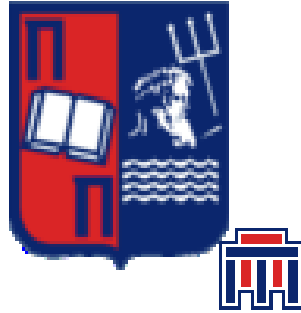


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΩΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
Τμήμα Πληροφορικής



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 4G-LTE»

«ΚΑΠΕΛΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ»

«11025»

Τριμελής

Δημήτριος Βέργαδος Επικουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Χρήστος Δουληγέρης Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Άγγελος Μιχάλας Αναπληρωτής Καθηγητής, ΑΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας

Πειραιάς, «Νοεμβριος» «2015»





Πρόλογος

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να δώσει την δυνατότητα στον κάθε ενδιαφερόμενο να ενημερωθεί για ένα κομμάτι της τεχνολογίας και ποιο συγκεκριμένα τις κινητές ασύρματες επικοινωνίες οι οποίες έχουν εισχωρήσει στην καθημερινότητα μας. Επίσης γίνεται μία σύντομη αναφορά για την ιστορία των κινητών επικοινωνιών πώς γίνεται η εξέλιξη από το 1973 (1G) μέχρι σήμερα όπου έχουμε φτάσει στο 4G και συνεχίζουμε για το 5G όπου θα έρθει την επόμενη δεκαετία. Αρχικά γίνεται μία σύντομη αναφορά στο τι είναι τα κινητά συστήματα , ποια είναι η αρχιτεκτονική των LTE για το πώς είναι δομημένη, τι κανάλια υπάρχουν τόσο στο downlink αλλά και στο uplink . Γίνεται λόγος για την αρχή της ορθογωνιότητας αλλά και του SC-FDMA , ακόμα γίνεται αναφορά για την MIMO τεχνολογία στο 3GPP επίσης γίνεται αναφορά στο τι είναι το PDSCH αλλά και για την κατερχόμενη μετάδοση στο φυσικό επίπεδο. Γίνεται αναφορά για τη διαπλοκή (SCRAMBLING) αλλά και για τις ψηφιακές μεθόδους όπως και για τις τεχνικές πολυπλεξίας. Λόγο ώμος της όλο και μεγαλύτερης αύξησης των χρηστών αλλά και επειδή η τεχνολογία εξελίσσεται και χρειαζόμαστε όλο και περισσότερες δυνατότητες να έχουμε στο κινητό μας τόσο τα δίκτυα επιφορτίζονται με περισσότερα φορτία αλλά και με αυξημένες ταχύτητες όπου πρέπει να μπορέσουν να ικανοποιήσουν τους χρήστες τους γιατί δεν υπάρχει η δυνατότητα για νέα φάσματα αλλά και για άλλες συχνότητες. Οπότε πρέπει να βρούμε νέους τρόπους για να εξυπηρετήσουμε τους χρήστες με νέες τεχνικές .



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω των επιβλέπων καθηγητή μου, Κύριο Βέργαδο Δημήτριο για την επιστημονική κατάρτιση που μου παρείχε κατά την διάρκεια σπουδών μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα αλλά και για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδακτορικό φοιτητή Σκόρδα Εμμανουήλ για την βοήθειά του στην προσομοίωση του simulator όπως και στην αναζήτηση πηγών και πληροφοριών για την διπλωματική εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την βοήθεια για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας μου.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Επίπεδα του LTE	13
Εικόνα 2: Διαχωρισμό Λειτουργιών σε E-UTRA 1 και EPC	14
Εικόνα 3: Σύνδεση κινητού με το διαδίκτυο	23
Εικόνα 4 παράμετροι για την διαχείριση των αιτημάτων των διακομιστών	24
Εικόνα 5 Διαχωρισμός στους διακομιστές του 4G.....	25
Εικόνα 6 Παράμετροι για το Qos για τα 4G δίκτυα.	26
Εικόνα 7 OFDMA μεταξύ πομπού και δέκτη.....	28
Εικόνα 8 Μοντέλο μετάδοσης στη ζώνης OFD	30
Εικόνα 9 SFBC με δύο κεραίες μετάδοσης.....	35
Εικόνα 10 SFBC+FSTD με τέσσερις κεραίες μετάδοσης κατά το downlink.....	35
Εικόνα 11 Τροποποιημένο SFBC+FSTD για PHICH με τέσσερις κεραίες μετάδοσης κατά το downlink	35
Εικόνα12: Πολύπλεξη των δεδομένων και των σημάτων αναφοράς στην ανερχόμενη κατάσταση	37
Εικόνα 13 Ο Συγχρονισμός σε πολλαπλά σημεία μετάδοσης στην κατερχόμενη λειτουργία.....	40
Εικόνα 14: Η δομή για τα πλαίσια του uplink και του downlink για το LTE.....	41
Εικόνα 15 Cell Specific Reference Signals	45
Εικόνα 16 Χαρτογράφηση των κατερχόμενων καναλιών μεταφοράς στα κατερχόμενα φυσικά κανάλια.....	46
Εικόνα 17: Γίνεται η απεικόνιση των διαδικασιών για την κατερχόμενη μετάδοση.....	47
Εικόνα 18 Διάγραμμα για QPSK	49
Εικόνα 19 Διάγραμμα για 16QAM.....	49
Εικόνα 20 Διάγραμμα για 64QAM	50



Πρόλογος.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	9
1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	10
1.3 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (PLMN) 1ης ΓΕΝΙΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	11
1.4 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ.....	12
1.5 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2.5 ης ΓΕΝΙΑΣ.....	13
1.6 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 3 ης ΓΕΝΙΑΣ.....	14
1.7 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 4 ης ΓΕΝΙΑΣ.....	15
1.8 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5 ης ΓΕΝΙΑΣ.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	12
2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ LTE	12
2.2 ΡΑΔΙΟ-ΔΙΕΠΑΦΗ	15
2.3 RADIO RESOURCE CONTROL (RRC).....	15
2.4 PACKET DATA CONVERGENCE PROTOCOL.....	16
2.5 RADIO LINK CONTROL (RLC)	16
2.6 MEDIUM ACCESS CONTROL(MAC)	17
2.7 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	18
2.8 Η ΔΙΕΠΑΦΗ S1	18
2.9 GPRS TUNNELLING PROTOCOL ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ	18
2.10 ΔΟΜΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ	19
2.11 ΛΟΓΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	19
2.12 ΚΑΝΑΛΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	20
2.13 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	21
2.14 ΦΥΣΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ	22
2.15 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QOS)	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	27
3.1 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ OFDMA	27
3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΤΗΤΑΣ.....	29
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟ SC-FDMA	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32



4.1 ΜΙΜΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΕ 3GPP.....	32
Κ4.2 DOWNLINK SU-MIMO ΣΤΗΝ LTE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	33
4.3 TRANSMIT DIVERSITY ΣΤΗΝ LTE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	34
4.4 CLOSED-LOOP RANK-1 ΠΡΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ LTE	36
4.5 MU-MIMO ΣΤΟ LTE.....	36
4.6 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΒΕΑΜFORMING ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ LTE	38
4.7 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΑΝΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ LTE	38
4.8 ΜΙΜΟ ΣΤΟ LTE-Advanced.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	41
5.1 PHYSICAL LAYER-PHYSICAL DOWNLINK SHARED CHANNEL(PDSCH).....	41
5.2 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ LTE ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	44
6.1 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ	44
6.2 ΦΥΣΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ LTE ΜΕΤΑΔΟΣΗ	44
6.3 ΣΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΤΑ LTE	45
6.4 ΑΝΤΙΣΟΙΧΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ	46
6.5 ΤΟ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ – PDSCH	46
6.7 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΤΟ PDSCH	47
6.8 ΔΙΑΠΛΟΚΗ (SCRAMBLING).....	48
6.10 ΜΕΘΟΔΟΙ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.....	48
6.11 LAYER MAPPING AND PRECODING.....	51
1.Layer mapping.....	51
2.Προκωδικοποίηση Precoding.....	52
6.12 MULTIPLE ANTENNA TECHNIQUES	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	59
Προσημειώσεις σεναρίων	59
Βιβλιογραφία.....	81





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι κινητές επικοινωνίες έχουν γίνει ένα καθημερινό αγαθό όπου αρχικά ήταν μόνο για λίγους αλλά αργότερα έγινε για τους πολλούς και χρησιμοποιείται σε όλα σχεδόν τα συστήματα. Για να γίνει κατανοητό πως δουλεύουν πρέπει να καταλάβουμε από πού προέρχονται τα κυψελωτά συστήματα και πως εξελίχθηκαν. Οι κινητές επικοινωνίες χωρίζονται σε γενιές: 1G το 1980 το αναλογικό, 2G είναι το πρώτο ψηφιακό σήμα, το 3G είναι το σύστημα χειρισμού ευρυζωνικών δεδομένων και το 4G. Η διαφορά ανάμεσα στα LTE και τα LTE_Advanced είναι η ίδια τεχνολογία αλλά η ετικέτα Advanced την χρησιμοποιούν για να τονίσουν την διαφορά μεταξύ LTE και ITU. Επίσης μια άλλη σημαντική πτυχή είναι ότι το έργο για την ανάπτυξη LTE και LTE-προχωρημένους εκτελείται ως συνεχή εργασία μέσω 3GPP. Το πρώτο διεθνές σύστημα κινητής επικοινωνίας ξεκίνησε στις αρχές του 1980 και ήταν το NMT από τις σκανδιναβικές χώρες και μαζί του ήρθε και η έννοια της περιαγωγής όπου έχουμε την δυνατότητα να μιλάμε και σε άλλες χώρες εκτός του δικτύου μας. Έτσι μπόρεσαν να αναπτυχθούν περισσότερο τα κινητά και να αποκτήσουν μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Αργότερα από την αναλογική τεχνολογία δημιουργήθηκε η ψηφιακή. Το GSM ήρθε στην ευρώπη στα μέσα της δεκαετίας του 1980 όπου βασίζεται στην τεχνολογία Time-Division όπως ήταν οι ΗΠΑ-TDMA πρότυπο και το ιαπωνικό πρότυπο PDC που εισήχθησαν στο ίδιο χρονικό διάστημα. Μια κάπως μεταγενέστερη ανάπτυξη μιας πολλαπλής Code-Division Access (CDMA) πρότυπο που ονομάζεται IS-95 ολοκληρώθηκε στις ΗΠΑ το 1993. Όλα αυτά τα πρότυπα "στενής" με την έννοια ότι απευθύνονται σε «χαμηλού εύρους ζώνης» υπηρεσίες όπως φωνής, μετά από την δεύτερη γενιά ήρθαν και τα sms αλλά και το να μπορούμε να στέλνουμε mail ακόμα ενσωματώθηκε και η τεχνολογία GPRS. Όταν ήρθε το 3G αύξησε το εύρος ζώνης και αναπτύχθηκε και σε χώρες εκτός E.E.



1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Τα κυψελωτά δίκτυα έχουν σαν στόχο την παροχή υπηρεσιών για τα κινητά τερματικά όπου υπάρχει μεγάλη διασπορά στους δρόμους αλλά και γενικά σε εκτάσεις όμως το σημαντικότερο είναι ότι μπορούν να εξυπηρετούν τα τερματικά σε μεγάλες ταχύτητες. Παρά ότι γίνεται μεγάλη χρήση των συστημάτων αυτών δεν υπήρχε η πρόβλεψη για τέτοια χρήση στην αρχή. Τα αναλογικά δίκτυα είναι ποιο προηγμένα σε ότι αφορά την ολοκλήρωση της ασύρματης τεχνολογίας και της ευφυίας δικτύου. Η ολοκλήρωση συμπεριλαμβάνει τη σηματοδότηση, τα πρωτόκολλα, τη μεταγωγή και τις βάσεις των δεδομένων. Η μεγαλύτερη προσθήκη είναι η ύπαρξη εκτεταμένου ελέγχου. Η χωρητικότητα αυξήθηκε γιατί τώρα υπάρχουν μικρότερες κυψέλες ενώ πρώτα μεγιστοποιούσαν τη ραδιοκάλυψη ανά σταθμό βάσης όπου τοποθετούσαν τις κεραίες στους λόφους και κτίρια όπου μετέδιδαν μεγαλύτερη ισχύ από εκείνη που χρησιμοποιούσαν στα κυψελωτά συστήματα. Μεταφέρουν την κίνηση από ραδιοδιάλυτο σε άλλο ραδιοδιάλυτο καθώς το κινητό συνεχίζει να κινείται και πηγαίνει στην περιοχή ενός άλλου. Αυτή η λειτουργία απαιτεί εξαιρετικό συντονισμό αλλά και επίβλεψη από υπολογιστές. Ακόμα χρειάζεται έλεγχο από σταθμό βάσης των κινητών τερματικών και κέντρων μεταγωγής μέσω διαύλου σηματοδότησης και πρωτοκόλλων. Η εξέλιξη η οποία πραγματοποιήθηκε ήταν η μετάβαση στη ψηφιακή μετάδοση όπως και η βελτίωση στα διαδικαστικά ελέγχου ώστε η εγκατάσταση και η πραγματοποίηση των κλήσεων γίνονται ποιο περίτεχνες και με αποτελεσματικότερο τρόπο. Για να λύσουμε το θέμα των πολλών χρηστών μέσα σε συγκεκριμένες περιοχές χρησιμοποιήσαν πολλές ραδιοκαλύψεις ανά σταθμό βάσης και έτσι πραγματοποιήθηκε μία κατεύθυνση προς τις προσωπικές επικοινωνίες έτσι καταφέρνουμε να έχουμε μειωμένη κατανάλωση ισχύος και πολυπλοκότητας. Οι αρχικές αντιδράσεις ήταν ότι χρησιμοποιούσαν μεγάλο και υψηλό κόστους σταθμούς βάσεις, ήταν πολύ μεγάλο ύψος κεραίας, μεγάλο χώρο για τους πομποδέκτες και πολλούς πομποδέκτες μεγάλης ισχύος για κάθε κύκλωμα βασικής ζώνης. Οπότε οι μεγάλες εγκαταστάσεις χρειάζονται υψηλό κόστος για τις εγκαταστάσεις αλλά και πολιτικό κόστος. Άρα σαν αποτέλεσμα υπήρξε να δημιουργηθούν σταθμοί με μικρότερο κόστος. Οπότε τα νέα συστήματα πρέπει να διατηρούν την ισχύ σε μερικά watt για τα κινητά και για τους σταθμούς βάσεις σε δεκάδες watt.



1.3 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (PLMN) 1ης ΓΕΝΙΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα πρώτα αναλογικά συστήματα όπου είχαν οι χρήστες στο Τόκιο το 1979, και αργότερα επεκτάθηκαν στις νορβηγικές περιοχές, Στην Αμερική εισήρθε το 1983. Ήταν πρωτοποριακή τεχνολογία γιατί μπορούσε να βοηθήσει στην μαζική παραγωγή κυψελών αλλά είχε σοβαρά ζητήματα στα θέματα του πρωτοκόλλου όπως και σε θέματα ασφάλειας. Όπως παρουσιάζεται και στον παρακάτω πίνακα οι αρχικές τεχνικές προδιαγραφές του πρώτου 1G.

	NTT	NMT 450	NMT 900	TACS	C 450	AMPS
Χώρα	Ιαπωνία	Σκανδιναβία	Σκανδιναβία	Αγγλία	Γερμανία	Αμερική
Έτος	1979	1981	1986	1984	1985	1983
Uplink [MHz]	870-885	453-457	890-915	890-915	450-454	824-849
Downlink [MHz]	925-940	463-467	935-960	935-960	461-465	869-894
Εύρος καναλιού [kHz]	25	25(20)	25(12.5)	25	20	30
Duplex Range [MHz]	55	10	45	45	11	45
Τεχνική Πρόσβασης	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Διαμόρφωση	FM	FM	FM	FM	FM	FM
Πλήθος Καναλιών	600	180 (220)	1000 (1999)	1000	222	833



1.4 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ

Η δεύτερη γενιά των mobile ήρθε το 1991 στην ευρώπη και υπήρχε ανταγωνισμός για το από τα δύο θα κυριαρχήσει το ένα ήτανε το GSM της ευρώπης και το άλλο το CDMA . Η διαφορά τους από την προηγούμενη γενιά ήτανε ότι τώρα ήτανε ψηφιακά οπότε και πιο γρήγορο σε θέμα τηλεφώνου αλλά και σε θέμα δικτύου. Και γενικά οι συχνότητες της Ευρώπης ήτανε μεγαλύτερες από αυτές τις Αμερικής . Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τεχνικές προδιαγραφές στην κάθε περιοχή

	GSM	DCS 1800	D-AMPS	PDC	CDMA	
Χώρα	Ευρωπη	Ευρωπη	Αμερικη	Japan	US, Korea	
Έτος	1991	1993	1991	1994	test1991	
Uplink [MHz]	890-915	1710-1785	824-849	810-826	824-849	
Downlink [MHz]	935-960	1805-1855	869-894	940-956	869-894	
Εύρος καναλιού [kHz]	200	20 0	1 0	25	1230	
Duplex Range [MHz]	45	95	4 5	130	4 5	
Τεχνική Πρόσβασης	TDMA/FDD	TDMA/FDD	TDMA/FDD	TDMA/FDD	CDMA	
Διαμόρφωση	GMSK	GMSK	$\pi/4$ PQJPSK	$\pi/4$ PQJPSK	QPSK/ DQPSK	
# Group Channels	124	37 5	832	1600	1 0	
#TS/Gr.Carrier	8 (16)	8	3	3		



1.5 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2.5 ης ΓΕΝΙΑΣ

Με τον όρο <<2.5>> γενιάς εννοούμε όλες τις αναβαθμίσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στα κινητά της δεύτερης γενιάς αλλά με πολλές δυνατότητες υπήρχαν και σε κινητά τρίτης γενιάς. Οι διαφορές ανάμεσα στις 2 και 2.5 είναι ότι έχουν:

1. High- Speed Circuit-Switched Data (HSCSD)
2. General Packet Radio Services (GPRS)
3. Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE)

Αρχικά το πρόβλημα του GSM ήταν ότι είχε χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης όπου έπιανε τα 9,6 Kbps όμως μετά έγινε στα 14,4 Kbps για αυτό προτάθηκε η τεχνολογία HSCSD έτσι ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί περισσότερες χρονοσχισμές (time-slots) απλά για να γίνει αυτό χρειάζεται περισσότερο λογισμικό και νέες συσκευές όπου υποστήριζαν αυτή την τεχνολογία. Το μεγάλο μειονέκτημα είναι η χρήση μεταγωγής κυκλώματος δηλαδή σπαταλιόντουσαν πόροι γιατί οι χρονοσχισμές δεσμευόντουσαν ακόμα και αν δεν χρησιμοποιούνταν έτσι έκανε αυτή την τεχνολογία καλύτερη σε εφαρμογές οι οποίες πραγματοποιούνταν σε πραγματικό χρόνο γιατί είχαν μικρές καθυστερήσεις. Η επόμενη λύση ήταν το GPRS έτσι έχουμε καταφέρει να πετύχουμε ταχύτητες 115 Kbps η ακόμα και μεγαλύτερες λήψεις. Η σημασία που έχει η τεχνολογία GPRS είναι γιατί χρησιμοποιούν μεταγωγή πακέτων δηλαδή κίνηση σε μορφή πακέτων. Οπότε έτσι καταφέρνουμε να δεσμεύσουμε μόνο τους πόρους του δικτύου εάν έχουμε να στείλουμε δεδομένα. Η υλοποίηση είναι πιο ακριβή του GSM από ότι του HSCSD όμως έχει μεγαλύτερες δυνατότητες για αποστολή δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Λόγο της μεγάλης αύξησης των δεδομένων μέσα στις κινητές επικοινωνίες καθιστά σίγουρο το GPRS είναι αναπόσπαστο μέσο στις κινητές επικοινωνίες. Η τρίτη βελτίωση η οποία έγινε ήταν η EDGE στα δίκτυα όπου στηρίζεται σε μία βελτίωση για τα α βελτίωση του GSM προκειμένου να εξελιχθεί σε ένα δίκτυο γενιάς 2,5 είναι η τεχνολογία EDGE. Στηρίζεται σε μία τεχνική διαμόρφωσης που ονομάζεται Eight-Phase Shift Keying (8PSK). Αυτή η τεχνική επηρεάζει μόνο το λογισμικό των σταθμών βάσης, ενώ προσφέρει έως και τριπλάσιο ρυθμό μετάδοσης από το βασικό ρυθμό μετάδοσης του GSM. Επιπλέον, δεν αντικαθιστά, αλλά μπορεί να συνυπάρξει με την τεχνική διαμόρφωσης Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK), η οποία χρησιμοποιείται στη βασική μορφή του GSM. Ο συνδυασμός του EDGE με το GPRS λέγεται EGPRS (enhanced GPRS) και με αυτόν επιτυγχάνονται ρυθμοί μετάδοσης έως και 384 Kbps.



