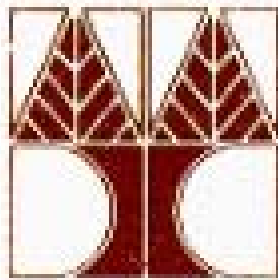


**Ατομική Διπλωματική Εργασία**

**DCH, FACH και DSCH για υποστήριξη PtP  
και PtM σε περιβάλλοντα MBMS**

**Σάββα Αντρέας**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**



**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Επιβλέπον Καθηγητής  
Αντρέας Πιτσιλλίδης**

Η Ατομική αυτή Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

**Ιούνιος 2006**

# Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας και τις προπτυχιακές μου σπουδές στο Πανεπιστήμιο Κύπρου στο κλάδο Πληροφορικής, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους στάθηκαν στο πλάι μου και με στήριξαν.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα της εργασίας μου καθηγητή κ. Αντρέα Πιτσιλλίδη. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ιωσηφίνα Αντωνίου, τον κύριο Μιχάλη Κιτρομηλίδη και τον Χριστόφορο Χρυστοφόρου για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για την εργασία μου και για τις πολύ χρήσιμες συμβουλές που μου έδιναν ώστε να γίνει η εργασία μου ακόμα πιο ολοκληρωμένη.

Τέλος, θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω το φίλο και συνάδελφο Κωνσταντίνο Λοΐζου, όπως και όλους τους συμφοιτητές μου που στάθηκαν στο πλάι μου και με στήριξαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής αλλά και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου γενικότερα.

# Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί ανάλυση και σύγκριση των καναλιών Dedicated Channel (DCH), Forward Access Channel (FACH) και Downlink Shared Channel (DSCH) για την υποστήριξη επικοινωνιών point-to-point και point-to-multipoint σε περιβάλλοντα που υποστηρίζουν λειτουργίες MBMS (UE counting). Στόχος αυτής της εργασίας είναι να σχεδιάσει και να υλοποιήσει τροποποιήσεις στο μηχανισμό UE counting και στον αλγόριθμο power counting [12] και να προτείνει εναλλακτικές μεθόδους για επικοινωνίες point-to-point και point-to-multipoint. Η υλοποίηση των βελτιστοποιήσεων λαμβάνει χώρα στο σταθμό ελέγχου ράδιο εκπομπής (RNC) και ερευνάτε η αποδοτικότητα για το κοινό κανάλι κατιούσας σύνδεσης (DSCH) του ράδιο πομπού (Node B) σε ασύρματα/κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς UMTS.

Ο αλγόριθμος, power counting που μελετήθηκε, προστέθηκε στο RNC του MBMS προσομοιωτή της Opnet. Στη δημιουργία του μοντέλου MBMS καθώς και του αλγόριθμου συνέβαλε και το Πανεπιστήμιο Κύπρου κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος B-Bone [8]. Αυτή η εργασία αναλύει την αποδοτικότητα της υπηρεσίας MBMS σε εφαρμογές ροής πολυμέσων, σε αστικές και μη περιοχές χρησιμοποιώντας τρόπους επικοινωνίας μέσω καναλιών DCH, FACH, και DSCH.

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τις επιλογές των καναλιών DCH, FACH, DSCH και προτείνει την χρήση του καναλιού πολυεκπομπής DSCH για υποστήριξη των υπηρεσιών MBMS χωρίς εναλλαγές προς τα άλλα κανάλια. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής παρουσιάζονται. Κάποια μειονεκτήματα εντοπίζονται και κατάλληλη μελλοντική εργασία υποδεικνύεται.

Για ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία Opnet 11.0 A με υποστήριξη από το Visual Studio .net 2003.

# Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	5
1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας .....	5
1.2 Σύντομη περιγραφή του τι θα ακολουθήσει .....	6
Κεφάλαιο 2 .....	7
Δίκτυο 3 <sup>ης</sup> γενιάς UMTS.....	7
2.1 Τι είναι το δίκτυο UMTS.....	7
2.1.1 Η τεχνολογία W-CDMA.....	8
2.1.2 UMTS Architecture .....	9
2.3 Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS).....	12
2.2.1 Κατηγορίες QoS του UMTS.....	13
2.2 Αρχιτεκτονική MBMS.....	14
2.2.1 Εισαγωγή .....	14
2.2.2 Παροχή υπηρεσιών MBMS .....	15
Κεφάλαιο 3 .....	21
Αποδοτικό Power Control στο MBMS.....	21
3.1 Εισαγωγή .....	21
3.1 Μέτρηση UE.....	23
3.3 Μέτρηση ισχύος.....	23
Κεφάλαιο 4 .....	24
Το Μοντέλο UMTS στην Opnet.....	24
4.1 Γενική περιγραφή του μοντέλου.....	24
4.2 Γνωρίσματα και Περιορισμοί του μοντέλου .....	24
4.3 Διαθέσιμοι κόμβοι .....	25
4.4 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου.....	26
4.4.1 Αρχιτεκτονική του RNC.....	27
4.4.1.1 MBMS session state.....	28
4.4.2 Αρχιτεκτονική του Node B.....	29
4.4.3 Αρχιτεκτονική του UE.....	31
Κεφάλαιο 5 .....	33
Προσομοίωση .....	33
5.1 Εισαγωγή .....	33
5.2 Προδιαγραφές Σεναρίων.....	36
5.2.1 Σενάριο 1 Μελέτη DCH και FACH.....	36
5.2.2 Μελέτη DSCH .....	47
Κεφάλαιο 6 .....	58
Συμπεράσματα .....	58
Βιβλιογραφία .....	61

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

---

### 1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

### 1.2 Σύντομη περιγραφή του τι θα ακολουθήσει

---

#### 1.1 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να υλοποιήσει και να ενισχύσει αλγόριθμους ελέγχου σήματος, για αποδοτικότερη πολυεκπομπή πολυμέσων σε δίκτυα UMTS βασισμένα στο πρωτόκολλο του διαδικτύου (IP based). Συγκεκριμένα μελετά τρόπους ενίσχυσης του αλγορίθμου μέτρησης ισχύος σήματος (power counting algorithm), ο οποίος έχει αρχικά προταθεί από το Πανεπιστήμιο Κύπρου, ώστε να βελτιωθεί ο μηχανισμός μέτρησης αριθμού χρηστών (UE counting [9]), της υπηρεσίας MBMS μέσω αλλαγής των καναλιών πολυεκπομπής.

Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως προσομοιωτής 3<sup>ης</sup> γενιάς κινητού δικτύου UMTS το Opnet. Η υπηρεσία MBMS δεν υπήρχε στο Opnet για αυτό και χρησιμοποιήθηκε υφιστάμενη υλοποίηση της από το ερευνητικό πρόγραμμα B-Bone. Η υπηρεσία MBMS προκαλεί αλλαγές στο στρώμα 2/3 της στοίβας πρωτοκόλλων του ασύρματου δικτύου UMTS. Πρόκειται να αξιολογήσω την απόδοση του αλγορίθμου power counting και UE counting, δοκιμάζοντας εναλλακτικά κανάλια επικοινωνίας όπως DSCH, και προτείνοντας πιθανές βελτιώσεις/προσθήκες στον μηχανισμό με βάση την αξιολόγηση του συστήματος.

## 1.2 Σύντομη περιγραφή του τι θα ακολουθήσει

Στο κεφάλαιο 2 δίνεται μια γενική περιγραφή του δικτύου UMTS. Περιλαμβάνει επεξήγηση του δικτύου κορμού (CN), του δικτύου ασύρματης πρόσβασης (RAN) και του W-CDMA [10].

Επεξηγούνται επίσης η υπηρεσία MBMS και η αρχιτεκτονική της, η πολυεκπομπή πολυμέσων και ο μηχανισμός ελέγχου ισχύος σήματος. Επιπρόσθετα, αναφέρομαι στην ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρει το UMTS και τι μπορούμε να περιμένουμε από το MBMS.

Στο κεφάλαιο 3 θα δούμε ποιες είναι οι απαιτήσεις των ασύρματων/κινητών δικτύων σε χωρητικότητα, όσον αφορά τον εξοπλισμό χρηστών και τον έλεγχο της ισχύος του σήματος. Θα επεξηγήσουμε τον έλεγχο ισχύος στο UMTS Terrestrial RAN (UTRAN) και τις κυριότερες παραμέτρους που τον επηρεάζουν. Θα δούμε πως οι παράμετροι αυτοί μπορούν να ρυθμιστούν έτσι ώστε να έχουμε τον καλύτερο δυνατό έλεγχο της ισχύος του σήματος σε μία κυψελίδα διαμέσου του Radio Network Controller (RNC). Παρουσιάζουμε προτεινόμενους αλγόριθμους για έλεγχο πολυεκπομπής πολυμέσων και τις βελτιστοποιήσεις που δοκιμάστηκαν. Ακόμα εξηγούμε με ποία λογική έγινε η επιλογή των βελτιστοποιήσεων και τέλος δείχνουμε τους λόγους που η υπηρεσία MBMS είναι ενδιαφέρουσα περιοχή έρευνας σε ασύρματα δίκτυα UMTS.

# Κεφάλαιο 2

## Δίκτυο 3<sup>ης</sup> γενιάς UMTS

---

### 2.1 Τι είναι το δίκτυο UMTS

#### 2.1.1 Η τεχνολογία W-CDMA

#### 2.1.2 UMTS Architecture

### 2.2 Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)

#### 2.2.1 Κατηγορίες QoS του UMTS

### 2.3 Αρχιτεκτονική MBMS

#### 2.3.1 Εισαγωγή

#### 2.3.2 Παροχή υπηρεσιών MBMS

---

### 2.1 Τι είναι το δίκτυο UMTS

Το UMTS είναι το ακρόνυμο για Universal Mobile Telecommunications System και αναπαριστά μεγάλη εξέλιξη στη χωρητικότητα, μεταφορά δεδομένων και προσφορά νέων υπηρεσιών από τα δίκτυα 2<sup>ης</sup> γενιάς. Το UMTS είναι ένα από τα ασύρματα δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς που αναπτύσσονται στο ITU's IMT-2000 πλαίσιο. Είναι η υλοποίηση μιας νέας γενιάς τεχνολογιών υψηλής εμβέλειας τηλεπικοινωνίας πολυμέσων. Η περιοχή εμβέλειας της είναι παγκόσμιας διάταξης με τη μορφή του IMT-2000.

Η κάλυψη της περιοχής εμβέλειας θα πραγματοποιηθεί συνδυάζοντας μεγέθη κυττάρου που αρχίζουν από το μέγεθος ενός κτιρίου (Pico cells) μέχρι και παγκόσμιας τάξης, διαμέσου δορυφόρων παρέχοντας υπηρεσίες στα πιο απομακρυσμένα μέρη της υφηλίου. Το UMTS δεν αποτελεί αντικατάσταση των ισχύων δικτύων 2<sup>ης</sup> γενιάς, (π.χ.GSM,

DCS1800, CDMA, DECT κ.τ.λ.), τα οποία θα συνεχίσουν να εξελίσσονται μέχρι να φτάσουν σε πλήρης κάλυψη των δυνατοτήτων τους. Σε τι διαφέρει τότε από τα δίκτυα 2<sup>ης</sup> γενιάς;

Προσφέρει υψηλότερη ποιότητα υπηρεσία ομιλίας μαζί με προηγμένες υπηρεσίες σε δεδομένα και πληροφορίες έτσι ώστε να αποτελεί ένα δίκτυο πολυμέσων. Το UMTS έχει διευκρινιστεί ως ενσωματωμένη λύση για την κινητή φωνή και τα δεδομένα με την ευρεία κάλυψη περιοχής. Το UMTS στην αρχική φάση του προσφέρει θεωρητικά μέχρι 384 Kbps στις υψηλές καταστάσεις κινητικότητας και έως δύο (2) Mbps στα στάσιμα/νομαδικά περιβάλλοντα χρηστών. Η συμμετρία μεταξύ ανιούσας (UL) και κατιούσας σύνδεσης (DL) των ποσοστών δεδομένων κατά τη χρησιμοποίηση του Frequency Division Duplex (FDD), σημαίνει ότι στο UMTS είναι ιδανικά ταιριαγμένες οι συνδέσεις για εφαρμογές όπως τηλεοπτική τηλεφωνία σε πραγματικό χρόνο.

Το UMTS ως κινητό δίκτυο 3<sup>ης</sup> γενιάς εισάγει την ευέλικτη παράδοση οποιουδήποτε τύπου υπηρεσίας. Οι ικανότητες του UMTS υπόσχονται αναρίθμητες νέες υπηρεσίες για τη μαζική αγορά. Στη έκδοση 6 του 3GPP όλες οι υπηρεσίες μπορούν να παραδοθούν στο IP-domain. Η υπηρεσία MBMS έρχεται να ικανοποιήσει την ανάγκη για υπηρεσίες ροής πολυμέσων (streaming) και μεταφόρτωσης αρχείων. Η υπηρεσία MBMS μπορεί να παρέχει συρροή πολυμέσων καθώς το αρχείο μεταφορτώνεται. Η 3GPP με την έκδοση έξι (6) δεν διευκρινίζει πώς μια αρχιτεκτονική υπηρεσιών MBMS πρέπει να μοιάζει, είναι ευθύνη των χειριστών ασύρματου δικτύου να αποφασίσουν την οργάνωση της. Στη παρούσα εργασία ασχολούμαστε μόνο με την υπηρεσία MBMS του δικτύου UMTS.

### **2.1.1 Η τεχνολογία W-CDMA**

W-CDMA είναι το ακρόνυμο για Wideband Code Division Multiple Access και είναι ένας τύπος ασύρματων/κινητών δικτύων 3<sup>ης</sup> γενιάς. Το UMTS χρησιμοποιεί W-CDMA για να μεταφέρει τις ράδιο εκπομπές. Χρησιμοποιεί κανάλι με πέντε (5) MHz bandwidth. Το bandwidth αυτό σημαίνει ότι έχει την χωρητικότητα να μεταφέρει πάνω από 100 ταυτόχρονες φωνητικές κλήσεις.



Υπάρχουν προδιαγραφές που επιτρέπουν στο UMTS να λειτουργεί σε FDD και Time Division Duplex (TDD). Στο FDD το uplink και το downlink λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες. Όμως στο TDD όπου το uplink και το downlink λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Αυτό συμφέρει σε χώρες όπου το φάσμα είναι περιορισμένο οπότε δεν υπάρχει χώρος για paired bands. Το TDD αποδίδει καλά εκεί όπου μικρές κυψελίδες ασύρματης κάλυψης θα χρησιμοποιηθούν. Το προτέρημα του TDD είναι ότι μπορεί να δεσμεύσει περισσότερη χωρητικότητα για το DL. Τα TDD συστήματα δεν είναι ευρέως διαδεδομένα αλλά ίσως εμφανιστούνε στο μέλλον.

Το UMTS βασίζεται στο Wideband Code Division Multiple Access ( W-CDMA ) για το ασύρματο τμήμα του δικτύου και στα GSM, GPRS για το κυρίως δίκτυο (CN). Το UMTS δίκτυο χωρίζεται σε δύο μέρη το radio access network (RAN) και το κυρίως δίκτυο (CN).

### **2.1.2 UMTS Architecture**

Το UMTS βασίζεται στο Wideband Code Division Multiple Access ( W-CDMA ) για το ασύρματο τμήμα του δικτύου και στα GSM, GPRS για το κυρίως δίκτυο (CN). Το δίκτυο UMTS χωρίζεται σε δύο μέρη το radio access network (RAN) και το κυρίως δίκτυο (CN).

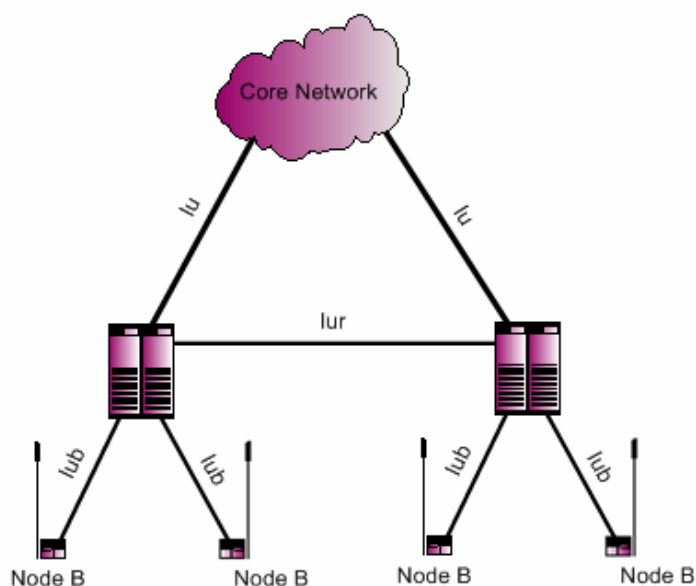
Το RAN υποστηρίζει το GSM Edge Radio Access Network (GERAN) και το UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN). Το UTRAN είναι ένας ιδεατός όρος ο οποίος αναγνωρίζει το κομμάτι του δικτύου όπου υπάρχουν τα Node B και τα Radio Network Controller (RNC).

Μόνο το UTRAN μέρος του RAN θα μελετηθεί επειδή μας ενδιαφέρει το UMTS δίκτυο. Το RNC είναι η κύρια οντότητα που ελέγχει τη χρήση και την αξιοπιστία των ράδιο πόρων. Το Node B είναι η λειτουργία μέσα στο UMTS που παρέχει τη φυσική ράδιο σύνδεση ανάμεσα στο UE και στο δίκτυο. Το Node B μεταδίδει και παραλαμβάνει δεδομένα κατά μήκος της ράδιο διεπαφής εφαρμόζοντας τους κωδικούς που είναι απαραίτητοι σε ένα CDMA σύστημα. Ο συνδρομητής σε δίκτυο UMTS ή αλλιώς το UE, είναι ένας συνδυασμός Mobile Equipment (ME) και SIM/USIM (Subscriber Identity Module / UMTS Subscriber Identity Module).

Το κυρίως δίκτυο (CN) παρέχει τις υπηρεσίες του UMTS σε όλους τους χρήστες του δικτύου. Το CN αποτελεί το κομμάτι της υποδομής του ασύρματου/κινητού δικτύου που καλύπτει όλες τις έμμεσα συνδεδεμένες λειτουργικότητες με τη τεχνολογία ράδιο πρόσβασης. Έτσι παρέχει τη δυνατότητα να συνδυαστούν διαφορετικές τεχνολογίες CN με διαφορετικές τεχνολογίες RAN.

### 2.1.2.1 UTRAN Architecture

Το UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) είναι ένας ιδεατός όρος ο οποίος αναγνωρίζει το κομμάτι του δικτύου το οποίο αποτελείται από ένα ή περισσότερα RNC και από ένα ή περισσότερα Node B αναμεταξύ Iu και Iub διεπαφές.



Σχήμα 2.1: UTRAN

Στο UTRAN υπάρχουν τρία είδη καναλιών. Τα λογικά (logical), μεταφοράς (transport) και τα φυσικά (physical) κανάλια.

Τα κανάλια μεταφοράς χωρίζονται σε δύο ομάδες στα dedicated και στα common. Multicasting [11] στο UTRAN μπορεί να γίνει με χρήση των ακόλουθων καναλιών:

- DCH, Dedicated channel
- FACH, forward access channel

- DSCH και downlink shared channel
- HS-DSCH (High speed Downlink Shared Channel)

Το DCH είναι στην ομάδα των dedicated καναλιών και τα υπόλοιπα στην ομάδα των common. Θέλουμε να συγκρίνουμε τη χρήση των καναλιών για multicasting στο MBMS.

Το DCH είναι p-t-p κανάλι. Οπότε για κάθε UE δεσμεύεται ένα DCH κανάλι. Το DCH είναι πάντα αμφίδρομο κανάλι με UL και DL συνδέσεις. Λόγο ανατροφοδότησης μέσω του UL μπορεί να χρησιμοποιεί fast power control και soft handovers. Αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα βελτιώνουν την απόδοση της ράδιο επαφής και ως εκ τούτου δημιουργείται λιγότερη παρέμβαση (interference) από ότι στα κοινά κανάλια.

Το FACH δεν έχει ανατροφοδότηση από το UL και γι' αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει fast power control, έχει όμως τη δυνατότητα selective ή soft combining[3] αναμεταξύ γειτονικό κυψελίδων.

Το Downlink Shared Channel, DSCH, αποσκοπεί για μεταφορά bursty δεδομένων. Η ιδέα του είναι να διαμοιράζεται ένα φυσικό κανάλι. Αυτή η προσέγγιση γλιτώνει orthogonal codes επειδή πολλοί χρήστες χρησιμοποιούν τον ίδιο code. Αν το DCH χρησιμοποιούταν τότε οι orthogonal codes θα ήταν ξεχωριστοί για κάθε χρήστη και η αποδοτικότητα χρήσης orthogonal codes θα ήταν λιγότερη. Το κοινό κανάλι DSCH χρησιμοποιείται παράλληλα με ένα DCH χαμηλού bit rate. Το DCH κρατάει το φυσικό κανάλι ελέγχου που περιλαμβάνει fast power control. Επίσης το DSCH μπορεί να χρησιμοποιήσει soft handover [2].

