οι αντιπρόσωποι δημοσιοποιούν την διαθεσιμότητά τους, σε συνδέσεις στις οποίες παρέχουν υπηρεσίες.

Εγγραφή (Registration) : Όταν ένας κόμβος συνδεθεί σε ένα επισκεπτόμενο δίκτυο, τότε ενημερώνει το οικιακό του δίκτυο για την νέα care-of διεύθυνση που του δίδεται.

Σωλήνωση (Tunneling) : Όταν ο κινητός κόμβος δεν βρίσκεται στο οικιακό του δίκτυο, τότε για να λάβει τα πακέτα, ο HA του τα στέλνει με τη μέθοδο της σωλήνωσης (tunneling) χρησιμοποιώντας την care-of διεύθυνσή του.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται συνοπτικά η λειτουργία του πρωτοκόλλου.



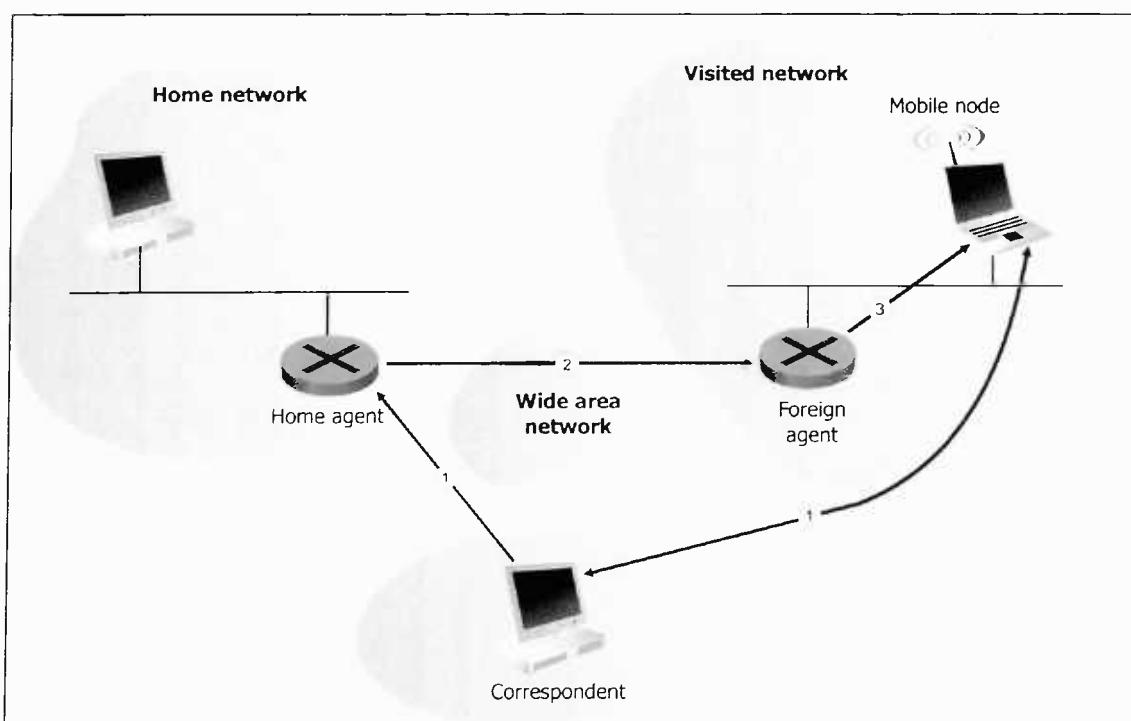
Σχήμα 16: Ροή Δεδομένων στο Mobile IP – Τριγωνική Δρομολόγηση

- Οι MAs (mobility agents) ενημερώνουν τους κατάλληλους κόμβους για την διαθεσιμότητά τους.
- Όταν ο MN λάβει κάποιο από τα παραπάνω μηνύματα, τότε είναι σε θέση να καταλάβει αν βρίσκεται στο οικιακό του ή σε επισκεπτόμενο δίκτυο.
- Όταν ο MN απομακρύνθει από το οικιακό του δίκτυο, τότε αποκτάει μία care-of διεύθυνση από το νέο δίκτυο.

- Στη συνέχεια ο MN ενημερώνει τον HA του για την νέα του διεύθυνση μέσω του FA.
- Όταν πακέτα δεδομένων προορίζονται για τον MN, τότε το οικιακό του δίκτυο, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της σωλήνωσης, τα προωθεί στην νέα care-of διεύθυνσή του μέσω του FA.
- Στην αντίστροφη περίπτωση, που ο MN στέλνει πακέτα δεδομένων, αυτά στέλνονται ακολουθώντας τους γνωστούς μηχανισμούς δρομολόγησης πακέτων.

7.2 Βελτιστοποίηση της Διαδρομής (Route Optimization)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα πακέτα δεδομένων που προορίζονται για τον MN ακολουθούν ένα μονοπάτι το οποίο περνάει από τον HA (όταν ο MN βρίσκεται σε άλλο δίκτυο), τον FA και τελικά καταλήγουν στον προορισμό τους. Ενώ αντίθετα, τα πακέτα που έχουν αφετηρία τον MN μπορούν να μεταδιδούνται απ' ευθείας στον ανταποκριτή (χωρίς ενδιάμεσους αντιπροσώπους). Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί μία ασύμμετρη δρομολόγηση (βλ. σχήμα 16). Για να περιοριστεί το πρόβλημα της τριγωνικής δρομολόγησης (triangle routing) είναι απαραίτητες κάποιες αλλαγές στις λειτουργίες του πρωτοκόλλου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται βελτιστοποίηση διαδρομής (route optimization).



Σχήμα 17: Βελτιστοποίηση Διαδρομής – Route Optimization

Σύμφωνα με την διαδικασία της βελτιστοποίησης της διαδρομής (βλ. Σχήμα 17), οι διαδρομές από τους ανταποκριτές (corresponded nodes) προς τους MNs μπορούν να βελτιωθούν, εάν οι ανταποκριτές διαθέτουν ένα ενημερωμένο mobility binding¹² στον πίνακα δρομολόγησής τους για κάθε MN με τον οποίο επικοινωνούν. Πιο συγκεκριμένα, εάν ο ανταποκριτής γνωρίζει κάθε φορά την νέα διεύθυνση του MN, τότε έχει τη δυνατότητα να στέλνει μηνύματα απ' ευθείας στην care-of διεύθυνση του MN, χρησιμοποιώντας την διαδικασία της σωλήνωσης (tunneling). Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται να λαμβάνει μέρος στην δλη επικοινωνία ο HA, ο οποίος μπορεί να βρίσκεται αρκετά πιο μακριά και να υπερφορτώνεται το δίκτυο.

¹² mobility binding: Η συσχέτιση μιας τοπικής διεύθυνσης με μια care-of διεύθυνση: η συσχέτιση αυτή διαρκεί για περιορισμένο χρόνο και οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονται διαδικτύως.

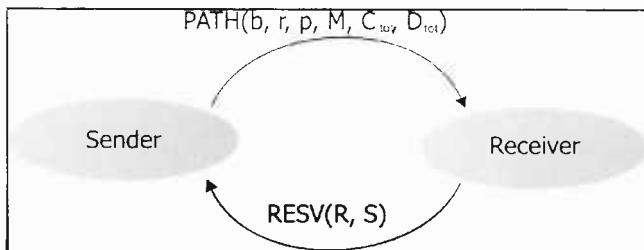
8. QoS over UMTS – 1^η Προτεινόμενη Λύση

Εδώ παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική που προτείνεται από το IST project ARROWS (Advanced Radio Resource Management for Wireless Services) [7, 25, 26] για να υλοποιήσει το μοντέλο Integrated Services. Στόχος του project είναι να παρέχει προγωρημένο Radio Resource Management (RRM) και λύσεις διαχείρισης του QoS υποστηρίζοντας το μοντέλο IntServ. Επίσης, παρουσιάζεται η αντιστοίχιση των IP και UMTS QoS παραμέτρων, οι διαδικασίες δέσμευσης των πόρων και ο μηχανισμός ελέγχου της IP κυκλοφορίας.

8.1 IP QoS

Σε ένα σύνολο δικτύων, όπου τουλάχιστον ένα από αυτά είναι το UMTS, η μετάδοση των IP πακέτων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η παροχή ειργύησης ποιότητας υπηρεσίας. Το μοντέλο IntServ εγγυάται την εξυπηρέτηση μίας υπηρεσίας προσπαθώντας να υπολογίσει τη μέγιστη καθυστέρηση μετάδοσης ενός πακέτου από την πηγή προς τον προορισμό. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας client θέλει να στείλει μία ροή πακέτων σε έναν server και είναι γνωστή η μέγιστη καθυστέρηση μετάδοσης των πακέτων, τότε πρέπει να γίνει η απαραίτητη δέσμευση πόρων σε κάθε IP δίκτυο απ' όπου θα περάσει η ροή.