1.6 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 3 ης ΓΕΝΙΑΣ

Η γρήγορη εξέλιξη των κινητών τηλεπικοινωνιών ήταν ένα από τα αναμφισβήτητα γεγονότα της δεκαετίας του 1990. Το Δεκέμβριο του 2002 υπήρχαν παγκοσμίως 780 εκατομμύρια συνδρομητές σε δίκτυα GSM, οι οποίοι συνιστούσαν το 71% του συνολικού αριθμού των χρηστών κινητής τηλεφωνίας [3]. Το πρώτο εμπορικό δίκτυο GSM λειτούργησε στη Φινλανδία το 1991. Την ίδια χρονιά, το ίδρυμα ETSI ξεκινούσε την προτυποποίηση της επόμενης γενιάς δικτύων κινητών τηλεπικοινωνιών. Το σύστημα που προέκυψε ονομάστηκε Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Η ανάπτυξη των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς δεν έγινε μόνο στο ETSI. Υπήρξαν πολλοί οργανισμοί και ερευνητικά ιδρύματα, σε παγκόσμιο επίπεδο, που προσπάθησαν να αναπτύξουν συστήματα τρίτης γενιάς. Το UMTS θεωρείται πλέον το κυρίαρχο πρότυπο στα 3G δίκτυα και έπεται το πρότυπο US CDMA2000. Στην Ιαπωνία, που είναι η πιο εξελιγμένη χώρα όσον αφορά την 3G τεχνολογία, η μετάβαση από τα 2G στα 3G δίκτυα ολοκληρώθηκε το 2006 και πλέον δύο συστήματα χρησιμοποιούνται, το W-CDMA (που είναι συμβατό με το σύστημα UMTS) και το CDMA2000.

Ο βασικός στόχος της ανάπτυξης των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς είναι η παροχή των κινητών υπηρεσιών «οπουδήποτε» και «κάθε στιγμή». Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης κινητών δικτύων τρίτης γενιάς μπορεί να μετακινείται οπουδήποτε και να εξυπηρετείται ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει κάλυψη από συστήματα τρίτης γενιάς, αλλά υπάρχουν άλλου είδους ασύρματα δίκτυα. Για την ακρίβεια, ο χρήστης θα μπορεί να εξυπηρετείται από άλλα είδη ασύρματων συστημάτων, από άλλα κυψελωτά κινητά δίκτυα καθώς και από δορυφορικά δίκτυα.

Επιπλέον, οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου και σε υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Η εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών όσον αφορά τις ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν από τα συστήματα της κάθε γενιάς. Παρατηρούνται ρυθμοί που ξεκινούν από τα 144 Kbps και φτάνουν ακόμα και σε ρυθμούς της τάξης των Mbps.



1.7 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 4 ης ΓΕΝΙΑΣ

Η επόμενη γενιά είναι η 4G η οποία βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη , τα κύρια πλεονεκτήματα τις είναι ότι υπάρχει μεγάλη απόδοση στο φάσμα του συστήματος, η μεγάλη χωρητικότητα του δικτύου , η καλή ποιότητα των υπηρεσιών για την υποστήριξη των πολυμέσων για την επόμενη γενιά , η τεχνολογία για το packet switched network και το global roaming . Ακόμα θα το χρησιμοποιήσουμε για την υποστήριξη σε ποιότητα και αξία των απαιτήσεων για τις εφαρμογές της τέταρτης όπου θα υπάρχουν υπηρεσίες φωνής, και δεδομένων οπουδήποτε και ανα πάσα στιγμή. Ο σκοπός αυτής της τεχνολογίας είναι βασισμένη στην IP έτσι αυτό μπορούμε να το καταφέρουμε με την σύγκλιση της ενσύρματης και ασύρματης τεχνολογίας όπου θα καταφέρουμε να επιτύχουμε ταχύτητες από 100 Mbit/s έως 1Gbit/s με μεγάλη ποιότητα και υψηλό επίπεδο ασφάλειας. Οι σημαντικότερες τεχνολογίες είναι η OFDM και η OFDMA για την καλύτερη τοποθέτηση πολλαπλών χρηστών. Η μεταγωγή της 4G βασίζεται σε μεταγωγή πακέτων ενώ η 3G υποστηρίζει μεταγωγή και μετάδοση κυκλωμάτων.

1.8 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 5 ης ΓΕΝΙΑΣ

Η επόμενη γενιά είναι τα 5G τα οποία υπόσχονται τρομερές ταχύτητες θεωρείται μία νέα αρχή για τα δίκτυα της ασύρματης επικοινωνίας και η πρόβλεψη είναι να ξεκινήσει από το 2015 μέχρι το 2020 . Υπολογίζεται ότι θα έχει 1000 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα από το 4G , το πόσο γρήγορο θα είναι δεν έχει μεγάλη σημασία γιατί οι ανάγκες θα είναι πιο μεγάλες σε απαιτήσεις ακόμα θα προσπαθήσουμε να επιτύχουμε κατανάλωση 90% λιγότερη ενέργεια ώστε να υπάρχει όφελος στο περιβάλλον και τις εκπομπές άνθρακα. Έχει 1-10 Gbps συνδέσεις ακόμα υποστηρίζει 1 milisecond delay . Έχει ακόμα 1000 bandwidth , όπου από 10-100 συνδεδεμένες συσκευές .

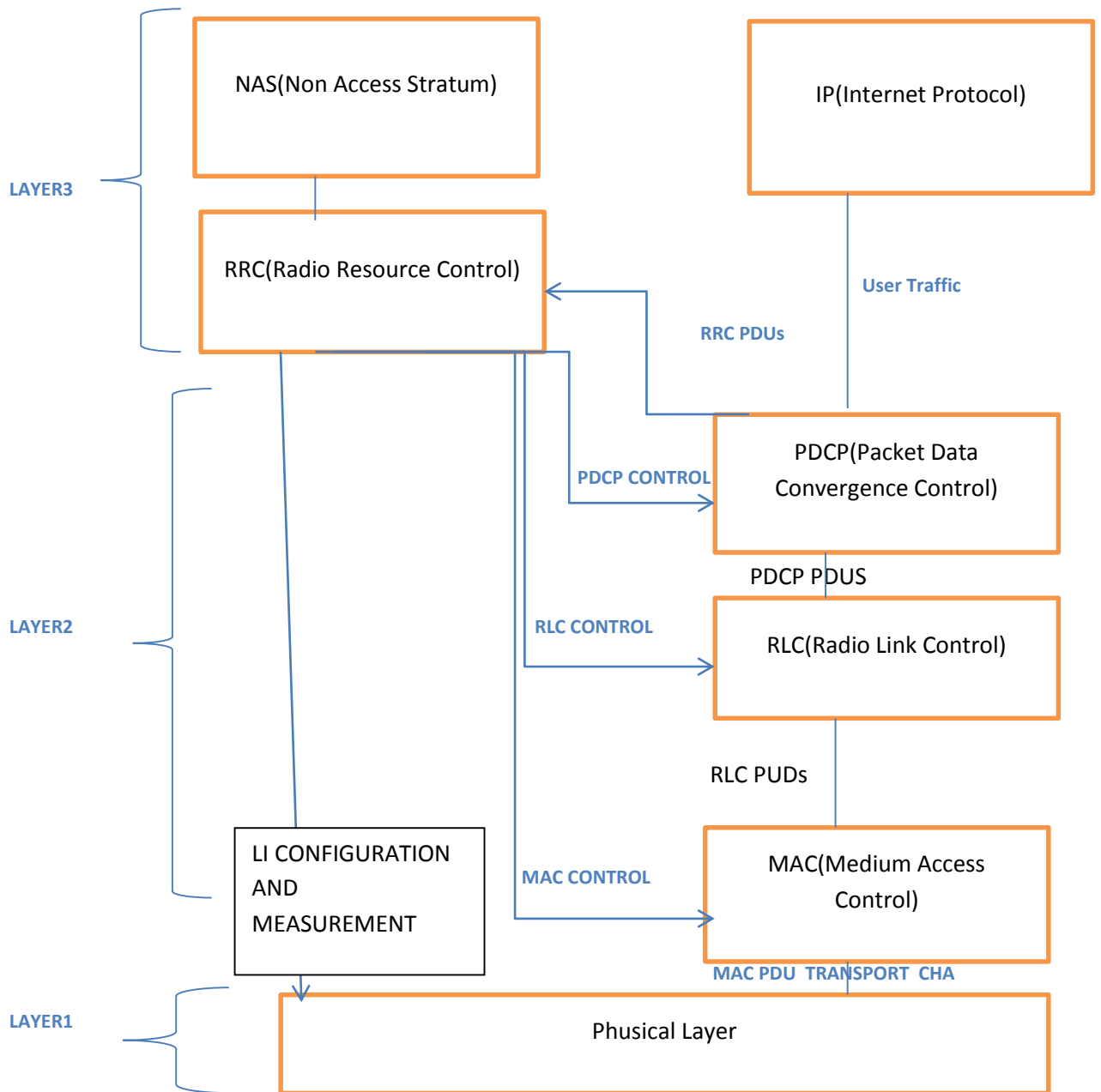




ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

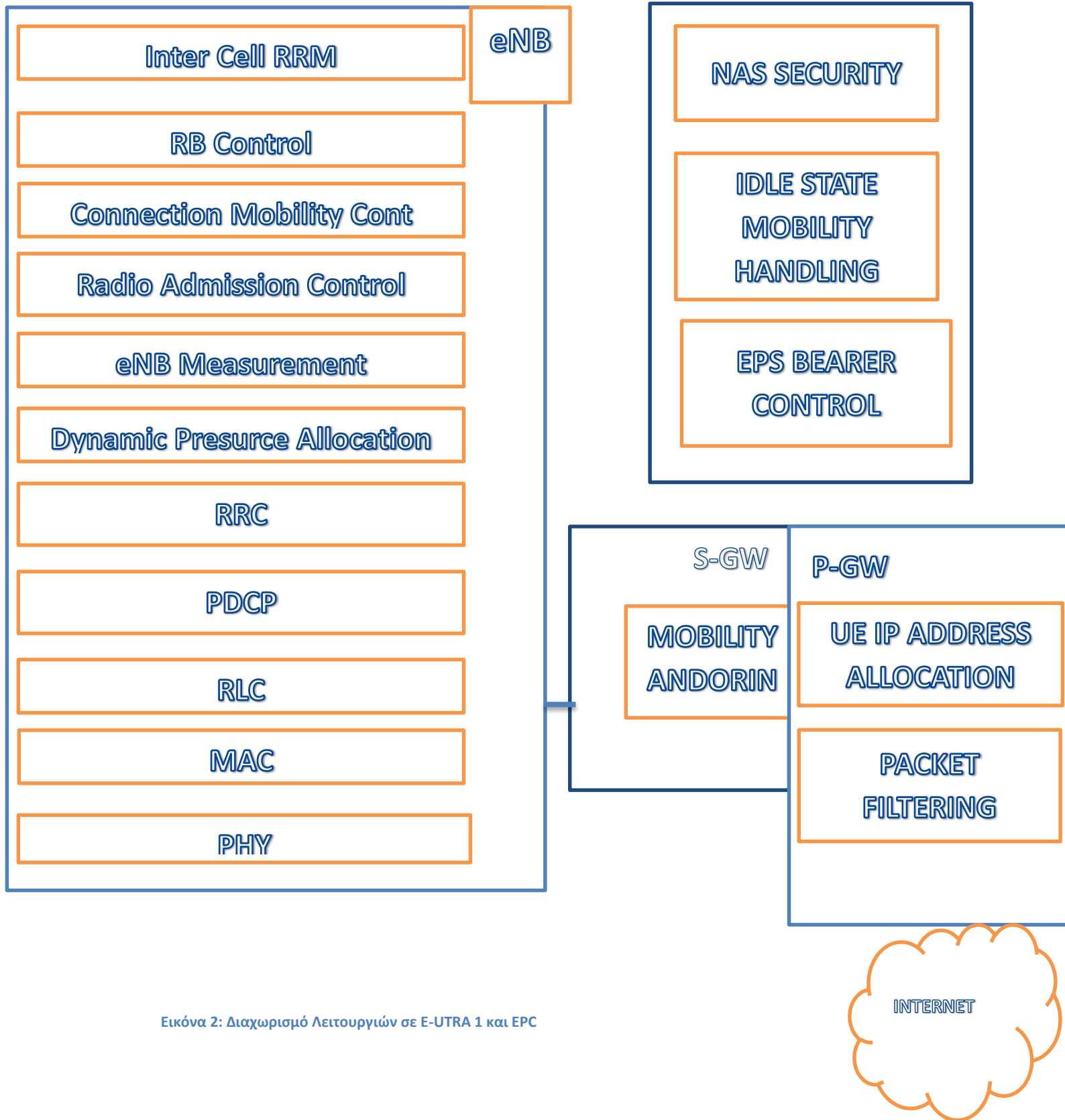
2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ LTE

Η αρχιτεκτονική του LTE είναι παρόμοια με την αρχιτεκτονική HSDPA και HSUPA όπου οι σταθμοί βάσεις γίνονται ποιο <<έξυπνοι>> , οι ραδιολειτουργίες τοποθετούνται όλες μέσα στον σταθμό βάσης, ενώ οι HSDPA , HSUPA και όλες οι λειτουργίες στο RLC , RRC και PDCP . Η Evolved-ULTRAN αποτελείται μόνο από ένα στοιχείο τον εξελιγμένο κόμβο τον evolved Node B(eNB) όπου έχει όλες τις συναρτήσεις για το RRM , όπως τον radio bearer για τον έλεγχο , τον έλεγχο ραδιο εισόδου , τον έλεγχο τις διασυνδεδεμένης κινητικότητας και το δυναμικό κατακερματισμό των στοιχείων. Οι eNBs συνδέονται μεταξύ τους μέσω διεπαφής X2. Συνδέονται πάντα με μία X2 διεπαφή μεταξύ των eNBs όπου απαιτείται επικοινωνία μεταξύ τους όπως σε περιπτώσεις μεταπομπής (handover). Συνδεδεμένοι μέσω τις eNBs διεπαφής είναι το Evolved Packet Core (EPC) όπου αποτελείται από Mobility Management Entity, Serving Gateway (S-GW) και Packet Data Network (PDN) Gateway(P-GW). Η ραδιο επαφή πυρήνα του δικτύου ορίζει για το πώς το ραδιο δικτύου μπορεί η εφαρμογή για τον έλεγχο και την κίνηση στο πεδίο του χρήστη με διαφορετικά φυσικά στοιχεία. Η διεπαφή έχει άρρηκτη σχέση μεταξύ MMEs/S-SW και eNBs. Οι διεπαφές P-GW και S-GW ορίστηκαν για την επεξεργασία δεδομένων στο επίπεδο του χρήστη. Διαχειρίζονται τις διαδικασίες σχετικές με τον χειρισμό της κινητικότητας μέσα στο LTE δικτύου, καθώς και μεταξύ άλλων 3GPP ραδιο τεχνολογιών για την συμπίεση της IP κεφαλίδας για την κρυπτογράφηση των ροών δεδομένων του χρήστη και τον τερματισμό των πακέτων για τους λόγους της σελιδοποίησης στο πεδίο του χρήστη. Ακόμα το MME χειρίζεται την σηματοδότηση ελέγχου και ειδικότερα την διαχείριση της κινητικότητας όπως και την ανενεργή κατάσταση των μηνυμάτων στους eNBs. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του δικτύου σε όλα τα επίπεδα



Εικόνα 1 Επίπεδα του LTE

Η διαίρεση μεταξύ του E-UTRAN και το EPC όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα. Οι λειτουργίες του UMTS RNC διαιρέθηκαν μεταξύ της βάσης και της S-GW όπου έχει λειτουργίες SGSN.