### **2.1.2.2 Power Control στο UTRAN**

Το Power Control (PC) είναι κομμάτι της διαχείρισης ράδιο πόρων (RRM). Έχει διπλό ρόλο. Να ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές με το να ελέγχει την ισχύ μετάδοσης του UE και του Node B έτσι ώστε να διασφαλίζει επαρκή ποιότητα υπηρεσίας. Έτσι ώστε το ποσοστό των απορριφθέντων κλήσεων να βρίσκεται ανάμεσα σε αποδεκτά όρια.

Το Power Control (PC) είναι ένας μηχανισμός που διατηρεί την ισχύ εκπομπής των UEs στο UL ισοδύναμη, έτσι ώστε να μη φραγή όλο το Cell και στο DL να προσαρμόζει

την ισχύ σε κάθε χρήστη στην ελάχιστη δυνατή. Στο UL λόγω path-loss, προβλήματα όπως το near-far-problem είναι εύκολο να συμβούν. Η καλύτερη στρατηγική για επίλυση του near-far-problem είναι να διατηρείς πάντοτε την ισχύ εκπομπής (ανά bit) ισοδύναμη για όλα τα UEs. Στο DL πρέπει να διατηρείται στην ελάχιστη δυνατή έτσι ώστε να παραμένει σε ανεκτά επίπεδα ο βαθμός παρεμβολών και το επίπεδο ποιότητας των κλήσεων, καθώς ο χρήστης αλλάζει διαρκώς τη θέση του μέσα στο δίκτυο.

Η λύση στον έλεγχο ισχύος των UEs στο UL είναι το fast power control ή όπως αλλιώς ονομάζεται closed loop power control. Το Node B κατά τακτά χρονικά διαστήματα υπολογίζει το Signal-to-Interference Ratio (SIR), που λαμβάνει και το συγκρίνει με το SIR που στοχεύει να έχει. Δίνει εντολές στα UEs να χαμηλώσουν ή να αυξήσουν την ισχύ τους ανάλογα με τη διαφορά του SIR τους από το SIR που έχει ως στόχο. Αυτό γίνεται με συχνότητα 1500 kHz για κάθε UE. Συνεπώς το fast power control αποτρέπει ανισόρροπη ισχύ στα UL signals που λαμβάνονται στο Node B.

Το fast power control δίνει επίσης λύση και για στο DL. Στο DL το Node B αποστέλλει σε όλα τα UEs οπότε δεν εμφανίζεται near-far-problem επειδή ένας αποστέλλει σε όλους. Όμως είναι επιθυμητό η ισχύς του σήματος προς UEs τα οποία βρίσκονται κοντά στο cell edge να είναι μεγαλύτερη από αυτά που βρίσκονται κοντά στο Node B. Επειδή τα UEs αυτά υποδέχονται παρενοχλήσεις από γειτονικά Cells.

Το Open loop power control χρησιμοποιείται για να αρχικοποιηθεί η αρχική ισχύ εκπομπής στο UL και DL των UEs όταν αυτά συνδέονται στο δίκτυο.

Το outer-loop power control υπολογίζει το επιθυμητό SIR βάση των αναγκών του συγκεκριμένου radio link με στόχο να διατηρείται συνεχώς η απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας. Το επιθυμητό SIR χρησιμοποιείται στο Node B για τη λειτουργία του fast power control. Το Outer loop power control εκτελείται από το RNC.

## **2.2 Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)**

Οι υπηρεσίες δικτύου εξετάζονται από άκρη ως άκρη (end-to-end), για παράδειγμα από ένα UE προς κάποιο άλλο UE. Μια end-to-end υπηρεσία μπορεί να έχει κάποιες Quality of Service (QoS) απαιτήσεις οι οποίες είναι διαθέσιμες για κάποιο χρήστη της υπηρεσίας. Ο χρήστης αποφασίζει εάν είναι ευχαριστημένος με το παρεχόμενο QoS. Για να

πραγματοποιηθεί μια συγκεκριμένη QoS πρέπει Bearer Services με ορισμένα χαρακτηριστικά και λειτουργικότητες να ενεργοποιηθούνε στο μονοπάτι που ξεκινά από τη πηγή μέχρι το παραλήπτη της υπηρεσίας. Στο μονοπάτι αυτό η κυκλοφορία (traffic) πρέπει να περάσει από διαφορετικές bearer services του δικτύου. Η ποιότητα υπηρεσιών (QoS) από άκρη ως άκρη (end-to-end) εξαρτάται από το QoS που προσφέρουν οι ενδιάμεσες bearer services.

Οι bearer services του UMTS χωρίζονται σε δύο τύπους. Υπηρεσίες κομιστών ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Bearer Services – RAB services) και σε bearer services του CN.

### 2.2.1 Κατηγορίες QoS του UMTS

Κατά τον καθορισμό των κατηγοριών UMTS QoS, που αναφέρονται και ως κατηγορίες κυκλοφορίας (traffic) οι περιορισμοί στη διεπαφή του αέρα (air interface) πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Το UMTS παρέχει τέσσερις τάξεις ποιότητας υπηρεσιών. Η κύρια διαφορά τους είναι ο βαθμός ανεκτικότητας τους στη καθυστέρηση κυκλοφορίας. Η κατηγορία Conversational είναι η λιγότερο ανεκτική στη καθυστέρηση, ενώ η background κατηγορία είναι η πιο ανεκτική [4]:

- **Conversational**, η πιο γνωστή χρήση της είναι στις τηλεφωνικές επικοινωνίες. Όμως η παρουσία του διαδικτύου και των πολυμέσων δημιουργεί νέες εφαρμογές που ίσως να χρησιμοποιούνε τη κατηγορία αυτή. Όπως voice over IP (VoIP) και τηλεδιασκέψεων (video conferencing).
- **Streaming**, γνωστή μέσα από εφαρμογές αποστολής ήχου και εικόνας μιας κατεύθυνσης. Η πιο μεγάλη καθυστέρηση end-to-end που μπορεί να ανεκτή μια τέτοια εφαρμογή καθώς μεταδίδονται τα δεδομένων της υπολογίζεται από τη χρονική ευθυγράμμιση της εφαρμογής. Δηλαδή με το να διατηρούνται οι χρονικές παραλλαγές (time variation) μεταξύ των οντοτήτων δεδομένων του stream.

- **Interactive**, χρησιμοποιείται για web browsing, data base retrieval, server access κ.τ.λ. Τα κύρια χαρακτηριστικά της QoS είναι, αναλλοίωτα δεδομένα στα πακέτα και request - response μοτίβο επικοινωνίας.
- **Background**, όταν ο χρήστης είναι μια μηχανή η οποία στέλλει ή/και παραλαμβάνει αρχεία. Για παράδειγμα e-mails, SMS, κ.τ.λ.

## 2.3 Αρχιτεκτονική MBMS

### 2.3.1 Εισαγωγή

Υπάρχουσες υπηρεσίες πολυεκπομπής επιτρέπουν δεδομένα από μια πηγή δεδομένων να εκπέμπονται σε πολλαπλούς παραλήπτες. Αυτές οι υπηρεσίες αναμένεται να χρησιμοποιηθούν εκτεταμένα πάνω από ασύρματα δίκτυα προκαλώντας ανάγκη στο PLMN να τις υποστηρίξει. Το MBMS θα παρέχει αυτή τη δυνατότητα για τέτοιες υπηρεσίες που θα προσφέρονται διαμέσων παροχής υπηρεσιών (VASP).

Η υπηρεσία MBMS είναι κτισμένη στα ήδη υπάρχουσα ασύρματα 3<sup>ης</sup> γενιάς δίκτυα UMTS, πετυχαίνει το ίδιο επίπεδο κάλυψης με άλλες υπηρεσίες όπως DVB-H και DMB. Προσφέρει περισσότερο έλεγχο στην εκπομπή πληροφορίας πολυμέσων σε σύγκρισή με το DVB-H και δεν χρειάζεται επιπλέον συχνότητες ράδιο φάσμα. Συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη για έγκριση αδειών νέου φάσματος και κατασκευής ή αναβάθμισης των πυλώνων ράδιο εκπομπής. Η έρευνα για αποδοτικότερη λειτουργία της υπηρεσίας MBMS θα την κάνει ελκυστικότερη στους χειριστές ασύρματων δικτύων και η παρούσα εργασία συμβάλει στο στόχο αυτό.

Το MBMS είναι μονό κατευθυνόμενη υπηρεσία μετάδοσης σημάτων από ένα σημείο προς πολλά σημεία πρόσβασης. Τέτοια ώστε να μεταφέρει δεδομένα που εκπέμπονται από μια πηγή πληροφορίας σε πολλούς παραλήπτες. Το MBMS επιτρέπει σε εφαρμογές IP πολυμέσου υποσυστήματος (IMS), που εκτελούνται σε ένα εξυπηρετητή, να αποστέλλουν δεδομένα πολυμέσων στο σύνολο των IMS χρηστών χρησιμοποιώντας τα σημεία πρόσβασης του. Η 3GPP έχει ορίσει δύο τρόπους λειτουργίας του MBMS, με τους οποίους παρέχει τις υπηρεσίες του [1]:

- πανεκπομπή (broadcast)
- πολυεκπομπής (multicast)

Για να παρέχει τις υπάρχουσες λειτουργικές οντότητες υπηρεσιών φορέων MBMS, GGSN, SGSN, RNC/BSC, εκτελεί διάφορες σχετικές με το MBMS λειτουργίες και διαδικασίες, μερικές από τις οποίες είναι συγκεκριμένες για MBMS. Μια συγκεκριμένη λειτουργική οντότητα MBMS είναι το πολλαπλής διανομής κέντρο υπηρεσιών ραδιοφωνικής μετάδοσης (BM-SC) το οποίο υποστηρίζει τις διάφορες συγκεκριμένες υπηρεσίες υπηρεσιών χρηστών MBMS όπως παροχή και παράδοση.

Το BM-SC παρέχει τις λειτουργίες για την παροχή υπηρεσιών χρηστών MBMS. Μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα σημείο εισόδων για τις ικανοποιημένες μεταδόσεις προμηθευτών MBMS, που χρησιμοποιούνται για να εγκρίνουν και να αρχίσουν τις υπηρεσίες φορέων MBMS μέσα στο PLMN και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προγραμματίσει και να παραδώσει τις μεταδόσεις MBMS. Το BM-SC είναι μια λειτουργική οντότητα, η οποία πρέπει να υπάρξει για κάθε υπηρεσία χρηστών MBMS. Το BM-SC αποτελείται από πέντε υπό-λειτουργίες:

- Λειτουργία ιδιότητας μέλους
- Σύνοδος και λειτουργία μετάδοσης
- Λειτουργία πληρεξουσίου και μεταφορών
- Λειτουργία ανακοίνωσης υπηρεσιών
- Λειτουργία ασφάλειας.

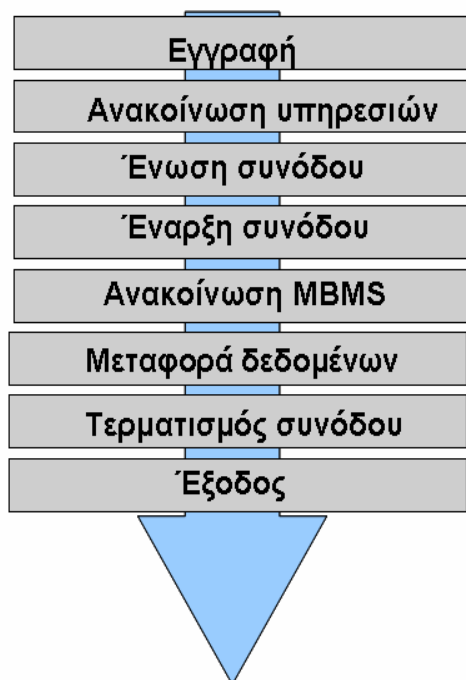
## **2.3.2 Παροχή υπηρεσιών MBMS**

### **2.3.2.1 Πανεκπομπή**

Σε πανεκπομπή (broadcast) λειτουργία το MBMS εκπέμπει σε όλους του χρήστες ανεξαιρέτως. Μόνο αν ο χρήστης απενεργοποιήσει τη πανεκπομπή υπηρεσία στο UE του δεν θα παραλάβει τα δεδομένα. Δεν υπάρχει σκοπός για χρέωση αυτής της υπηρεσίας. Η υπηρεσία αυτή δεν μπορεί να εγγυηθεί διόρθωση λαθών άλλα το τερματικό του χρήστη μπορεί να αναγνωρίσει χάσιμο δεδομένων που τυχάνουν κατά τη λήψη.

### 2.3.2.2 Πολυεκπομπή

Σε πολυεκπομπής λειτουργία το MBMS εκπέμπει σε όλους του χρήστες οι οποίοι έχουν εγγραφή στη υπηρεσία και οι οποίοι χρεώνονται ανάλογα με τη χρήση της. Στη παρούσα διπλωματική εργασία ενδιαφερόμαστε μόνο για την πολυεκπομπή λειτουργία του MBMS. Μπορούμε να έχουμε πολλές υπηρεσίες MBMS ταυτόχρονα. Σε ένα κύτταρο στον προσομοιωτή Ornet μπορούμε να έχουμε μέχρι και δέκα (10) ταυτόχρονες υπηρεσίες MBMS. Οι φάσεις παροχής υπηρεσίας MBMS φαίνονται στο σχήμα 2.2 [9]



Σχήμα 2.2:Φάσεις παροχής υπηρεσίας πολυεκπομπής

#### 2.3.2.2.1 Εγγραφή (Subscription)

Καθιερώνει τη σχέση μεταξύ του χρήστη και του παροχέα υπηρεσιών, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να λάβει τη σχετική υπηρεσία MBMS. Η συνδρομή υπηρεσιών είναι η συμφωνία ενός χρήστη για να λάβει την υπηρεσία(ες) που προσφέρεται από το χειριστή. Οι πληροφορίες συνδρομής καταγράφονται στο BM-SC.



#### **2.3.2.2.2 Ανακοίνωση Υπηρεσιών**

Οι μηχανισμοί ανακοίνωσης/ανακαλύψεων υπηρεσιών χρηστών MBMS θα επιτρέψουν στους χρήστες να ζητήσουν ή να ενημερωθούν για τη σωρεία των υπηρεσιών χρηστών MBMS διαθέσιμων. Αυτό περιλαμβάνει τις συγκεκριμένες υπηρεσίες χρηστών MBMS χειριστών καθώς επίσης υπηρεσίες από προμηθευτές έξω από το PLMN. Η ανακοίνωση υπηρεσιών χρησιμοποιείται για να διανείμει στους χρήστες τις πληροφορίες για την υπηρεσία, τις παραμέτρους που απαιτούνται για την ενεργοποίηση υπηρεσιών (π.χ. διεύθυνση πολυεκπομπής IP) και ενδεχομένως άλλες σχετικές με την υπηρεσία παραμέτρους (π.χ. χρόνος έναρξης υπηρεσιών). Οι χειριστές/φορείς παροχής υπηρεσιών μπορούν να εξετάσουν διάφορους μηχανισμούς ανακαλύψεων υπηρεσιών. Αυτό θα μπορούσε να περιλάβει τους τυποποιημένους μηχανισμούς όπως SMS, ή ανάλογα με την ικανότητα του τερματικού, εφαρμογές που ενθαρρύνουν την ερώτηση χρηστών. Η μέθοδος που επιλέγεται για να ενημερώσει τους χρήστες για τις υπηρεσίες χρηστών MBMS στις προσομοιώσεις θεωρεί είναι η μέθοδος που χρησιμοποιεί ο παροχέας της.

#### **2.3.2.2.3 Ένωση εισόδου**

Η ένωση εισόδου είναι η διαδικασία από την οποία ένας συνδρομητής προσχωρεί σε μια ομάδα πολυεκπομπής, δηλ. ο χρήστης δείχνει στο δίκτυο ότι θέλει να λάβει τα δεδομένα πολυεκπομπής μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας φορέων MBMS. Μια υπηρεσία χρηστών MBMS μπορεί επίσης να διαχειρίζεται από μία ή περισσότερες υπηρεσίες φορέων MBMS αλλά αυτό δεν υλοποιείται στις προσομοιώσεις.

#### **2.3.2.2.4 Έναρξη συνόδου**

Η έναρξη συνόδου είναι το σημείο στο οποίο το BM-SC αναμένεται να στείλει δεδομένα. Η έναρξη συνόδου μπορεί να εμφανίζεται ανεξάρτητα από την ενεργοποίηση της υπηρεσίας από το χρήστη - δηλ. ένας δεδομένος χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει την υπηρεσία πριν από ή μετά από την έναρξη συνόδου. Στις προσομοιώσεις η έναρξη συνόδου είναι η ώθηση για την καθιέρωση των πόρων φορέων για τη μεταφορά δεδομένων MBMS, θεωρώντας ότι ο χρήστης έχει ήδη ενεργοποιήσει την υπηρεσία.

#### **2.3.2.2.5 MBMS notification και μεταφορά δεδομένων**

Ενημερώνει τα UEs για προσεχή (και ενδεχομένως για τρέχοντα) δεδομένα πολυεκπομπής MBMS.

Η μεταφορά δεδομένα σηματοδοτεί τη χρονική στιγμή που τα δεδομένα αποστέλλονται στα UE.

#### **2.3.2.2.6 Στάση συνόδου**

Είναι το σημείο στο οποίο το BM-SC καθορίζει ότι δεν θα υπάρξουν άλλα δεδομένα για αποστολή για κάποια χρονική περίοδο - η χρονική περίοδος είναι όση χρειάζεται για να δικαιολογηθεί η αφαίρεση των πόρων φορέων που συνδέονται με τη σύνοδο. Στη στάση συνόδου, οι πόροι φορέων απελευθερώνονται.

#### **2.3.2.2.7 Έξοδος**

Η αναχώρηση (δηλ. απενεργοποίηση από το χρήστη) είναι η διαδικασία από την οποία ένας συνδρομητής αφήνει ομάδα πολυεκπομπής που είναι μέλος επειδή δεν θέλει να λαμβάνει πλέον δεδομένα τις ομάδας αυτής.

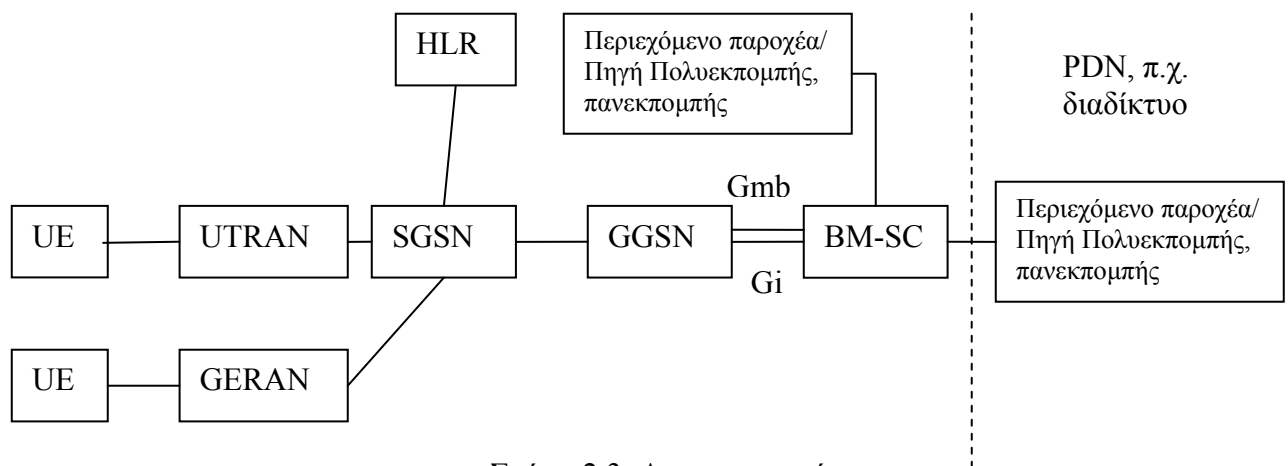
### **2.3.2.3 Αναφορικό Αρχιτεκτονικό Μοντέλο**

Η αρχιτεκτονική του MBMS ενεργοποιεί την αποδοτική χρήση των πόρων του ράδιο δικτύου και του δικτύου κορμού (CN) με έμφαση στη ράδιο διεπαφή. Οι υπάρχουσες λειτουργικές οντότητες (GGSN, SGSN, UTRAN, GERAN and UE) στο πεδίο μετατροπής πακέτων (packet switching) ενισχύονται για να παρέχουν την υπηρεσία κομιστή (bearer) του MBMS.