Η δέσμευση των πόρων πραγματοποιείται γρηγοριοποιώντας το πρωτόκολλο RSVP. Κάθε ροή πακέτων διατρέχει ένα μονοπάτι με σκοπό να φτάσει στον προορισμό της. Ο πρώτος κόμβος δικτύου (δρομολογητής) που συναντάει υπολογίζει το χρόνο που χρειάζεται το πακέτο για να φτάσει στον επόμενο δρομολογητή. Ο χρόνος αυτός είναι ο χρόνος που περιμένει το πακέτο μέχρι να εξυπηρετηθεί συν το γρόνο που χρειάζεται για να φύγει από το δρομολογητή συν το γρόνο που γρειάζεται για να μεταδοθεί από το σύνδεσμο. Αυτή η πληροφορία στέλνεται στον επόμενο δρομολογητή μέσω ενός PATH μηνύματος (βλ. σχήμα 18). Κάθε δρομολογητής που λαμβάνει αυτό το μήνυμα υπολογίζει τους δικούς του γρόνους, αντικαθιστά τις υπάρχουσες παραμέτρους με τις νέες και στέλνει το ανάλογο PATH μήνυμα στον επόμενο δρομολογητή κ.ο.κ. μέχρι τον προορισμό. Ο τελευταίος κόμβος υπολογίζει την συνολική μέγιστη καθυστέρηση της ροής των πακέτων. Σύμφωνα με τη μέγιστη καθυστέρηση κάθε δρομολογητής, ακολουθώντας την αντίστροφη διαδρομή, στέλνει RESV μήνυμα (βλ. σχήμα 18) και δεσμεύει τους απαραίτητους πόρους προκειμένου να εξυπηρετηθεί η ροή των πακέτων.

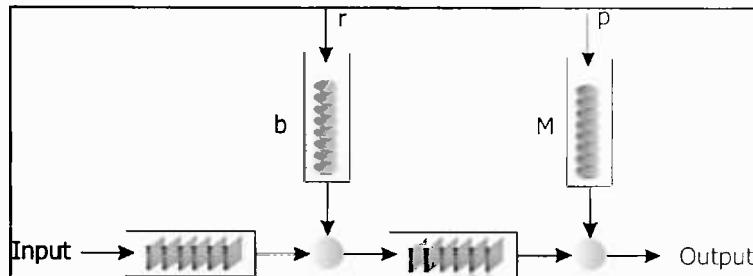


Σχήμα 18: RSVP negotiation

Παρακαλώ θα εξηγηθούν τα χαρακτηριστικά κάθε ροής τα οποία εισάγονται σαν παράμετροι στα RSVP μηνύματα (βλ. σχήμα 18) που ανταλλάσσονται μεταξύ των κόμβων για την δέσμευση των πόρων.

- $b \rightarrow$ μέγεθος 'κάδου' (bucket size). Είναι ο αριθμός των tokens μέσα στον κάδο. Ο ρόλος του κάδου είναι ο εξής: σε κάθε πακέτο δεδομένων αντιστοιχίζεται ένα token. Κατά τη μετάδοση του πακέτου αφαιρείται ένα token από τον κάδο.
- $r \rightarrow$ token bucket rate. Είναι η ροή του token bucket. Πιο συγκεκριμένα, πριν από τη μετάδοση ενός πακέτου στο δίκτυο, πρέπει πρώτα να αφαιρεθεί ένα token από το token bucket. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμο token, το πακέτο δε μπορεί να εισέλθει στο δίκτυο, πρέπει να αναστείλει την μετάδοσή του έως ότου βρεθεί token.
- $p \rightarrow$ μέγιστος ρυθμός μετάδοσης (peak rate)
- $M \rightarrow$ μέγιστο μέγεθος πακέτου (maximum datagram size)
- $R \rightarrow$ δεσμευμένο εύρος ζώνης (reserved bandwidth)
- $S \rightarrow$ (slack term) Υπολειπόμενο εύρος ζώνης. $S = D_{max} - D_{EE}$
- $C_i \rightarrow$ ο χρόνος που περιμένει ένα πακέτο στην ουρά αναμονής του δρομολογητή i (transfer queue) πριν να εξυπηρετηθεί (time packet waits to be served). Υπολογίζεται κατ' εκτίμηση από τον δρομολογητή i.
- $C_{iot} \rightarrow$ το άθροισμα των C_i
- $D_i \rightarrow$ ο χρόνος μετάδοσης ενός πακέτου από τον δρομολογητή i έως τον επόμενο δρομολογητή στο μονοπάτι (transmission and propagation time)
- $D_{tot} \rightarrow$ το άθροισμα των D_i
- $D_{EE} \rightarrow$ η μέγιστη από άκρο-σε-άκρο καθυστέρηση στο μονοπάτι. $D_{EE} = (M + C_{iot}) / R + D_{tot}$, και πρέπει $D_{EE} < D_{max}$
- $D_{max} \rightarrow$ ο μέγιστος ανεκτός από άκρο-σε-άκρο χρόνος καθυστέρησης για την υλοποιούμενη υπηρεσία.

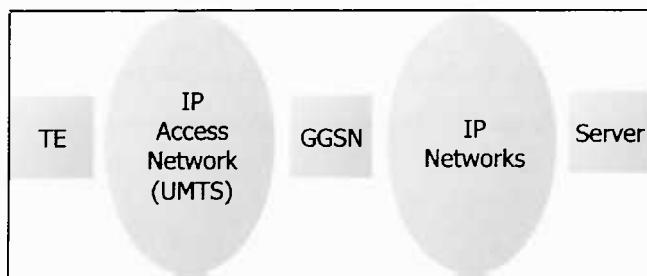
Ο μηχανισμός που ρυθμίζει την κυκλοφορία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



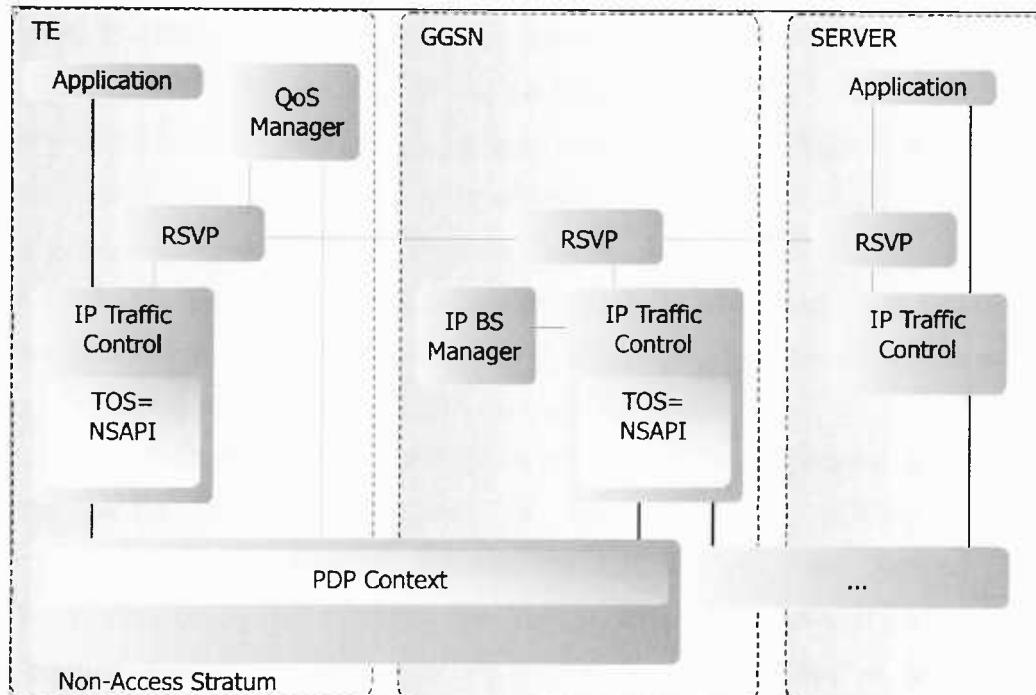
Σχήμα 19: Ρυθμιστής κυκλοφορίας (Traffic regulator)

Τα πακέτα δεδομένων εισέρχονται υπό ένα μεταβλητό ρυθμό στον ρυθμιστή κυκλοφορίας. Σε πρώτη φάση, ο ρυθμιστής πραγματοποιεί έναν ποσοτικό περιορισμό των πακέτων αφού ούτε πακέτο πρέπει να λάβει ένα token από τον κάδο για να προχωρήσει. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα tokens τότε το πακέτο αναμένει. Σε δεύτερη φάση ο ρυθμιστής πραγματοποιεί έλεγχο στη μέγιστη ροή p (peak rate) των πακέτων. Έτσι, η ροή πακέτων δε μπορεί να ξεπεράσει ένα καθορισμένο όνωφρόγμα.

8.2 Περιγραφή της προτεινόμενης QoS αρχιτεκτονικής



Σχήμα 20: QoS Αρχιτεκτονική



Σχήμα 21: Προτεινόμενη QoS αρχιτεκτονική

Στόχος του project ARROWS ήταν να οδηγεί RRM¹³ αλγόριθμους για το τμήμα UTRAN του UMTS. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο IntServ για την παροχή ποιότητας υπηρεσιών.

Μια γενική αρχιτεκτονική της υλοποίησης παρουσιάζεται στο σχήμα 20. Πιο συγκεκριμένα, οι λειτουργίες για κάθε οντότητα παρουσιάζονται στο σχήμα 21 και είναι οι εξής:

- 1) Application
- 2) Non-Access Stratum
- 3) RSVP
- 4) QoS Manager
- 5) IP BS Manager
- 6) IP Traffic Control

Οι γραμμές με τις οποίες συνδέονται μεταξύ τους οι οντότητες αναπαριστούν μονοπάτια μέσα από τα οποία μεταφέρονται πληροφορίες. Οι έντονες γραμμές, όπως αυτή που ενώνει Application με IP Traffic Control, αναπαριστά μονοπάτια δεδομένων. Οι υπόλοιπες γραμμές χρησιμοποιούνται για τη σηματοδοσία.