Εικόνα 2: Διαχωρισμό Λειτουργιών σε E-UTRA 1 και EPC



2.2 ΡΑΔΙΟ-ΔΙΕΠΑΦΗ

Η ραδιο-διεπαφή έχει διάφορες απαιτήσεις όπως την ευελιξία του φάσματος, την απόδοση και το κόστος αποτελεσματικότητας. Η ευρωστία μπροστά στη διασπορά έχει επηρεάσει τις επιλογές της τεχνικής μετάδοσης από UL σε DL. Με την ευελιξία φάσματος εννοούμε την δυνατότητα που υπάρχει να χρησιμοποιούν και τα δύο φάσματα σε ζεύγη και άζευκτα. Δηλαδή το LTE πρέπει να ενσωματώνει και τις δύο αμφίδρομες ζεύξεις όπου βασίζονται στην FDD και την TDD. Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργεί σε διαφορετικές ζώνες όπου παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ευελιξία του φάσματος για την προτυποποίησης της διεπαφής. Η διεπαφή δίνει την δυνατότητα στα συστήματα LTE να εργαστούν σε οποιαδήποτε συχνότητα από το 1.4 έως τα 20 MHz με βήμα ενός block δηλαδή 12 υποφορείς ή 180 kHz. Η αποδοτικότητα του φάσματος καταφέρνεται με την χρήση διατάξεων υψηλότερης τάξης όπως 16-QAM και 64-QAM και με ανεπτυγμένες λύσεις όπου συμπεριλαμβάνει τον πομπό και τον δέκτη, όπως ακτινοβολία και χωρική πολυπλεξία. Η διασυμβολική παρεμβολή μειώνεται στην επιλογή OFDMA για DL και SC-FDMA για UL. Οι δύο αυτές μέθοδοι καταλήγουν σε ένα χρονικό μεγάλο σύμβολο. Έτσι μειώνεται η διασυμβολική παρεμβολή, όπου το σύμβολο αυξάνει την παρουσία του σε περιβάλλοντα ασύρματα για μεγάλη χρονική διασπορά και η δομή του UL και DL είναι παρόμοια. Η ραδιοεπαφή είναι δομημένη σε μοντέλα με παρόμοιο WCDMA όπου αντιστοιχεί στο επίπεδο PDP όπου μεταφέρονται τα δεδομένα σε άλλο επίπεδο το end-to-end. Ο κομιστής EPS μεταφέρεται από την υπηρεσία E-UTRA στο κομιστή. Ο E-UTRA μεταφέρεται από τα ραδιο κανάλια όπου η δομή χωρίζεται σε λογικά, μεταφορικά και φυσικά κανάλια. Τα λογικά μεταφέρονται από τα φυσικά και τα πρωτόκολλα όπου κάνουν αυτές τις λειτουργίες είναι το PDCP, RLC, MAC και φυσικό επίπεδο, αλλά για τον έλεγχο της σηματοδοσίας γίνεται με το RRC και μεταφέρει πληροφορίες για το NAS. Το PDCP αντιστοιχίζει τον κομιστή EPS πάνω στον ασύρματο E-UTRAN και εκτελεί συμπίεση κεφαλίδας. Το RLC χαρτογραφεί τον κομιστή E-UTRA σε ένα λογικό κανάλι και εκτελεί κατάτμηση, μεταφορά και αναμετάδοση. Το πρωτόκολλο MAC χαρτογραφεί το λογικό κανάλι πάνω στο φυσικό κανάλι και εκτελεί κωδικοποίησης καναλιού. Το πρωτόκολλο αρχιτεκτονικής γίνεται και σε επίπεδο ελέγχου αλλά και σε επίπεδο χρήστη.

2.3 RADIO RESOURCE CONTROL (RRC)

Το υποεπίπεδο ελέγχου ραδιο πόρων χειρίζεται την σηματοδοσία του τρίτου επιπέδου μεταξύ UE και eNB. Έτσι παίρνουμε τις αποφάσεις όπου βασίζονται στις μετρήσεις αναφορών σχετικά με το UE όπου χειρίζονται το περιεχόμενο του UE την πηγή και τον στόχο κατά την διάρκεια της μετατροπής ακόμα το RRC είναι υπεύθυνο για εκκίνησης και διατήρησης των ραδιο κομιστών.



Οι σημαντικότερες υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Εκπομπή της πληροφορίας του συστήματος.
- Την σελιδοποίησης.
- Την συντήρησης της ασφάλειας όπου συμπεριλαμβάνεται ολοκληρωμένη προστασία για τα μηνύματα.
- Την εγκαθίδρυση, διαμόρφωση, διατήρηση και απελευθέρωση από σημείο σε σημείο των ραδιο κομιστών.
- Διακυτταρική μεταπομπή.
- Την επιλογή της κυψέλης και επανελέγχου καθώς και της επιλογής κυψέλης και επανεπιλογή.
- Στην μεταφορά του κειμένου μεταξύ eNBs .
- Την σύνταξη τις ποιότητας υπηρεσιών διαχείρισης.
- Μετρήσεις όπου αναφέρονται και έλεγχο αναφοράς.

2.4 PACKET DATA CONVERGENCE PROTOCOL

Προσφέρει συμπίεση επικεφαλίδας ώστε να μπορέσουμε να βελτιώσουμε την μετάδοση για τα δεδομένα όπου είναι ευαίσθητα στον θόρυβο σε περιπτώσεις VoIP και με video κλήση αλλά ακόμα μπορεί να κρυπτογραφεί και τα δεδομένα για λόγους ασφαλείας.

- Κάνει μεταφορά τον δεδομένων από το NAS στο RLC
- Κάνει συμπίεση και αποσυμπίεση των κεφαλίδων
- Κρυπτογράφηση
- Διπλασιασμός της ανίχνευσης των κατώτερων επιπέδων.

2.5 RADIO LINK CONTROL (RLC)

Το RLC υποστηρίζει τρεις τύπους καταστάσεων, την μετάδοση δεδομένων, κατάσταση αναγνώρισης αλλά και την κατάσταση μη αναγνώρισης όπως και διαφανή κατάσταση. Χρησιμοποιεί για την αναμετάδοση την (ARQ) , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σηματοδότηση και την αναφορά κατάστασης όπως και επανατοποθέτηση της μετάδοσης όπου λαμβάνονται RLC οντοτήτων. Το υποεπίπεδο υποστηρίζει παρέχει ακόμα και την κατάτμηση σε μικρότερα κομμάτια . Η κατάτμηση γίνεται όταν η επαναμετάδοση PDU δεν ταιριάζει σε ένα MAC SDU και ο αριθμός των κατατμήσεων είναι απεριόριστος .

Οι κύριες υπηρεσίες που παρέχονται από το RLC :

- Μεταφορά από το επίπεδο PDU να υποστηρίζει AM,UM όπως και TM καταστάσεις.



- Μεταφορά από PDU σε παραπάνω επίπεδο εκτός από την μεταπομπή σε ανερχόμενη ζεύξη
- Ο διπλασιασμός της ανίχνευσης
- Διαχωρισμός για δυναμικό μέγεθος PDU
- Διόρθωση σφαλμάτων και υπάρχει αναμετάδοση μέσω ARQ
- Η ανίχνευση για λάθους πρωτοκόλλου
- Απόρριψη SDU
- Επανατοποθέτηση

2.6 MEDIUM ACCESS CONTROL(MAC)

Το επίπεδο αυτό μπορεί να έχει πρόσβαση στο LTE και να συγκριθεί με τις εκδόσεις MAC-hs/MAC-e όπου χρειάζεται για να καλύψει κυρίως παρόμοιες λειτουργίες: HARQ , χειρισμό προτεραιότητας, την επιλογή τυποποίησης μεταφοράς αλλά και ελέγχου DRX.

Το πρωτόκολλο (HARQ) είναι αρκετά ίδιο με την λύση όπου χρησιμοποιήθηκε για το HSDPA, το πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιεί πολλαπλές διαδικασίες. Το πλεονέκτημα για αυτό τον τύπο αυτού του πρωτοκόλλου είναι ότι για την μετάδοση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με το stop-and-wait ενώ ακόμα έχει την απλότητα ενός τέτοιου πρωτοκόλλου , η λειτουργία αυτή βασίζεται σε επαναλαμβανόμενα πρωτόκολλα όπου απαιτείται ένα bit HARQ ανάδρασης .

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μοντελοποιείται όπως αρκετές διαδικασίες HARQ και κάθε διαδικασία χρησιμοποιεί ένα stop-and-wait πρωτόκολλο. Χρησιμοποιεί την *Nharq* διαδικασία όπου επιτυγχάνει μία συνεχή μετάδοση . Ο μέγιστος χρόνος επεξεργασίας πριν από την αποστολή HARQ έχει οριστεί ώστε να απαιτεί μία 8 HARQ για συνεχή μετάδοση στην FDD περίπτωση για τυπική εφαρμογή Eub.

Το 3GPP χρησιμοποιεί ένα σύγχρονο για μετάδοση ανερχόμενης ζεύξης και ασύγχρονο για μετάδοση κατερχόμενης ζεύξης . Αυτό γίνεται γιατί στην ανερχόμενης ζεύξης πραγματοποιείται επαναμετάδοση και είναι γνωστό στον λήπτη , ενώ στην κατερχόμενη ζεύξη υπάρχει ελευθερία επιλογής υποπλαίσιο για δυναμική επαναμετάδοση . Για αυτές τις δύο επιλογές αποστολής και λήψης υπάρχει ένα bit ανάδρασης όπου στέλνονται παρέχοντας ανάδραση για την επιτυχία της προηγούμενης μετάδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικές πηγές επαναμετάδοση σε σχέση με αυτό όπου χρησιμοποιήθηκε από την προηγούμενη επαναμετάδοση. Η επιπλέον αναμετάδοση χρειάζεται για να είναι γνωστή στον λήπτη οπότε έτσι μαζί με την επαναμετάδοση υπάρχει και ένας δείκτης για την μετάδοση του περιεχομένου όπου υπάρχει η πρώτη και μία επόμενη επαναμετάδοση . Όταν τα δεδομένα είναι επαναμετάδοσης προηγούμενων δεδομένων όπου είναι αποθηκευμένα και λαμβάνονται μαζί με αυτά τα οποία είναι διαθέσιμα στον buffer. Όμως τα δεδομένα δεν μπορούμε να τα ξαναστείλουμε τότε αδειάζονται και αποθηκεύονται τα τελευταία. Δεν υποστηρίζει την κατά σειρά μεταφοράς του RLC, αλλά οι HARQ επαναμεταδόσεις οδηγούν τις μονάδες να λαμβάνονται με διαφορετική σειρά από ότι στέλνονται . Για αυτό τον λόγο οι αριθμοί τις



αλληλουχίας , θα πρέπει να αποκαταστήσουν την αρχική σειρά όπου παρέχουν μεταφορά σε υψηλότερα επίπεδα από τη σωστή σειρά.

Το MAC υποστηρίζει την ARQ διαδικασία στο RLC επίπεδο έχουν ανιχνευθεί τοπικά σφάλματα και δημιουργούν σκανδαλίσες όπως παραδείγματος χάρι όταν έχει επιτευχθεί ο μέγιστος αριθμός μεταδόσεων. Επίσης επιτρέπει σε έναν μοναδικό χρήστη να πολυπλεκτή και να μεταφέρει την πληροφορία σε διαφορετικές ροές.

2.7 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Το φυσικό επίπεδο παρέχει πληροφορίες για την μεταφορά των υπηρεσιών στα υψηλότερα στρώματα μέσω των καναλιών μεταφοράς. Τα κανάλια αναφέρουν πώς και με ποια χαρακτηριστικά μεταφέρονται τα δεδομένα πάνω στη ραδιο διεπαφή.

2.8 Η ΔΙΕΠΑΦΗ S1

Παρέχει μία μη σίγουρη μεταφορά δεδομένων στο επίπεδο του χρήστη μεταξύ του eNB και του aGW , στο επίπεδο δικτύου χρησιμοποιεί το UDP/IP όπου στην κορυφή χρησιμοποιείται το GTP-U για τη μεταφορά των δεδομένων στο πεδίο του χρήστη και μεταξύ του eNB και aGW , η διεπαφή ορίστηκε ανάμεσα στο eNB και το MME . Η στιβάδα δημιουργήθηκε πάνω στην IP παρόμοια και το πεδίο του χρήστη αλλά για ασφαλή μεταφορά χρησιμοποιήθηκε το SCTP στην κορυφή του IP.

2.9 GPRS TUNNELLING PROTOCOL ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ

Το GTP-U μεταφέρει τα μηνύματα αλλά και τα μηνύματα σηματοδοσίας μέσω σιράγγωσης του GTP-U των τερματικών σημείων. Το τερματικό TEID δείχνει σε ποιο συγκεκριμένο SDU ανήκει. Χρησιμοποιούμε την TEID πολυπλεξία και διαφορετικών UES πρωτοκόλλων και διαφορετικών πακέτων αλλά και ποιότητας υπηρεσιών και υποστηρίζει το επίπεδο μεταξύ ενός δοθέντος ζεύγους .



2.10 ΔΟΜΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

Το φυσικό επίπεδο παρέχει το κανάλι μεταφοράς στο L2 επίπεδο. Τα συγκεκριμένα κανάλια διαφέρουν λόγω του ότι τα χαρακτηριστικά τους, τα δεδομένα μεταφέρονται και συγχρονίζονται σε διαφορετικά κανάλια .

2.11 ΛΟΓΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

Τα λογικά κανάλια διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα κανάλια ελέγχου αλλά και τα κανάλια κίνησης .Τα κανάλια ελέγχου τα χρησιμοποιούμε για να μεταφέρουμε την πληροφορία στο πεδίο του ελέγχου και τα κανάλια κίνησης τα χρησιμοποιούμε για μεταφορά στο πεδίο του χρήστη την πληροφορία.

1. Κανάλια ελέγχου

- Broadcast Control Channel (BCCH): Το κανάλι κατερχομένης ζεύξης που εκπέμπει πληροφορία για ελέγχου στο σύστημα
- Paging Control Channel (PCCH): Το κανάλι κατερχομένης ζεύξης όπου μεταφέρει την πληροφορία για σελιδοποίησης. Αυτό το κανάλι χρησιμοποιείται όταν το δίκτυο δεν γνωρίζει την θέση του κυττάρου στο UE.
- Common Control Channel (CCCH): Αυτό το κανάλι χρησιμοποιείται για τους UEs όπου δεν έχουν καμία RRC σύνδεση με το δίκτυο. Το CCCH θα χρησιμοποιηθεί από τους UEs όταν προσπελαίνει ένα νέο κύτταρο ή μετά από επανεπιλογή κυττάρου.
- Multicast Control Channel (MCCH): Ένα κατερχόμενο κανάλι (downlink) από ένα σημείου-σε-πολλαπλού σημείου (point-to-multipoint) χρησιμοποιείται για την μεταφορά του MBMS σχεδιασμού και της πληροφορίας ελέγχου από το δίκτυο στο UE. Έτσι για ένα ή πολλά MTCHs μετά την εγκατάσταση μιας RRC σύνδεσης αυτό το κανάλι χρησιμοποιείται μόνο από τους UEs που λαμβάνουν τα MBMS.
- Dedicated Control Channel (DCCH): Ένα σημείο-προς-σημείο (point-to-point) ένα αμφίδρομο κανάλι που μεταφέρει συγκεκριμένη πληροφορία ελέγχου μεταξύ ενός UE και του δικτύου. Χρησιμοποιείται από τους UEs έχοντας μια RRC σύνδεση.

2. Κανάλια Κίνησης

- Dedicated Traffic Channel (DTCH): Ένα κανάλι κίνησης (DTCH) είναι ένα σημείο προς σημείο κανάλι σε έναν UE, για τη μεταφορά της πληροφορίας του χρήστη. Ένα DTCH μπορεί να υπάρχει σε uplink αλλά και σε downlink.



- Multicast Traffic Channel (MTCH): Ένα downlink κανάλι point-to-multipoint για μετάδοση δεδομένων κίνησης από το δίκτυο στους UEs χρησιμοποιώντας τα MBMS.

2.12 ΚΑΝΑΛΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Γίνεται προσπάθεια για να υπάρχει μικρός αριθμός καναλιών ώστε να αποφύγουμε την μη χρησιμοποίηση διαφόρων καναλιών ώστε να μην καθυστερούν στο UMTS. Στην πραγματικότητα υπάρχει μόνο ένα κανάλι μεταφοράς για το downlink και ένα για το uplink όπου μεταφέρουν τα δεδομένα του χρήστη, δηλαδή δεν είναι απαραίτητο για την μεταγωγή του καναλιού.

1. Downlink

- Broadcast Channel (BCH): Ένας χαμηλός σταθερός ρυθμός μετάδοσης εκπέμπει σε ολόκληρη την περιοχή κάλυψης του κυττάρου. Beamforming δεν εφαρμόζεται.
- Downlink Shared Channel (DL-SCH): Ένα κανάλι με δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τη HARQ διαδικασία και την προσαρμοστικότητα σύνδεσης, μεταβάλλοντας την διαμόρφωση, την κωδικοποίηση και τη μετάδοση ισχύος. Το κανάλι είναι πιθανό να εκπέμπει σε ολόκληρη την κύψέλη και ίσως να μπορεί να εφαρμόσει beamforming. Η αποθήκευση της ισχύος του UE (DRX) χρησιμοποιείται για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του UE. Η μετάδοση MBMS υποστηρίζεται επίσης.
- Paging Channel (PCH): Ένα κανάλι που εκπέμφθηκε σε ολόκληρο το κύτταρο. Το DRX υποστηρίζει ενεργοποίηση της αποθήκης ενέργειας.
- Multicast channel (MCH): Ένα ξεχωριστό κανάλι μεταφοράς για πολυεκπομπή (multicast-MBMS). Αυτό το κανάλι εκπέμπει σε ολόκληρη την περιοχή κάλυψης του κυττάρου. Επίσης, υποστηρίζεται συνδυασμός των MBMS μεταδόσεων από πολλαπλά κανάλια (MBSFN).