Το bearer service, προωθεί τα πακέτα IP multicast στο UE χρησιμοποιώντας το Gi με μία συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας. Στο πεδίο ελέγχου (control plane) η υπηρεσία προσφέρει μηχανισμούς για:

- διαχείριση της ενεργοποίησης υπηρεσία κομιστή (bearer) για τον εξοπλισμό χρήστη (UE) του MBMS υπό λειτουργία πολυεκπομπής.
- αποφάσεις έγκρισης μεταφοράς στην υπηρεσία χρηστών MBMS (δηλ. στο BM-SC) (στην περίπτωση της πολυεκπομπής).
- παροχή του ελέγχου της έναρξης/τερματισμού συνόδου από τους πόρους φορέων υπηρεσιών και διαχείρισης χρηστών MBMS για τη διανομή των στοιχείων MBMS (σε multicast και broadcast).

Μια υπηρεσία φορέων MBMS προσδιορίζεται από μια πολλαπλής διανομής διεύθυνση IP και ένα προσδιοριστικό δικτύων APN (Access Point Name). Το όριο της υπηρεσίας φορέων MBMS είναι τα σημεία αναφοράς Gmb και Gi όπως φαίνεται στο σχήμα 1 κατωτέρω. Το πρώτο παρέχει την πρόσβαση στις λειτουργίες πεδίου ελέγχου και το τελευταίο στο πεδίο φορέων. Μια λειτουργική οντότητα, το πολλαπλής διανομής κέντρο υπηρεσιών ραδιοφωνικής μετάδοσης (BM-SC) παρέχει ένα σύνολο λειτουργιών για τις υπηρεσίες χρηστών MBMS. Οι λειτουργίες του BM-SC για τις διαφορετικές υπηρεσίες χρηστών MBMS μπορούν να υποστηριχθούν από τα ίδια ή διαφορετικά φυσικά στοιχεία δικτύων.



Σχήμα 2.3: Αρχιτεκτονική

Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζονται η οντότητες δικτύου που χρησιμοποιούνται από την υπηρεσία MBMS για εξυπηρέτηση του πελάτη [9].

Τα κύρια σημεία που αναφέρονται στη 3GPP ότι θα υποστηρίζονται είναι:

- Εξωτερικές πηγές σε IP multicast και IP unicast δεδομένων και για τα δύο λειτουργίες (mode) του MBMS.
- Διαλειτουργικό με το IETF IP Multicast και υποστήριξη των διευθύνσεων του.
- Υποστήριξη πολλαπλών επίπεδων ποιότητας υπηρεσιών.

# Κεφάλαιο 3

## Αποδοτικό Power Control στο MBMS

---

### 3.1 Εισαγωγή

### 3.2 Μέτρηση UE

### 3.3 Μέτρηση ισχύος

---

### 3.1 Εισαγωγή

Σε περιβάλλοντα MBMS για αποδοτικότερη λειτουργία του ελέγχου ισχύος χρησιμοποιούμε μηχανισμούς όπως είναι η μέτρηση UE (UE Counting) και αλγόριθμους όπως τη είναι η μέτρηση ισχύος ( Power Counting).

Το PC (Power Control) είναι ο μηχανισμός που ευθύνεται για την διατήρηση του σημάτων παρεμβολής στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Το PC διατηρεί το ποσοστό των απορριφθέντων κλήσεων σε αποδεκτά όρια διαβεβαιώνοντας ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις στις πιο πάνω ενότητες για τα κανάλια του UTRAN και την υπηρεσία MBMS, συμπεραίνουμε ότι η υποστήριξη PC (power control) σε ένα κανάλι είναι σημαντική για την διασφάλιση της επιθυμητής ποιότητας σε streaming εφαρμογές.

Μπορούμε να αναπτύξουμε μηχανισμούς, οι οποίοι θα χρησιμοποιούν τον αριθμό των χρηστών και την ισχύ της κυψελίδας ασύρματης κάλυψης, για επιλογή του καταλληλότερου καναλιού επικοινωνίας πάνω από το οποίο θα αποστέλλουμε δεδομένων μίας streaming εφαρμογής. Μελετώντας τη γενική λειτουργία streaming εφαρμογών, παρατηρούμε ότι η αποστολή δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερη στο DL ενός καναλιού. Θεωρούμε πάντα υπηρεσίες MBMS για τη διεκπεραίωση streaming εφαρμογών όπου οι χρήστες θέλουν να λαμβάνουν δεδομένα της υπηρεσίας. Αφού όλοι οι χρήστες θέλουν να λαμβάνουν τα δεδομένα της ίδιας υπηρεσίας δημιουργείται σαφώς η ανάγκη χρήσης ενός κοινού καναλιού επικοινωνίας. Δηλαδή πολυεκπομπή (multicasting) πάνω στη ράδιο

επαφή του ασύρματου/κινητού δικτύου. Το δίκτυο προσφέρει τρία κανάλια μεταφοράς δεδομένων. Το DCH, FACH και το DSCH.

Στο UMTS WCDMA downlink, το Node B έχει περιορισμένη ισχύ μετάδοσης και περιορισμένο αριθμό από ορθογώνιους κώδικες καναλιών διαθέσιμους. Σωστή διαχείριση των δύο αυτών πόρων είναι κρίσιμη και πολύ σημαντική. Τυπικά χρησιμοποιείται κανάλι DCH για μεταφορά των δεδομένων του χρήστη. Κάθε DCH κανάλι έχει το δικό του OSVF κωδικό που ανταποκρίνεται σε ένα κατάλληλο spreading factor ο οποίος συνήθως ορίζεται για όλη τη διάρκεια μιας σύνδεσης. Όμως αν ο αριθμός των χρηστών που ζητούν DCH γίνει μεγάλος τότε, ειδικότερα για μικρά spreading factors, δημιουργείται έλλειψη κωδικών με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα κάποιοι χρήστες να φραγούν. Για υπηρεσίες οι οποίες έχουν ογκώδης κυκλοφορία, η χρήση DCH καναλιού για όλη τη διάρκεια μιας σύνδεσης συνεπάγεται σπατάλη πόρων που υποβαθμίζει την απόδοση του συστήματος και αυξάνει τη φραγή κλήσεων.

Μια καλύτερη προσέγγιση στο πρόβλημα έλλειψης αυτών των κωδικών είναι να αναθέσουμε τον ίδιο κωδικό καναλιού σε διάφορους χρήστες πακέτων δεδομένων και να εκμεταλλευτούμε τα χαρακτηριστικά της ογκώδης κυκλοφορίας τους έτσι ώστε να εξυπηρετήσουμε αποδοτικότερα τους χρήστες.

Το κανάλι DSCH μας προμηθεύει με ένα αποδοτικότερο τρόπο διαμορισμού της ισχύς και των κωδικών, υπερβαίνοντας την έλλειψη και βελτιώνοντας την χωρητικότητα και την απόδοση του συστήματος. Στο DSCH βάζουμε με χρονοπρογραμματισμό πολλούς χρήστες πάνω στο ίδιο φυσικό κανάλι. Συνεπώς το DSCH προσφέρει σε πολλούς χρήστες που χαρακτηρίζονται από χαμηλή δραστηριότητα και λήψη ογκώδης κυκλοφορίας να διαμοιράζονται ένα κανάλι μεγάλου ρυθμού μετάδοσης με κοινό κωδικό καναλιού σε χαμηλά spread factors.

Εντούτοις παρατηρήσαμε ότι το FACH κανάλι αποστέλλει ένα πακέτο μόνο μία φορά προς τα UEs εξοικονομώντας εύρος ζώνης στη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης. Στο FACH όμως η ισχύ μετάδοσης είναι όση χρειάζεται για αποστολή του μέχρι την άκρη της κυψελίδα ασύρματης κάλυψης. Όποτε σε περίπτωση που τα UEs βρίσκονται κοντά στο Node B γίνεται σπατάλη ισχύος. Εάν χρησιμοποιήσουμε DCH κανάλι για κάθε UE τότε η ισχύ μετάδοσης είναι μόνο η αναγκαία.

### 3.2 Μέτρηση UE

Ο μηχανισμός μέτρησης UE αντιμετωπίζει το πρόβλημα της σπατάλης ισχύος και περιορισμού της χωρητικότητας μιας κυψελίδας ασύρματης κάλυψης, που δημιουργείται χρησιμοποιώντας FACH με εναλλαγή του καναλιού δυναμικά.

Η εναλλαγή του καναλιού γίνεται βάση της ποσότητας των UEs στη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης. Γι αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται ένα όριο στον αριθμό χρηστών στη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης. Τα UEs στη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης ξεκινούν χρησιμοποιώντας DCH κανάλι και όταν ξεπεραστεί το όριο κατά μία υστέρηση τότε γίνεται η αλλαγή του καναλιού σε FACH. Αντιστρόφως όταν φύγουν κάποια UEs από τη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης τότε γίνεται εναλλαγή από FACH σε DCH, [8]. Η χρήση της υστέρησης εξυπηρετεί στην αποφυγή φαινομένων ping-pong, εναλλαγών από το ένα κανάλι.

Αν και το Node B γνωρίζει ακριβώς την ισχύ εκπομπής για κάθε χρήστη το RNC δεν έχει αυτή τη πληροφορία και έτσι πρέπει να γνωρίζει πόσες point to point συνδέσεις αντιστοιχούν με μία point to multipoint σύνδεση σε ισχύ [5,6,7]. Δεν υπάρχει μοναδικό όριο αλλά εξαρτάται από το σενάριο και το transmission time interval.

### 3.3 Μέτρηση ισχύος

Ο αλγόριθμος μέτρησης ισχύος αποτελεί βελτιστοποίηση του μηχανισμού μέτρησης UE. Για εναλλαγή του καναλιού δεν λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των χρηστών αλλά η ισχύ που θα επικρατεί στο κελί εάν τοποθετηθεί ο επόμενος χρήστης σε κανάλι FACH ή DCH, ανάλογα με το τρέχον κανάλι που μπορεί να είναι FACH ή DCH, [11].

# Κεφάλαιο 4

## Το Μοντέλο UMTS στην Ornet

---

- 4.1 Γενική περιγραφή του μοντέλου
  - 4.2 Γνωρίσματα και Περιορισμοί του μοντέλου
  - 4.3 Διαθέσιμοι κόμβοι
  - 4.4 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου
    - 4.4.1 Αρχιτεκτονική του RNC
    - 4.4.2 Αρχιτεκτονική του Node B
    - 4.4.3 Αρχιτεκτονική του UE
- 

### 4.1 Γενική περιγραφή του μοντέλου

Το μοντέλο της Ornet είναι βασισμένο στα 3GPP Release 1999 πρότυπα. Το UMTS χρησιμοποιεί W-CDMA με απευθείας spread σε chip rate 3.84 Mcps και εύρος ζώνης 5 MHz. Το μοντέλο υποστηρίζει μόνο Frequency Division Duplex (FDD) όπου το UL και το DL χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες. Το radio frame έχει μήκος 10 ms και διαχωρίζεται σε 15 slots. Τα Spreading factor ποικίλουν από 256 μέχρι 4 για το UL και από 512 μέχρι 4 στο DL.

### 4.2 Γνωρίσματα και Περιορισμοί του μοντέλου

Περιορισμοί του μοντέλου UMTS στην Ornet που επηρεάζουν τις προσομοιώσεις:

- Δεν μοντελοποιούνται οι συγχρονισμοί που συμβαίνουν όταν ένας χρήστης ξεκινά το κινητό του (εκτός από τη σύνδεση στο GPRS ).



- Όταν ο χρήστης ξεκινά το κινητό του το μοντέλο υποθέτει ότι προϋπάρχει μια packet switching σύνδεση και ότι διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- Δεν υπάρχει διαπραγμάτευση για μια αιτούμενη QoS. Είτε θα απορριφτεί εντελώς είτε θα την αποδεκτή το SGSN.
- Το κανάλι μεταφοράς δεν υποστηρίζει πολυπλεξία των DCH στο MAC.
- Τουλάχιστο ένα UE δια κάθε Node B.
- Όλα τα signaling μεταφέρονται δια μέσου ενός DCH καναλιού για το FACH/RACH.

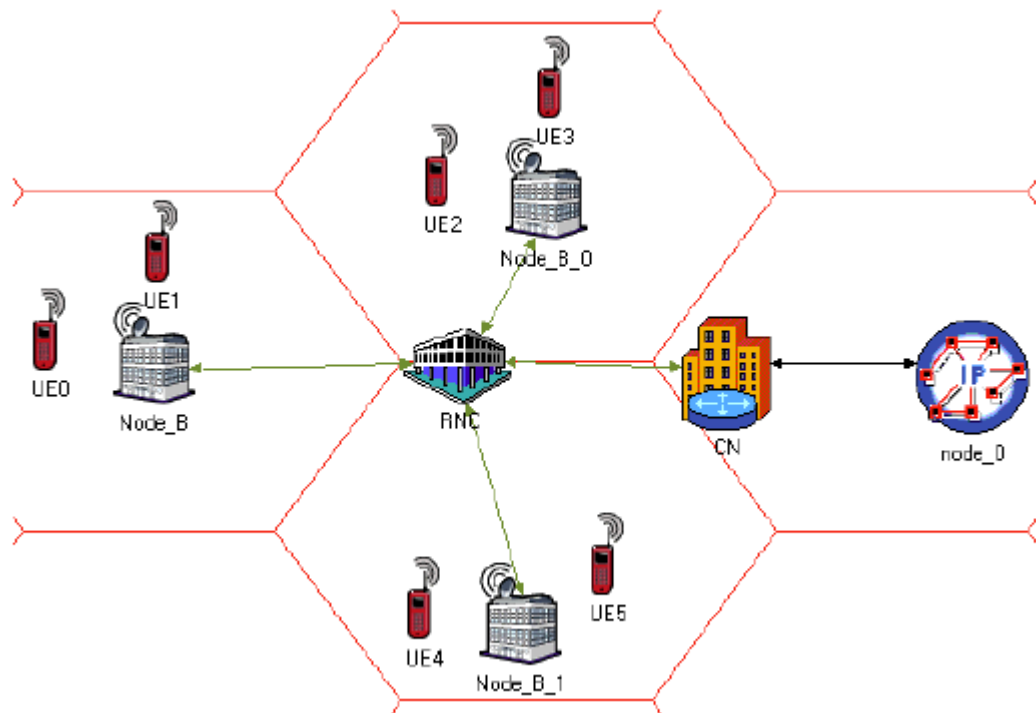
### 4.3 Διαθέσιμοι κόμβοι

Στη τοπολογία UMTS του Opnet υπάρχουν οι εξής διαθέσιμοι κόμβοι :

- UE
  - Station
  - Workstation
  - server
- Node B
- RNC
- CN
  - SGSN
  - UMTS server και gateways

Για τη δημιουργία οπτικής περιγραφής των κυψελίδων ασύρματης πρόσβασης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο cell\_creator της Opnet. Για το UE υπάρχουν stations και workstations. Για το Node B υπάρχουν και τριών κατευθύνσεων αντένες εκτός από μονής κατεύθυνσης αντένες. Στις προσομοιώσεις χρησιμοποιούμε μόνο μονής κατεύθυνσης αντένες.

#### 4.4 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου



Σχήμα 4.1: UTRAN

Ένας χρήστης με την ενεργοποίηση του μπορεί αμέσως να εκτελέσει UMTS GPRS σύνδεση με το SGSN για πρόσβαση στις υπηρεσίες GPRS. Τα πακέτα περιμένουν στη σειρά όταν παραλαμβάνονται από τα υψηλότερα στρώματα. Δεδομένου ότι κάθε χρήστης υποστηρίζει τέσσερα QoS, το traffic περιμένει στη σειρά σε μια από τις τέσσερις σειρές αναμονής QoS. Εάν κανένα πλαίσιο PDP δεν έχει ενεργοποιηθεί για εκείνο το QoS, ένα Activate PDP αίτημα πλαισίου στέλνεται στο SGSN. Αυτό το μήνυμα ενεργοποίησης πλαισίου PDP περιλαμβάνει το ζητούμενο QoS. Το μοντέλο υποθέτει ότι το SGSN, μετά που συμβουλευτεί το RNC, είτε χορηγεί το QoS που ζητείται από το χρήστη στην ολότητά του είτε το απορρίπτει. Καμία διαπραγμάτευση από το SGSN/GGSN ή το RNC του ζητούμενου QoS δεν γίνεται σε αυτή τη φάση. Στην παραλαβή του Activate PDP αιτήματος πλαισίου, το SGSN στέλνει ένα αίτημα ανάθεσης RAB στο RNC μαζί με το ζητούμενο QoS. Το UTRAN εκτελεί τον admission control για να καθορίσει εάν το αίτημα μπορεί να χορηγηθεί. Εάν το UL και DL έχουν ικανοποιητική χωρητικότητα για να

αποδεχτούν το αίτημα, τότε το αίτημα χορηγείται. Εάν το αίτημα μπορεί να χορηγηθεί, το RNC στέλνει ένα μήνυμα αποδοχής στο UE.

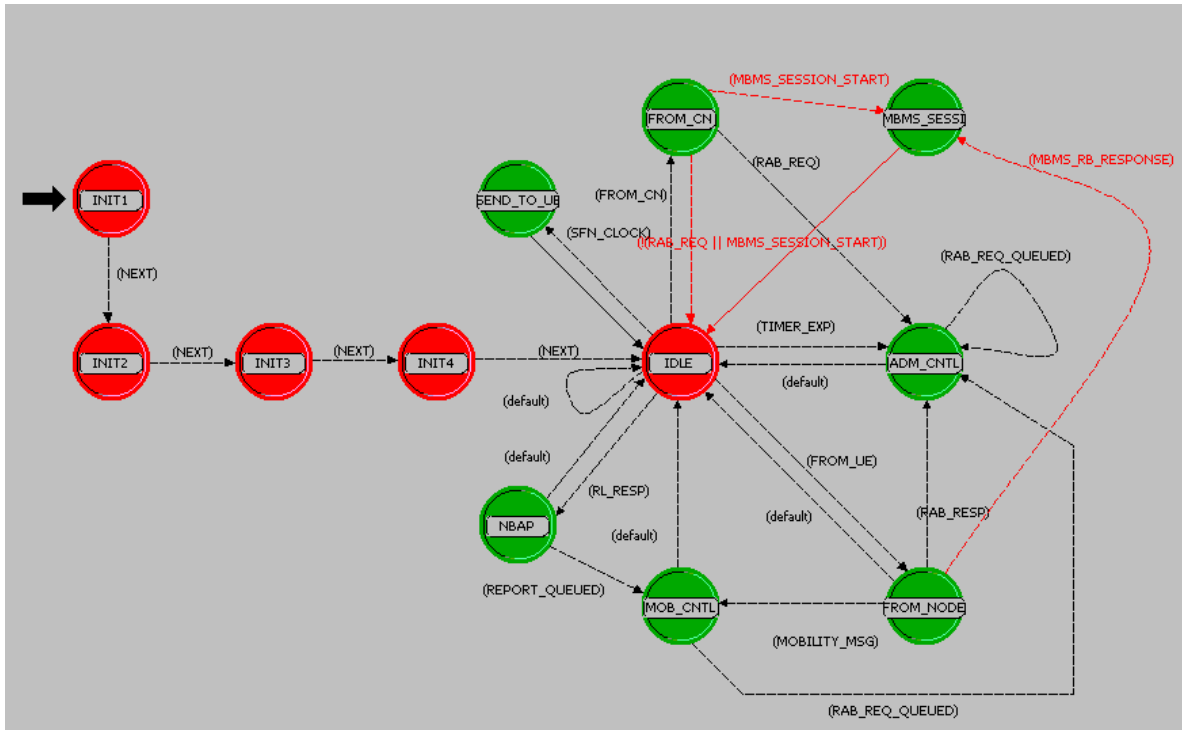
Κατά την παραλαβή του ράδιο αιτήματος οργάνωσης φορέων, το UE οργανώνει το κανάλι όπως διευκρινίζεται στο αίτημα και στέλνει έναν μήνυμα αποπεράτωσης στο RNC. Στην παραλαβή του μηνύματος, το RNC στέλνει μια απάντηση ανάθεσης RAB, που περιλαμβάνει το χορηγημένο QoS, στο SGSN/GGSN. Το SGSN στέλνει έπειτα το Activate PDP πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει επίσης το χορηγημένο QoS,.

Το UE μπορεί να στείλει τα πακέτα στον προορισμό που θέλει κατά τη παραλαβή του Activate PDP πλαισίου που δέχεται από το SGSN. Πριν φθάνουν στον προορισμό τους, αυτά τα πακέτα ανοίγονται αρχικά μέσω της εξυπηρέτησης του RNC και του SGSN/GGSN, κατόπιν καθοδηγούνται μέσω του IP-cloud. Εάν το δίκτυο προορισμού είναι επίσης ένα δίκτυο UMTS, κατόπιν περιμένοντας στη σειρά τελικά στον κόμβο SGSN/GGSN προορισμού. Μόλις οργανωθεί ένα κανάλι στον προορισμό, τα πακέτα διαβιβάζονται στο UE που προορίζονται.