¹³ RRM: Radio Resource Management – Η διαχείριση των πόρων ραδιοσυστημάτων συμπεριλαμβανομένων και των αιληλεπιδράσεων μεταξύ των παραμέτρων του επιπέδου φυσικής μετάδοσης (bit-rate, διαμόρφωση σήματος, ισχύς κ.ά.), των παραμέτρων του επιπέδου σύνδεσης (MAC protocol, χρονοπρόγραμματισμός, κ.ά.) και των ασύρματων δεδομένων.

Application. Η οντότητα αυτή αναπαριστά μια διαδικασία client/server η οποία επικοινωνεί μέσω UDP ή TCP sockets. Υπηρεσίες όπως WWW και Mail χρησιμοποιούν TCP, ενώ υπηρεσίες όπως video streaming και audio – video telephony χρησιμοποιούν UDP. Αυτές οι UDP υπηρεσίες είναι πραγματικού χρόνου και χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RTP (Real Time Transport Protocol). Οι εφαρμογές που απαιτούν ποιότητα υπηρεσίας πρέπει να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο RSVP. Παρ' όλα αυτά όμως στο project ARROWS υπάρχει μία βιβλιοθήκη, που συμπεριλαμβάνεται στον τερματικό εξοπλισμό (ο QoS Manager), η οποία επιτρέπει σε ειδαρμογές, που δεν υποστηρίζουν το RSVP πρωτόκολλο, να το χρησιμοποιούν.

Non – Access Stratum. Αυτή η οντότητα υλοποιεί Non-Access Stratum λειτουργίες όπως διαχείριση συνόδου (session management) και διαχείριση κινησης (mobility management). Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται ανάμεσα στο UE και στο Core Network ποτέ δεν τερματίζονται μέσα στο N.A.S. UTRAN. Οποιαδήποτε οντότητα επικοινωνεί μαζί με το Non – Access Stratum έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιεί, να απενεργοποιεί, να τροποποιεί ή να χρησιμοποιεί (για μεταφορά πακέτων) τα PDP contexts.

RSVP. Η οντότητα αυτή είναι υπεύθυνη για το χειρισμό και τη δεσμευση των πόρων πάνω από IP ροές.

QoS Manager. Αυτή είναι η οντότητα κλειδί για την προτεινόμενη αρχιτεκτονική και βρίσκεται στον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη. Επιτρέπει σε όλες τις εφαρμογές την πρόσβαση στο πρωτόκολλο RSVP, ακόμη και σε αυτές που δεν το υποστηρίζουν, με τη βοήθεια κάποιων επιπλέον βιβλιοθηκών. Επιπλέον, η οντότητα QoS Manager είναι απαραίτητη επειδή το πρωτόκολλο RSVP δεν μπορεί να υποστηρίξει επαναδιαπραγματεύσιμες αιτήσεις από το δίκτυο. Επίσης, εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

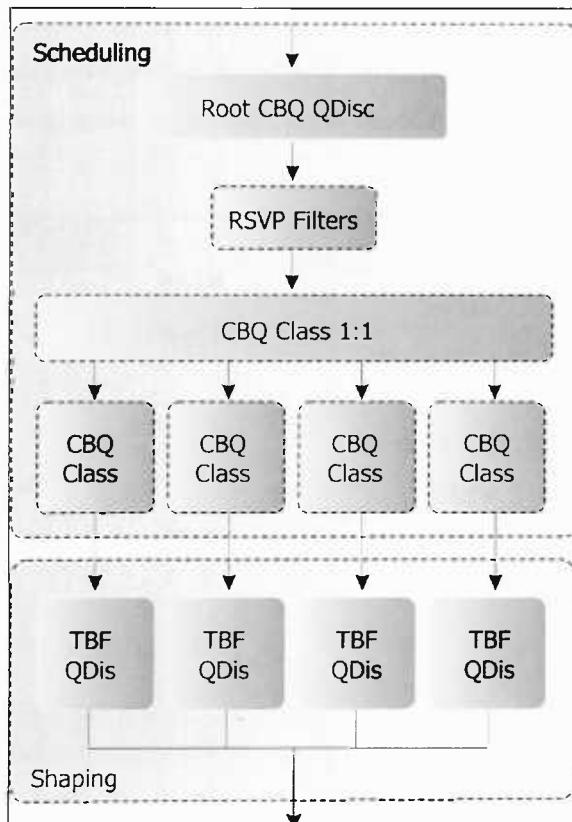
- Διαχειρίζεται τις δεσμεύσεις πόρων, δηλαδή επιλέγει τις κατάλληλες παραμέτρους για τα RESV μηνύματα.
- Ενεργοποιεί / απενεργοποιεί τα PDP contexts
- Αντιστοιχίζει τις RSVP QoS παραμέτρους σε UMTS QoS παραμέτρους.
- Απορρασίζει για την πολυπλεξία των IP ροών στο ίδιο PDP context.
- Προσφέρει ένα API (Application Program Interface) για τις ειφαρμογές του χρήστη.

Στόχος του API είναι να παρέχει στις ειδαρμογές, με έναν απλό τρόπο, ενημέρωση για το QoS. Το API δεν είναι τόσο πλήρες όσο το RSVP API (RAPI), αλλά είναι πιο απλό στην υλοποίηση του.

IP BS Manager. Η οντότητα αυτή βρίσκεται στο GGSN και είναι υπεύθυνη για την αίτηση της ενεργοποίησης του PDP context (αν δεν έχει ήδη ενεργοποιηθεί) κατά την άφιξη του πρώτου πακέτου δεδομένων, το οποίο προορίζεται για το UE.



IP Traffic Control. Όταν πλέον έχει ενεργοποιηθεί το PDP context, ο ακραίος κόμβος πρέπει να να ξεκινήσει τη μετάδοση των πακέτων. Η οντότητα αυτή είναι υπεύθυνη στο να κατευθύνει πακέτα στο κατάλληλο PDP context, να οργανώνει τα πακέτα ανάλογα με την προτεραιότητα τους και να διαμορφώνει την κίνηση με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε ροή να είναι σύμφωνη με τις παραμέτρους του PDP context, κυρίως ως προς την ποιότητα υπηρεσίας που έχει διαπραγματευθεί. Μία τυπική ρύθμιση του IP traffic control παρουσιάζεται στο σχήμα 22.

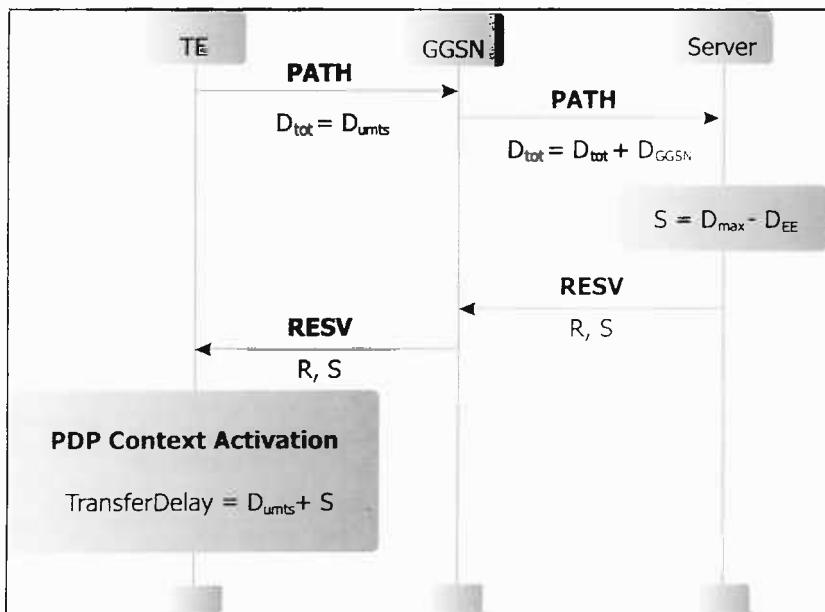


Σχήμα 22: Ελεγχος IP κίνησης (IP Traffic Control)

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι η οργάνωση και η διαμόρφωση των ροών υλοποιείται με **CBQ** (Class Based Queuing) και **TBF** (Token Bucket Flow). Για κάθε PDP context υπάρχει ένα CBQ και ένα TBF. Η CBQ Class είναι υπεύθυνη για την κατηγοριοποίηση και τον χρονοπρογραμματισμό των εισερχόμενων ροών. Ενώ η TBF Class καθορίζει και ελέγχει το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων χρησιμοποιώντας το μηχανισμό token bucket και αποτρέποντας τη μαζική αποστολή δεδομένων.

8.3 Περιγραφή της λειτουργίας του πρωτοκόλλου RSVP

Στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου ο παραλήπτης κάθε ροής πρέπει να επιλέξει σαν παράμετρο R (δεσμευμένο εύρος ζώνης) μία τιμή η οποία να είναι τουλάχιστον ίση με την παράμετρο r (token bucket rate), θεωρώντας ότι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι σταθερός. Δηλαδή, πρέπει $R=r=p$. Επίσης, η τιμή της μεταβλητής S πρέπει να επιλεγεί κατάλληλα. Στην προτεινόμενη λύση η μεταβλητή S χρησιμοποιείται για την διαπραγμάτευση μίας UMTS μεταβλητής, η οποία σχετίζεται με την καθυστέρηση μετάδοσης. Το κόστος ενός PDP context είναι αντιστρόφως ανάλογο με την καθυστέρηση μετάδοσης, επειδή το UTRAN είναι ευέλικτο στην οργάνωση των πακέτων. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα διαπραγμάτευσης RSVP.