2. Uplink

- Uplink Shared channel (UL-SCH): Ένα κανάλι με δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τη HARQ διαδικασία και την προσαρμοστικότητα της σύνδεσης μεταβάλλοντας την διαμόρφωση, την κωδικοποίηση και τη μετάδοση ισχύος. Beamforming ίσως να μπορεί να εφαρμοστεί.
- Random Access Channel (RACH): Ένα κανάλι που χρησιμοποιείται για να αποκτήσει χρονικό συγχρονισμό (ασύγχρονη τυχαία προσπέλαση) και για να μεταφέρει πληροφορία που απαιτείται για τις σχεδιασμένες μεταβιβάσεις (σύγχρονη τυχαία προσπέλαση). Η μετάδοση βασίζεται τυπικά στην ανταγωνιστικότητα. Στους UES που έχουν RRC σύνδεση υπάρχει μια περιορισμένη στήριξη για ανταγωνισμό ελεύθερης πρόσβασης.

2.13 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

Το φυσικό επίπεδο παρέχει υπηρεσίες στο επίπεδο MAC ανάλογα με το κανάλι μεταφοράς. Τα δεδομένα για να μεταδοθούν μεταφέρονται στο επίπεδο MAC σε μορφή μπλοκ μεταφοράς, ακόμα από την πλευρά του πομπού παρέχει το φυσικό επίπεδο για την απαραίτητη πληροφορία για τον έλεγχο για μετάδοση όπως και την αποδοχή των δεδομένων του χρήστη. Το επίπεδο αυτό ορίζει τα φυσικά κανάλια και τα φυσικά σήματα. Το φυσικό κανάλι αντιστοιχεί σε ένα σύνολο φυσικών πόρων όπου χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων και για έλεγχο πληροφορίας. Ακόμα αντιστοιχεί σε ένα σύνολο από φυσικές πηγές όπου χρησιμοποιείται για την υποστήριξη των λειτουργικών στο φυσικό επίπεδο.

- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH): για μετάδοση του DL-SCH καναλιού μεταφοράς
- Physical Uplink Shared Channel (PUSCH): για μετάδοση του UL-SCH καναλιού μεταφοράς
- Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH): δείχνει το PDCCH στο downlink
- Physical Downlink Control Channel (PDCCH): για τη μεταφορά downlink σηματοδότησης ελέγχου L1/L2
- Physical Uplink Control Channel (PUCCH): Για τη μεταφορά uplink σηματοδότησης ελέγχου L1/L2.
- Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH): Για μεταφορά HARQ πληροφορίας
- Physical Broadcast Channel (PBCH): downlink μεταφέρει το BCH κανάλι



μεταφοράς

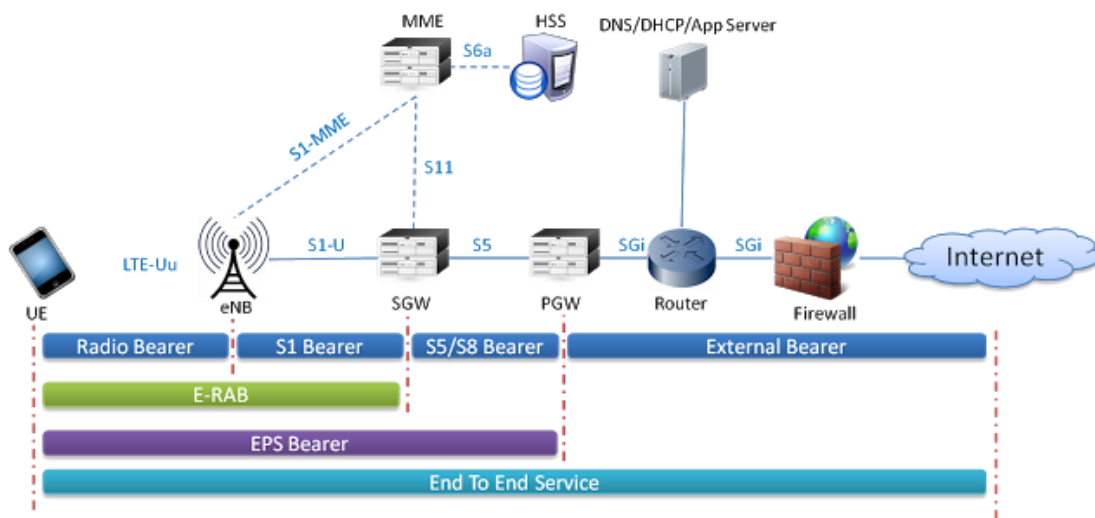
- Physical Multicast Channel (PMCH): Κάνει την downlink μετάδοση του MCH καναλιού μεταφοράς
- Physical Random Access Channel (PRACH): Κάνει την uplink μετάδοση της τυχαίας πρόσβασης προενισχυτή όπως δίνεται από το RACH κανάλι μεταφοράς

2.14 ΦΥΣΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

- Σήματα αναφοράς RS: υποστηρίζουν μετρήσεις και σύμφωνες (coherent) αποδιαμορφώσεις σε uplink και downlink.
- Primary και Secondary Synchronization Signals (P-SCH και S-SCH): μόνο στη διαδικασία downlink και χρησιμοποιείται στις διαδικασίες αναζήτησης κυψελών.
- Sounding Reference Signals (SRS): υποστηρίζει uplink μετρήσεις σχεδιασμού

2.15 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QOS)

Ο Σκοπός του qos είναι ότι υπεύθυνο για τον χειρισμό των προτεραιοτήτων στο δίκτυο από ορισμένες άλλες υπηρεσίες. Για να το καταφέρουμε αυτό είναι απαραίτητο στο δίκτυο να υπάρχει το QOS έτσι όταν υπάρχει μεγάλο φόρτο εργασίας στο δίκτυο δίνει προτεραιότητα στους πελάτες που χρησιμοποιούν απαιτητικές εφαρμογές. Για τα 4G η υλοποίηση της γίνεται μεταξύ της UE αλλά και τις PDN ανάμεσα στις πύλες όπου εφαρμόζεται στο σύνολο τον φορέων. Είναι ένα σύνολο εικονικών εννοιών και ρυθμίσεων στο δίκτυο ώστε να παρέχει τις κατάλληλες ρυθμίσεις των πακέτων όπως οι υπηρεσίες Voip έχουν προτεραιότητα σε σχέση με αυτά του web Browser. Εφαρμόζεται στον ραδιο κομιστή όπου ονομάζεται και ως EPS όπου παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα

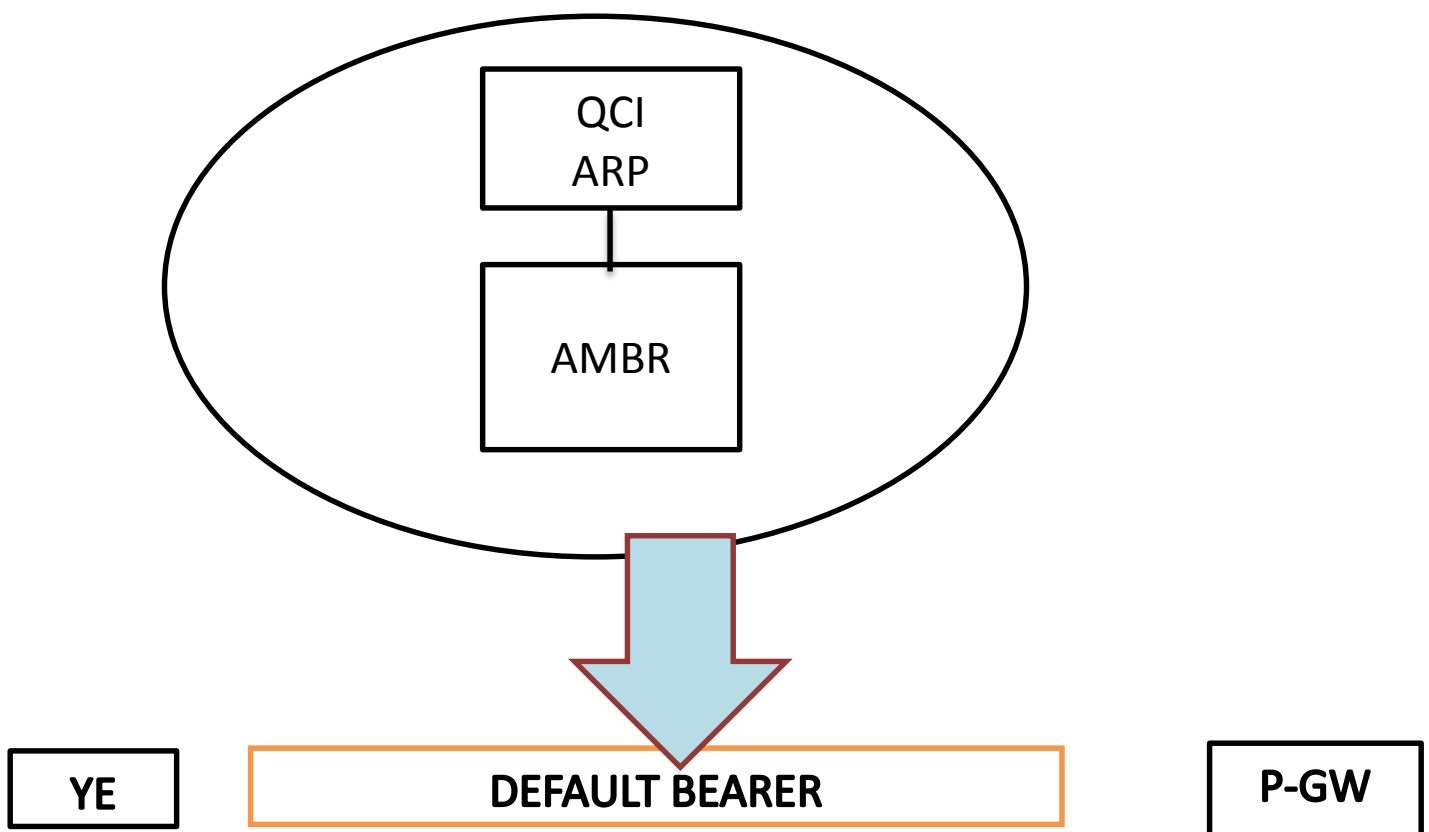


Εικόνα 3: Σύνδεση κινητού με το διαδίκτυο

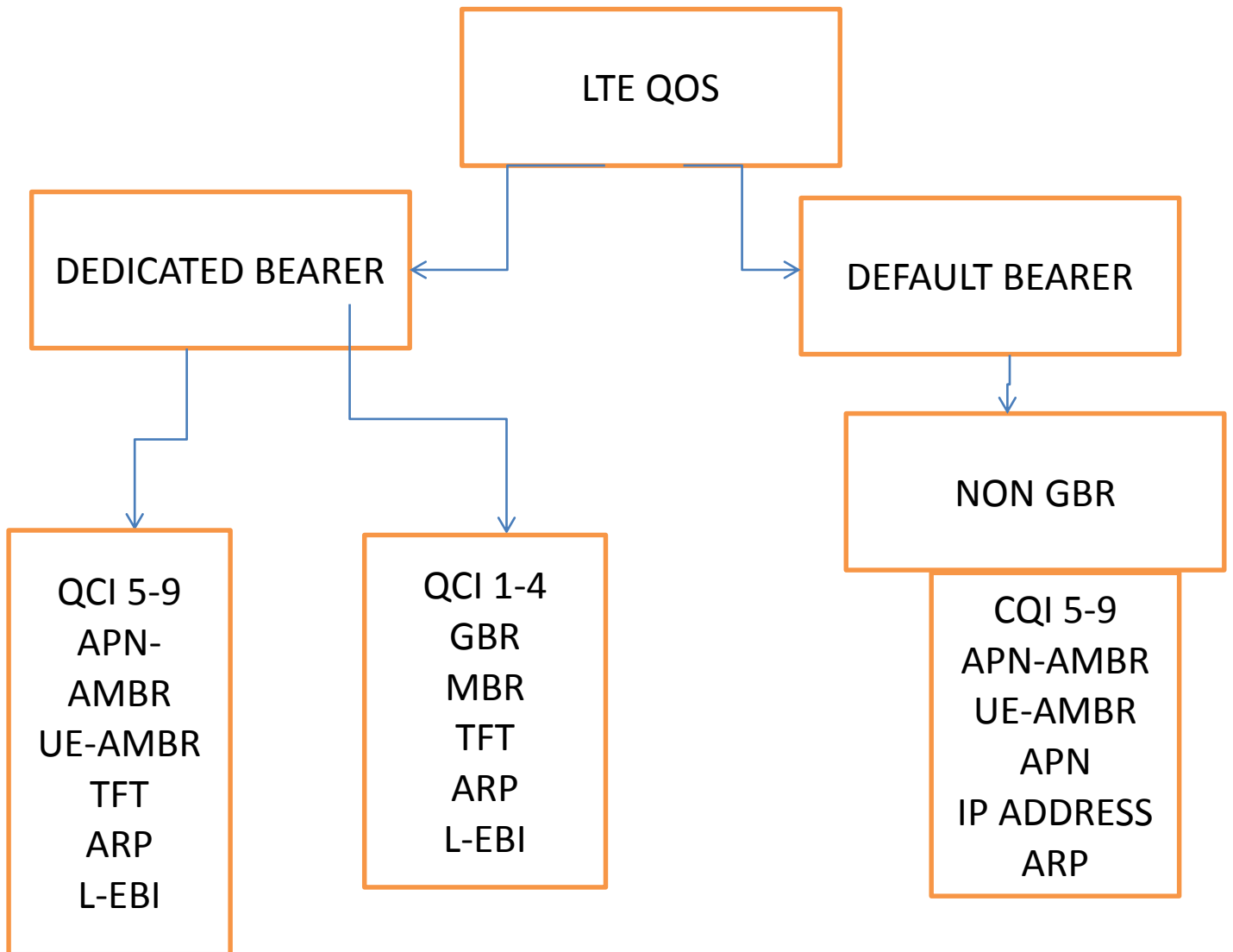
Για να καταλάβουμε τι είναι το QoS αρχικά πρέπει να κατανοήσουμε τους τύπους των διακομιστών αλλά και τις ιδιότητες όπου έχει ο κάθε ένας κομιστής . Αρχικά υπάρχουν δύο ειδών κομιστές. Ο ειδικός και ο προεπιλεγμένος κομιστής:

Ο ειδικός κομιστής : χωρίζεται σε δύο ακόμα άλλους τον GBR και τον MBP , όπου το GBR είναι ο ελάχιστος εγγυημένος αριθμός μετάδοσης ανα bit στον κομιστή ανεξάρτητο για το uplink και downlink. Το MBP είναι ο μέγιστος εγγυημένος αριθμός bit ανα κομιστή και είναι ανεξάρτητο για το uplink αλλά και για το downlink .

Ο προεπιλεγμένος κομιστής δεν έχει σίγουρο ρυθμό μετάδοσης των bit και έχει ως παραμέτρους το A- AMBR και το UE- AMBR . Το A- AMBR είναι το πόσο μπορεί να δώσει η μέγιστη επιτρεπόμενη μετάδοση για συγκεκριμένες APN. Ενώ για το UE –AMBR είναι το συνολικό μέγιστο ποσοστό και η μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική απόδοση μεταξύ των APV. Η προτεραιότητα την οποία δίνει η υπηρεσία στα πακέτα που προωθούνται σε όλο το δίκτυο είναι σε αυτά που έχουν υψηλότερη προτεραιότητα και μετά σε αυτά με την χαμηλότερη. Ο υπολογισμός των πακέτων γίνεται με την CQI ανάλογα με την καθυστέρηση στα πακέτα μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη και της PCEF. Η πολιτική καθορίζει τι πρέπει να εφαρμοσθή για τις προεπιλεγμένες αιτήσεις για το QoS και στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι παράμετροι για το τι πρέπει να γίνει εάν θα απορριφθούν ,αναβαθμιστούν οι αιτήσεις των διακομιστών.



Εικόνα 4 παράμετροι για την διαχείριση των αιτημάτων των διακομιστών .



Εικόνα 5 Διαχωρισμός στους διακομιστές του 4G



Qos Class Identifier	Priority	Packet Delay (in milliseconds)	Packet Error Loss Rate	Example Services
5	1	100 ms	10^{-6}	IP Multimedia Subsystem (IMS) signaling
6	7	10 ms	10^{-3}	Voice, video (live streaming), Interactive gaming
7	6	300 ms	10^{-6}	Video (buffered streaming), TCP-based (e-mail, CHAT , FTP, P2P file sharing)
8	8			
9	9			

Εικόνα 6 Παράμετροι για το Qos για τα 4G δίκτυα.