#### 4.4.1 Αρχιτεκτονική του RNC

Το RNC διαχειρίζεται τους πόρους της διεπαφής του αέρα για όλα τα UEs σε όλα τα Node Bs είναι ενωμένα πάνω του. Η κύριες διαχειριστικές λειτουργίες του RNC είναι:

- Το RNC συντονίζει τη διαδικασία ελέγχου αποδοχής (admission control) και αποσύνδεσης για όλα τα UEs στις διάφορες κατηγορίες QoS.
- Διαχειρίζεται τις διαδικασίες αλλαγής κελίου (handovers) μεταξύ των UEs και των Node Bs λόγω μετακινήσεων των UE μεταξύ των κυψελίδων ασύρματης πρόσβασης.
- Αποθηκεύει τα πακέτα που προορίζονται για τα UEs ανά QoS κατηγορία.
- Επικοινωνεί με το SGSN επιτρέποντας στο SGSN να αποστείλει και να λάβει δεδομένα από και προς το UEs που εξυπηρετεί.



Σχήμα 4.3: To Process Model toy RNC

Η διαφορά του process model του RNC από το αρχικό της Ornet είναι το MBMS session state και οι μεταβάσεις με κόκκινο χρώμα.

#### 4.4.1.1 MBMS session state

Το MBMS session state του RNC process modeler περιλαμβάνει κυρίως το Radio Access Network Application Part (RANAP) για την υπηρεσία MBMS. Το RANAP χρησιμοποιείται σε ένα UMTS σύστημα πάνω από τη διεπαφή Iu και είναι υπεύθυνο για τη σηματοδότηση μεταξύ του CN και του RNC συμπεριλαμβανομένης και της εγκατάστασης των Radio Access Bearers (RAB).

Η λειτουργίες που υλοποιούνται στη κατάσταση MBMS session state είναι [4]:

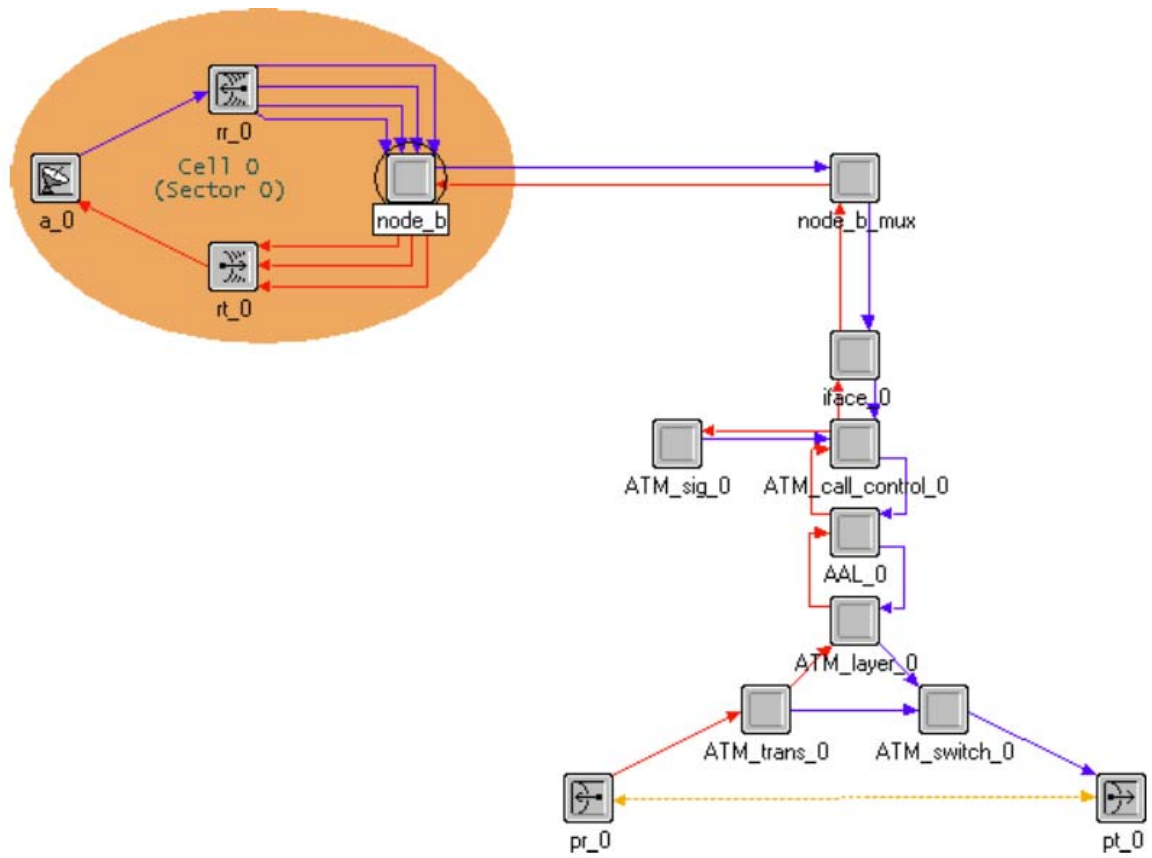
- UMTS MBMS RANAP UE LINKING REQUEST
- UMTS MBMS RANAP UE DE-LINKING REQUEST
- UMTS MBMS RANAP SESSION STOP
- UMTS MBMS RANAP SESSION START
- UMTS MBMS RNC RB SETUP COMPLETE

- UMTS MBMS RNC RB RELEASE COMPLETE

#### 4.4.2 Αρχιτεκτονική του Node B

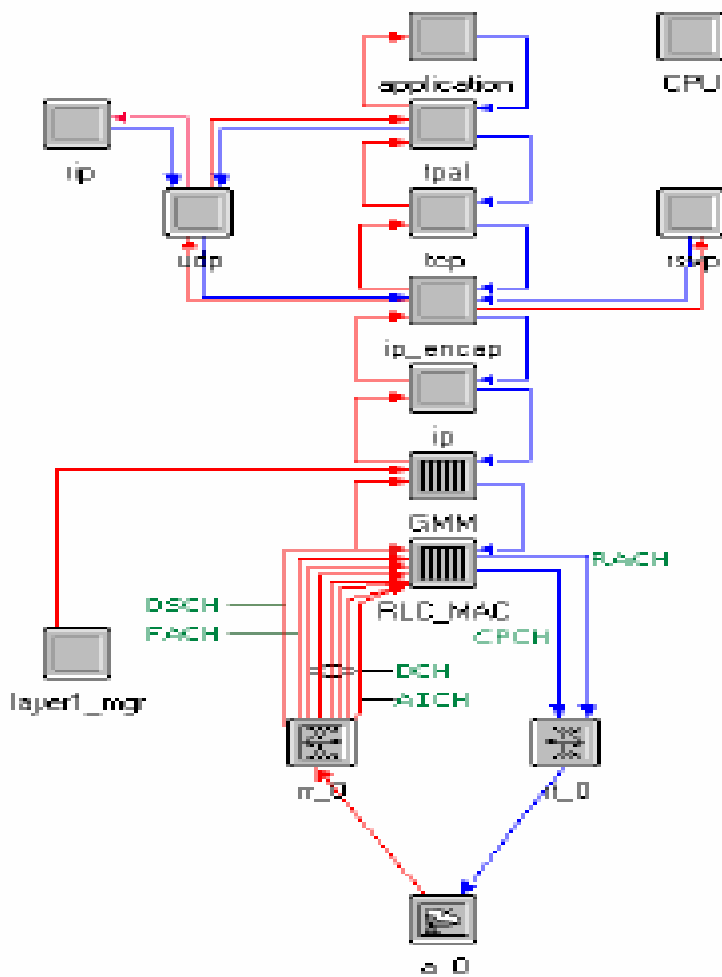
Το Node B διαχειρίζεται τη διεπαφή του αέρα στο δικτύου για UEs που βρίσκονται στον ίδιο τομέα με το Node B. Το UMTS model της Ornet περιλαμβάνει δύο μοντέλα για Node B: στο ένα η κυψελίδα είναι ένας ενιαίος-τομέας Node B και στο άλλο τριών τομέων Node B. Δηλαδή κάθε Node B αντιπροσωπεύει και διαχειρίζεται ακριβώς ένα κύτταρο. Εντούτοις, στους τρεις τομείς το Node B μπορεί να διαχειριστεί πολλαπλούς τομείς σε ένα μονό κύτταρο. Ένα RNC συνδέεται με ένα ή περισσότερα Node Bs για να επικοινωνήσει με τα UEs του δικτύου και για να διαχειριστεί τις πολλαπλές κλήσεις τους.

Τα πρότυπα του Node B περιλαμβάνουν ένα επεξεργαστή `node_b` για κάθε τομέα που διαχειρίζονται. Ο επεξεργαστής του `node_b` συνδέεται με έναν σωρό του ATM, μια ενότητα συσκευών αποστολής σημάτων, και μια ενότητα δεκτών σημάτων. Κάθε ροή πακέτων μεταξύ `node_b` και συσκευής αποστολής σημάτων, αντιπροσωπεύει ένα downlink κανάλι συνδέσεων και κάθε ροή μεταξύ `node_b` και δέκτη αντιπροσωπεύει ένα uplink κανάλι. Στην κατεύθυνση downlink, τα πακέτα διαβιβάζονται στη συσκευή αποστολής σημάτων πάνω από ροές FACH ή DSCH, ή στο DCH μέσω `op_pk_deliver()`. Στην uplink κατεύθυνση όλα τα πακέτα ταξιδεύουν πάνω από το RACH η DCH. Όλα τα DCH πακέτα πάνε μία ροή DCH ανεξάρτητα από το spreading code.



Σχήμα 4.4: Model του Node-B

### 4.4.3 Αρχιτεκτονική του UE



umts\_wksth and umts\_server:  
contains full stack

Σχήμα 4.5: Model του UE

Το μοντέλο UMTS που παρουσιάζεται στο σχήμα περιλαμβάνει ένα στρώμα εφαρμογής που τροφοδοτεί άμεσα το στρώμα GMM. Περιλαμβάνει επίσης το στρώμα RLC/MAC, μια ραδιο συσκευή αποστολής σημάτων, έναν δέκτη, και μια κεραία. Το στρώμα GMM περιέχει λειτουργίες από τα στρώματα GMM, GSM, και RRC. Έχει λειτουργίες κινητικότητας (όπως η σύνδεση GPRS), λειτουργίες συνόδου (όπως η

ενεργοποίηση PDP), και λειτουργίες ελέγχου πόρων (όπως καθιέρωση και απελευθέρωση των RAB).

Το στρώμα RLC/MAC περιέχει τα στρώματα RLC και MAC. Περιλαμβάνει το χειρισμό προτεραιοτήτων των ροών δεδομένων, το χειρισμό των τριών τύπων RLC ( Transparent, Acknowledge, Unacknowledged ), και της κατάτμησης / επανα-συναρμολόγησης των πακέτων που προορίζονται ή καταλήγουν σε άλλα στρώματα. Οι συνδέσεις μεταξύ της ράδιο συσκευής αποστολής σημάτων και του στρώματος RLC/MAC αλλά και οι συνδέσεις μεταξύ του ράδιο δέκτη και του στρώματος RLC/MAC αντιπροσωπεύουν τα κανάλια μεταφορών.

Στο UL, μπορεί να υπάρξει ένα τυχαίο κανάλι πρόσβασης (RACH), ένα κοινό κανάλι πακέτων (CPCH), και ένα αφιερωμένο κανάλι (DCH) όπου η κυκλοφορία σηματοδότησης και στοιχείων συγκλίνει. Κάθε κανάλι μεταφορών στο DCH έχει έναν μοναδικό κώδικα διάδοσης (spread code) που το διακρίνει από άλλα κανάλια μεταφορών.

Στο DL, μπορεί να υπάρξει ένα FACH, ένα DSCH και ένα acquisition indicator channel (AICH). Ακόμα υπάρχει ένα αφιερωμένο κανάλι σηματοδότησης (signaling) και μέχρι τέσσερα κανάλια δεδομένων ανά χρήστη. Σε κάθε κανάλι ορίζεται ένας διαφορετικός spreading code έτσι ώστε να μπορεί να σταλεί traffic σε όλα τα κανάλια ταυτόχρονα.



# Κεφάλαιο 5

## Προσομοίωση

---

### 5.1 Εισαγωγή

#### 5.1.1 Στατιστικά του Opnet

### 5.2 Προδιαγραφές Σεναρίων

#### 5.2.1 Σενάριο 1 Μελέτη DCH και FACH

##### 5.2.1.1 Σενάριο με τα UEs συγκεντρωμένα κοντά στο Node B

##### 5.2.1.2 Σενάριο με τα UEs συγκεντρωμένα στη άκρη της κυψελίδας ασύρματης κάλυψης.

##### 5.2.1.3 Σενάριο με τα UEs ομοιόμορφα διασκορπισμένα σε όλη τη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης.

#### 5.2.2 Μελέτη DSCH

##### 5.2.2.1 Μελέτη DSCH σε 580 μέτρα μεγέθους κελί

##### 5.2.2.1 Μελέτη DSCH σε 1000 μέτρα μεγέθους κελί

---

### 5.1 Εισαγωγή

Ο μηχανισμός UE counting χρησιμοποιεί ένα όριο για εναλλαγή καναλιού. Εναλλάσσοντας point-to-point κανάλι προς point-to-multipoint κανάλι. Η εναλλαγή αυτή αυξάνει τη πολυπλοκότητα του αρχιτεκτονικού μοντέλου UTRAN MBMS αλλά το κέρδος από την εναλλαγή αυτή δεν είναι ακριβώς εξακριβωμένο. Η χρήση ορίου στον αριθμό των ενεργοποιημένων MBMS χρηστών στη κυψελίδα για την εναλλαγή καναλιού δεν είναι η αποδοτικότερη αφού δεν λαμβάνει υπόψη την θέση του UE στη κυψελίδα [7].

Για την αξιολόγηση του καναλιού DSCH σε σύγκριση με το FACH και το DCH στο μηχανισμό UE counting και στον αλγόριθμο power counting προσομοιώθηκε ένα δίκτυο UMTS με το Opnet Modeler 11.0.A.

Από τις προσομοιώσεις μαζεύτηκαν αποτελέσματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση των καναλιών FACH, DSCH και DCH στον αλγόριθμο power counting. Μελετήθηκε η λειτουργία των καναλιών για την εφαρμογή Video Over IP σε MBMS υπηρεσία. Ένας video streaming εξυπηρετητής ανέλαβε την αποστολή των δεδομένων στην ομάδα πολυεκπομπής (Multicast group). Η IP διεύθυνση της ομάδας πολυεκπομπής είναι η 224.0.6.1.

Για τη σωστή λειτουργία της υπηρεσίας MBMS σε κάθε σενάριο ακλουθήσαμε τα εξής βήματα:

- Για κάθε UE ορίσαμε μοναδική χρονική στιγμή σύνδεσης, στην υπηρεσία MBMS.
- Το BMSC ρυθμίστηκε να εκκινήσει την MBMS υπηρεσία.
- Ο Video Over IP Server αρχίζει να αποστέλλει δεδομένα προς το multicast group μετά την εκκίνηση της MBMS υπηρεσίας, δηλαδή σε όσα UEs εγγράφηκαν στην MBMS υπηρεσία μέχρι εκείνη τη στιγμή.

### 5.1.1 Στατιστικά του Ornet

Τα στατιστικά που υπάρχουν στο Ornet σε σχέση με μέτρησης ισχύος στο Node B είναι οι ακόλουθες:

- Received Total Wide Band Power (dBm<sup>2</sup>)
- Transmitted Carrier Power

Το Received Total Wide Band Power περιλαμβάνει την Wide Band ισχύ που λαμβάνεται από το δέκτη του Node B συμπεριλαμβανομένου του θορύβου που δημιουργείται στον παραλήπτη και δεν εξυπηρετεί τον σκοπό των προσομοιώσεων.

Το Transmitted Carrier Power ισούται με το λόγο της συνολικής ισχύος μετάδοσης στην κάθοδο προς την μέγιστη δυνατή ισχύ που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί από τον πομπό κεραίας την δεδομένη χρονική στιγμή. Συγκεκριμένα το στατιστικό αυτό υπολογίζει τον λόγο της συνολικής ισχύος που έχει υπολογιστεί για κάθε φυσικό κανάλι που είναι ενεργό τη δεδομένη χρονική στιγμή και όχι την ισχύ του καναλιού που χρησιμοποιείται για μετάδοση εκείνη την στιγμή, προς τη μέγιστη δυνατή. Επίσης προστίθενται το κανάλι FACH και το common pilot channel (CPICH) που είναι πάντοτε ενεργά.

Η κατιούσα ισχύ ενός DCH καναλιού εξαρτάται από το μέγεθος της κυψελίδας ασύρματης κάλυψης και είναι ανάλογη της ισχύς μετάδοσης του CPICH. Η τιμή του CPICH σε μία κυψελίδα ασύρματης κάλυψης καθορίζεται από το χαρακτηριστικό του Node B, UMTS CPICH Transmission Power. Αυτή η παράμετρος είναι πολύ σημαντική για αξιολόγηση της κυψελίδας ασύρματης πρόσβασης. Επειδή χρησιμοποιείται για υπολογισμό της συνολικής ισχύς των καναλιών DCH στη κυψελίδα έτσι ώστε να γίνει σύγκριση της ισχύς με την ισχύ του FACH. Η ισχύς αυτή υπολογίζεται ως εξής: αθροίζουμε την κατιούσα ισχύ δια κάθε UE στη κυψελίδα, το οποίο εξυπηρετείται από μια MBMS υπηρεσία, και προσθέτουμε την ισχύ του CPICH.

Σε κάποια σενάρια χρειάστηκε να αυξήσουμε το παράγοντα φόρτωσης της καθοδικής ζεύξης (“Downlink Loading Factor”) που καθορίζεται στο RNC. Η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται σαν όριο για να αποφασιστεί αν ένας νέος χρήστης θα γίνει αποδεκτός στο δίκτυο ή όχι. Η παράμετρος αυτή επιτρέπει την μελέτη των επιδράσεων που έχει η μεγάλη εγγραφή χρηστών στο δίκτυο.

Στα σενάρια η ισχύ του UMTS CPICH Transmission Power είναι 1.0W. Η ισχύ του FACH για κυψελίδα 580m, 750m και 1 Kkm είναι 0.23W, 0.64W και 2.03W αντίστοιχα. Οπότε αποφάσισα αρχικά να αγνοήσω την ισχύ του CPICH επειδή στο Ornet είναι πάντα δεσμευμένη και σταθερή καθ’ όλη τη διάρκεια των προσομοιώσεων και θα δυσκόλευε τη σύγκριση του καναλιού DCH με άλλα κανάλια. Όμως αγνοώντας τη τιμή αυτή στάθηκε αδύνατο (ακόμα και με “Downlink Loading Factor” > 1) ,σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμη και με υπερφόρτωση της κυψελίδας ασύρματης πρόσβασης να καταφέρω να επιτύχω εναλλαγή καναλιού.

Συνεπώς η ισχύ του CPICH έχει ρυθμιστικό ρόλο στις προσομοιώσεις όσο αφορά των αριθμό των UEs που χρειάζονται για να γίνει εναλλαγή καναλιού. Για παράδειγμα στα σενάρια με ακτίνα 580 m και 750 m, όπου η ισχύ του FACH είναι 0.23W και 0.64W, από ένα UE και περισσότερα UEs η κυψελίδα λειτουργεί σε point-to-multipoint στο FACH κανάλι επειδή η ισχύς του DCH είναι η ισχύς του CPICH (1.0W) + Total DCH power.