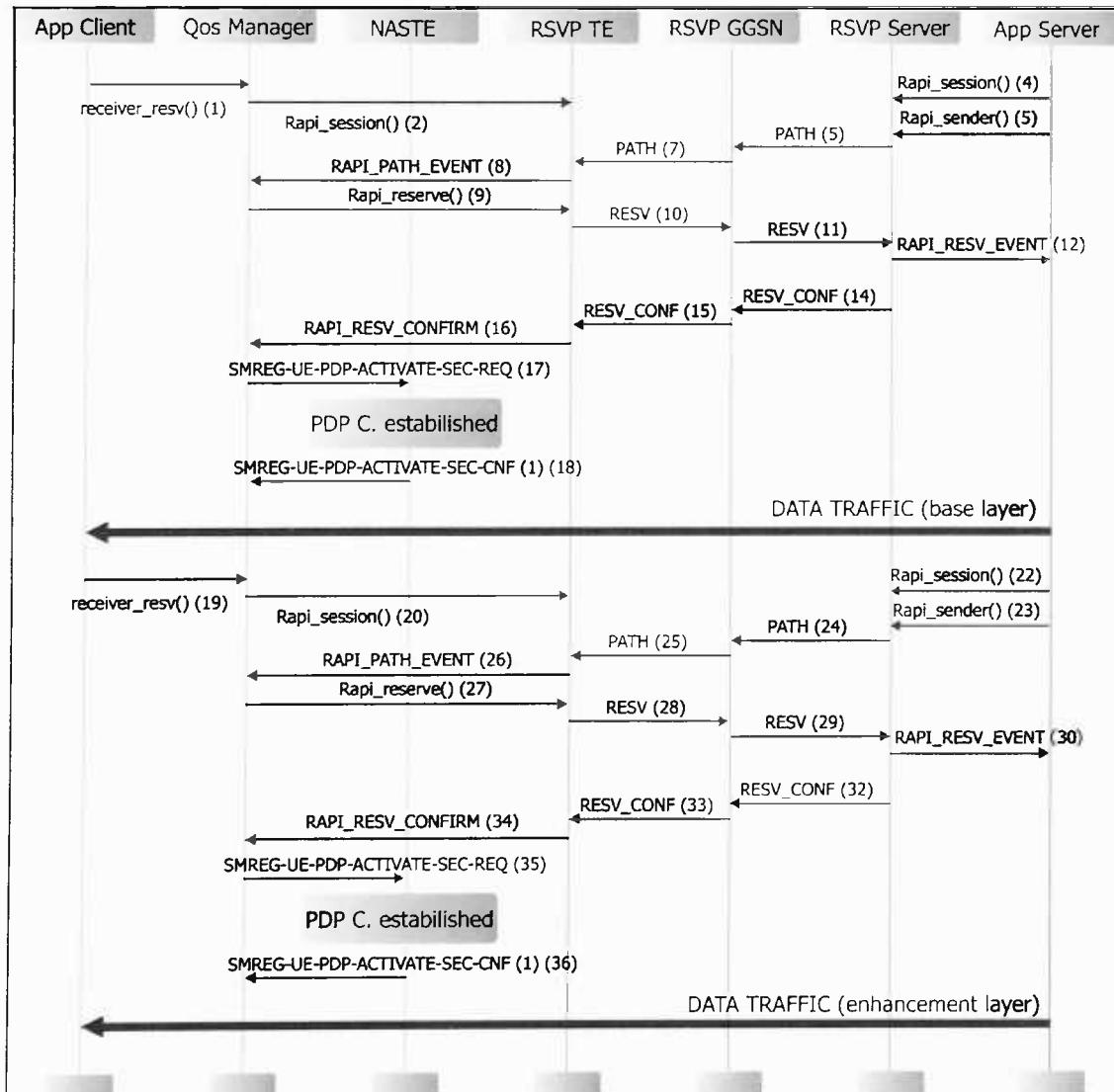


Σχήμα 23: Αποστολή RSVP μηνυμάτων στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική

Εστω ότι ο TE (Terminal Equipment) θέλει να ξεκινήσει μία σύνοδο με τον server. Ο TE στέλνει ένα PATH μήνυμα το οποίο περιέχει τη μεταβλητή D_{tot} , η οποία δηλώνει την τυπική καθυστέρηση που υπέστη το πακέτο όταν εστάλη από το Primary PDP context. Πιο συγκεκριμένα, κάθε δρομολογητής (από τον οποίο περνάει το μήνυμα μέχρι να φτάσει στον προορισμό του) υπολογίζει το διαύλο του D_i (το χρόνο μετάδοσης ενός πακέτου από τον δρομολογητή i στον επόμενο δρομολογητή) και ενημερώνει το D_{tot} . Κατά τη λήψη του RESV μηνύματος, η διαθέσιμη slack καθυστέρηση S χρησιμοποιείται για τη διαπραγμάτευση του Secondary PDP context, το οποίο θα διευκολύνει την IP ροή. Επομένως, ο αποστολέας επιλέγει το D_{max} και το R , και το

πρωτόκολλο υπολογίζει το $D_{EE} = D_{tot}$ και το S. Οι μετρήσεις των μεταβλητών γίνονται στο Primary PDP Context, ενώ το Secondary PDP Context δεσμεύει τους πόρους των IP ροών.

Στο παρακάτω σχήμα 24 παρουσιάζεται μία διαδικασία σηματοδοσίας για video streaming, όπου ο Server προσπαθεί να δημιουργήσει δύο δεσμεύσεις, μία base layer flow και μία enhancement layer flow. Η μεν πρώτη ροή είναι υποχρεωτική και λαμβάνεται από την εφαρμογή του client. Η δε δεύτερη ροή διαπραγματεύεται μικρότερους ρυθμούς μετάδοσης και έχει χαμηλότερη προτεραιότητα από τον πρώτη.



Σχήμα 24: RSVP και PDP context signaling process

Αρχικά ο client και ο server συγχρονίζονται με τη βοήθεια ενός πρωτοκόλλου ειφαρμογής και αιτούν μία νέα σύνοδο μέσω του πρωτοκόλλου RSVP. Στη συνέχεια η γεννήτρια ροών (server) παράγει ένα PATH μήνυμα το οποίο καθορίζει τον παραλήπτη (client), τα χαρακτηριστικά της ροής και τον ανεκτό χρόνο καθυστέρησης. Ο client βασισμένος σε αυτές τις πληροφορίες παράγει ένα RESV μήνυμα το οποίο χρησιμοποιείται από τους IP δρομολογητές και τελικά πραγματοποιούνται οι δεσμεύσεις. Από τη στιγμή που τα PDP Contexts πρέπει να ενεργοποιηθούν από την πλευρά του τερματικού, στέλνεται ένα RESV_CONF μήνυμα στους δρομολογητές το οποίο επιβεβαιώνει την διαθεσιμότητα των πόρων (πριν ενεργοποιηθεί το νέο Secondary PDP context).

Μηνύματα που έχουν σχέση με κλήση εσωτερικών συναρτήσεων ανταλλάσσονται μεταξύ του Application Client, του QoS Manager, του NASTE και του RSVP TE. Μεταξύ του RSVP TE, του RSVP GGSN και του RSVP Server ανταλλάσσονται PATH και RESV μηνύματα. Ο RSVP και ο Application Server ανταλλάσσουν και αυτοί μηνύματα που έχουν σχέση με κλήσεις εσωτερικών τους συναρτήσεων.

8.4 Συμπεράσματα Αρχιτεκτονικής

Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιήθηκε στο project ARROWS έχει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά. Πρώτον, την οντότητα QoS Manager, η οποία περιέχει ένα σύνολο από λειτουργίες που διευκολύνουν τη διαχείριση της παροχής ποιότητας υπηρεσίας. Πιο συγκεκριμένα, επιτρέπει σε ειφαρμογές που δεν υποστηρίζουν το πρωτόκολλο RSVP, να το χρησιμοποιούν με τη βοήθεια κάποιων επιπλέον βιβλιοθηκών. Επίσης, η οντότητα αυτή είναι υπεύθυνη για την δέσμευση των πόρων, για την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση των PDP contexts, για την αντιστοίχιση των παραμέτρων, που γρησιμοποιούνται στο RSVP πρωτόκολλο, σε παραμέτρους του UMTS και τέλος για την πολυπλεξία των IP ροών σε PDP contexts. Δεύτερο δυνατό σημείο της αρχιτεκτονικής είναι ο μηχανισμός που γρησιμοποιεί το RSVP πρωτόκολλο για να διαπραγματεύεται τις παραμέτρους R και S. Προσπαθεί με κάθε τρόπο, υπολογίζοντας τις παραμέτρους R, S και διαπραγματεύοντάς τις, να αξιοποιήσει όσο γίνεται καλύτερα το εύρος ζώνης. Στη συγκεκριμένη λύση η κίνηση αντιμετωπίζεται σε γαμηλότερο επίπεδο (υπάρχει ένα mobility management) γι' αυτό και αρκεί το πρωτόκολλο RSVP για τη δέσμευση των πόρων.