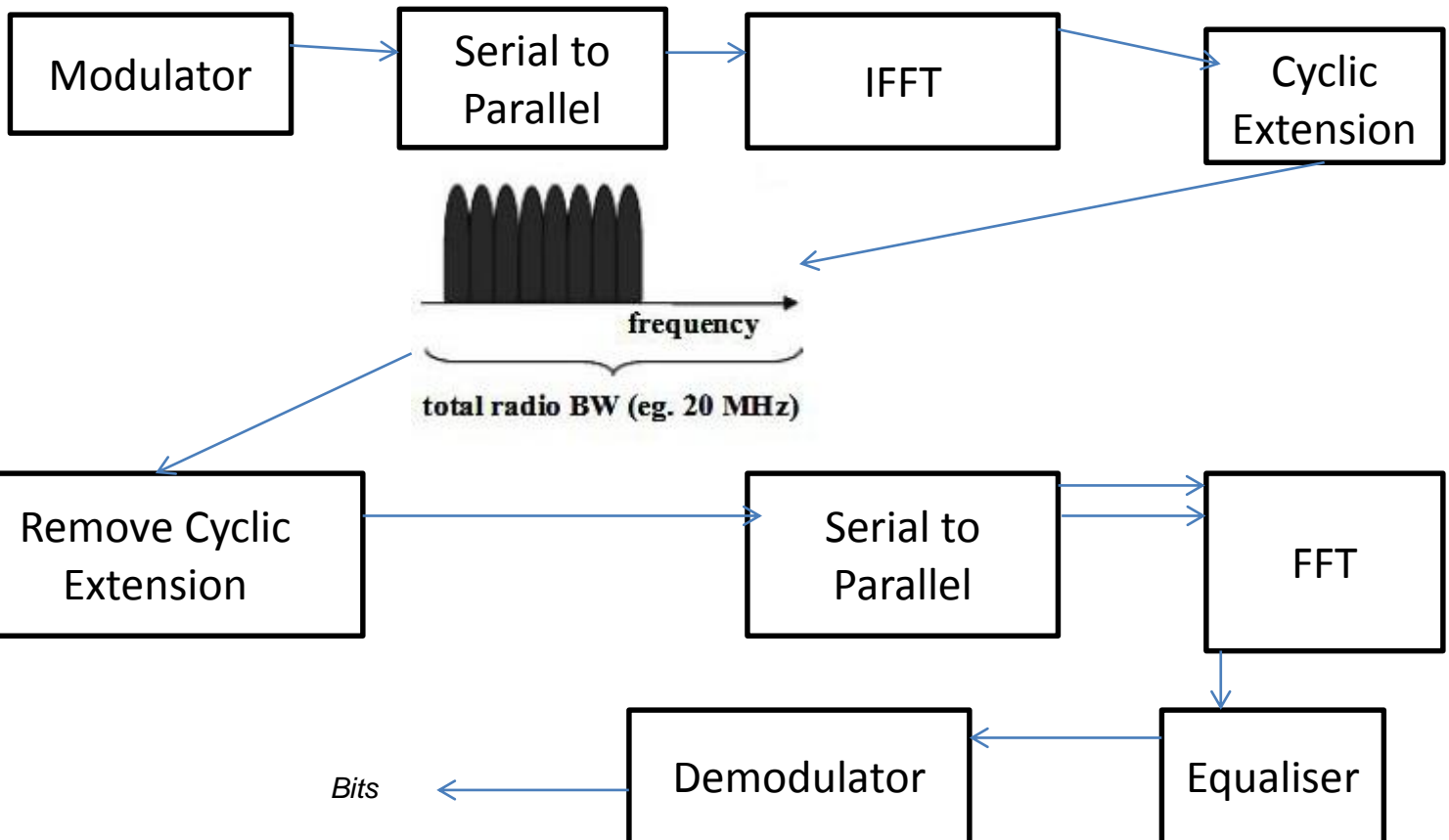


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ OFDMA

Για να υπάρξει η επικοινωνία πολλαπλών χρηστών είναι απαραίτητη η τεχνική της πολλαπλής πρόσβασης, αλλά γενικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες τεχνικές όπως την TDMA και FDMA όπου χρησιμοποιούνται άσχετα με την φύση του OFDM αλλά ακόμα το OFDM μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε και για πολλαπλή πρόσβαση. Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιείται για να έχουμε πολλαπλή πρόσβαση οπότε έχουμε ταυτόχρονες μεταδόσεις διαφορετικών συχνοτήτων από και προς άλλα κινητά τερματικά. Οι εφαρμογές του OFDMA συστήματος βασίζονται στην ψηφιακή τεχνολογία και συγκεκριμένα στο Διακριτικό μετασχηματισμό Fourier (DFT) αλλά και στην αντίστροφη λειτουργία (IDFT) όπου κινούνται μεταξύ αναπαράστασης στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Τέλος το τελικό σήμα τροφοδοτεί ένα ημιτόνιο σήμα όπου χρησιμοποιείται το FFT, όπου μετακινεί το σήμα από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας. Η αντίστροφος συνάρτηση (IFFT) κάνει την αντίστροφη λειτουργία δηλαδή κάνει το ημιτονοειδές κύμα στην έξοδο να έχει το μέγιστο στην αντίστοιχη συχνότητα και να παίρνει την τιμή 0 οπουδήποτε αλλού. Όταν η είσοδος έχει τετραγωνικό σχήμα τότε η έξοδος στο πεδίο της συχνότητας είναι μέγιστη και τα μέγιστα έχει πολλαπλές συχνότητες καθώς τέτοια σήματα έχουν αρκετές συχνότητες οι οποίες καλύπτονται από την FFT λειτουργία. Μία απάντηση σε είσοδο FFT έχει όλες τις συχνότητες σε μέγιστο. Μπορεί να εκτελεστεί από το ένα μέρος στο άλλο χωρίς να χάσει οποιαδήποτε επαφή από την αρχική πληροφορία και θεωρούμε ότι οι κλασσικές απαιτήσεις για την ψηφιακή επεξεργασία έχουν πραγματοποιηθεί. Η βασική αρχή του πομπού είναι ότι σε οποιοδήποτε OFDMA είναι να χρησιμοποιεί στενούς ορθογώνιους φορείς υπο-φορείς. Τα διαστήματα είναι 15 KHZ ανεξάρτητα με το εύρος ζώνης της ολικής μετάδοσης. Ο πομπός ενός OFDMA χρησιμοποιεί το block για την δημιουργία σήματος. Η πηγή δεδομένων τροφοδοτεί την μετατροπή της σειριακής σε παράλληλη και το IFFT block και αντιστοιχεί στην είσοδο όπου αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο υποφορέα όπου μπορεί να διαμορφωθεί ανεξάρτητα από τους άλλους υποφορείς και ακολουθεί την κυκλική επέκταση.

Η προσθήκη του κυκλικού προθέματος είναι για να αποφύγουμε της διασυμβολικές παρεμβολές όπου ο πομπός προσθέτει μία κυκλική πρόθεση για επέκταση μεγαλύτερης απόκρισης καναλιού. Το πρόθεμα προσθέτει αντίγραφα και μέρος του συμβόλου.



Εικόνα 7 OFDMA μεταξύ πομπού και δέκτη.



Στο κυκλικό πρόθεμα προστίθενται αντιγράφοντας το μέρος του συμβόλου στο τέλος όπου προσαρτώνται στην αρχή του συμβόλου, έτσι το OFDM σύμβολο παρουσιάζεται ως περιοδικό εξαιτίας του κυκλικού προθέματος και η επίδραση του καναλιού καταλήγει στην αντίστοιχη του βαθμοτού πολλαπλασιασμού και θεωρώντας το κυκλικό πρόθεμα να είναι αρκετά μεγάλο. Λόγω του ότι τα σήματα είναι περιοδικά γίνεται ένα φάσμα διακριτού Fourier ώστε να ενεργοποιηθεί η χρήση του DFT και IDFT τόσο στον δέκτη όπως και τον πομπό. Το διάστημα φύλαξης έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ξεπερνάει τη διάδοση καθυστέρησης στο περιβάλλον όπου πρόκειται να λειτουργήσει το σύστημα. Ακόμα το φιλτράρισμα του πομπού αλλά και του δέκτη πρέπει να το λάβουμε υπόψη κατά τον σχεδιασμό του διαστήματος φύλαξης. Το OFDMA θεωρεί πως το σύμβολο OFDMA έρχεται μέσω ενός φίλτρου RIF χωρίς να διαχωρίζει τα στοιχεία συχνότητας όπως ο δέκτης RAKE. Οπότε το μήκος του φιλτραρίσματος όπου εφαρμόζεται τόσο στον πομπό αλλά και στον δέκτη κάνουν το αποτέλεσμα ποιο φιλτραρισμένο από την διάδοση της καθυστέρησης. Όταν ο δέκτης δεν ασχολείται με τη διασυμβολική παρεμβολή τότε ασχολείται με την απόκριση του καναλιού σε συγκεκριμένους υποφορείς ώστε να υποστεί αλλαγές στις συχνότητες και στο πλάτος. Η εκτίμηση του καναλιού διευκολύνεται έχοντας μέρη των συμβόλων αναφοράς και τον pilots. Έτσι τοποθετούνται σωστά τα σύμβολα στο πεδίο του χρόνου αλλά και της συχνότητας ώστε ο δέκτης να παρεμβάλει το αποτέλεσμα του καναλιού στους διάφορους από το πλέγμα στο πεδίο τις συχνότητας αλλά και του χρόνου.

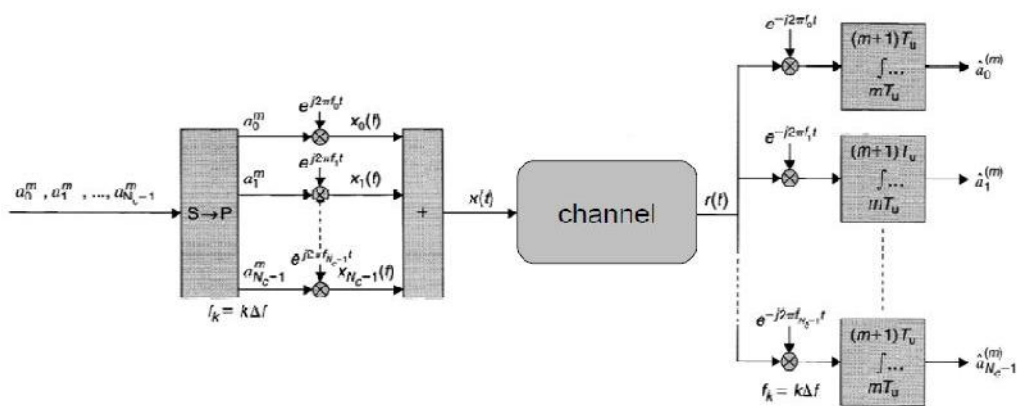
3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΤΗΤΑΣ

Η ορθογωνιότητα ανάμεσα στα σήματα ισχύει όταν αυτά είναι μεταξύ τους αμοιβαία και ανεξάρτητα έτσι διασφαλίζει την μετάδοση πολλαπλών σημάτων όπως και την ανίχνευση τους χωρίς παρεμβολές. Όταν υπάρχει απώλεια δημιουργείται ανεπιθύμητη μίξη των σημάτων οπότε υπάρχει και αλίωση της ποιότητας του σήματος, οπότε γίνεται βασική επιδίωξη σε κάθε τεχνική. Η TDM διατηρεί από την φύση της την ορθογωνιότητα αφού επιτρέπει σε κάθε χρονική σχισμή μόνο μία πηγή πληροφορίας. Οι τεχνικές FDM επιτυγχάνουν την ορθογωνιότητα όταν αφήνουν μεγάλα διαστήματα ασφαλείας μεταξύ των καναλιών. Αυτό που κάνει διαφορετικό το OFDM είναι ότι subcarriers τοποθετείται έχοντας τη μικρότερη θεωρητικά απόσταση οπότε έτσι αξιοποιούμε το φάσμα και διατηρείται η ορθογωνιότητα. Για να το καταφέρουμε αυτό χρειαζόμαστε ορισμένες προϋποθέσεις.

- Κάθε subcarrier έχει ακέραιο αριθμό περιόδων (κύκλων) στη διάρκεια συμβόλου T_s και ο αριθμός των κύκλων μεταξύ γειτονικών subcarriers διαφέρει ακρίβως κατά ένα



- Το μέγιστο στο φάσμα του κάθε subcarrier να συμπίπτει με τα φασματικά μηδενικά των υπολοίπων



Εικόνα 8 Μοντέλο μετάδοσης στη ζώνης OFD



3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟ SC-FDMA

Ανάμεσα στα block των συμβόλων όπου περιλαμβάνονται οι ζώνες του φάσματος για να αντιμετωπίσουν το delay spread. Όμως στην πλευρά της OFDM ο FFT εφαρμόζεται στην πλευρά του δέκτη, ο IFFT εφαρμόζεται τόσο στην πλευρά του πομπού αλλά ταυτόχρονα εφαρμόζεται και στην πλευρά του δέκτη. Η αιτία για την οποία το πρότυπο LTE έχει 2 διαφορετικές τεχνικές :

- i. Τα OFDMA σήματα περιλαμβάνονται από αρκετές υπο-φερουσες διαμορφώσεις με μέθοδο υψηλής τάξης έτσι αυτό έχει ως συνέπεια την διατήρηση να υπάρχει υψηλό peak to average power ratio (PAPR) όπου σε συνδυασμό με την μεγάλη απαίτηση για ακριβή μετάδοση έχει ως αποτέλεσμα να αναγκάζουν τον ενισχυτή της διάταξης να λειτουργεί στην γραμμική περιοχή όπου αυτό έχει αρνητικές συνέπειες στην απόδοση του.
- ii. Η πιο σωστή λύση είναι για τα 4G είναι στην κατεύθυνση για το Download να χρησιμοποιηθεί το OFDMA καθώς και η μη αποδοτική ενέργεια μπορεί να εφαρμοστεί γιατί και ο ενισχυτής όπου βρίσκεται στον σταθμό βάσης εκεί έχουμε τις επιπλέον απαιτήσεις ισχύος. Για το upload ο ενισχυτής ισχύος βρίσκεται στη τερματική συσκευή όπου τροφοδοτείται από τη μπαταρία ώστε να υιοθετήσουμε μία μέθοδο με καλύτερο PAPR.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 MIMO ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΕ 3GPP

Οι πολλαπλές εισοδοί αλλά και οι πολλαπλές έξοδοι τους αντιμετωπίζουμε σαν μία νέα τεχνολογία ώστε να πραγματοποιηθούν μεγαλύτερο ρυθμοί δεδομένων και καλύτερη κάλυψη κυψέλης χωρίς να έχουμε αύξηση της μέσης ισχύς της μετάδοσης ή να αυξήσουμε το εύρος ζώνης συχνοτήτων γιατί έχουμε αποδείξει ότι η δομή της MIMO επιτυγχάνει με πολλά διαστηματικά επίπεδα όπου υπάρχουν πολλαπλές ροές δεδομένων και μεταφέρονται σε μία δεδομένη συχνότητα έτσι αυξάνεται η χωρητικότητα του καναλιού. Η 3GPP χρησιμοποίησε πρόσφατα τεχνολογία η οποία βασίζεται στην OFDM τεχνική όπου υποστηρίζει ασύρματες επικοινωνίες μέχρι και τα 300 Mbps για την κατερχόμενη ζεύξη και τα 75 Mbps για την ανερχόμενη ζεύξη, αυτές οι τεχνολογίες έχουν χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερος για την κατερχόμενη ζεύξη αλλά και για την απόδοση της κυψέλης. Για την επίτευξη αυτής της ποικιλίας, η LTE τεχνολογία υιοθέτησε διάφορες MIMO τεχνικές, συμπεριλαμβανομένου την ποικιλία μετάδοσης (transmit diversity), έναν χρήστη SU-MIMO, πολλοί χρήστες (MU-MIMO), κλειστού βρόχου τάξης 1 (closed-loop rank 1) προκωδικοποίησης και beamforming. Η περίπτωση SU-MIMO έχει οριστεί για τον σχηματισμό με δύο ή περισσότερες κεραιές μετάδοσης κατά την κατερχόμενη μετάδοση, το οποίο υποστηρίζει μετάδοση πολλαπλών χωρικών επιπέδων με μέχρι τέσσερα επίπεδα για έναν δεδομένο εξοπλισμό χρήστη (User Equipment, UE). Η περίπτωση με διαφορισμός επομπής (transmit diversity) ορίστηκε για τον σχηματισμό με δύο ή τέσσερις κεραιές μετάδοσης στην κατερχόμενη ζεύξη και με δύο κεραιές λήψης στην ανερχόμενη ζεύξη. Η περίπτωση MU-MIMO επιτρέπει την καταμερισμό των διαφόρων χωρικών επιπέδων στους διάφορους χρήστες στο ίδιο πεδίο χρόνου- συχνότητας και υποστηρίζεται σε κατερχόμενη και ανερχόμενη μετάδοση. Η κλειστού βρόχου τάξης προκωδικοποίηση χρησιμοποιείται για την βελτίωση της χρησιμοποιούμενης κάλυψης δεδομένων στην τεχνολογία SU-MIMO, η οποία βασίζεται στα σήματα αναφοράς οριζόμενου κυττάρου (cell-specific) και κοινό σήμα αναφοράς (common reference signal) ενώ εισάγεται ένα μήνυμα σήματος ελέγχου στα αφιερωμένα σήματα αναφοράς που έχει μικρότερη επικεφαλίδα.



K4.2 DOWNLINK SU-MIMO ΣΤΗΝ LTE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η τεχνική της SU-MIMO εφαρμόζεται στο Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) όπου το κανάλι στο φυσικό στρώμα μεταφέρει τα δεδομένα στο δίκτυο UE, η χωρική πολυπλεξία παρέχει μέγιστο ρυθμό τα 150 Mbps για δύο κεραίες μεταφοράς όπως και τα 300 Mbps για τέσσερις. Υπάρχουν δύο καταστάσεις λειτουργίας στο SU-MIMO χωρικής πολυπλεξίας: του κλειστού βρόχου (closed loop) χωρικής πολυπλεξίας (spatial multiplexing) και του ανοιχτού βρόχου (open loop spatial multiplexing). Στην περίπτωση του κλειστού βρόχου για την χωρική πολυπλεξία ο σταθμός βάσης εφαρμόζεται στην προκωδικοποίηση για το πεδίο του χρόνου για το μεταδιδόμενο σήμα λαμβάνοντας στο πίνακα της προκωδικοποίησης και αναφέρεται στο μεταδιδόμενο σήμα για να ταιριάξει στο χωρικό κανάλι και είναι γνωστό από το UE. Για την χωρική πολυπλεξία οι πολλαπλές κωδικολέξεις χαρτογραφούνται σε πολλαπλά επίπεδα και εξαρτώνται από την τάξη της μετάδοσης που χρησιμοποιείται. Το LTE κατά την ανερχόμενη μετάδοση, η διαδικασία του hybrid automatic repeat request (HARQ) απαιτεί μία ACK/NAK σηματοδότηση ανάδρασης στην ανερχόμενη μετάδοση. Για να καταφέρουμε την μείωση στο (overhead) της ανερχόμενης ανάδρασης μεταδίδονται μόνο μέχρι δύο κωδικολέξεις, όταν ακόμα μπορούν να μεταδώσουν περισσότερα από δύο επίπεδα, για την κατερχόμενη ζεύξη σε ένα υποπλαίσιο, δημιουργώντας την ανάγκη για αντιστοίχιση της κωδικολέξης στα επίπεδα της και αντιστοίχιση σε έναν πίνακα. Όταν υπάρχει ένα επίπεδο υπάρχει και μία κωδικολέξη, εάν όμως υπάρχουν δύο επίπεδα η βασική λειτουργία είναι να μεταφέρει μία κωδικολέξη σε κάθε επίπεδο. Στην περίπτωση του κλειστού βρόχου ο eNodeB μεταδίδει στον UE την απαραίτητη πληροφορία σχετικά με τον ποιο πίνακα προκωδικοποίησης χρησιμοποιήθηκε ως μέρος της κατερχόμενης ζεύξης πληροφορίας ελέγχου, και χρησιμοποιεί ένα πεδίο με έξι bit για τις 4 κεραίες μετάδοσης. Το πεδίο αυτό της πληροφορίας αναφέρεται ως δείκτης πίνακα προκωδικοποίησης μετάδοσης (TPMI). Όταν το TPMI δείχνει έναν πίνακα προκωδικοποίησης αυτός ο πίνακας εφαρμόζεται σε όλες τις συχνότητες ώστε να αντιμετωπιστεί η κατάσταση όπου η χωρική πολυπλεξία δεν είναι δυνατή εξαιτίας της ποικιλίας του καναλιού, το eNodeB μπορεί στιγμιαία να προγραμματιστεί στην κατερχόμενη ζεύξη μετάδοσης χρησιμοποιώντας την transmit diversity ακόμα και εάν έχει σχεδιαστεί να είναι στην spatial multiplexing κατάσταση. Η χρήση της transmit diversity δίνεται από το TPMI.