Τέλος αποφάσισα να χρησιμοποιήσω στατιστικές που δημιουργήθηκαν για τους σκοπούς του B-BONE. Οι δύο κυριότερες στατιστικές είναι το Total Transmitted Carrier Power for FACH Channel (Watts) και το Total Transmitted Carrier Power for DCH

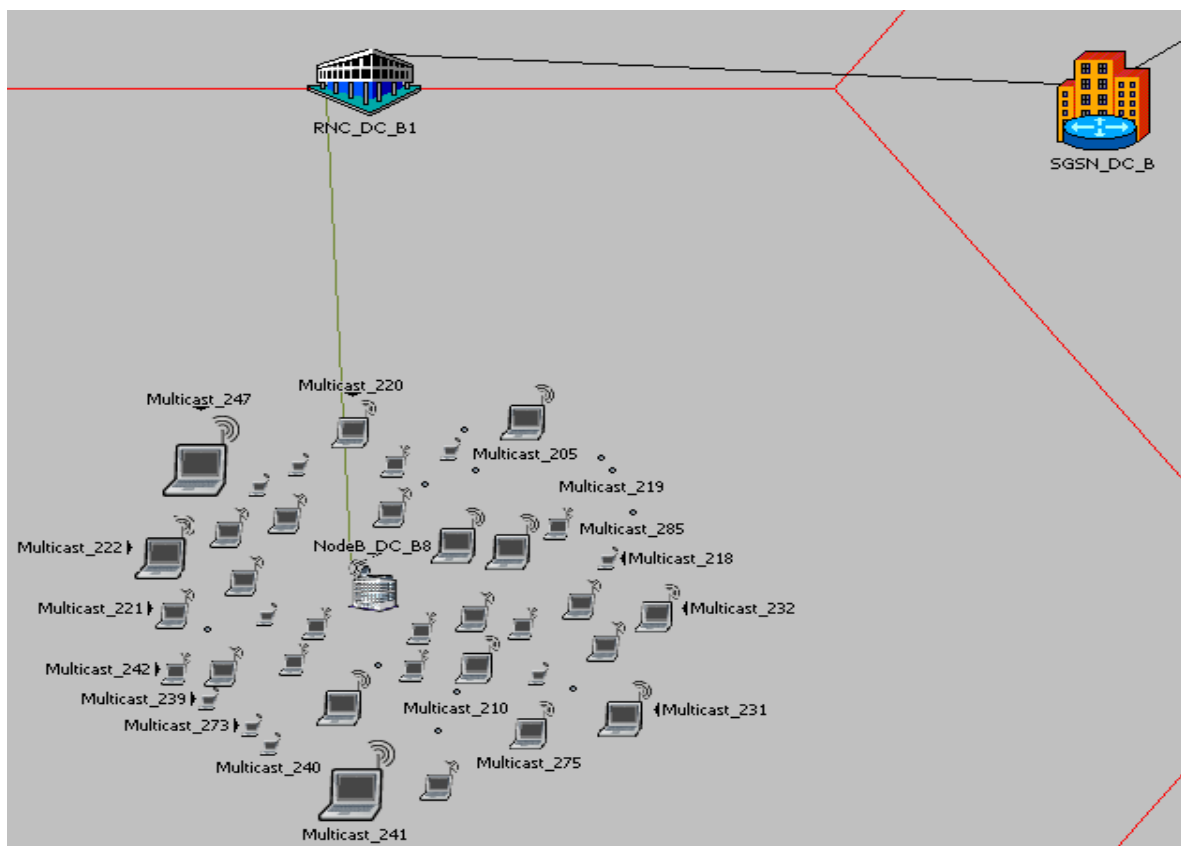
Channel (Watts). Οι οποίες μετά από μελέτη αποδείχτηκαν οι καταλληλότερες για τους σκοπούς των προσομοιώσεων.

## 5.2 Προδιαγραφές Σεναρίων

### 5.2.1 Σενάριο 1 Μελέτη DCH και FACH

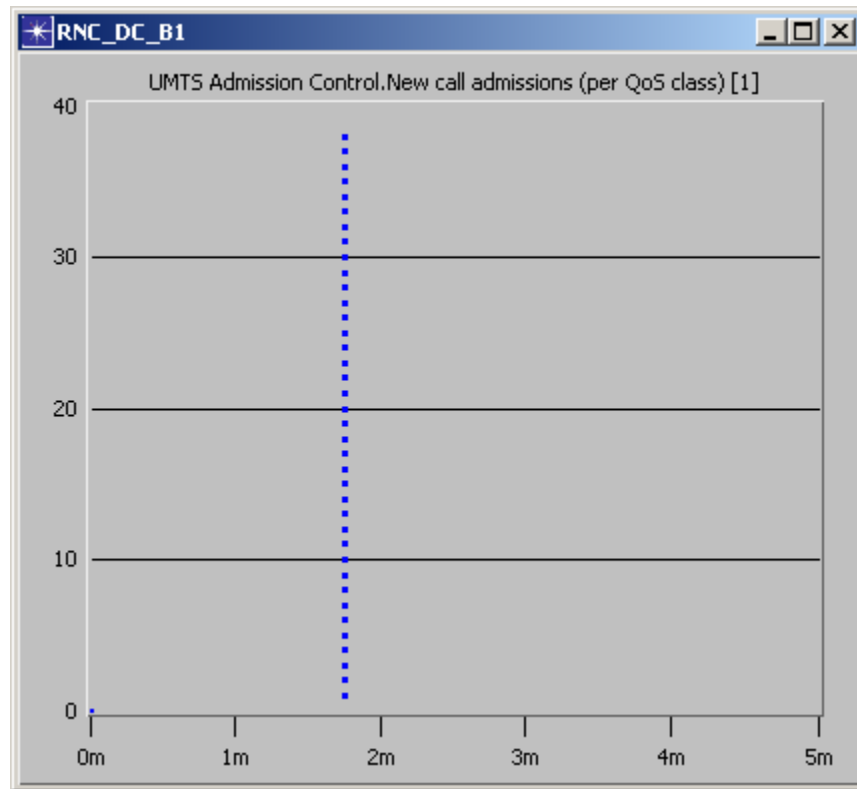
Δημιούργησα τρία κύρια σενάρια. Σε κάθε σενάριο τοποθέτησα τα UEs κατανεμημένα με τρεις διαφορετικούς τρόπους στη κυψελίδα, κοντά στο Node B, στην άκρη του κελιού και διασκορπισμένα σε όλο το κελί. Ακολούθως προσομοίωσα διαφορετικά μεγέθη κυψελίδας. Θέτοντας τη στατιστική του Node B, “UMTS FACH Transmission Power.FACH Cell Distance” σε 580, 750 και 1000 μέτρα αντίστοιχα και με computation approach ρυθμισμένο στο compute for provided distance.

#### 5.2.1.1 Σενάριο με τα UEs συγκεντρωμένα κοντά στο Node B



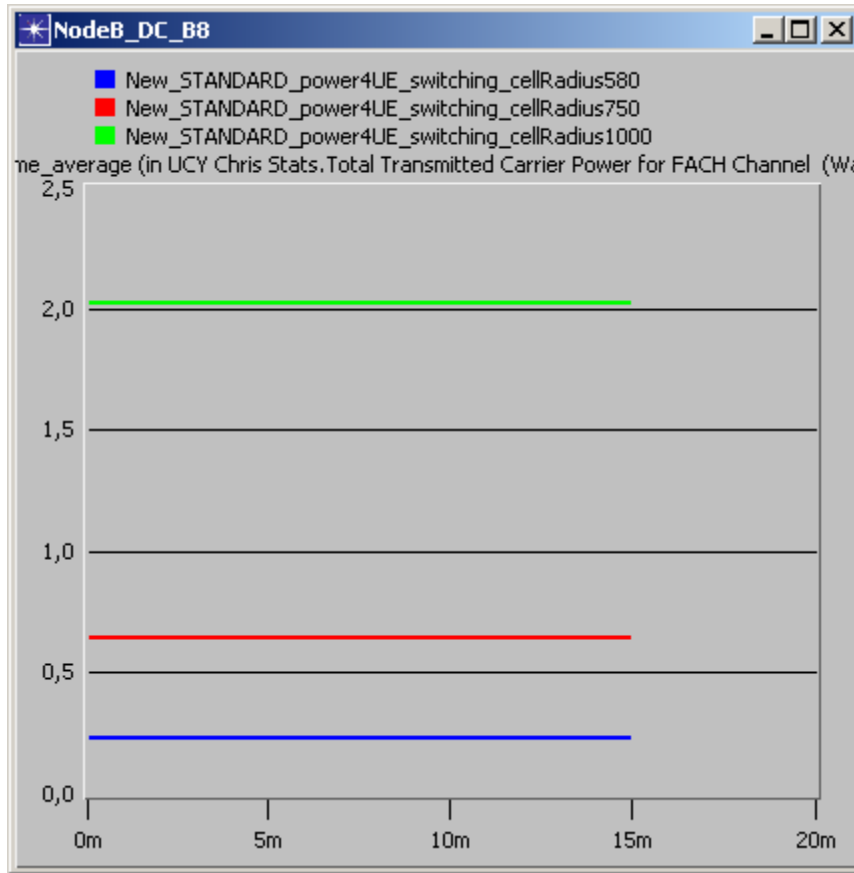
Σχήμα 5.1

Στο σχήμα 5.1 υπάρχουν 50 UEs συγκεντρωμένα γύρω από το Node B σε κοντινή απόσταση. Από τα 50 η κυψέλη ασύρματης κάλυψης αποδέχτηκε (admitted) μόνο 38. Στο RNC με “Downlink Loading Factor” 5.0 και admission control το αλγόριθμο throughput-based. Αυτό φαίνεται από τη γραφική παράσταση 5.1.



Γραφική Παράσταση 5.1.

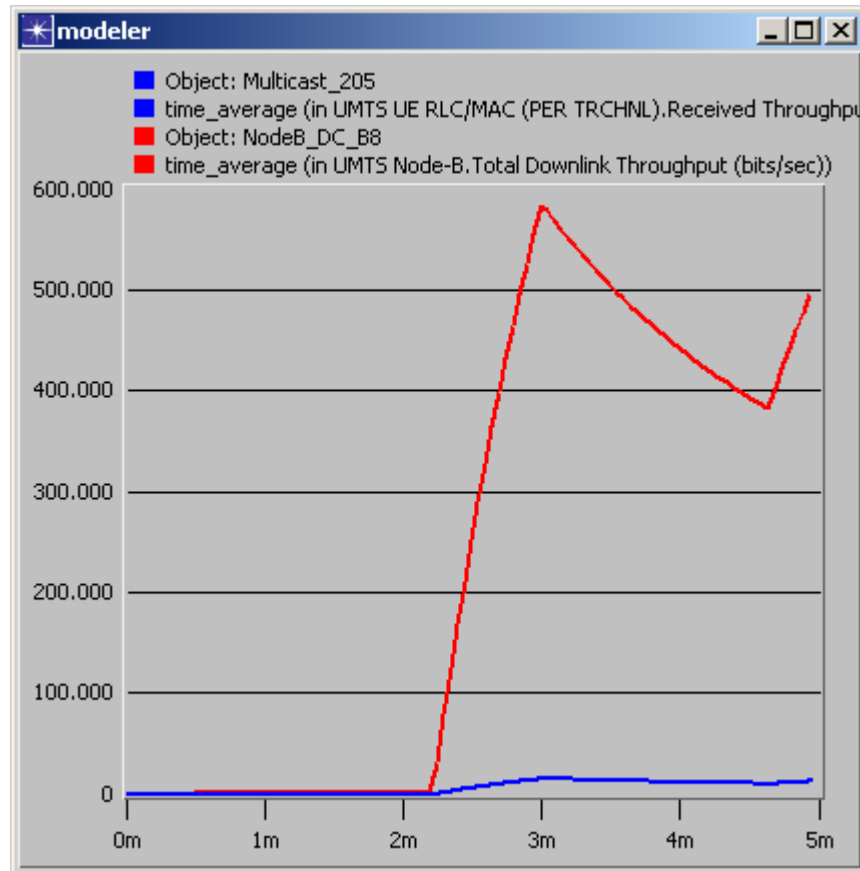
Αυτό δείχνει πως η κυψέλιδα δεν μπορεί να δεχθεί άλλα UEs. Οπότε για αυτά τα 38 UEs που αποδέχτηκε η κυψέλιδα θα δείχνουμε τις επόμενες μετρήσεις που ακολουθούν.



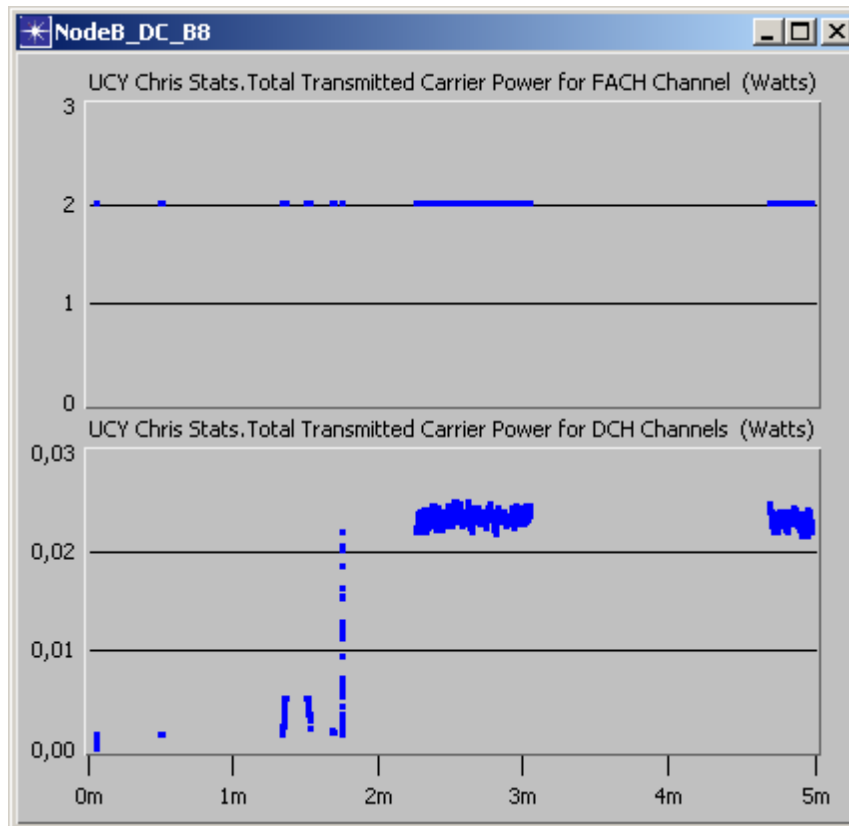
**Γραφική Παράσταση 5.2**

Στη γραφική παράσταση 5.2 παρουσιάζεται η συνολική ισχύς του FACH για 580m, 750m και 1000m, που είναι 0.23W, 0.64W και 2.03W αντίστοιχα και είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Στη γραφική παράσταση 5.3 φαίνεται το Total Downlink Throughput του Node B σε σύγκριση με το traffic received ενός συγκεκριμένου UE πάνω από κανάλι μεταφοράς DCH. Το UE λαμβάνει μέγιστο 15 000 bps και το Node B 585 000 bps. Στη κυψελίδα υπάρχουν συνολικά 38 UEs. Οπότε  $15\ 000 \times 38 = 570\ 000$  που συμβαδίζει με το συνολικό DL throughput που αποστέλλεται από το Node B.



Γραφική Παράσταση 5.3



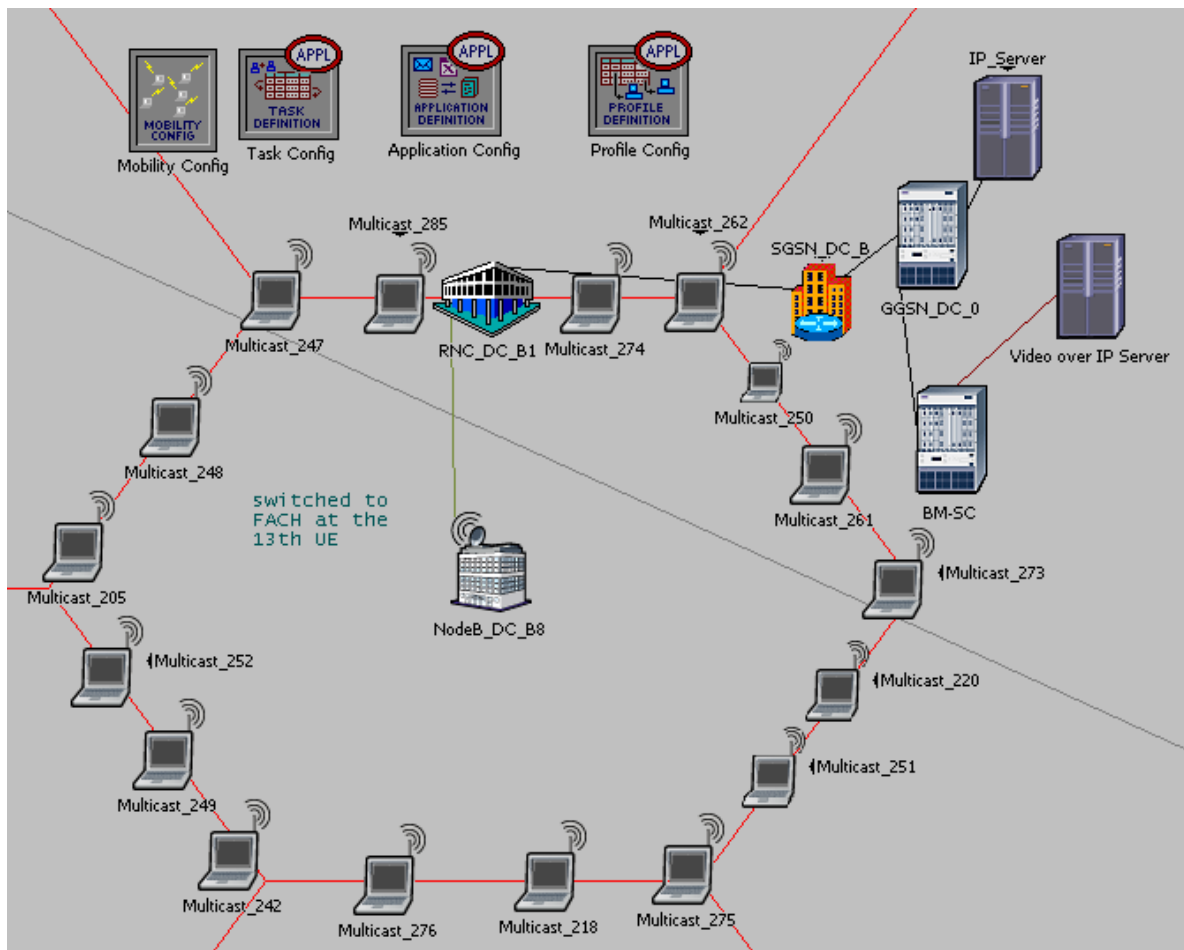
**Γραφική Παράσταση 5.4**

Στη γραφική παράσταση 5.4 βλέπουμε τη διαφορά της ισχύς μετάδοσης του FACH καναλιού, 2.03W, έναντι της συνολικής ισχύς μετάδοσης όλων των DCH καναλιών, 0.02. Η διαφορά εδώ είναι μεγάλη. Αν λάβουμε υπόψη μας και την ισχύ μετάδοσης του CPICH τότε η συνολικής ισχύς μετάδοσης όλων των DCH καναλιών φτάνει το 1.025. Όμως πάλι δεν είναι αρκετό για να δικαιολογήσει εναλλαγή καναλιού. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι αν και ο αριθμός των UEs είναι μεγάλος, λόγω της θέσης τους κοντά στο Node B δεν δεσμεύεται περισσότερη από τη μισή ισχύ του FACH για τη λειτουργία των καναλιών DCH. Η θέση των UEs μέσα στη κυψελίδα έχει σημασία.



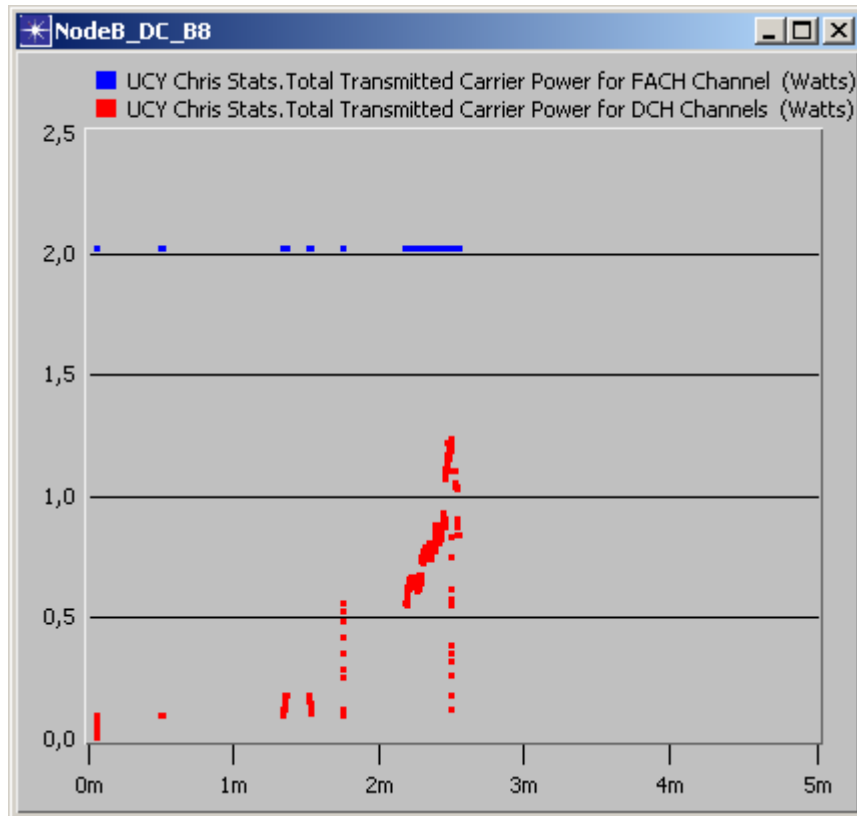
### 5.2.1.2 Σενάριο με τα UEs συγκεντρωμένα στη άκρη της κυψελίδας ασύρματης κάλυψης.

Το δίκτυο παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.