9. Mobile RSVP - 2^η Προτεινόμενη Λύση

Στην ενότητα αυτή προτείνεται και αναλύεται μία επέκταση του πρωτοκόλλου RSVP. Όταν ένας κινητός κόμβος ξεκινάει μία σύνοδο με QoS, τότε δεσμεύεται εύρος ζώνης στο μονοπάτι μεταξύ του αποστολέα και της τρέχουσας θέσης του κόμβου. Δηλαδή, το QoS είναι έγκυρο μέχρι εκείνη την στιγμή. Όταν ο κινητός κόμβος μετακινείται σε άλλη θέση, τότε δεν υπάρχει καμία εγγύηση στη νέα θέση. Γι' αυτό λοιπόν υπάρχει η ανάγκη ενός πρωτοκόλλου που να παρέχει QoS καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, όταν ο κινητός κόμβος μετακινείται από κυψέλη σε κυψέλη. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται Mobile RSVP [13] και παρέχει έναν προχωρημένο μηχανισμό για την δέσμευση των πόρων σε ασύρματο κυψελικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο αυτό υποστηρίζει QoS σε ένα δικτυο το οποίο βασίζεται στο πρωτόκολλο Mobile IP και η διαχείριση της κίνησης αντιμετωπίζεται σε επίπεδο IP. Επίσης, προτείνεται ένας αλγόριθμος δυναμικού διαμοιρασμού πόρων του οποίου στόχος είναι η καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου.

9.1 Λειτουργία του Πρωτοκόλλου

Το πρωτόκολλο Mobile RSVP λειτουργεί σε συνεργασία με το πρωτόκολλο Mobile IP. Η βελτιστοποίηση μίας διαδρομής ενός κόμβου και το μονοπάτι που διατρέχει ο κόμβος είναι θέματα που καθορίζονται από το Mobile IP. Το Mobile RSVP επεκτείνει τις λειτουργίες των PATH και RESV μηνυμάτων καθώς επίσης εκτελεί παθητικές δεσμεύσεις (passive reservations - αναλύεται παρακάτω) στους πόρους των δικτύων. Για να ενεργοποιεί τις παθητικές δεσμεύσεις και για να ενημερώνει τις προηγούμενες δεσμεύσεις (σε περίπτωση που κάποια υπηρεσία διακοπεί), εισάγει δύο σημαντικά καινούργια μηνύματα, το Activate και το Update.

9.1.1 Εγκαθίδρυση Mobile RSVP Σύνδεσης (Mobile RSVP Connection Set-up)

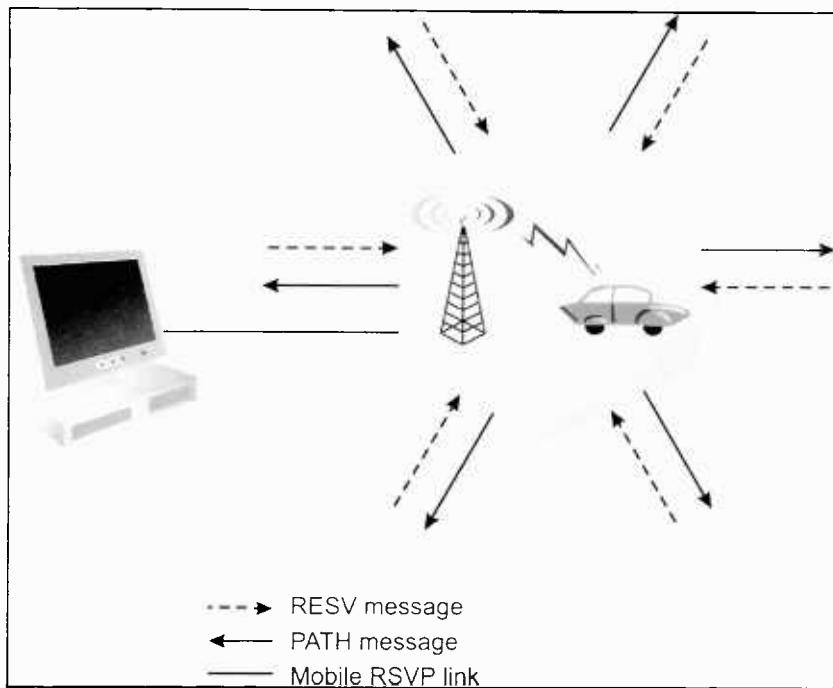
Για να αποφευγθεί η δέσμευση των πόρων σε μία τριγωνική διαδρομή (triangle route) προτείνεται ένα τετραμερής χαιρετισμός (four way handshake). Κατά τη διάρκεια αυτού του «χαιρετισμού» γίνεται γνωστή η διεύθυνση του παραλήπτη και επομένως ο αποστολέας στέλνει ένα αρχικό PATH μήνυμα απ' ευθείας στην care-of address του παραλήπτη. Το μήνυμα αυτό ταξιδεύει hop-by-hop (downstream) μέσω των διαδοχικών RSVP δρομολογητών και ανακοινώνει το ζητούμενο QoS. Στη συνέχεια, ο κινητός κόμβος αναλύει το PATH αυτό μήνυμα και παρέχει το κατάλληλο RESV μήνυμα, το οποίο διανύει αντίστροφα το μονοπάτι (upstream). Κάθε RSVP

δρομολογητής επεξεργάζεται το RESV μήνυμα και δεσμεύει τους κατάλληλους πόρους.

9.1.2 Προοδευτική Δέσμευση Πόρων (Progressive Resource Reservation)

Καθώς ο κινητός κόμβος κινείται από κόμβο σε κόμβο (handover), ο FA πρέπει να εξασφαλίσει ότι οι ζητούμενοι πόροι είναι διαθέσιμοι σε κάθε δίκτυο. Γενικά οι handover αλήσεις έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα, επειδή η σύνοδος έχει ήδη ξεκινήσει και δεν πρέπει να διακοπεί πριν την ολοκλήρωσή της. Για να πραγματοποιηθεί αυτό εκτελείται ένα μοντέλο δέσμευσης πόρων το οποίο είναι γνωστό ως Προοδευτική Δέσμευση Πόρων (Progressive Resource Reservation) (βλ. σχήμα 25). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο FA λειτουργεί σαν κόμβος αφετηρίας και έτσι διανέμει PATH μηνύματα στους γειτονικούς κόμβους. Στόχος των μηνυμάτων αυτών είναι να ενημερώσουν τους γείτονες για το απαιτούμενο QoS του κινητού κόμβου που ίσως εισέλθει στο δίκτυο τους. Αντίστοιχα RESV μηνύματα στέλνονται στον FA από τους γειτονικούς κόμβους του. Κάθ' ένα από τα μηνύματα αυτά εκτελεί την κατάλληλη παθητική δέσμευση.

Η προηγούμενη αναφορά στην παθητική δέσμευση εννοεί ότι δεσμεύονται πόροι από τα γειτονικά κελιά και ο κινητός κόμβος, για τον οποίο έγιναν οι δεσμεύσεις, έχει την υψηλότερη προτεραιότητα. Έτσι όσο ο κόμβος δεν έχει επισκεύθει το δίκτυο οι πόροι, αν χρειαστεί βέβαια, είναι διαθέσιμοι σε άλλους κινητούς κόμβους. Σε περίπτωση όμως που επισκεφτεί το δίκτυο ο κόμβος με την υψηλότερη προτεραιότητα, τότε του παραχωρούνται οι ζητούμενοι πόροι και οι άλλες συνδέσεις διακόπτονται. Ουσιαστικά, η παθητική δέσμευση, η οποία έχει πραγματοποιήσει δέσμευση πόρων για έναν συγκεκριμένο κόμβο, του παραχωρεί την υψηλότερη προτεραιότητα στους πόρους αυτούς και τον εξυπηρετεί πάντα.



Σχήμα 25: Προοδευτική Δέσμευση Πόρων (Progressive Resource Registration)

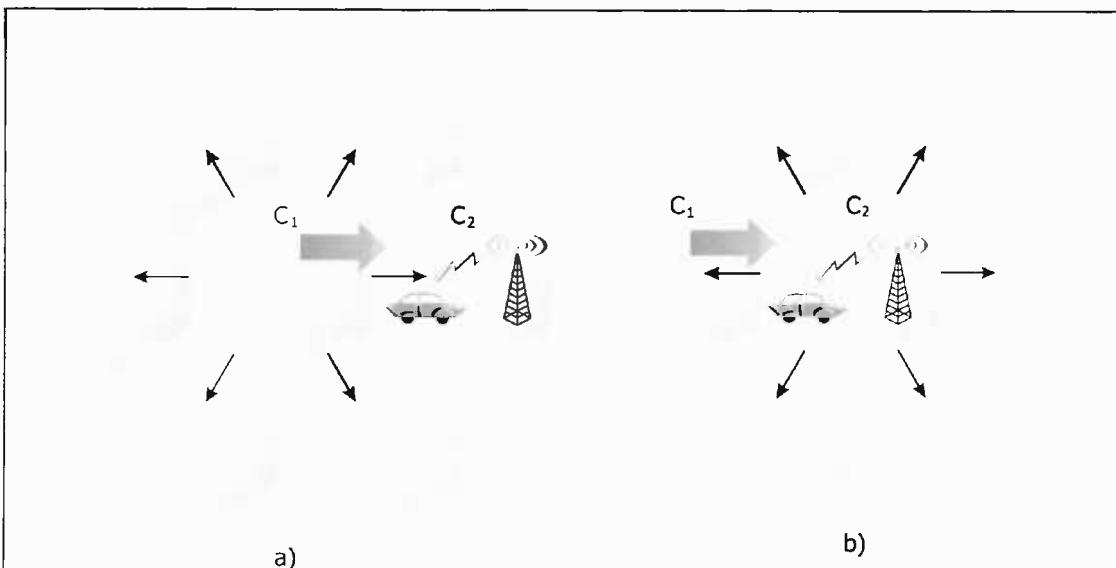
9.1.3 Διαδικασία Hand-Over

Η διαδικασία hand-over του πρωτοκόλλου Mobile RSVP βασίζεται στο πρωτόκολλο Mobile IP. Όταν ο κινητός κόμβος προσαρτηθεί σε έναν νέο FA, τότε ο προηγούμενος FA πρέπει να παραδώσει τις QoS απαιτήσεις στο νέο. Φυσικά για όλες τις μετακινήσεις του κινητού κόμβου πρέπει πάντα να ενημερώνεται ο HA του. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο Mobile IP, ο παλαιός FA πρέπει να κρατήσει την νέα care-of-address του κινητού κόμβου έτσι ώστε όταν έρθει κάποιο πακέτο στην παλαιά του διεύθυνση, να μπορεί ο FA να το προωθήσει στη νέα προσωρινή θέση του κόμβου. Η πληροφορία αυτή είναι απαραίτητη έως ότου δημιουργηθεί απ' ευθείας σύνδεση μεταξύ του κινητού κόμβου και του ανταποκριτή.

Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά για το πώς αλλάζει η κατάσταση της δέσμευσης πόρων από παθητική σε ενεργητική, σύμφωνα με το πρωτόκολλο Mobile RSVP. Ο προηγούμενος FA (FA1) στην κυψέλη C1 πρέπει να στείλει ένα ACTIVATE μήνυμα στον νέο FA (FA2) στη κυψέλη C2. Το μήνυμα αυτό ακολουθεί το ίδιο μονοπάτι με αυτό που ακολουθήθηκε κατά την εγκαθίδρυση της παθητικής δέσμευσης.

Όταν ο κινητός κόμβος μετακινηθεί σε νέα κυψέλη, τότε οι παθητικές δεσμεύσεις που δημιουργήθηκαν στους άλλους γειτονικούς κόμβους πρέπει να αποδεσμευτούν. Έτσι ο FA1 στέλνει ένα RESV μήνυμα σε όλους τους γείτονες και τους ενημερώνει ότι η αντίστοιχη παθητική δέσμευση

δεν είναι πια έγκυρη (βλ. σχήμα 26a). Από τη άλλη μεριά, ο νέος FA (FA2) στέλνει PATH μηνύματα στους γειτονικούς του κόμβους και τελικά αρχίζει και πάλι η προοδευτική δέσμευση πόρων και ζητούνται οι κατάλληλοι πόροι μέσα από τα αντίστοιχα μήνυμα (βλ. σχήμα 26b).



Σχήμα 26: Διαδικασία hand-over του πρωτοκόλλου Mobile RSVP

Το πρωτόκολλο Mobile RSVP έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει ενημερωμένα mobility bindings για τον κινητό κόμβο, έτσι ώστε να μπορεί να δημιουργεί απ' ευθείας συνδέσεις μεταξύ του παλαιού FA και του κινητού κόμβου στην τρέχουσα θέση του. Αυτό συμβαίνει για να μπορεί ο FA να του προωθεί απ' ευθείας δεδομένα πακέτων χωρίς να χρειάζεται να επικοινωνεί με τον HA του. Προφανώς, οι ενημερώσεις αυτές παύουν να έχουν νόημα όταν η σύνοδος διακοπεί.

9.1.4 Δυναμικός Διαμοιρασμός Πόρων (Dynamic Resource Sharing)

Το Mobile RSVP διαχωρίζει τις κλήσεις σε τρεις κατηγορίες με διαφορετική προτεραιότητα η κάθε μία : 1) κλήσεις best effort, 2) guaranteed κλήσεις, 3) active hand-over κλήσεις. Η τρίτη κατηγορία έχει την υψηλότερη προτεραιότητα, ενώ η πρώτη την χαμηλότερη. Στη διαδικασία του δυναμικού διαμοιρασμού πόρων η συνολική χωρητικότητα μοιράζεται στις διάφορες κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ένας αλγόριθμος δυναμικού διαμοιρασμού πόρων ο οποίος συντονίζει τις παθητικές δεσμεύσεις. Όταν μία κλήση με υψηλή προτεραιότητα εισέλθει σε έναν σύνδεσμο, τότε αφαιρούνται πόροι από τις κλήσεις με χαμηλή προτεραιότητα για να εξυπηρετηθεί. Έτσι οι τελευταίες κλήσεις μπορεί να διακοπούν εάν κριθεί απαραίτητο.

Το κύριο σημείο σε όλη αυτή τη διαδικασία του διαμοιρασμού είναι ότι ο συνολικός

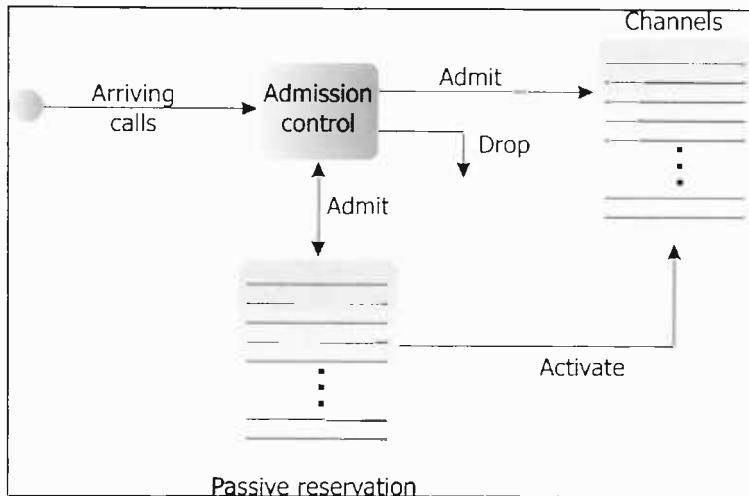
αριθμός των ενεργών καναλιών δεν πρέπει να ξεπερνά το συνολικό αριθμό των διαθέσιμων. Εξ ορισμού ο συνολικός αριθμός των δεσμευμένων καναλιών για παθητικές hand-over κλήσεις δεν μπορεί ποτέ να ξεπερνάει τη διαφορά, του συνολικού αριθμού καναλιών μείον το συνολικό αριθμό των ενεργών καναλιών με εγγύηση QoS. Στην περίπτωση αυτή δεν γίνεται αναφορά για τις best effort κλήσεις, γιατί οι κλήσεις αυτές μπορούν να διακοπούν εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι.

Η διαδικασία του δυναμικού διαμοιρασμού πόρων έχει τα πλεονεκτήματά της αλλά και τα μειονεκτήματά της. Μερικά από τα θετικά είναι ότι : 1) υπάρχει μικρή πιθανότητα μία ενεργή κλήση να διακοπεί, 2) τα “handoffs” μπορούν να γίνουν με ομαλό τρόπο, 3) η διαδικασία της παθητικής δέσμευσης πόρων περιορίζει την σπατάλη των πόρων. Από την άλλη μεριά, με όλη αυτή τη διαδικασία υπάρχει αρκετή σηματοδοσία και επίσης, πριν ενεργοποιηθεί μία δέσμευση οι πόροι δεν γίνεται να χρησιμοποιηθούν από υπηρεσίες με υψηλή προτεραιότητα. Με αυτό τον τρόπο αυξάνονται οι πιθανότητες να “μπλοκαριστούν” οι εισερχόμενες κλήσεις.

9.2 Προσομοίωση

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί ένα μοντέλο προσομοίωσης, το οποίο υλοποιήθηκε για να μελετηθεί η λειτουργία του πρωτοκόλλου Mobile RSVP. Το μοντέλο αυτό που χρησιμοποιήθηκε απεικονίζεται στο σχήμα 27.

Στην πόρτα άφιξης κλήσεων (call arrival port) εισέρχονται τρία διαφορετικά είδη κλήσεων με βάση μία στατιστική κατανομή. Η οντότητα του ελέγχου αποδοχής (admission control module) αποφασίζει εάν θα δεχτεί ή θα απορρίψει την εισερχόμενη κλήση. Η πολιτική που ακολουθείται για την απόφαση αυτή, βασίζεται στις απαιτήσεις πόρων της κλήσης και στην τρέχουσα διαθεσιμότητα των πόρων στο δίκτυο. Ο καταγωρητής των παθητικών δεσμεύσεων (passive reservations register) διατηρεί μία λίστα από κλήσεις οι οποίες πρόκειται να επισκεφτούν το τρέχον δίκτυο και απαιτούν πόρους. Κάθε μία από τις καταγωρήσεις αυτές περιέχει : 1) την χρονική στιγμή που έγινε ενεργή η κλήση, 2) τους απαιτούμενους πόρους, 3) τη πιθανή διάρκεια χρήσης των πόρων αυτών. Τέλος, η συνολική γωρητικότητα της κυψέλης αναπαριστάται από τον καταγωρητή των καναλιών (channels).



Σχήμα 27: Μοντέλο Προσομοίωσης

Όπως προαναφέρθηκε, η πόροτα άφιξης κλήσεων δέχεται τρία είδη κλήσεων :

Best Effort κλήσεις (b) : Σε αυτή την κατηγορία κλήσεων παρέχεται ότι διαθέσιμο εύρος ζώνης υπάρχει και δεν υπάρχει καμία απαίτηση ως προς το QoS. Αυτές οι κλήσεις μπορεί και να “μπλοκαριστούν” ή ακόμα και να τερματιστούν, εάν κάποιοι πόροι απαιτούνται από κλήσεις με QoS.