Τού ανοιχτού βρόχου διαστηματική πολυπλεξία (open loop spatial multiplexing) μπορεί να λειτουργήσει όταν δεν είναι διαθέσιμη αξιόπιστη PMI ανάδραση στον eNodeB, για παράδειγμα, όταν η ταχύτητα του UE δεν είναι αρκετά αργή ή όταν το overhead της ανάδρασης στο uplink δεν είναι και τόσο υψηλό. Η open loop spatial multiplexing με M επίπεδα και N κεραίες μετάδοσης ($N \geq M$). Η ανάδραση αποτελείται από το RI και το CQI στο open loop spatial multiplexing. Σε αντίθεση με την closed loop spatial multiplexing περίπτωση, ο eNodeB μόνο καθορίζει την τάξη μετάδοσης και ένα σταθερό σύνολο πινάκων προκωδικοποίησης εφαρμόζονται κυκλικά σε όλους τους υποφορείς στο πεδίο της συχνότητας



4.3 TRANSMIT DIVERSITY ΣΤΗΝ LTE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Για την LTE τεχνολογία κατά την κατερχόμενη μετάδοση, στην περίπτωση της transmit diversity μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα φυσικά κανάλια όπως PDSCH, Physical Broadcast Channel (PBCH), Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH), Physical Downlink Control Channel (PDCCH) και Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH) ενώ οι άλλες περιπτώσεις MIMO είναι εφαρμόσιμες μόνο στο PDSCH. Όταν ένας UE μπορεί να αναγνωρίσει τον αριθμό των κεραιών μετάδοσης στο eNodeB αποκωδικοποιούνται τυφλά στο PBCH, γιατί δεν υπάρχει καμία εξήγηση σηματοδότησης. Ακόμα δεν εφαρμόζεται η transmit diversity στα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα σήματα συγχρονισμού όπου ορίζεται για το LTE. Ο αριθμός των κεραιών μετάδοσης στο eNodeB ανιχνεύεται και καθορίζεται μία άλλη ειδική περίπτωση transmit όπου εφαρμόζεται σε άλλα φυσικά κατερχόμενα κανάλια. Η transmit diversity ορίστηκε για την κατερχόμενη LTE η χωρο-συχνότητα block χρησιμοποιεί το eNodeB όπου έχει δύο κεραιές μετάδοσης. Για αυτό που έχει 4 κεραιές μετάδοσης γίνεται ένας συνδυασμός από SFBC και frequency-switched transmit diversity (FSTD) το χρησιμοποιούν για να παρέχουν ευρωστία και συσχέτιση μεταξύ των καναλιών για τις διάφορες κεραιές μετάδοσης αλλά και για εύκολη εφαρμογή του δέκτη. Η περίπτωση του transmit diversity που φαίνεται στην εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλα τα κατερχόμενα κανάλια εκτός από PHICH. Η transmit diversity που χρησιμοποιείται για κανάλι PHICH φαίνεται στην εικόνα. Σε αυτή την περίπτωση τέσσερα διαφορετικά ACK/NAK bits πολυπλέκονται χρησιμοποιώντας ορθογώνιους κώδικες με παράγοντα διάχυσης, πάνω σε μια ομάδα από τέσσερις υποφορείς και η τελική ομάδα επαναλαμβάνεται τρεις φορές στο πεδίο συχνότητας για να επιτευχθεί το κέρδος συχνοτικού εύρους. Για τη διατήρηση της ορθογωνιότητας μεταξύ των διαφόρων κωδίκων σε κάθε επανάληψη των τεσσάρων υποφορέων, η μεταγωγή κεραιάς δεν εφαρμόζεται μέσα σε κάθε επανάληψη. Η εικόνα 4.5 δείχνει το σύνολο των αλλαγών των κεραιών κατά μήκος των διαφόρων επαναλήψεων. Όταν υπάρχουν πολλαπλά μεταδιδόμενα PHICHs, χρησιμοποιώντας τον τύπο 1 ή 2 εναλλακτικά για διάφορα PHICHs θα ήταν χρήσιμο να διατηρείται ομοιομορφία στην κατανομή ισχύος πάνω σε eNodeB κεραιές μετάδοσης.



$$\begin{array}{c} \text{Subcarrier} \\ \longrightarrow \\ \text{Antenna 0} \\ \text{Antenna 1} \end{array} \begin{bmatrix} S_0 & S_1 \\ -S_1^* & S_1^* \end{bmatrix}$$

Εικόνα 9 SFBC με δύο κεραίες μετάδοσης

$$\begin{array}{c} \text{Subcarrier} \\ \longrightarrow \\ \text{Antenna 0} \\ \text{Antenna 1} \\ \text{Antenna 2} \\ \text{Antenna 3} \end{array} \begin{bmatrix} S_0 & S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_2 & S_3 \\ -S_1^* & S_0^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_3^* & S_2^* \end{bmatrix}$$

Εικόνα 10 SFBC+FSTD με τέσσερις κεραίες μετάδοσης κατά το downlink

$$\begin{array}{c} \text{Type 1:} \\ \text{Antenna 0} \\ \text{Antenna 1} \\ \text{Antenna 2} \\ \text{Antenna 3} \end{array} \begin{array}{c} \text{Subcarrier} \\ \longrightarrow \\ \begin{bmatrix} S_0 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_1^* & S_0^* & S_3^* & S_2^* \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{1st repetition} \end{array}, \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_3 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S_1^* & S_0^* & -S_3^* & S_2^* \end{bmatrix} \\ \text{2nd repetition} \end{array}, \begin{array}{c} \begin{bmatrix} S_0 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_1^* & S_0^* & S_3^* & S_2^* \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{3rd repetition} \end{array}$$

(a)

$$\begin{array}{c} \text{Type 2:} \\ \text{Antenna 0} \\ \text{Antenna 1} \\ \text{Antenna 2} \\ \text{Antenna 3} \end{array} \begin{array}{c} \text{Subcarrier} \\ \longrightarrow \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_0 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S_1^* & S_0^* & -S_3^* & S_2^* \end{bmatrix} \\ \text{1st repetition} \end{array}, \begin{array}{c} \begin{bmatrix} S_3 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S_1^* & S_0^* & -S_3^* & S_2^* \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{2nd repetition} \end{array}, \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_0 & S_1 & S_2 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S_1^* & S_0^* & -S_3^* & S_2^* \end{bmatrix} \\ \text{3rd repetition} \end{array}$$

(b)

Εικόνα 11 Τροποποιημένο SFBC+FSTD για RICH με τέσσερις κεραίες μετάδοσης κατά το downlink

Το eNodeB προσπαθεί να αλλάξει την τεχνική μετάδοσης, ίσως να μην είναι πιθανό να μεταδοθεί το απαραίτητο μήνυμα για έλεγχο χρησιμοποιώντας μία καθορισμένη μέθοδο μετάδοσης όπως παραδείγματος χάρη SU-MIMO που έχει ως χαρακτηριστικό



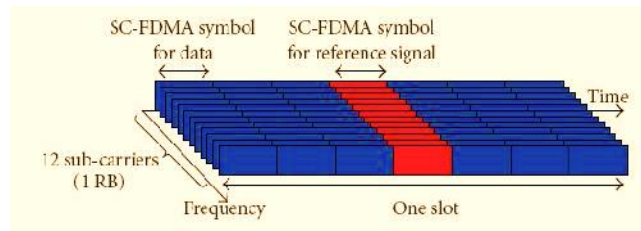
παράδειγμα την αλλαγή της τεχνικής μετάδοσης , γιατί η κατάσταση του καναλιού δεν είναι γνωστή πλέον στην καθορισμένη μετάδοση . Για να υπάρχει αξιόπιστη αλλαγή της τεχνικής μετάδοσης ασχέτως με ποία καθορίζεται για το UE , το transmit diversity μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά των απαιτήσεων μηνυμάτων ελέγχου. Οπότε το UE πάντα προσπαθεί να λαμβάνει μηνύματα στον έλεγχο που στέλνονται χρησιμοποιώντας την transmit diversity τεχνική. Στην περίπτωση της ανερχόμενης μετάδοσης γίνεται η επιλογή των κεραιών μετάδοσης για το UE με δύο καθορισμένες κεραιές μετάδοσης. Τώρα στην περίπτωση του κλειστού βρόγχου ο eNodeB επιλέγει την κεραιά όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την ανερχόμενη ζεύξη και επικοινωνεί με το UE για την επιλογή και χρησιμοποιεί το κατερχόμενη μήνυμα ελέγχου. Ενώ όταν είναι να χρησιμοποιηθεί στον ανοιχτό βρόγχο επιλέγει την κεραιά μετάδοσης χωρίς την παρέμβαση του eNodeB . Αυτός ο τύπος SFBC transmit diversity τεχνικής δεν χρησιμοποιείται για την ανερχόμενη μετάδοση του LTE προκειμένου να αποφευχθεί επιπλέον κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση δύο ενισχυτών στον UE.

4.4 CLOSED-LOOP RANK-1 ΠΡΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ LTE

Στην περίπτωση του κλειστού βρόγχου η κατάσταση της προκωδικοποίησης το eNodeB λειτουργεί όπως και στην περίπτωση του closed-loop και βασίζεται στο ειδικό κύτταρο για την αναφορά με τον περιορισμό της επιλογής του πίνακα προκωδικοποίησης. Αυτό γίνεται για μετάδοση σε ένα UE όπου ορίζεται για δύο η τέσσερις κεραιές μετάδοσης και έτσι γίνεται ανάπτυξη της κάλυψης χωρίς να αφήνει σήμα αναφοράς. Από την στιγμή που η τάξη της μετάδοσης είναι σταθερή σε μία τιμή για αυτή την κατάσταση ,η σχετική επικεφαλίδα της κατερχόμενης σηματοδοσίας ελέγχου είναι μικρότερη από την περίπτωση λειτουργίας του closed-loop όπου η σηματοδοσία ελέγχου επιτρέπει την πλήρη ελευθερία για να επιλέξει την τάξη μετάδοσης σε όλες τις πιθανές τιμές.

4.5 MU-MIMO ΣΤΟ LTE

Στην περίπτωση των πολλαπλών χρηστών με MIMO έχει και υποστήριξη στο πρότυπο του LTE όπως και στην ανερχόμενη αλλά και στην κατερχόμενη μετάδοση. Κατά την ανερχόμενη μετάδοση , ο eNodeB μπορεί να προγραμματίσει περισσότερους από μία UE ώστε να μεταδώσει στον ίδιο χρονο-συχνοτικό πόρο όπου σχηματίζεται μία μετάδοση MU-MIMO μετάδοσης. Όταν χρειάζεται να διαμορφωθεί σωστά ένα eNodeB πρέπει να εφαρμοστούν σωστά τα ορθωγόνια σήματα αναφοράς και σχεδιάστηκαν να μεταδώσουν την περίπτωση των MU-MIMO. Η παρακάτω εικόνα αναφέρει την δομή των uplink slot όπου το σήμα αναφοράς μεταδίδεται και χρησιμοποιεί το τέταρτο σύμβολο αλλά και τα δεδομένα μεταδίδονται χρησιμοποιώντας τα άλλα.



Εικόνα12: Πολύπλεξη των δεδομένων και των σημάτων αναφοράς στην ανερχόμενη κατάσταση

Οι μεταβλλόμενες εκδόσεις μίας Zadoff-Chu σειράς που σχηματίζουν ένα ορθογώνιο σύνολο σειρών. Όπου κάθε UE όπου προγραμματίζεται για MU-MIMO μετάδοσης όπου καθορίζεται από μία χαρακτηριστική τιμή κυκλικής μεταβολής και ο UE συνδυάζει την κυκλική μεταβολή με την γνώση της βάσης της σειράς Zadoff-Chu ώστε να σχηματιστεί με μία σειρά σήματος αναφοράς όπου είναι ορθογώνια με τις άλλες σειρές των σημάτων. Η τιμή της κυκλικής μεταβολής εμπεριέχεται πάντα στη σηματοδοσία του ελέγχου όπου ο UE πρέπει να λάβει την ανερχόμενη μετάδοση δεδομένων χωρίς να τον ενδιαφέρει εάν λειτουργεί ο MU-MIMO η όχι. Στην κατερχόμενη ζεύξη ένας UE σχεδιάστηκε να είναι MU-MIMO κατάσταση μετάδοσης ,έτσι η μετάδοση τάξης μπορεί να σχεδιαστεί στον UE , ο eNodeB προγραμματίζει περισσότερους UE όπου σχεδιάστηκαν να είναι MU-MIMO στην κατάσταση μετάδοσης στον ίδιο πλέγμα χρόνου-συχνότητας και χρησιμοποιεί διαφορετικούς πίνακες προκωδικοποίησης. Ο UE παίρνει μόνο τις πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται σχετικά με τον δικό του πίνακα προκωδικοποίησης μόνο. Ο UE αποκωδικοποιεί την πληροφορία των δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα κοινό σήμα αναφοράς μαζί με την πληροφορία προκωδικοποίησης όπου αποκτάται από την σηματοδοσία του ελέγχου. Ο κάθε ένας UE δημιουργεί την ανάδραση PMI/CQI χωρίς να γνωρίζει για τους άλλους UE οπότε θα μπορούσε να μην υπάρχει ταίριασμα ανάμεσα στην CQI αναφοράς και την CQI πραγματικής τιμής. Στο LTE το σήμα το οποίο λαμβάνετε υφίσταται διαμόρφωση μεγαλύτερη από τα 16QAM και 64QAM χωρίς να προκαλούν μεγαλύτερες πολυπλοκότητες στον UE. Το επίπεδο της ισχύος για την μεταφορά σχεδιάστηκε για έναν μακροπρόθεσμο τρόπο. Το UE προσχηματισμένο επίπεδο ισχύος είναι δύσκολο να διατηρηθεί στην MU-MIMO κατάσταση μετάδοσης καθώς ο eNodeB ενισχυτής πρέπει να στηρίζει πολλαπλούς UES όπου σχεδιάστηκε στο ίδιο πλέγμα χρόνου-συχνότητας. Οπότε ένα bit σηματοδοσίας εισέρχεται να για δείξει ένα υπάρχουν 3 dB μείωση ισχύος σχετικά με το ανα UE σχεδιασμένο επίπεδο .



4.6 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ BEAMFORMING ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ LTE

Το beamforming υποστηρίζεται για να υπάρξει ανάπτυξη της κάλυψης των δεδομένων, όταν ο UE υποστηρίζει την αποδιαμόρφωση των δεδομένων όπου χρησιμοποιεί το ειδικό σήμα αναφοράς στον εξοπλισμό του χρήστη. Ο eNodeB παράγει μία δέσμη και χρησιμοποιεί την συστοιχία των κεραιών και μετά εφαρμόζει την ίδια προκωδικοποίηση στο ωφέλιμο φορτίο των δεδομένων αλλά και στο UE-specific σήμα αναφοράς. Το σήμα της αναφοράς μεταδίδεται με τέτοιο τρόπο ώστε η θέση του χρόνου-συχνότητας να μην καλύπτει το cell-specific σήμα αναφοράς.

4.7 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΑΝΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ LTE

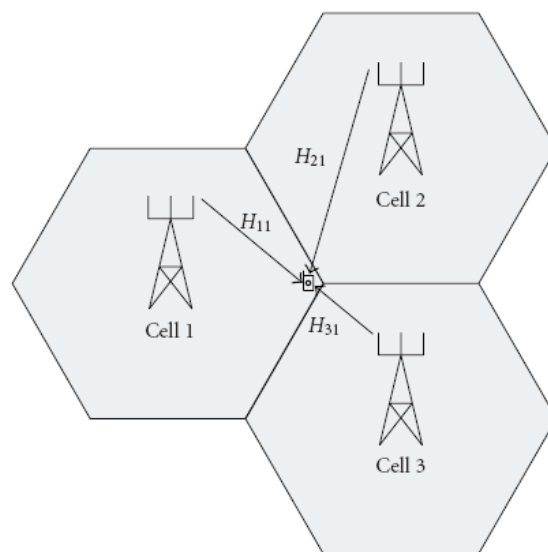
Το uplink για την κατερχόμενων δεδομένων μετάδοσης αποτελείται από τα RI, PMI και CQI . Όπου το RI μας δείχνει τον αριθμό των επιπέδων όπου χρησιμοποιείται από την χρήση των χωρικών καναλιών. Κατά την LTE της εξέλιξης παρατηρήθηκε ότι η αναφορά της συχνότητας επιλογής του RI δεν παρέχει σημαντικό πλεονέκτημα και έτσι μόνο ένα ευρύτερο RI αναφέρεται σε όλο το εύρος ζώνης. Αντίθετα η αναφορά στο PMI και στο CQI μπορεί να είναι ευρείας ζώνης ή επιλεκτικής συχνότητας. Το PMI υπολογίζεται βασιζόμενο μόνο στο σχετικό RI και το CQI στο σχετικό RI και PMI . Όταν το RM=1 τότε ένα μόνο CQI αναφέρεται σε κάθε μονάδα αναφοράς στη συχνότητα όπου μπορούσε να είναι wideband ή subband για την περίπτωση της frequency-selective . Για την περίπτωση όπου το RI>1 τότε το CQI σε κάθε κωδικολέξη τότε αναφέρεται στην περίπτωση της closed-loop spatial multiplexing ως διαφορετικές κωδικολέξεις με διαφορετικά επίπεδα, για την περίπτωση της CQI αναφέρεται μόνο ένα open-loop spatial multiplexing σαν μία κωδικολέξη για όλα τα τα επίπεδα. Το PMI μας δείχνει την προτιμώμενη κωδικοποίηση για την αντίστοιχη μονάδα συχνότητας. Το CQI μας δείχνει τον συνδιασμό του μέγιστου μεγέθους πληροφορίας δεδομένων για την διαμόρφωση κατά QPSK , 16QAM και 64QAM όπου παρέχει ρυθμό λάθους block όπου δεν ξεπερνά το 0.1 και θεωρεί ότι η αναφερόμενη τάξη και αναγραφόμενος πίνακας προκωδικοποίησης όπου εφαρμόζεται στην χρονο-συχνότητα. Στην περίπτωση της επιλεκτικής συχνότητας των PMI/CQI της αναφοράς ο UE αναφέρει ένα PMI/CQI για κάθε υπομπάντα. Στην περίπτωση της μη συχνότητας μπάντας ο UE αναφέρει μόνο ευρείας μπάντας PMI/CQI για όλο το εύρος ζώνης. Για την κατάσταση της αναφοράς η υπομπάντα CQI αναφέρθηκε σαν μία διαφορετική τιμή όσο αφορά το CQI προκειμένου να μειωθεί η επικεφαλίδα της σηματοδοσίας. Για την συχνότητα αναφοράς οδηγεί σε μεγάλες επικεφαλίδες σηματοδοσίας για την περίπτωση όπου η επικεφαλίδα για την ανερχόμενη ζεύξη είναι ένας περιορισμένος παράγοντας το eNodeB σχηματίζει μη frequency-selective αναφορά. Στην περίπτωση των διαφόρων καταστάσεων των καναλιών και διαφόρων σχηματισμών των κεραιών διατηρούνται παράλληλα στην επικεφαλίδα της σηματοδοσίας σε κατάλληλο επίπεδο , διάφορες καταστάσεις ανάδρασης όπου ορίζονται σχετικά με