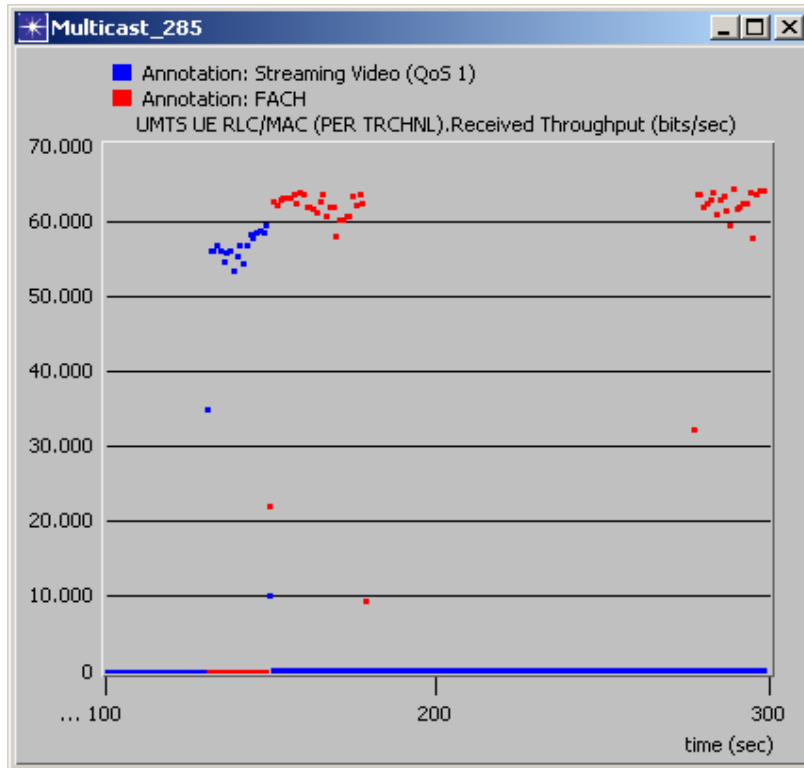
Σχήμα 5.2

Στο σχήμα 5.2 φαίνονται 17 UEs τα οποία είναι όλα τοποθετημένα στην άκρη του δικτύου. Στο σενάριο αυτό προσθέτουμε την ισχύ του CPICH επειδή παρατηρήσαμε ότι η συνολική ισχύ των καναλιών DCH είναι μεγαλύτερη της μονάδας όπως παρουσιάζεται στη γραφική παράσταση 5.5.

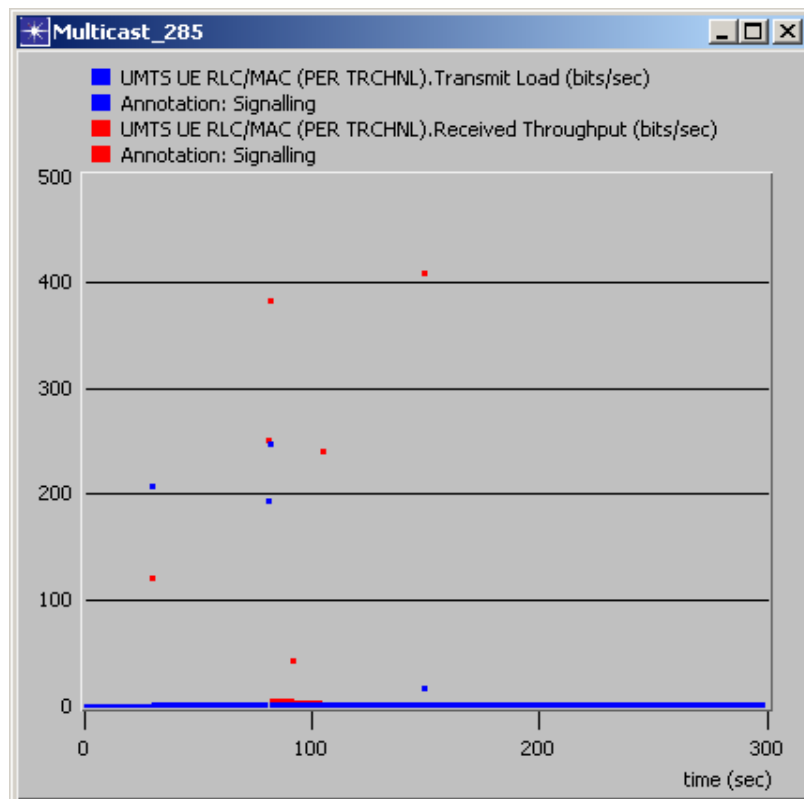


**Γραφική Παράσταση 5.5**

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης παρατηρήσαμε εναλλαγή καναλιού από DCH σε FACH όταν δεκατρία UEs συνδέονται με την υπηρεσία MBMS. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης αν γίνει εναλλαγή τυπώνουμε πόσα UEs χρειάζονται για εναλλαγή καναλιού. Στη γραφική παράσταση 5.6 παρουσιάζεται το throughput (bits/sec) για το DCH κανάλι και το FACH κανάλι ενός UE. Διακρίνουμε καθαρά από τη γραφική πως η εναλλαγή κελιού γίνεται κατά το 150 δευτερόλεπτο της προσομοίωσης. Αν κοιτάξουμε τη γραφική παράσταση 5.7 η οποία αναπαριστά το throughput στα κανάλια signalling στο UL και στο DL τότε θα προσέξουμε ότι κατά το 150 δευτερόλεπτο παρατηρούμε σήματα που φτάνουν μέχρι και 408 (bits/sec) στο DL. Αξίζει να σημειωθεί πως η εναλλαγή του καναλιού γίνεται άμεσα και το signalling που παρατηρείται δεν είναι το πραγματικό. Κανονικά θα περιμέναμε περισσότερο signalling.



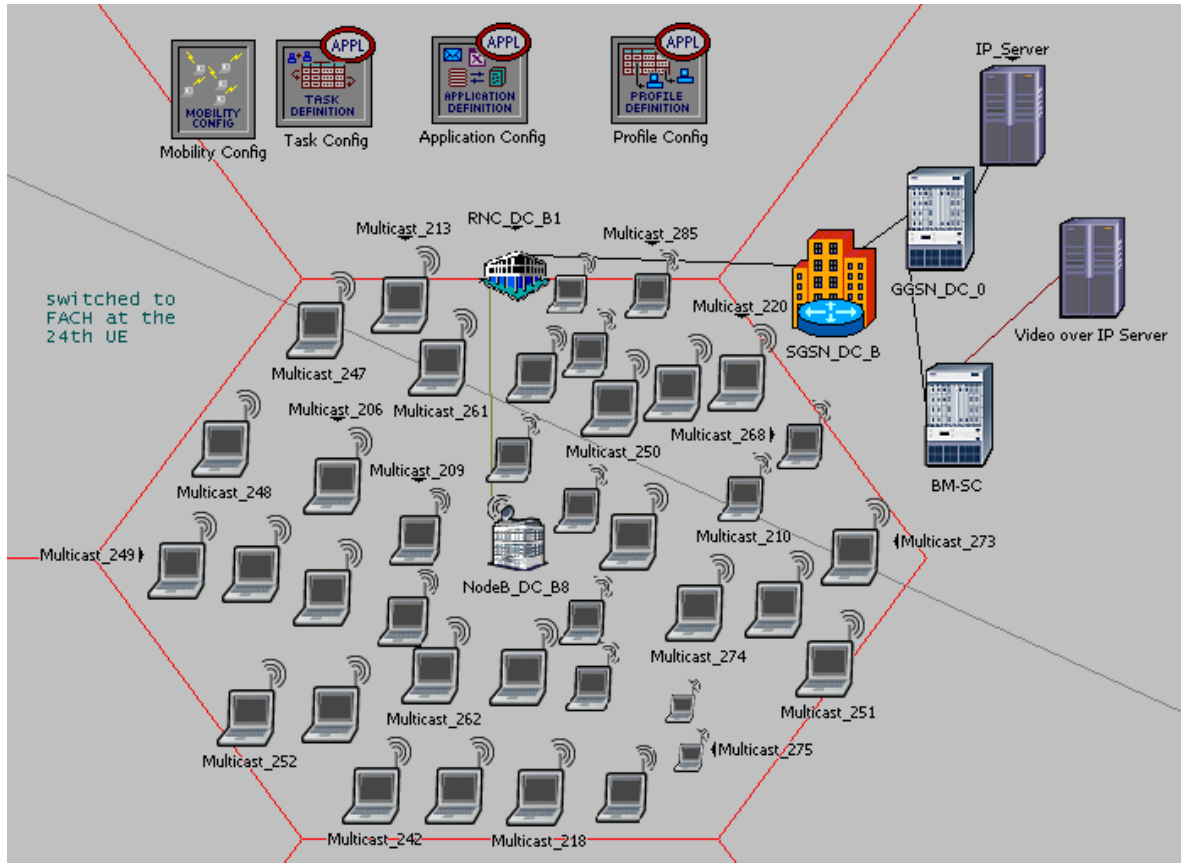
Γραφική Παράσταση 5.6



Γραφική Παράσταση 5.7

### 5.2.1.3 Σενάριο με τα UEs ομοιόμορφα διασκορπισμένα σε όλη τη κυψελίδα ασύρματης κάλυψης.

Το δίκτυο παρουσιάζεται στο σχήμα 5.3.



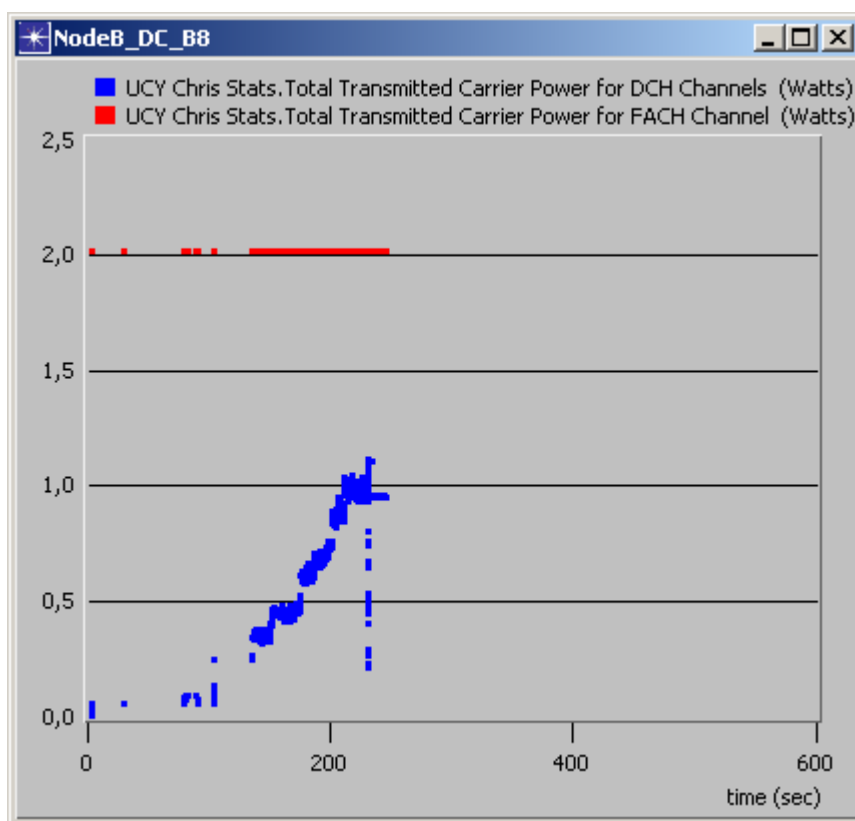
Σχήμα 5.3

Στο σχήμα 5.3 φαίνονται 38 UEs τα οποία είναι όλα τοποθετημένα ομοιόμορφα στη κυψελίδα. Στο σενάριο αυτό προσθέτουμε την ισχύ του CPICH επειδή παρατηρήσαμε ότι η συνολική ισχύ των καναλιών DCH είναι μεγαλύτερη της μονάδας όπως παρουσιάζεται στη γραφική παράσταση 5.8

Στο σενάριο αυτό τρέξαμε πολλές προσομοιώσεις και παρατηρήσαμε ότι το όριο για εναλλαγή καναλιού δεν είναι σταθερό. Εξαρτάται από ποια UEs και με ποια σειρά συνδέονται στο δίκτυο. Για παράδειγμα αν συνδέσεις στην αρχή της προσομοίωσης όλα τα UEs τα οποία βρίσκονται στην άκρη της κυψελίδας και μετά συνδέεις το ένα μετά το άλλο τα υπόλοιπα UEs τότε το όριο εναλλαγής θα είναι χαμηλό επειδή θα γίνει γρήγορα η

εναλλαγή. Όπως είδαμε στο προηγούμενο σενάριο που τοποθετήσαμε τα UEs στην άκρη της κυψελίδας χρειάστηκαν μόλις 13 UEs για την εναλλαγή. Αποφάσισα να χωρίσω νοητικά τη κυψελίδα στα δύο και διαμόρφωσα τα UEs που βρίσκονται στο ένα μισό να είναι συνδεδεμένα στην υπηρεσία MBMS από την αρχή. Ακολούθως διαμόρφωσα τα υπόλοιπα UEs να συνδέονται το ένα μετά το άλλο μέχρι να παρατηρηθεί εναλλαγή στο κελί.

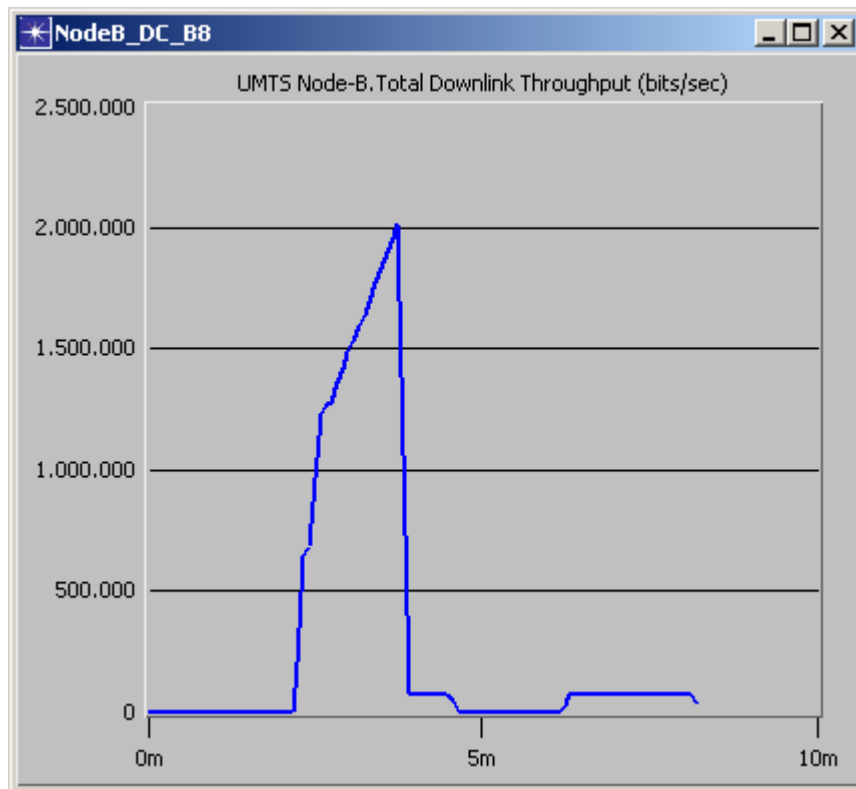
Η εναλλαγή παρατηρήθηκε στη σύνδεση του 35<sup>ου</sup> UE από τα 38 συνολικά UEs που βρίσκονται στη κυψελίδα.



**Γραφική Παράσταση 5.8**

Στη γραφική συγκρίνουμε την ισχύ των DCH καναλιών έναντι του FACH. Η εναλλαγή γίνεται στο 232 δευτερόλεπτο. Δηλαδή τη χρονική στιγμή που φτάνει στο μέγιστο η ισχύ των DCH καναλιών. Αυτό που παρατήρησα εδώ είναι ότι μόλις συνδέθηκε το 34<sup>ο</sup> UE τη χρονική στιγμή 226 η ισχύ είναι  $1.01+1(\text{CPICH})=2.01$ , δηλαδή μόλις μικρότερη από αυτή του FACH (2.02). Αλλά όταν το UE αρχίσει να λαμβάνει δεδομένα αυξάνεται η ισχύ αυτή φτάνοντας στο 1.038 λίγο πριν ζητήσει το επόμενο UE να συνδεθεί. Ο έλεγχος γίνεται κάθε φορά που συνδέεται ένα νέο UE στην υπηρεσία γι' αυτό δεν

μπορούμε να γνωρίζουμε αν υπάρχει ανάγκη για εναλλαγή νωρίτερα, όμως μπορούμε να θεωρήσουμε αυτή τη διαφορά ισχύς ως μία υστέρηση για εναλλαγή του καναλιού.



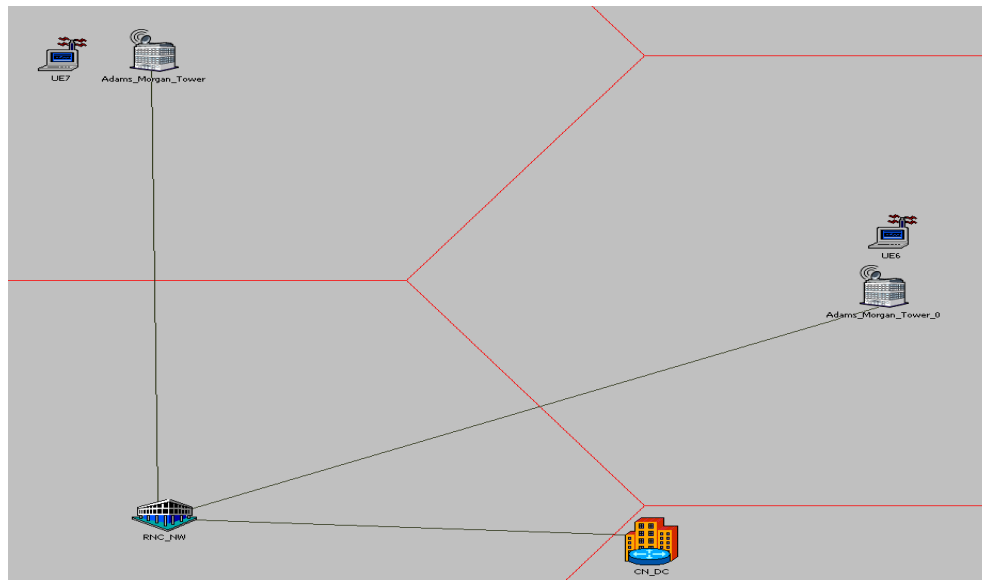
Γραφική Παράσταση 5.9

Αυτή η γραφική δείχνει πως το συνολικό DL throughput κατά τη διάρκεια που τα UEs λειτουργούν στο DCH κανάλι αυξάνεται (καθώς είναι το άθροισμα του DL throughput εκάστοτε UE) καθώς τα UEs συνδέονται στο δίκτυο για εξυπηρέτηση από την υπηρεσία MBMS. Όμως μόλις στη κυψελίδα γίνει η εναλλαγή τότε όλα τα UEs λαμβάνουν το ίδιο DL throughput.

Τα άλλα δύο σενάρια με ακτίνα κυψελίδας 580 και 750 μέτρα αντίστοιχα δεν έχουν μεγάλο ενδιαφέρον μελέτης αφού η ισχύ του FACH καναλιού είναι μικρότερη από την ισχύ του CPICH καναλιού. Οπότε εναλλαγή καναλιού συμβαίνει αμέσως επειδή μόλις συνδεθεί ένα UE στο δίκτυο για εξυπηρέτηση από την υπηρεσία MBMS η ισχύς του είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ισχύ του FACH. Παρατηρούμε ότι σε μικρές κυψελίδες είναι προτιμότερο η χρήση ενός point-to-multipoint καναλιού χωρίς εναλλαγή καναλιών. Ακολούθως θα εξετάσουμε τη συμπεριφορά του DSCH σε μικρές κυψελίδες.

## 5.2.2 Μελέτη DSCH

Τα σενάρια που χρησιμοποιήσαμε για να προσομοιώσουμε το κανάλι DSCH, DCH και FACH φαίνονται στα σχήματα 5.4-6.