Guaranteed κλήσεις (g) : Αυτή η κατηγορία κλήσεων αρχικοποιεί για πρώτη φορά, στην τρέχουσα κυψέλη, μία νέα σύνοδο επικοινωνίας. Σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, οι guaranteed κλήσεις απαιτούν QoS καθ' όλη τη διάρκεια της κλήσης. Όταν μία guaranteed κλήση γίνει αποδεκτή, τότε πρέπει να εγγυηθεί ότι δεν θα διακοπεί μέχρι να τερματιστεί.

Hand-over κλήσεις (h) : Οι κλήσεις αυτές δεν αρχικοποιούν, στην τρέχουσα κυψέλη, νέα σύνοδο επικοινωνίας, απλά ζητούν πόρους για να συνεχίσουν την επικοινωνία τους με τον ανταποκριτή. Γενικά, οι κλήσεις αυτής της κατηγορίας έχουν υψηλή προτεραιότητα, επειδή η κλήση έχει ήδη ξεκινήσει και δεν πρέπει να διακοπεί πριν την ολοκλήρωσή της .

9.2.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Στόχος των προσομοίωσεων ήταν να αναλύσουν την επίδραση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, το συνολικό αριθμό των διαθέσιμων πόρων σε μία κυψέλη και τον χρόνο αποτελεσματικής δέσμευσης καναλιών χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη λύση του δυναμικού διαμοιρασμού πόρων με παθητική δέσμευση πόρων πάνω από το Mobile RSVP. Πιο συγκεκριμένα, το ζητούμενο είναι να μειώνεται όσο γίνεται περισσότερο η πιθανότητα απόρριψης των hand-over κλήσεων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τρία είδη πολιτικών (policies) που ακολουθήθηκαν για το

διαμοιρασμό των πόρων του δικτύου κατά την εκτέλεση των πειραμάτων. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πειράματα εκτελέστηκαν κάτω από τις ίδιες παραμέτρους.

- 1) Δυναμικός διαμοιρασμός πόρων με παθητική δέσμευση (Dynamic Resource Partitioning (DRP)) (προτεινόμενη λύση)
- 2) Πλήρης διαμοιρασμός (Complete Sharing (CS)) [18] χωρίς παθητική δέσμευση. Ο πλήρης διαμοιρασμός πόρων είναι μία πολιτική η οποία επιτρέπει σε όλες τις υπηρεσίες να μοιράζονται εξ ίσου τους πόρους του δικτύου, χωρίς καμία διάκριση. Με αυτό τον τρόπο ίσως κάποιες υπηρεσίες να υποβαθμίζονται σε πόρους από κάποιες άλλες ή κάποιες υπηρεσίες μπορεί να διαθέτουν πόρους τους οποίους δεν έχουν ανάγκη.
- 3) Πλήρης διαιρεση (Complete Partitioning (CP)) [18] χωρίς παθητική δέσμευση. Η πλήρης διαιρεση πόρων είναι μία άλλη πολιτική η οποία γωρίζει, μοιράζει στατικά τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου ανάμεσα στις υπηρεσίες. Με αυτό τον τρόπο κάποιοι πόροι μπορεί να χρησιμοποιούνται λίγο και μερικές φορές ίσως καθόλου, με αποτέλεσμα να μην αξιοποιούνται αποδοτικά οι πόροι του δικτύου.

Μετά την εκτέλεση των πειραμάτων εξάχθηκαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Η προτεινόμενη λύση, του δυναμικού διαμοιρασμού πόρων, λειτουργεί πολύ καλύτερα σε σύγκριση με το CP, όσον αφορά την απόρριψη hand-over κλήσεων. Το μειονέκτημα του CP είναι η αναποτελεσματική χρήση των πόρων. Πειράματα έχουν δείξει ότι υπάρχουν διαθέσιμα πολλά αχρησιμοποίητα best-effort κανάλια, ενώ την ίδια στιγμή άλλες κλήσεις με QoS μπλοκάρονται ή απορρίπτονται.
- Επίσης, η προτεινόμενη λύση, του δυναμικού διαμοιρασμού πόρων, λειτουργεί πολύ καλύτερα σε σύγκριση με το CS, όσον αφορά την απόρριψη hand-over κλήσεων. Η ζητούμενη μείωση της πιθανότητας απόρριψης των hand-over κλήσεων επιτυγχάνεται εις βάρος των best-effort κλήσεων, οι οποίες είτε διακόπτονται είτε υποβαθμίζονται (μείωση πόρων). Ένα μεγάλο ποσοστό των best-effort κλήσεων υποβαθμίζεται, ενώ το ποσοστό αυτών που απορρίπτονται είναι αρκετά μικρό.

9.2.2 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων [13] οδηγούν στα παρακάτω συμπεράσματα :

- Επίτευξη του στόχου, ο οποίος ήταν η αποφυγή του πρόωρου τερματισμού των ενεργών συνδέσεων, δίνοντας υψηλότερη προτεραιότητα στις hand-over κλήσεις και μικρότερη στις guaranteed, best-effort κλήσεις. Υπάρχει όμως μία μικρή πιθανότητα να απορριφθούν οι hand-over κλήσεις. Αυτό θα συμβεί, είτε επειδή κάποιες κλήσεις με

απαιτούμενο QoS περάσουν από τον έλεγχο αποδοχής και δεσμεύσουν ένα μεγάλο μέρος των πόρων, με αποτέλεσμα να μειωθούν τα διαθέσιμα κανάλια, είτε επειδή πέντε από τις έξι hand-over δεσμεύσεις¹⁴ δεν πρόκειται ποτέ να ενεργοποιηθούν. Στην δεύτερη περίπτωση υπάρχουν δεσμευμένοι πόροι που δεν πρόκειται ποτέ να χρησιμοποιηθούν, αλλά μέχρι να γίνει η αποδέσμευσή τους, οι διαθέσιμοι πόροι του δικτύου είναι μειωμένοι, κι έτσι κάποιες hand-over κλήσεις να μην μπορούν θεωρητικά να εξυπηρετηθούν.

- Η προτεινόμενη προσέγγιση αυξάνει σημαντικά την συνολική εκμετάλλευση των πόρων σε σχέση με το μηχανισμό του CP. Αυτό σημαίνει ότι η διαχείριση των πόρων βελτιώνει την συνολική αποδοτικότητα του ασύρματου δικτύου.
- Επίσης, η προτεινόμενη προσέγγιση υπερτερεί σε σχέση με το μηχανισμό του CS, ως προς την απόρριψη των hand-over κλήσεων. Στην προτεινόμενη λύση οι hand-over κλήσεις έχουν υψηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με τις best-effort. Επομένως, οι hand-over κλήσεις, προκειμένου να δεσμεύσουν τους απαιτούμενους πόρους, έχουν τη δυνατότητα να υποβαθμίσουν ή να διακόψουν τις best-effort.
- Τέλος, η προτεινόμενη λύση υπερτερεί σε σχέση με το μηχανισμό του CS, ως προς το “μπλοκάρισμα” των best-effort κλήσεων. Δηλαδή, οι best-effort κλήσεις μπορεί να γρησιμοποιήσουν πόρους, οι οποίοι έχουν δεσμευτεί παθητικά, και μετά να τερματιστούν ή να απομακρυνθούν από την κυψέλη πριν ακόμη ενεργοποιηθεί η παθητική δέσμευση.

9.3 Προβλήματα πρωτοκόλλου Mobile RSVP

Ένα σημαντικό πρόβλημα του πρωτοκόλλου Mobile RSVP είναι η εφαρμοσιμότητα του στην τρέχουσα υποδομή του δικτύου. Δηλαδή, απαιτούνται δρομολογητές οι οποίοι να μπορούν να γρησιμοποιούν το πρωτόκολλο Mobile RSVP, αλλιώς ο έλεγχος της κυκλοφορίας θα είναι πολύ υψηλός και μπορεί ακόμη και να επηρεάσει την απόδοση των best-effort κλήσεων. Σαν μία πρώτη προσέγγιση προτείνεται να λειτουργήσει σε Intranet, παρέχοντας πολυμεσικές εφαρμογές ή εφαρμογές πραγματικού χρόνου σε κινητούς κόμβους.

Μία άλλη παγίδα του πρωτοκόλλου εντοπίζεται όταν κινούνται οι δύο κόμβοι που επικοινωνούν μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται πολύ σηματοδοσία και πολλά μηνύματα ελέγχου, γεγονός που οδηγεί σε αναποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου. Σε ένα σενάριο πολυεκπομπής το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο έντονο.

¹⁴ Κάθε κυψέλη έχει έξι γειτονικές κυψέλες. Επομένως, κατά την παθητική δέσμευση εκτελεί σε έξι κυψέλες δεσμεύσεις πόρων. Πέντε όμως από αυτές δεν θα χρησιμοποιηθούν πότε, γιατί η σύνοδος θα χρησιμοποιήσει μία από αυτές.

10. Συμπεράσματα

Παραπάνω παρουσιάστηκαν δύο διαφορετικές λύσεις οι οποίες προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα παροχής QoS σε ένα UMTS δίκτυο. Στην πρώτη λύση, στη συνολική αρχιτεκτονική κλειδί αποτελεί η εισαγωγή μία οντότητας (QoS Manager), η οποία έχει σαν στόχο να επιτρέπει σε όλες τις εφαρμογές την πρόσβαση στο πρωτόκολλο RSVP, ακόμη και σε αυτές που δεν το υποστηρίζουν. Η οντότητα αυτή διαχειρίζεται τις δεσμεύσεις πόρων και αντιστοιχίζει τις RSVP QoS παραμέτρους σε UMTS QoS παραμέτρους. Στη συγκεκριμένη λύση η κίνηση αντιμετωπίζεται σε χαμηλότερο επίπεδο (υπάρχει ένα mobility management) γι' αυτό και αρκεί το πρωτόκολλο RSVP για τη δέσμευση των πόρων.