επιλεκτικότητα της συχνότητας των CQI και PMI αναφορών. Τα φυσικά κανάλια χρησιμοποιούνται για την σηματοδότηση της ανάδρασης είναι το Physical Uplink Control Channel (PUCCH) και Physical Uplink Shared Channel (PUSCH). Η ανάδραση μέσω της PUSCH την χρησιμοποιούν για να μπορέσουν να φιλοξενήσουν μεγάλες ποσότητες πληροφορίας ανάδρασης σε μία μόνο υπόδειξη αναφοράς γιατί έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες πληροφορίας. Παράδειγμα είναι ότι η αναφορά στο PUSCH όπου περιλαμβάνει το RI, το εύρος μπάντας CQI ανά κωδικολέξη αλλά και το PMI για την κάθε υπομπάντα. Ακόμα ο δείκτης της τάξης κωδικοποιείται χωριστά από τα άλλα πεδία όπου χρησιμοποιεί ένα bit για την μία κεραία και δύο bit για τις 2 τις 4 κεραίες. Το εύρος όπου θα κυμανθούν τα bit καθορίζεται από τον δείκτη τάξης. Το PUCCH κανάλι έχει σχεδιαστεί για την μετάδοση μικρών ποσοτήτων πληροφορίας ελέγχου, έτσι οι καταστάσεις αναφοράς χρησιμοποιούνται ξεχωριστές χρονικές στιγμές για την αναφορά του RI, το εύρος μπάντας CQI/PMI της υπομπάντας CQI αλλά και τις υπομπάντας για το UE. Ο διαφορετικός χώρος του CQI αναπαριστά τη διαφορά μεταξύ των CQI των δύο κωδικολέξεων όπου ορίστηκε για την μπάντα CQI και την υπομπάντα CQI.

4.8 MIMO ΣΤΟ LTE-Advanced

Για να υποστηριχθεί αυτή η μέγιστη απόδοση του φάσματος για κατερχόμενη ζεύξη στα 30bps/HZ αλλά στην ανερχόμενη ζεύξη στα 15bps/HZ για τις απαιτήσεις των LTE, η επίτευξη του μέγιστου φάσματος, η βελτίωση της μέσω κυτταρικής εξόδου και συμπεριφοράς στην άκρη του κυττάρου είναι σημαντική για τα LTE. Η συγχρονισμένη πολλαπλών σημείων μετάδοσης/λήψης είναι μία νέα τεχνολογία όπου οι κεραίες πολλαπλών θέσεων κυττάρων χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε οι κεραίες μετάδοσης/λήψης εξυπηρετούν κύτταρο αλλά και τα γειτονικά κύτταρα όπου μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος όπως και την μείωση των διακαναλικών παρεμβολών από τα άλλα γειτονικά κύτταρα. Ένα παράδειγμα είναι να σχηματιστεί μία δέσμη για τον προγραμματισμό του UE χρησιμοποιώντας τις κεραίες μετάδοσης των κυττάρων όπου κάθε κύτταρο μεταδίδει τα ίδια δεδομένα στο UE και το ειδικό σήμα αναφοράς χρησιμοποιείται για επιτύχουμε αποδιαμόρφωση στον UE.



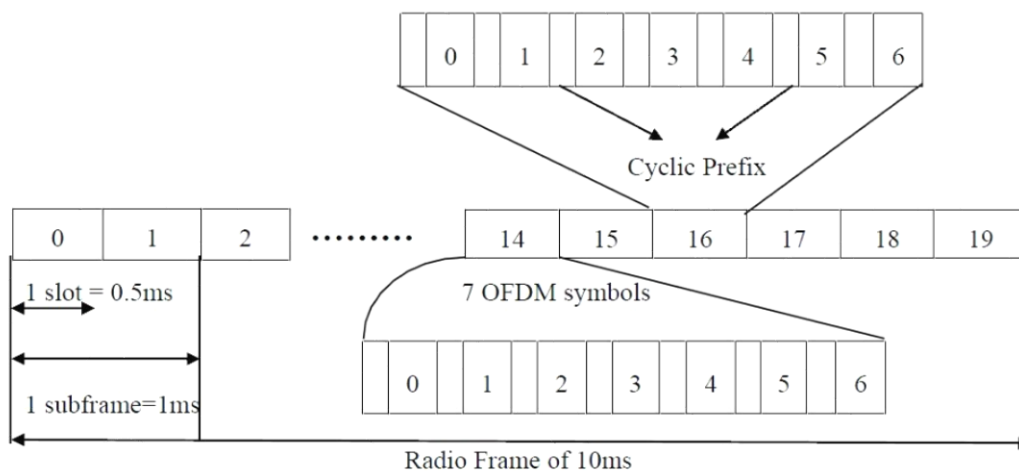
Εικόνα 13 Ο Συγχρονισμός σε πολλαπλά σημεία μετάδοσης στην κατερχόμενη λειτουργία.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 PHYSICAL LAYER-PHYSICAL DOWNLINK SHARED CHANNEL(PDSCH)

Τα γενικά χαρακτηριστικά του LTE είναι ότι έχει μήκος 10ms και υποδιαιρείται σε 10 υποπλαίσια του 1ms . Το κάθε υποπλαίσιο χωρίζεται σε 2 slots των 0.5 ms και έχουμε 6 ή 7 OFDM σύμβολα ανάλογα με το μήκος του κυκλικού προθέματος. Το κάθε ένα slot χρησιμοποιεί 7 OFDM σύμβολα στην περίπτωση για το κανονικό κυκλικό πρόθεμα ενώ 6 για το εκτεταμένο . Το κάθε ένα υποπλαίσιο ανατίθεται για την ανερχόμενη ή κατερχόμενη ζεύξη μετάδοσης. Για την περίπτωση του FDD τα υποπλαίσια χρησιμοποιούνται για κατερχόμενες η ανερχόμενες μεταδόσεις δεδομένων. Στην περίπτωση του TDD χρησιμοποιούνται τα υποπλαίσια 1 και 6 για την κατερχόμενη μετάδοση , ενώ τα άλλα υποπλαίσια είτε για την ανερχόμενη ή για την κατερχόμενη μετάδοση χρησιμοποιούνται .



Εικόνα 14: Η δομή για τα πλαίσια του uplink και του downlink για το LTE.



5.2 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ LTE ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Για την κατερχόμενη ζεύξη χρησιμοποιεί την OFDM με κυκλικό πρόθεμα όπου το βασικό διάστημα υποφορέων είναι τα 15kHz με διάρκεια 66.67μς. Για την κατερχόμενη μετάδοση όπου χρησιμοποιεί διαστήματα υποφορέων των 7.5 kHz με διάρκεια OFDM και με σύμβολο τα 133μς . Για το MBSFN αναφέρεται για το κινητό δίκτυο όπου χρησιμοποιεί μία μοναδική μπάντα όπου τα σήματα τα οποία εκπέμπονται και τα αφιερωμένα μοιράζονται μία συχνότητα. Υπάρχουν δύο τύποι κυκλικών προθεμάτων χρησιμοποιούνται όπου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διασποράς της καθυστέρησης του ραδιοκυττάρου. Για τις αστικές περιοχές έχουμε το κανονικό όπου έχουμε και για υψηλές συχνότητες . Ενώ για αγροτικές περιοχές και για χαμηλές συχνότητες έχουμε το εκτεταμένο .

Channel bandwidth [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Number of resource blocks (NRB)	6	15	25	50	75	100
Number of occupied subcarriers	72	180	300	600	900	1200
IDFT(Tx)/DFT(Rx)	128	256	512	1024	1536	2048
Sample rate [MHz]	1.92	3.84	7.68	15.36	23.04	30.72
Samples per slot	960	1920	3840	7680	11520	15360

Πίνακας1: Χαρακτηριστικά για την διαμόρφωση της κατερχόμενης ζεύξης.

DOWNLINK PHYSICAL RESOURCE

Αποτελείται από τα physical Resource Blocks όπου το κάθε ένα PR αποτελείται από 12 διαδοχικούς υποφορείς για το slot , το εύρος ζώνης για το PRB είναι 180 kHz . Ένα element αντιστοιχεί για κάθε υποφορέα κατά την διάρκεια ενός OFDM συμβόλου. Οπότε ανάλογα με το μήκος του κυκλικού προθέματος ένα PRB όπου αντιστοιχεί στα 84 OFDM σύμβολα για το κανονικό πρόθεμα ενώ για τα 72 OFDM για το κυκλικό πρόθεμα. Για να υπολογίσουμε τον αριθμό των resource blocks εξαρτόμαστε από το εύρος ζώνης των LTE όπου κυμαίνεται από τα 1.4 έως τα 20 MHz .



Channel bandwidth BW_{Channel} [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Transmission bandwidth configuration N_{RB}	6	15	25	50	75	100

Πίνακας: Ο αριθμός των PRB στις διάφορες ζώνες μετάδοσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Τα φυσικά κανάλια μεταφέρουν την πληροφορία από τα υψηλότερα επίπεδα της στοίβας των LTE. Τα φυσικά κανάλια χαρτογραφούνται στα κανάλια μεταφοράς όπου δρούν σαν σημεία εξυπηρέτησης πρόσβασης ανάμεσα στο MAC και το φυσικό επίπεδο. Το κάθε φυσικό κανάλι ορίζει τους αλγόριθμους για την bit εμπλοκή , διαμόρφωση, συγχρονισμό επιπέδου , την προκωδικοποίηση εύρους κυκλικής καθυστέρησης. Το LTE υποστηρίζει διάφορους τύπους φυσικών καναλιών στην κατερχόμενη μετάδοση. Τα φυσικά κατερχόμενα φυσικά κανάλια είναι Physical Broadcast Channel (PBCH), Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH) , Physical Downlink Control Channel (PDCCH) , Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH) , Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) , Physical Multicast Channel (PMCH) .

6.2 ΦΥΣΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ LTE ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Τα φυσικά σήματα χρησιμοποιούν συγκεκριμένα resource elements για το physical resource δεν μεταφέρουν την πληροφορία για τα υψηλότερα επίπεδα της LTE στοίβας . Υπάρχουν δύο είδη φυσικών στρωμάτων όπου χρησιμοποιεί το LTE .

Σήματα αναφοράς

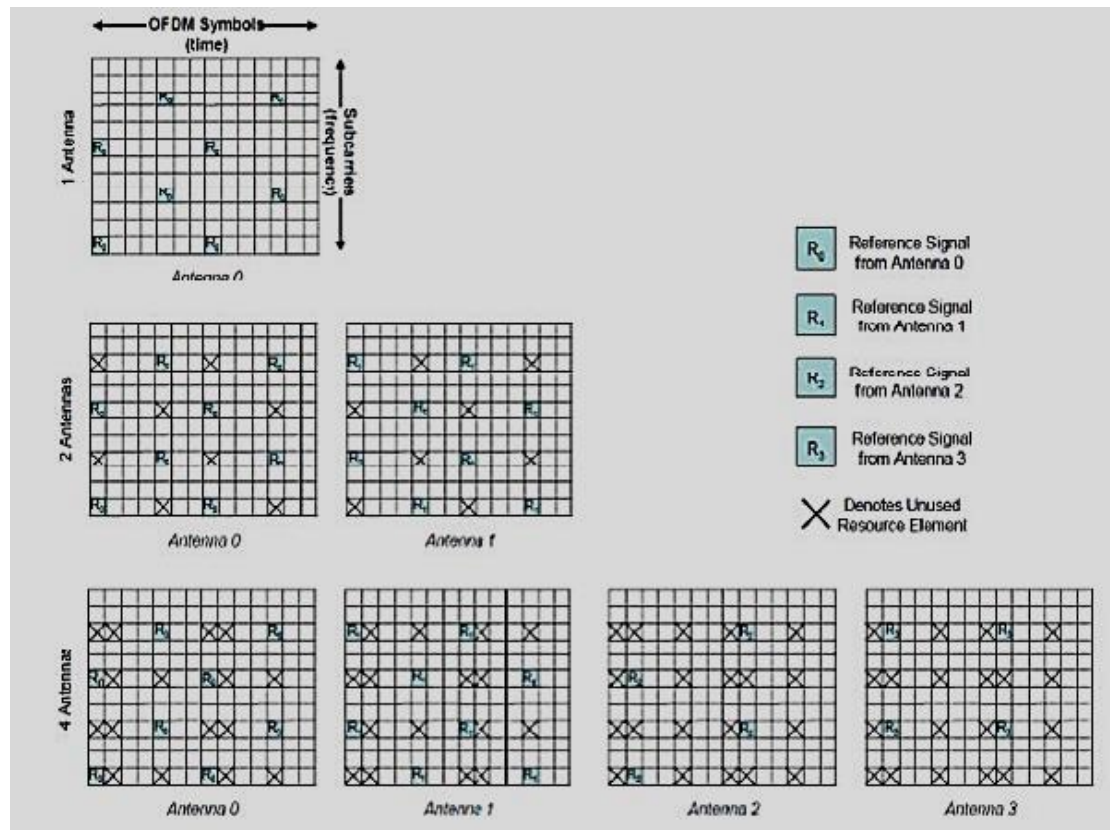
Η παραγωγή τους γίνεται από συνδυασμούς με τυχαίες αριθμητικές σειρές αλλά και από ορθογώνια σειρά. Αυτά χρησιμοποιούνται για την απόκριση του καναλιού Channel Impulse Response (CIR) όπου αποτελούνται από τα γνωστά σύμβολα αναφοράς τα οποία εισάγονται στο πρώτο και το τρίτο OFDM σύμβολο για κάθε slot. Υπάρχουν 510 σήματα αναφορών και τριών τύπων.

- ✓ ειδικά σήματα αναφοράς κυττάρου (cell specific reference signals)
- ✓ ειδικά σήματα αναφοράς εξοπλισμού χρήστη (User equipment specific reference signals)
- ✓ Mobile Broadcast Single Frequency Network (MBSFN) σήματα αναφοράς

Τα ειδικά σήματα αναφοράς του κυττάρου συνδέονται με μη MBSFN μεταδόσεις και χρησιμοποιούν τις 1,2,4 θύρες κεραιών για την μετάδοση. Τα MBSFN σήματα



αναφοράς σχετίζονται με την MSBFN μετάδοση. Μεταφέρονται σε μια antenna port. Τα σήματα αναφοράς του UE υποστηρίζουν μεταδόσεις σε μια antenna port του PDSCH στη δομή πλαισίου τύπου 2.



Εικόνα 15 Cell Specific Reference Signals

Παρουσιάζονται τα σήματα αναφοράς όπου μεταδίδονται στο πρώτο και τέταρτο OFDM σύμβολο για κάθε slot όπου εξαρτάται από την θύρα της κεραίας αλλά και από τον τύπο της δομής του πλαισίου. Τα σήματα του συγχρονισμού χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των κυττάρων όπως και κάθε slot συγχρονισμού. Έτσι υπάρχουν αρκετά primary synchronization (P-SC) σήματα και δευτερεύοντα (S-SC). Τα σήματα του συγχρονισμού μεταδίδονται σε 72 υποφορείς όπου επικεντρώνονται γύρω από DC υποφορείς.