Σχήμα 5. 4

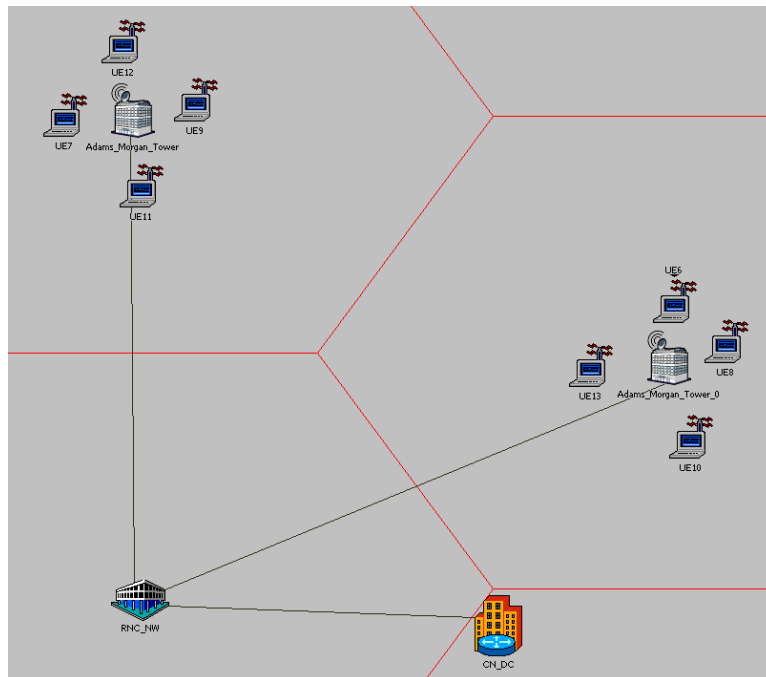
Το σενάριο περιλαμβάνει τα εξής αντικείμενα:

- SGSN (Utms\_sgsn node)
- RNC (Umts\_rnc\_adv)
- Node B (Umts\_node\_b\_adv)
- UE (Umts\_station)

Οι ρυθμίσεις του δικτύου είναι οι ακόλουθες:

- Bit rate Config ( Information Rate ) για κάθε UE 4kbs ( QoS 1: Streaming)
- Συγκεκριμένα ο ρυθμός δεδομένων (data rate) που παράγεται από τη πηγή για κάθε UE είναι ~2kbs (QoS 1).
- Το κανάλι μεταφοράς δεδομένων DSCH έχει ρυθμό δεδομένων 120 kbs.

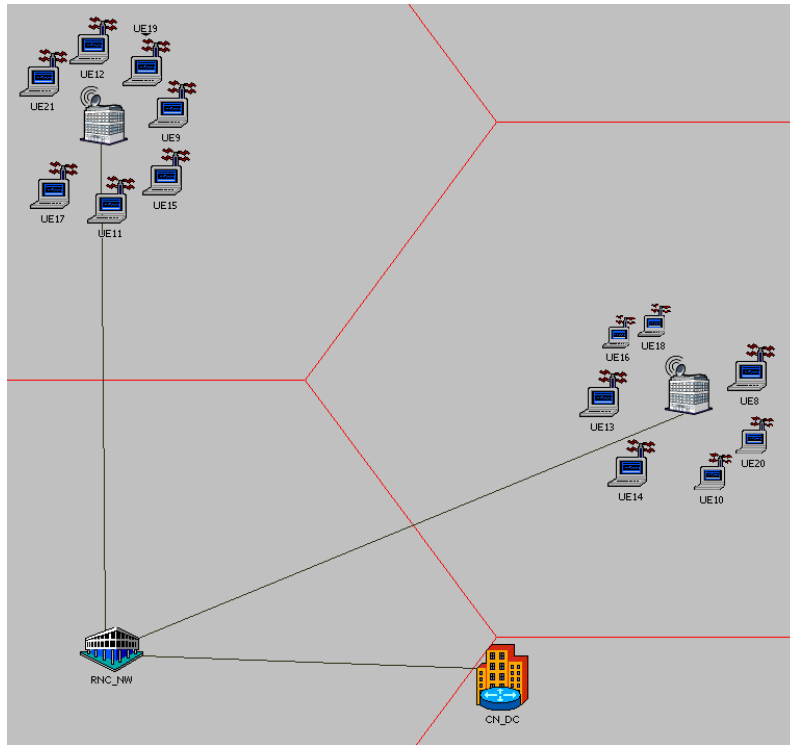
Σχετικά με τις συνδέσεις μεταξύ των κόμβων είναι όλες ATM\_SONET\_OC3. Για τις ανάγκες τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήσαμε πλέγμα μεγέθους 580m. Το περιβάλλον προσομοίωσης είναι Outdoor to Indoor and Pedestrian. Η εξασθένηση (shadow fading) μοντελοποιείται ως μια λογαριθμική κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση για εξωτερικό χώρο 10db.



Σχήμα 5.5

Στις προσομοιώσεις αυτού του σεναρίου θα μελετήσουμε αν το DSCH είναι καλύτερη λύση σε μικρές κυψελίδες για μικρό αριθμό χρηστών.





Σχήμα 5.6

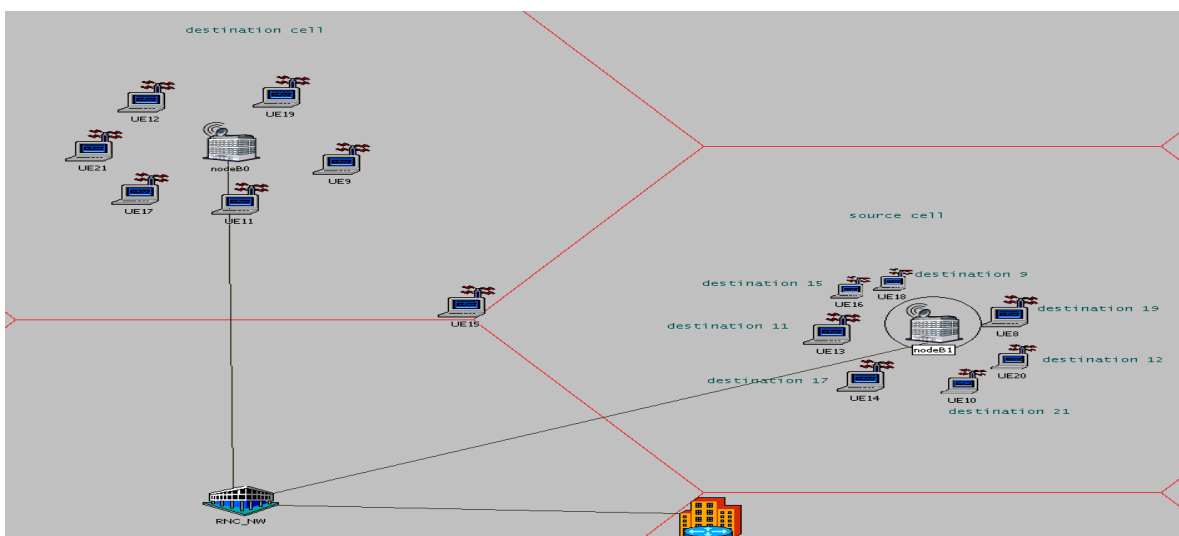
Οι στατιστικές που μετρήθηκαν για το σενάριο αυτό είναι οι εξής:

- Transmitted Carrier Power, είναι η αναλογία μεταξύ της συνολικής ισχύς μετάδοσης μίας συγκεκριμένης κυψελίδας ασύρματης κάλυψης προς τη μέγιστη ισχύ της κυψελίδας αυτής.
- Total DCH Power, η συνολική ισχύ μετάδοσης σε Watt για το κανάλι μεταφοράς DCH και Total FACH Power, η συνολική ισχύ μετάδοσης σε Watt για το κανάλι μεταφοράς FACH.

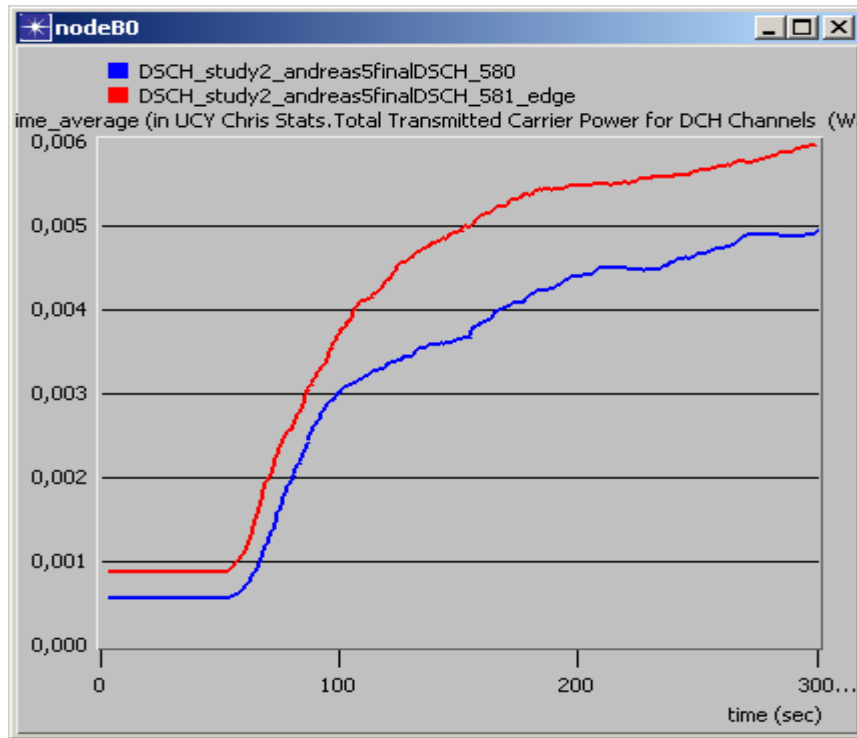
Για τα δίκτυα του σχήματος 5.6 προσομοιώσαμε DSCH, DCH και FACH κανάλια. Για το δίκτυο του σχήματος 5.7 προσομοιώσαμε DSCH κανάλι. Με τα UEs να βρίσκονται κοντά στο Node B στο 5.6 και ένα από τα UE στην άκρη του κελίου στο 5.7. Στο DSCH η ισχύς εξαρτάται από τη θέση των χρηστών και την ποσότητα των χρηστών στη κυψελίδα. Αυτό το παρατηρούμε από τη γραφική παράσταση 5.10. Η ισχύ του DSCH είναι μεγαλύτερη για το δίκτυο που φαίνεται στο σχήμα 5.7, που επιβεβαιώνει ότι εξαρτάται από την απόσταση η ισχύς του DSCH. Στη γραφική παράσταση 5.11 συγκρίνουμε το Total DCH Power ανάμεσα στα δίκτυα των σχημάτων 5.4, 5.5 και 5.6 με κανάλι το DSCH καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Παρατηρούμε ότι ισχύς του DSCH είναι λιγότερη όταν τα UEs είναι λιγότερα στη κυψέλη και περίπου σε ίσες αποστάσεις από το Node B.

Η ισχύ του FACH όμως εξαρτάται από το μέγεθός της κυψέλης αφού για κυψέλες μεγέθους 580, 750 και 1000 μέτρα η ισχύ του FACH είναι 0.23W, 0.64W και 2.03W αντίστοιχα και είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

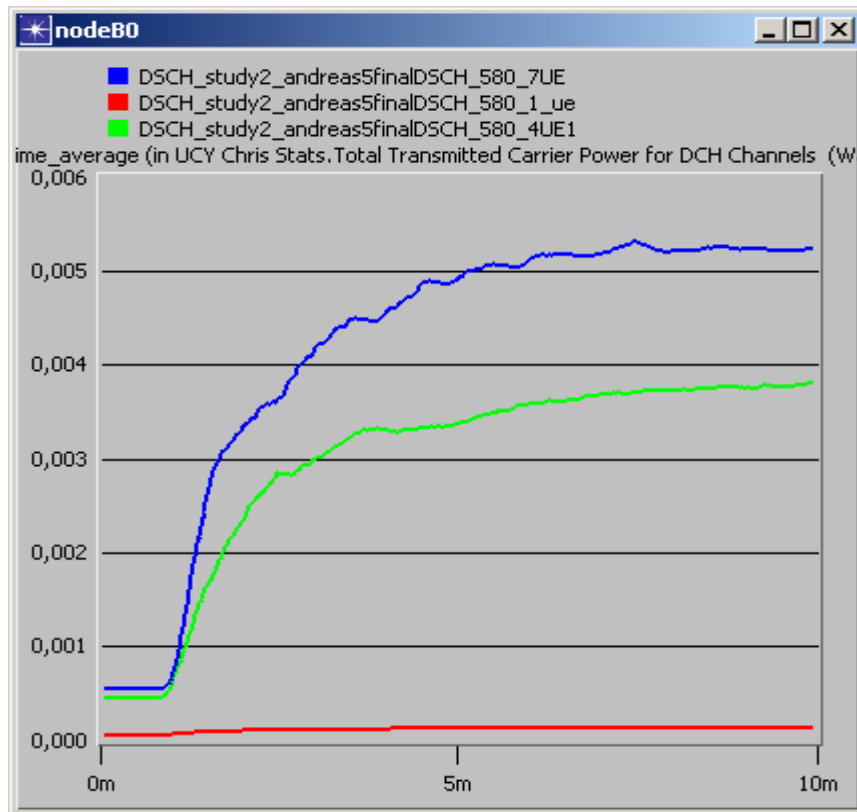
Στο [13] σύγκριση του FACH με DSCH συμπεραίνει πως το DSCH με βάση την ισχύ του πιο απομακρυσμένου UE από την κεραία παρουσιάζεται καλύτερο από το FACH όταν το μέγεθος της ομάδας χρηστών MBMS είναι μικρό. Επειδή καθώς η ομάδα χρηστών μεγαλώνει αυξάνεται πολύ η ανατροφοδότηση από τους χρήστες στο Uplink. Επίσης η ισχύ στο Downlink μεγαλώνει ανάλογα με τη θέση των χρηστών στη κυψελίδα. Περισσότεροι χρήστες στη κυψελίδα αυξάνουν τη πιθανότητα να βρεθεί τουλάχιστο ένα UE να βρεθεί στην άκρη της κυψελίδας.



Σχήμα 5.7

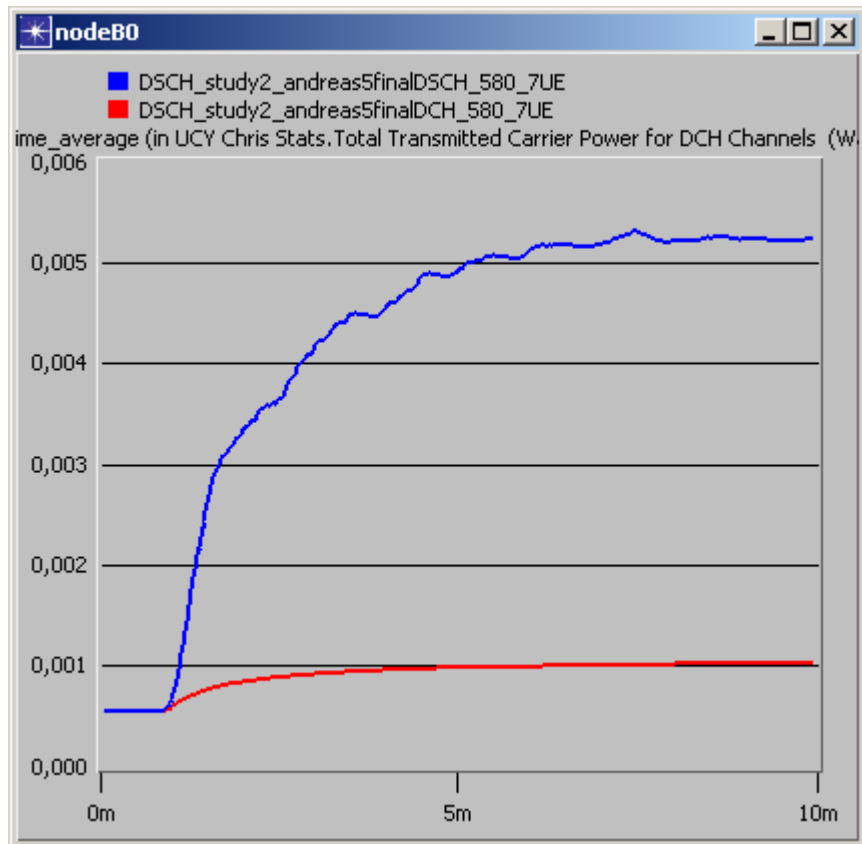


Γραφική Παράσταση 5.10



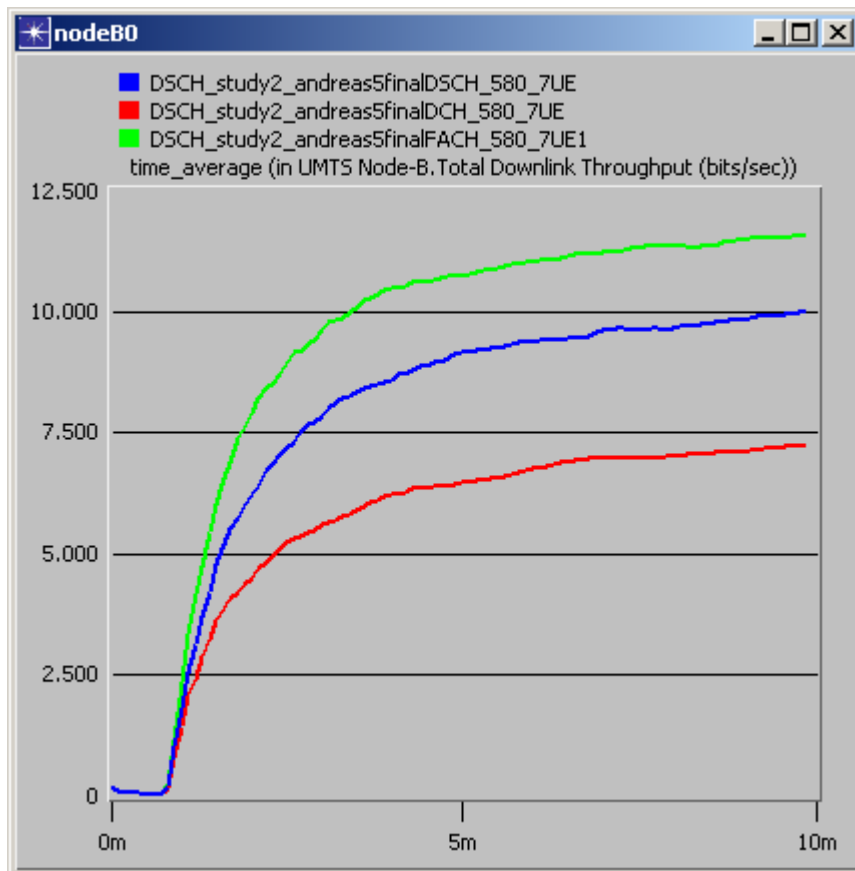
Γραφική Παράσταση 5.11

### 5.2.2.1 Μελέτη DSCH σε 580 μέτρα μεγέθους κελί



Γραφική Παράσταση 5.12

Στη γραφική παράσταση 5.12 βλέπουμε σύγκριση της ισχύος ανάμεσα στο DSCH και στο DCH για 7 UEs. Παρατηρώ ότι είναι πολύ μεγαλύτερη η ισχύ του DSCH από το DCH. Αυτό δείχνει πως η χρήση του DSCH είναι καλύτερη όταν στη κυψελίδα υπάρχουν λίγοι χρήστες.

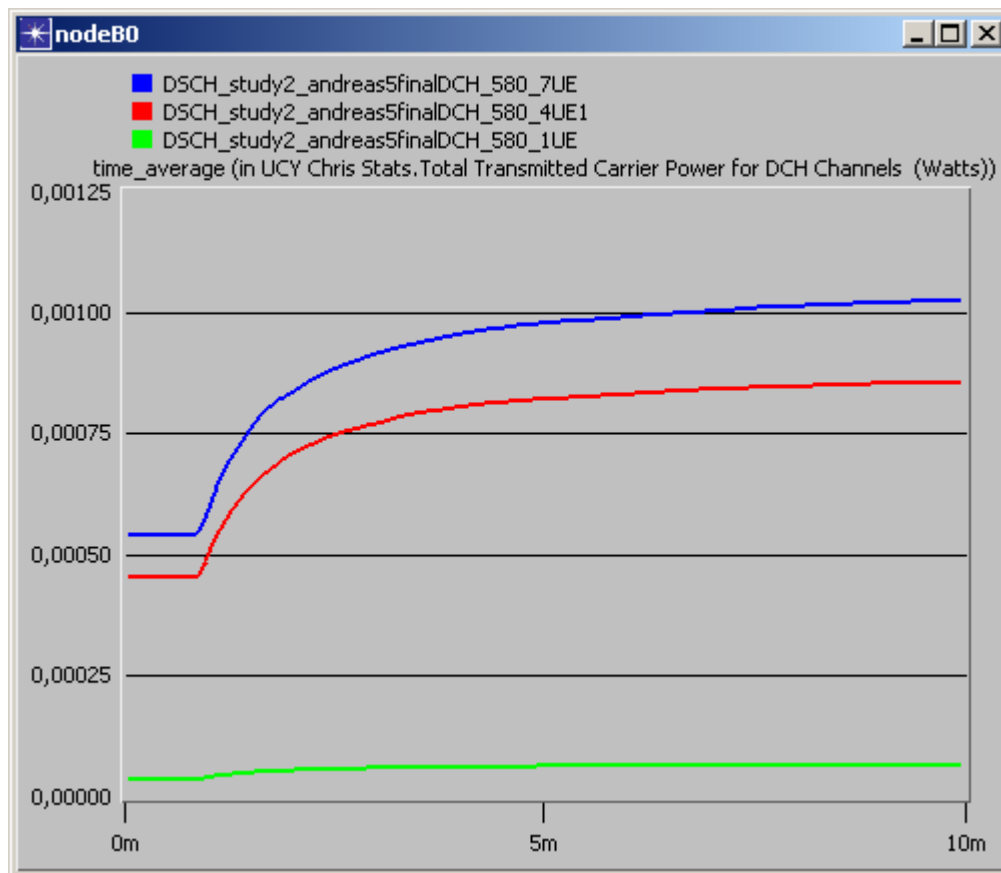


Γραφική Παράσταση 5.13

Στη γραφική παράσταση 5.13 βλέπουμε σύγκριση του DL throughput ανάμεσα στο DSCH, στο DCH και στο FACH από το Node B, στο σενάριο 7 χρηστών. Παρατηρούμε πως το DSCH έχει περισσότερο throughput από το DCH. Αυτό δείχνει την καλύτερη απόδοση του DSCH από το DCH. Το FACH εδώ φαίνεται να έχει το ψηλότερο throughput όμως με ψηλότερο κόστος σε ισχύ.