Η δεύτερη λύση χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο Mobile RSVP και έναν αλγόριθμο δυναμικού διαμοιρασμού πόρων προσπαθεί να υποστηρίζει QoS σε ένα δίκτυο το οποίο βασίζεται στο πρωτόκολλο Mobile IP. Σε αντίθεση με την προηγούμενη λύση, η διαχείριση της κίνησης αντιμετωπίζεται σε επίπεδο IP. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων η λύση αυτή έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η εφαρμοσιμότητά της όμως στην τρέχουσα υποδομή του δικτύου είναι λίγο δύσκολη, γιατί πρέπει οι δρομολογητές να έχουν την δυνατότητα να γρησιμοποιούν το πρωτόκολλο αυτό.

Επίσης, η πρώτη λύση ακολουθεί ένα μοντέλο διαχείρισης κυκλοφορίας μέσω token bucket το οποίο είναι πολύ ισχυρό και καλά μελετημένο στη βιβλιογραφία. Αντίθετα, η δεύτερη λύση χρησιμοποιεί κανάλια, δηλαδή ένα απλούστερο μοντέλο το οποίο εκτελεί στατική κατανομή πόρων (π.χ. 3 κανάλια * 16kbps ανά κανάλι). Στην πρώτη περίπτωση δίδεται μεγάλη σημασία στον υπολογισμό των μεταβλητών (δεσμευμένο εύρος ζώνης, καθυστερήσεις) με αποτέλεσμα να διαχειρίζονται όσο γίνεται πιο αποτελεσματικά οι πόροι του συστήματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η επιλογή των δεσμευμένων πόρων δεν διαπραγματεύεται αλλά είναι σταθερή.

Τέλος, η πρώτη λύση χρειάζεται υποστήριξη στη διαχείριση της κίνησης (mobility management support), επειδή το πρωτόκολλο RSVP δεν μπορεί να ανταπεξέλθει όταν οι κόμβοι κινούνται (λειτουργεί μόνο σε κόμβους που βρίσκονται σταθεροί σε ένα δίκτυο). Ενώ, η δεύτερη λύση λειτουργεί σε επίπεδο IP και με τη χρήση του πρωτοκόλλου Mobile IP διαχειρίζεται ικανοποιητικά την κίνηση των κόμβων. Από από την άλλη πλευρά όμως, δεν μπορεί να διαπραγματεύεται τους πόρους του δικτύου.

11. Λεξικό Αχρονύμων

3GPP	3 rd Generation Partnership Project
APN	Access Point Name
AS	Application Server
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CBQ	Class Based Queuing
CN	Core Network
COPS-PR	Common Open Policy Service for Policy Provisioning
CP	Complete Partitioning
CS	Circuit Switched
CS	Complete Sharing
CSCF	Call State Control Function
DiffServ	Differentiated Services
DRP	Dynamic Resource Partitioning
EDGE	Enhanced Date rates for GSM Evolution
FA	Foreign Agent
FDD	Frequency Division Duplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FN	Foreign Network
GERAN	GSM EDGE RAN
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GSN	GPRS Support Nodes
HA	Home Agent
HN	Home Network
HS	Hard State
HSS	Home Subscriber Server
I- CSCF	Interrogating CSCF
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMSI	International Mobile Subscriber Identifier
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
MA	Mobile Agent
MGCF	Media Gateway Control Function
MGW	Media GateWay
MN	Mobile Node
MRF	Multimedia Resource Function
MRFC	Multimedia Resource Function Controller
MRFP	Multimedia Resource Function Processor
MSC	Mobile Switching Center
NodeB	Ground Station

PBN	Policy – Based Networking
PCF	Policy Control Function
P-CSCF	Proxy CSCF
PDF	Policy Decision Function
PDP	Packet Data Protocol
PEF	Policy Enforcement Function
PIB	Policy Information Base
PS	Packet Switched
PS-CN	Packet Switched Core Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RRM	Radio Resource Management
RSVP	Resource ReSerVation Protocol
RTP	Real Time Transport Protocol
S- CSCF	Serving CSCF
SDU	Service Data Unit
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
SLAs	Service Level Agreements
SS	Soft State
TBF	Token Bucket Flow
TDD	Time Division Duplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TFT	Traffic Flow Template
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
VMSC	Visitor MSC
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access

12. Αναφορές

- [1] 3GPP “Quality of Service (QoS) concept and architecture”, TS 23.107, V6.0.0, December 2003.
- [2] 3GPP “End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture”, TS 23.207, V6.1.1, January 2004.
- [3] 3GPP “End-to-end Quality of Service (QoS) signaling flows”, TS 29.208, V5.7.0, March 2004.
- [4] Wei Zhuang, Yung Sze Gan, Kok Jeng Loh, Kee Chaing Chua, “Policy-Based QoS Architecture in the IP Multimedia Subsystem of UMTS”, IEEE Network, May/June 2003
- [5] Racha Ben Ali, Samuel Pierre, “UMTS-to-IP QoS Mapping for Voice and Video Telephony Services”, IEEE Network.
- [6] Claudiu Chioariu, “QoS in UMTS”, Helsinki University of Technology, Seminar on Internetworking 2004, T-110.551.
- [7] M. Ricardo, J. Dias, G. Carneiro, J. Ruela, “UMTS Terminal Equipment for All-IP Based Communications”.
- [8] Sotiris I. Maniatis, Eugenia G. Nikolouzou, and Iakovos S. Venieris, “End-to-End QoS Specification Issues in the Converged All-IP Wired and Wireless Environment”, National Technical University of Athens, IEEE Communications Magazine, June 2004.
- [9] Rajeev Koodli, Mikko Puuskari, Nokia Research Center, “Supporting Packet-Data QoS in Next-Generation Cellular Networks”, IEEE Communications Magazine, 2001.
- [10] K.Daniel Wong, Vijay K. Varma, Telcordia Technologies, “Supporting Real-Time IP Multimedia Services in UMTS”, IEEE Communications Magazine, November 2003.
- [11] Jarmo Harju, Perttu Kivimaki, “Co-operation and Comparison of DiffServ and IntServ : Performance Measurements”, Tampere University of Technology, Finland, IEEE 2000.
- [12] George Xylomenos, Vasilis Vogkas, “Wireless Multimedia in 3G Networks”, Mobile Multimedia Laboratory, Department of Informatics, Athens University of Economics and Business.
- [13] Ali Mahmoodian, Gunter Haring, “Mobile RSVP with Dynamic Resource Sharing”, Institute for Computer Science and Business Informatics, Department for Advanced Computer Engineering, Vienna University, IEEE 2000.
- [14] Charles E. Perkins, “Mobile IP”.



- [15] Zhou Zhicheng, "Quality of Service in 3G Wireless Networks".
- [16] G. Prigouris, S. Hadjiefthymiades, L. Merakos, "Supporting IP QoS in the General Packet Radio Service", University of Athens, IEEE Network September/October 2000.
- [17] David D. Clark, Scott Shenker, Lixia Zhang, "Supporting Real-Time Applications in an Integrated Services Packet Network : Architecture and Mechanism",
- [18] Debasis Mitra, Ilze Ziedins, "Virtual Partitioning by Dynamic Priorities : Fair and Efficient Resource-Sharing by Several Services", Dept. of Statistics, University of Auckland.
- [19] Jussi Laukkonen, "Integrated Services", Dept. of Computer Science, University of Helsinki, October 2000.
- [20] S. Baudet, C. Basset-Bathias, P. Frene, N. Giroux, "QoS implementation in UMTS Networks", 2001
- [21] Jussi Laukkonen, "UMTS Quality of Service Concept and Architecture", Dept. of Computer Science, University of Helsinki, 2000.
- [22] Sotiris I. Maniatis, Eugenia G. Nikolouzou, and Iakovos S. Venieris, "QoS Issues in the Converged 3G Wireless and Wired Networks", IEEE Communications Magazine, August 2002.
- [23] Giovanni Costa, "IntServ over DiffServ for IP QoS in Radio Access Networks", Dept. of Computer Science, University of Helsinki.
- [24] Petter Andersen, John Thoresen, "VoIP in 3GPP UMTS mobile networks interworking with fixed networks", May 2003.
- [25] M. Ricardo, J. Dias, G. Carneiro, J. Ruela, "Support of IP QoS over UMTS Networks".
- [26] Ramon Ferrus, Anna Umbert, Xavier Reves, Ferran Casadevall, Ronan Skehill, Ian Rice, "ARROWS UMTS Test-bed Description".
- [27] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet : A tutorial", Dept. of Computer Science, University College London.
- [28] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, Xerox PARC, "Integrated Services in the Internet Architecture : an Overview", RFC 1633.
- [29] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475.
- [30] P. Belloni, T. Eskedal, M. Ficaccio, C. Hatch, D. Milham, S. Hughes, D. McCarthy, O. Osterbo, G. Vallazza, "UMTS Quality of Service Survey", January 2002.
- [31] A. Talukadar, B. Badrinath, A. Acharya, "On Accommodating Mobile Host in an Integrated Service Packet Network", IEEE 1997.