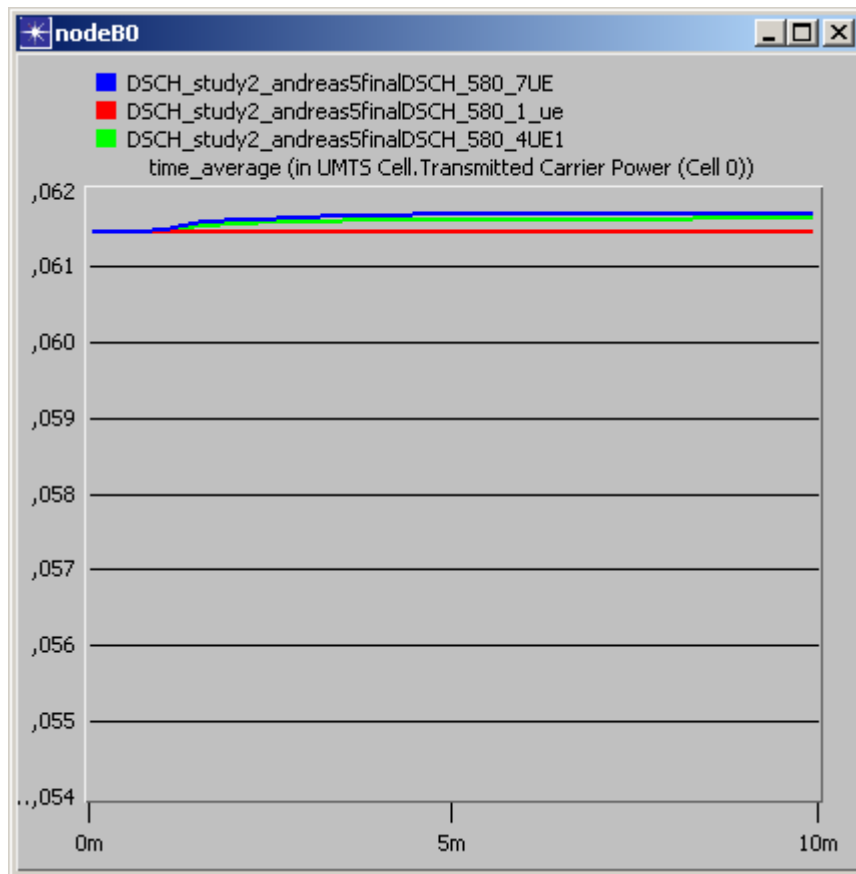
Από τις παρατηρήσεις μας στην γραφική παράσταση 5.12 βλέπουμε πως το FACH έχει ψηλότερη ισχύ 0,22 για 580 μέτρα κυψελίδα από το DSCH που φτάνει στο μέγιστο του στα 0.005 και από το DCH που φτάνει στο μέγιστο του στα 0,001.

Στη γραφική παράσταση 5.14 βλέπουμε το Total Transmitted Carrier Power for DCH Channels(Watts) για τα σενάρια 1, 4 και 7 χρηστών σε DCH κανάλι. Αυτό που παρατηρούμε είναι η αύξηση της ισχύς όσο αυξάνονται οι χρήστες όπως συμβαίνει και με το DSCH που είδαμε στη γραφική παράσταση 5.11.



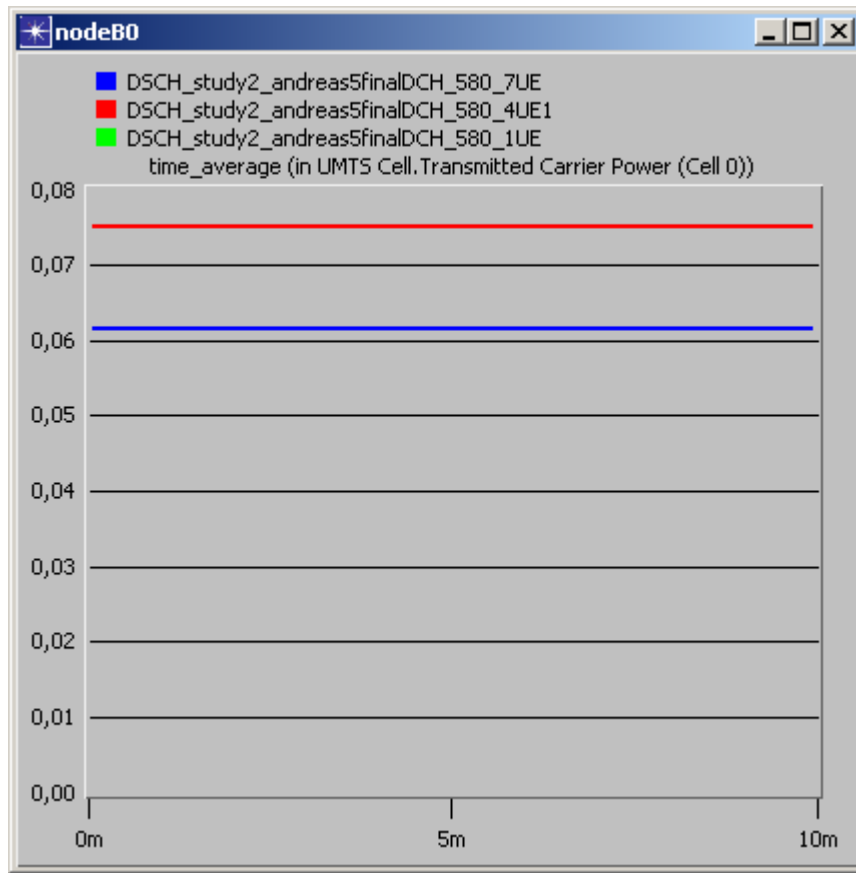
Γραφική Παράσταση 5.14

Στη γραφική παράσταση 5.15 βλέπουμε πως επηρεάζει ο αριθμός των UEs στη κυψελίδα το Transmitted Carrier Power, που είναι η αναλογία μεταξύ της συνολικής ισχύς μετάδοσης μίας συγκεκριμένης κυψελίδας ασύρματης κάλυψης προς τη μέγιστη ισχύ της κυψελίδας αυτής.



Γραφική Παράσταση 5. 15

Το σημαντικό είναι ότι είναι σταθεροποιείται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης μετά την αύξηση που παρατηρείται λόγω της ποσότητας των UEs.

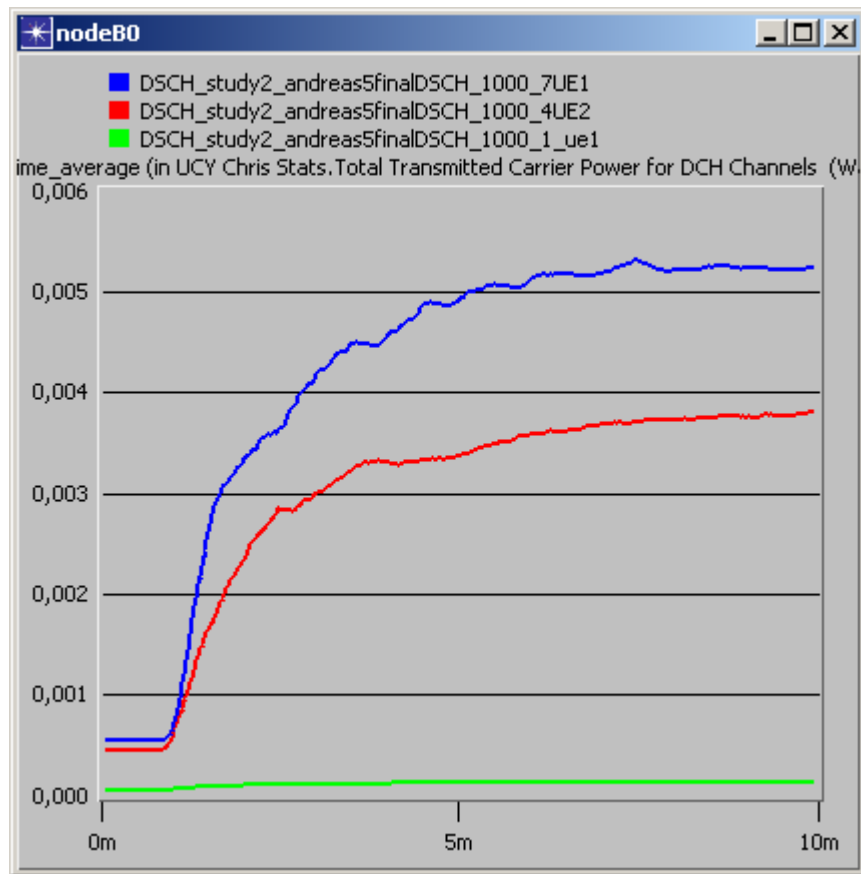


**Γραφική Παράσταση 5. 16**

Στη γραφική παράσταση 5.16 η ισχύ του σεναρίου 1 UE συμπίπτει με αυτή των 4 UE.



### 5.2.2.1 Μελέτη DSCH σε 1000 μέτρα μεγέθους κελί



Γραφική Παράσταση 5. 17

Παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση 5.11 είναι η ίδια με τη 5.17. Δηλαδή δεν επηρεάζεται το DSCH από το μέγεθος της κυψελίδας όπως επηρεάζεται το FACH.

# Κεφάλαιο 6

## Συμπεράσματα

---

### 6.1 Συμπεράσματα

### 6.2 Μελλοντική Εργασία

---

### 6.1 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα πρότυπα η εναλλαγή καναλιών από point-to-point (DCH) σε point-to-multipoint (FACH) υποστηρίζεται βάση ενός κατωφλιού που βασίζεται σε προκαθορισμένο αριθμό χρηστών (UE Counting).

Λόγω της κινητικότητας των χρηστών και του μηχανισμού ελέγχου ισχύος, αυξομειώνεται η ισχύς που λαμβάνει ο κάθε χρήστης σύμφωνα με την απόσταση του από το Node B. Το πανεπιστήμιο Κύπρου (στα πλαίσια του ερευνητικού project B-Bone) έχει προτείνει ένα δυναμικό αλγόριθμο για switching από DCH σε FACH, ο οποίος εκμεταλλεύεται αυτή την αυξομείωση της ισχύς που προκαλεί η κινητικότητα των χρηστών. Εισάγοντας αυτό τον δυναμισμό παρατηρούμε αύξηση στον αριθμό των χρηστών που μπορούν να υποστηριχτούν σε DCH προτού γίνει το switching αφού εκμεταλλευόμαστε, με αυτό τον τρόπο, καλύτερα τους πόρους του συστήματος.

Προσπαθήσαμε να υπολογίσουμε το όριο που συμβαίνει το switching στο αλγόριθμο power counting. Προσομοιώνοντας σενάρια όπου οι χρήστες τοποθετήθηκαν με τρεις διαφορετικές κατανομές στη κυψελίδα. Κοντά στο Node B, στη άκρη της κυψελίδας και ομοιόμορφα κατανεμημένοι σε όλοι τη κυψελίδα. Παρατηρήσαμε ότι για σχετικά μεγάλες κυψέλες της τάξης του 1Khm, στο μοντέλο outdoor to indoor and pedestrian που μελετούμε η τοποθέτηση των χρηστών κοντά στο Node B δύσκολα θα υποχρεώσει τη κυψελίδα να εναλλάξει το κανάλι σε point-to-multipoint. Με τους χρήστες στην άκρη του κελιού η εναλλαγή γίνεται με μόνο λίγους χρήστες στη κυψελίδα. Ενώ με ομοιόμορφη κατανομή η κυψέλη κοντεύει σε μέγιστη χωρητικότητα χρηστών σε κανάλι DCH πριν να

γίνει εναλλαγή καναλιού. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις προσομοιώσεις Ornet η ισχύς του CPICH είναι προκαθορισμένη και η τιμή του επηρεάζει σημαντικά το όριο εναλλαγής καναλιού.

Αφού παρατηρήσουμε τα πλεονεκτήματα του δυναμικού αλγορίθμου για switching από DCH σε FACH έναντι του μηχανισμού UE counting, αντικαταστήσαμε το κανάλι FACH με κανάλι DSCH.. Ένα άλλο κανάλι πολυεκπομπής το οποίο όμως σε αντίθεση με το FACH έχει την δυνατότητα ελέγχου ισχύος χρησιμοποιώντας ένα κανάλι DCH για κάθε χρήστη στην κατεύθυνση προς το Node B. Η αύξηση των χρηστών δεν αυξάνει την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων ή την τιμή της ισχύος στην κατεύθυνση από το Node B προς τους χρήστες για το κανάλι FACH. Αντιθέτως στο κανάλι DSCH αυξάνεται η ισχύς με την αύξηση των χρηστών αλλά η αύξηση εξαρτάται πολύ από τη θέση του χρήστη στη κυψελίδα και δεν επηρεάζεται από το μέγεθος της κυψελίδας όπως το FACH. Παρατηρήσαμε ότι σε μικρές κυψελίδες με λίγους χρήστες εναλλαγή καναλιών δεν συμφέρει επειδή το FACH έχει αρκετά χαμηλή ισχύ και καλύπτει όλη τη κυψελίδα. Αυτό που πρέπει να σκεφτούμε είναι αν εξυπηρετείται το QoS με το κανάλι FACH. Αντιθέτως χρήση DSCH καταναλώνει λιγότερη ισχύ από το FACH όταν η χρήστες είναι λίγοι στη κυψελίδα και εγγυάται καλύτερο QoS για τους χρήστες.

Η υπάρξει ελέγχου ισχύος στο κανάλι DSCH αυξάνει την ισχύ στην κατεύθυνση από τους χρήστες προς το Node B αφού για κάθε καινούριο χρήστη δεσμεύονται πόροι για ένα καινούργιο DCH. Αυτό αυξάνει το signalling overhead του καναλιού DSCH σε σχέση με το κανάλι FACH που δεν υποστηρίζει έλεγχο ισχύος.

Ακολούθως μελετήσαμε πανομοιότυπα σενάρια με αυτά που δημιουργήσαμε για μελέτη του DSCH, μονό που αυτή την φορά χρησιμοποιήσαμε κανάλια μονοεκπομπής DCH για κάθε χρήστη. Παρατηρούμε ότι στην DCH κατεύθυνση από το Node B προς τους χρήστες (που είναι άλλωστε και η κατεύθυνση που μας ενδιαφέρει για τις MBMS λειτουργίες) η στατιστική transmitted carrier power έχει μειωθεί από 0,075 που μετρήθηκε με DCH κανάλι σε 0,062 στο DSCH κανάλι ( με ελάχιστη αυξομείωση αναλόγως του αν προσθέτονται ή αφαιρούνται χρήστες, οι οποίες αυξομειώσεις είναι αμελητέες)

Η πρώτη επιλογή αντικατάστασης των καναλιών που χρησιμοποιούνται στον δυναμικό αλγόριθμο εναλλαγής (switching) καναλιών είναι η χρήση μονό του DSCH για τις υπηρεσίες MBMS. Ένα πλεονέκτημα είναι ότι αποφεύγουμε το overhead που επέρχεται

μέσα από τη διαδικασία εναλλαγής καναλιού. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι με την αύξηση των χρηστών θα έχουμε αύξηση χρήσης πόρων στην κατεύθυνση προς το Node B αφού για κάθε νέο χρήστη δεσμεύεται ένα νέο κανάλι DCH περιορίζοντας έτσι τον μεγαλύτερο αριθμό χρηστών που μπορούν να υποστηριχτούν και αυξάνοντας παράλληλα το signalling overhead.

Μια εναλλακτική λύση θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε switching μεταξύ DCH και DSCH αλλά καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι αυτό δεν είναι εφικτό λόγω της δυναμικής του καναλιού DSCH. Το κανάλι FACH έχει σταθερή ισχύ κατά τη διάρκεια ενός σεναρίου και έτσι μπορούμε να το συγκρίνουμε με τις δυναμικές αλλαγές της ισχύς των καναλιών DCH. Όταν όμως θέλουμε να κάνουμε τη σύγκριση μεταξύ δύο δυναμικών καναλιών οι μετρήσεις δεν είναι ακριβείς γιατί λόγω της κινητικότητας αυτές οι μετρήσεις αλλάζουν συνεχώς. Ακόμα ένα πρόβλημα είναι η δημιουργία ping pong effects, δηλαδή να γίνονται πολλά αχρείαστα switching δεσμεύοντας και αποδεσμεύοντας πόρους συνεχώς, δημιουργώντας μεγάλα signalling overheads.

Έχουμε λοιπόν δείξει ότι οι μηχανισμοί switching δημιουργούν πολλές φορές αχρείαστο signalling overhead γιατί όσο προσεκτικά και αν είναι υλοποιημένοι δεν αποφεύγονται κάποτε ping pong effects. Δηλαδή συνεχείς εναλλαγές από και προς ένα κανάλι λόγω της κινητικότητας των χρηστών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία προτείνει την χρήση του καναλιού πολυεκπομπής DSCH για υποστήριξη των υπηρεσιών MBMS χωρίς εναλλαγές προς άλλα κανάλια όταν οι χρήστες στη κυψελίδα είναι λίγοι. Έχουμε εντοπίσει τις αδυναμίες της πρότασης αυτής που έχουν να κάνουν με το signalling overhead σε μεγάλους αριθμούς χρηστών λόγω του ελέγχου ισχύος που υποστηρίζει το DSCH.

## **6.2 Μελλοντική Εργασία**

Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό, προτείνουμε μελλοντική εργασία που να μελετά την περίπτωση απενεργοποίησης του μηχανισμού έλεγχου ισχύος για μεγάλους αριθμούς χρηστών (ίσως σε παρόμοια τιμή ισχύος που κάνει ο υφιστάμενος αλγόριθμος από DCH σε FACH). Μια εναλλακτική πρόταση για μελλοντική εργασία είναι η μελέτη του καναλιού HS-DSCH για point-to-point επικοινωνία.

# Βιβλιογραφία

[1] 3GPP, “Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1”, 3GPP TR 22.146 v7.1.0 (2006-03)

[2] 3GPP, “DSCH power control improvement in soft handover”, 3GPP TR 25.841 v4.1.0 (2001-04)

[3] 3GPP, “Introduction of the Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (RAN) Stage 2”, 3GPP TS 25.346 v7.0.0 (2006-03)

[4] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), “Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 6)”, TS 23.107 V6.4.0 (2006-03); Technical Specification Group Services and System Aspects.

[5] 3GPP, “Trigger condition of PTP/PTM Switching for MBMS”, Wokingham, UK, 15th – 16th January 2003.

[6] 3GPP, “Decision Procedure of PtP/PtM switching”, Paris, France, 15th – 16th May 2003.

[7] 3GPP, “Considerations on PTP/PTM configuration for MBMS” TSG-RAN Working Group 2 Meeting #31, R2-022083, Arlanda, Sweden, 19th – 23rd August 2002.

[8] B-BONE, “Broadcasting and Multicasting over Enhanced UMTS Mobile Broadband Networks”, August 2004

[9] A. Soares, A. Correia, “UE Counting Mechanism”, B-BONE, 30 November 2004.

[10] Harry Holma and Antti Toskala, “WCDMA for UMTS”.

[11] Jari Isokangas, Sinikka Sarkkinen, “Multicast in UMTS”, 83390 Advance topics in Broadcast Networks, Nokia, 02.12.2002,

[12] Neophytos Vlotomas, Josephine Antoniou, George Hadjipollas, Vasos Vassiliou, Andreas Pitsillides, “Power Control for Efficient Multicasting in IP-based 3G and beyond mobile networks”, Department of Computer Science, University of Cyprus, 75 kallipoleos Street, P.O.Box.20537, CY-1678 Nicosia, Cyprus, June 2005