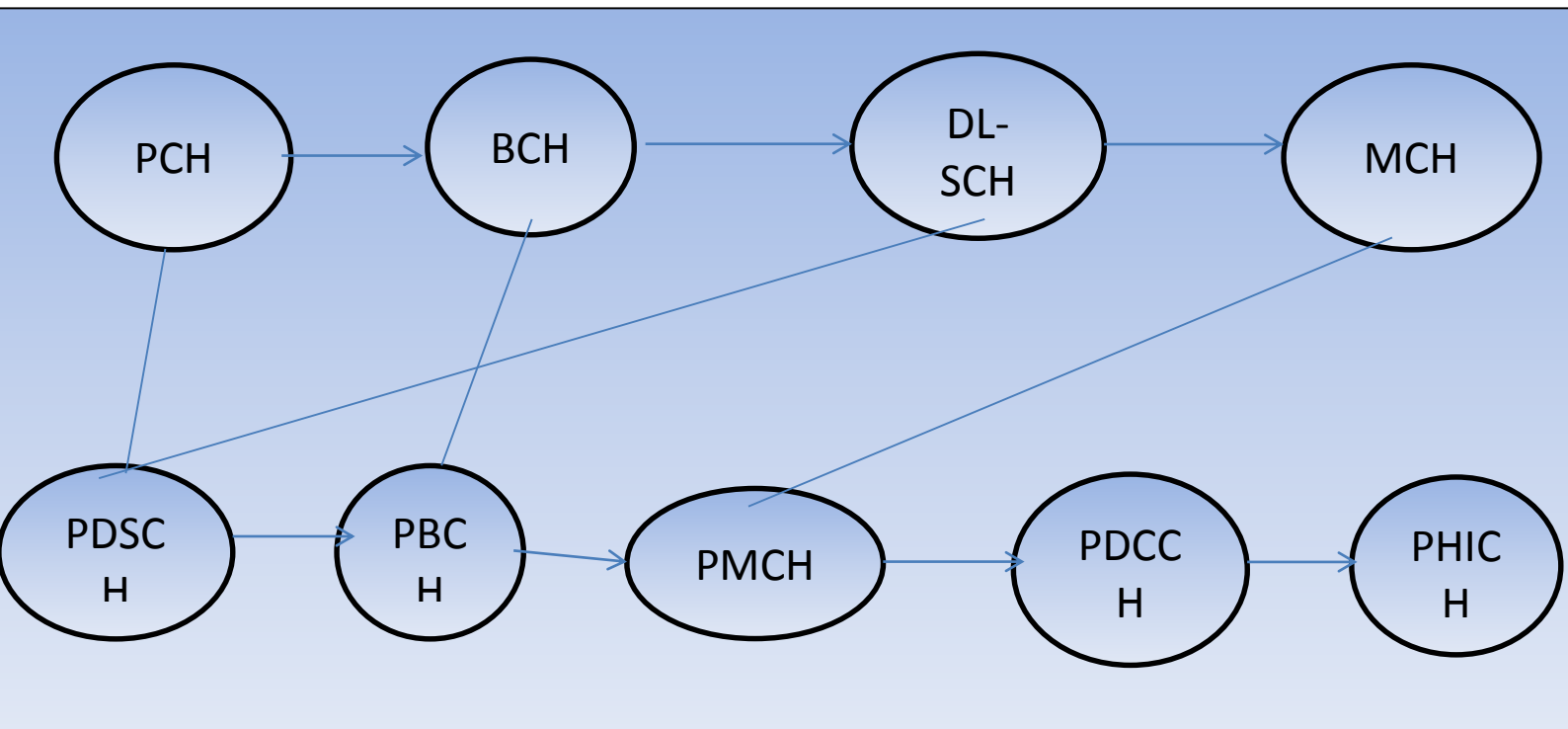
6.3 ΣΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΤΑ LTE

Τα σήματα μεταφοράς επικοινωνούν μεταξύ MAC και φυσικού επιπέδου όπου μεταφέρουν την πληροφορία στα ανώτερα επίπεδα όπου την παίρνει από τη MAC. Τα κατερχόμενα κανάλια μεταφοράς είναι Broadcast Channel (BCH), Downlink Shared Channel (DL-SCH), Paging Channels, Multicast Channel (MCH).



6.4 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΑ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

Το PCH και το DL-SCH αντιστοιχίζονται στο PDSCH. Το BCH αντιστοιχίστηκε στο PBCH και το MCH σε σχετικό κατερχόμενο PMCH φυσικό κανάλι.

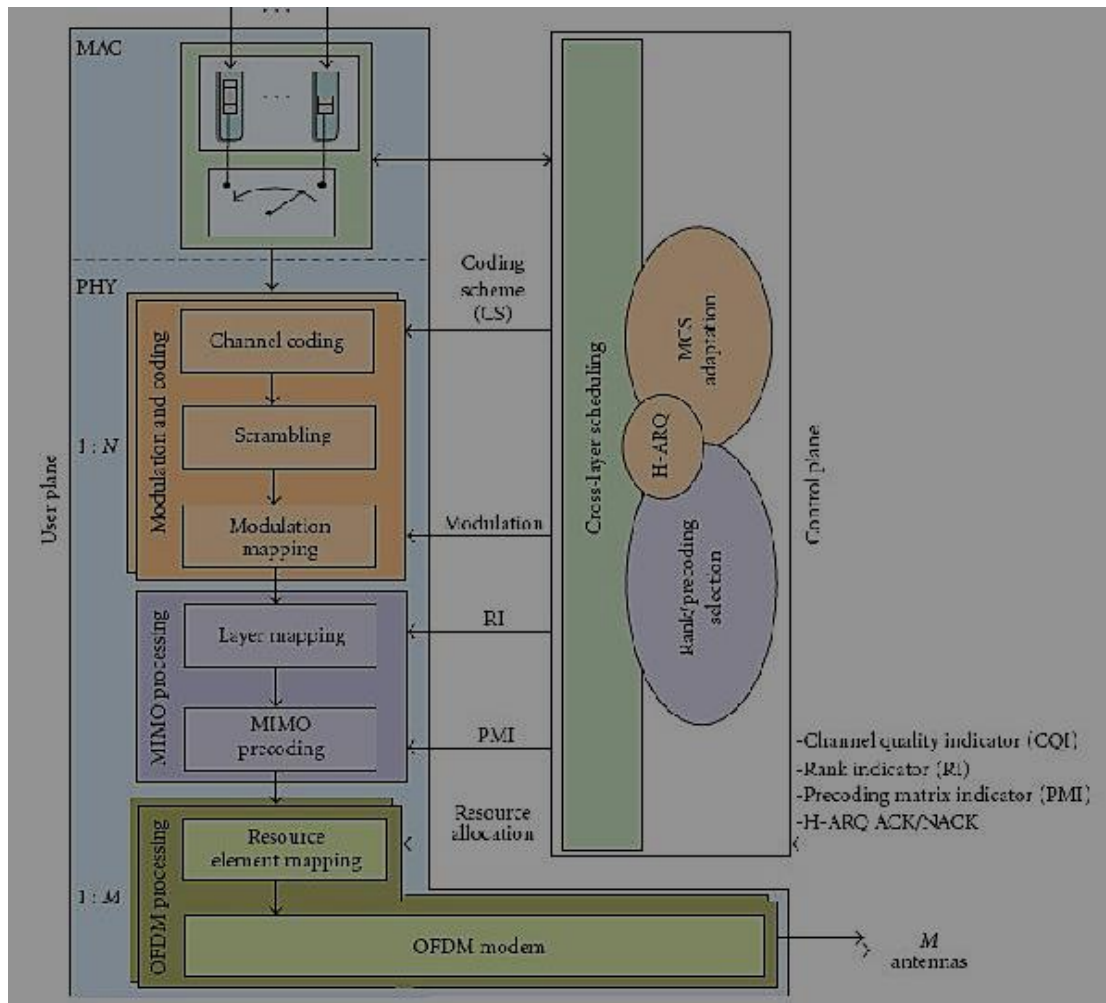


Εικόνα 16 Χαρτογράφηση των κατερχόμενων καναλιών μεταφοράς στα κατερχόμενα φυσικά κανάλια

Τα κανάλια μεταφοράς παρέχουν τη δομή για μεταφορά δεδομένων σε ή από τα υψηλότερα επίπεδα, το μηχανισμό για διαμόρφωση του φυσικού επιπέδου, την peer to peer σηματοδότηση για τα ανώτερα επίπεδα και δείκτη κατάστασης (Channel- Quality errors) σε ανώτερα επίπεδα.

6.5 ΤΟ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ – PDSCH

Τα κανάλια PDSCH τα χρησιμοποιούμε για την μεταφορά των δεδομένων αλλά και των πολυμεσικών υπηρεσιών λόγο όμως ότι έχουμε μεγάλες απαιτήσεις σε υψηλό ρυθμό δεδομένων ,χρησιμοποιούμε διάφορες τεχνικές όπως QPSK ,αλλά και 16 ,64QAM . Ακόμα εφαρμόζεται η χωρική πολυπλεξία έτσι απεικονίζεται η διαδικασία στην οποία εκτελείται η κατερχόμενη μετάδοση.



Εικόνα 17: Γίνεται η απεικόνιση των διαδικασιών για την κατερχόμενη μετάδοση

6.7 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΤΟ PDSCH

Μία ή δύο κωδικολέξεις μπορούν να μεταφερθούν από το επίπεδο μεταφοράς ταυτόχρονα στο PDSCH όπου διαφέρει από το είδος τις προκωδικοποίησης όπου χρησιμοποιείται. Οι DL-SCH κωδικο-λέξεις υπάρχουν scrambling, διαμόρφωση, προκωδικοποίηση και έτσι γίνεται η αντιστοίχιση στα resource elements.



6.8 ΔΙΑΠΛΟΚΗ (SCRAMBLING)

Για τα δίκτυα χρησιμοποιούμε συχνότητες έτσι όλα τα κύτταρα χρησιμοποιούν τις ίδιες μπάντες οπότε για τα UE όπου βρίσκονται κοντά στα όρια του κυττάρου αυτό έχει ως αποτέλεσμα να οδηγεί σε μεγάλες παρεμβολές σε περιπτώσεις UE και DL. Έτσι για να μειωθεί η ενδοκυτταρική παρεμβολή ένα ειδικό κύτταρο σε επίπεδο bit εφαρμόζεται σε όλες τις μεταδόσεις UL και DL .Αυτό το καταφέρνουμε με μία τυχαία τυχαιοποίησης μεταξύ των παρεμβολών των κυττάρων. Υπάρχουν και άλλες λύσεις για να ελαττωθεί η ενδοκυτταρική παρεμβολή όπως παραδείγματος τον συντονισμό της ενδοκυτταρικής παρεμβολής . Η Inter Cell Interference Co- ordination (ICIC) χρησιμοποιείται για την κατανομή των ασύρματων πόρων μεταξύ γειτονικών κυττάρων τα οποία αντιμετωπίζουν προβλήματα.

6.9 Scrambling Μέθοδος

Οι κωδικολέξεις πολλαπλασιάζονται (bit) με μια ορθογώνια σειρά και με μια σειρά scrambling χαρακτηριστική του κυττάρου για να δημιουργηθεί μια σειρά από σύμβολα για κάθε κωδικολέξη Με το scrambling με μια σειρά χαρακτηριστική του κυττάρου υπάρχει η δυνατότητα απόρριψης της ενδοκυτταρικής παρεμβολής. Όταν ένας UE από-πλέκει μια λαμβανόμενη σειρά bit με μια γνωστή σειρά scrambling χαρακτηριστική του κυττάρου, τότε η παρεμβολή από άλλα κύτταρα θα αποπλέχτει λάθος και έτσι θα εμφανιστεί ως ασυσχέτιστος θόρυβος.

6.10 ΜΕΘΟΔΟΙ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Η ροή των δεδομένων εξόδου από την πηγή αρχικά μετατρέπονται από σειριακά σε παράλληλα όπου αντιστοιχίζονται σε σύμβολα σε ένα από τα σχήματα διαμόρφωσης, τα οποία είναι QPSK, 16QAM και 64QAM.

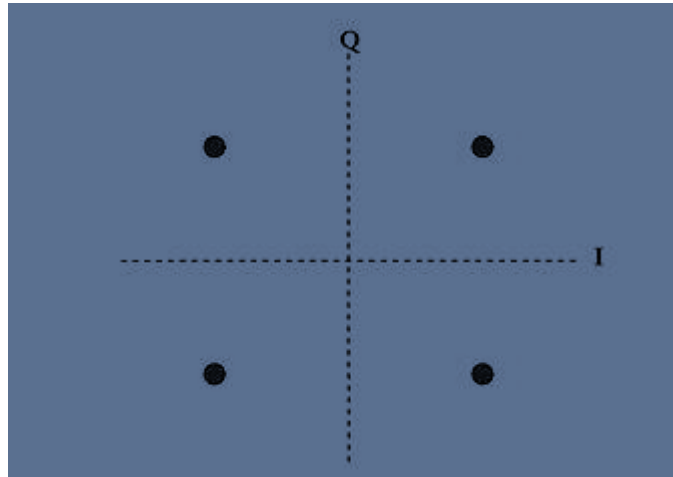
Για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων εύρους ζώνης, υψηλών ρυθμών δεδομένων και χωρητικότητας για το LTE καθώς και μεγαλύτερης τάξης διαμόρφωσης, όπως 16QAM και 64QAM, απαιτούνται και έχουν χρησιμοποιηθεί στον ψηφιακό LTE εκπομπόν. Χρησιμοποιείται επίσης και η διαμόρφωση QPSK. Αυτά περιγράφονται παρακάτω.

- Quadrature phase-shift keying (QPSK)

Η QPSK όπου είναι η πιο απλή διαμόρφωση για όλες τις διαμορφώσεις όπου υπάρχουν . Έτσι ένα ζευγάρι από διαδοχικά bits μετατρέπονται από σειριακά σε παράλληλα οπότε και χαρτογραφούνται στις σύνθετες τιμές τους. Το μέγεθος του μεταδιδόμενου συμβόλου το



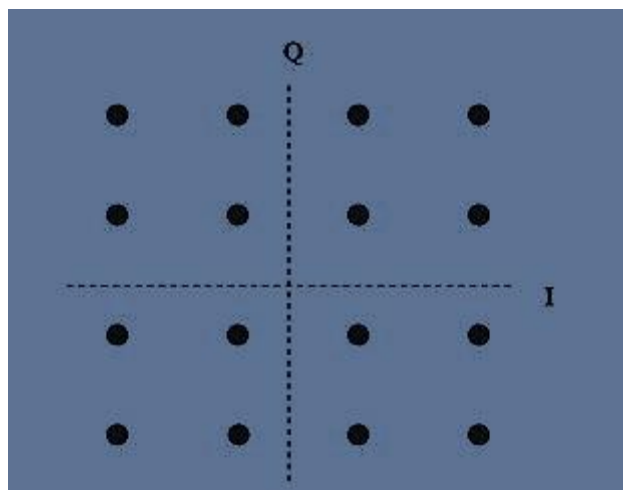
αποτελούν 2 bits/συμβολο , 4 bits/συμβολο, 6 bits/συμβολο αλλά και 16QAM ,64QAM. Για την περίπτωση του QPSK το διάγραμμα αποτελείται από 4 σημεία όπου το κάθε ένα από αυτά αναπαριστά 2 bits .



Εικόνα 18 Διάγραμμα για QPSK

- 16-Quadrature Amplitude Modulation (16QAM)

Η διαμόρφωση της 16QAM είναι μεγαλύτερης τάξης από αυτή της QPSK οπότε έχει καλύτερο εύρος ζώνης οπότε επιτρέπει και μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων από την QPSK οπότε αντί για 2 bits χρησιμοποιεί τα 4 bits για αυτό έχουμε μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων.

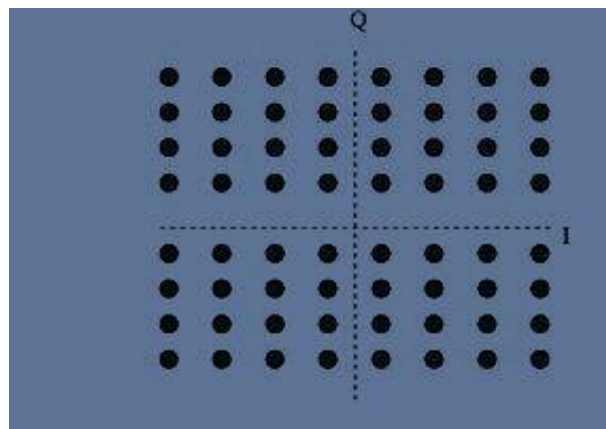


Εικόνα 19 Διάγραμμα για 16QAM



- 64-Quadrature Amplitude Modulation (64QAM)

Εδώ έχουμε απαίτηση για μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων όπου κάνει στην μεγαλύτερη τάξη την αναγκαία διαμόρφωση δηλαδή χαρτογραφούνται τα 6 bits ανά σύμβολο όπου αυτό έχει την ικανότητα να μεταφέρει ένα ποσό ρυθμού δεδομένων με τρεις φορές μεγαλύτερη από την QPSK. Έτσι η διαμόρφωση χρησιμοποιείται σε συστήματα όπως το 802.11 a/g. Για να ικανοποιηθούν όλες αυτές οι ενέργειες πρέπει να είναι όλα ισοπίθανα. Έτσι εφαρμόζεται για την ίδια περίπτωση το QPSK και 16QAM



Εικόνα 20 Διάγραμμα για 64QAM

Ποιο ειδικά για το PDSCH στο κατερχόμενο κανάλι χρησιμοποιούνται τρεις τεχνικές:

Στην QPSK διαμόρφωση, τα ζεύγη των bits $b(i), b(i+1)$ τιμές $x = I + jQ$ σύμφωνα με τον πίνακα

$b(i), b(i+1)$	I	Q
00	1 2	1 2
01	1 2	-1 2
10	-1 2	1 2
11	-1 2	-1 2

Πίνακας : QPSK modulation mapping

Στην 16 QAM διαμορφώνονται οι τετράδες των bits χαρτογραφούνται σε συνθήκες

Τέλος στην περίπτωση της 64 QAM διαμόρφωσης, οι εξάδες των bits



6.11 LAYER MAPPING AND PRECODING

Η μία από τις δύο παραπάνω κωδικολέξεις αποτελούν είσοδο για scrambler όπου διαμορφώνεται σε μία από τις τρεις διαμορφώσεις (QPSK, 16QAM, ή 64QAM) η προκωδικοποίηση αντιστοιχίζεται σε στρώματα τα οποία είναι μέχρι 4 όπου ο δέκτης αυτό το γνωρίζει . Παρακάτω παρουσιάζονται οι διαδικασίες για τις κωδικολέξεις στα επίπεδα αλλά και τα επίπεδα στις κεραίες.

1.Layer mapping

Layer Mapping for Transmit Diversity

Το block αντιστοιχίζει την διαμόρφωση για κάθε κωδικολέξη, δηλαδή όλα τα σύμβολα που συνδέονται με μία κωδικολέξη διαμορφώνονται το ίδιο. Για δύο στρώματα, όλα τα σύμβολα της πρώτης κωδικολέξης αντιστοιχίζεται στο επίπεδο 0 και όλα τα σύμβολα από τη δεύτερη λέξη στο επίπεδο 1.

Εάν χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος τότε τα σύμβολα χαρτογραφούνται στα στρώματα όπως παρακάτω:

- Δύο Layers: τα ζυγά σύμβολα αντιστοιχίζονται στο layer 0 και τα μονά στο 1
- Τέσσερα Layers: Τα σύμβολα εισόδου αντιστοιχίζονται σε layers όπως φαίνεται παρακάτω. Εάν ο συνολικός αριθμός συμβόλων δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του τέσσερα τότε δύο μηδενικά σύμβολα προσαρτώνται στο τέλος. Αυτό δημιουργεί έναν συνολικό αριθμό $\overset{symb}{}$ συμβόλων ο οποίος είναι πολλαπλάσιο του τέσσερα καθώς οι αρχικοί αριθμοί των συμβόλων θα είναι πάντα ακέρια πολλαπλάσια του δύο.



Layer mapping για Spatial Multiplexin

Στην περίπτωση αυτή ο αριθμός των layers που χρησιμοποιούνται είναι πάντα μικρότερος ή ίσος με τον αριθμό των θυρών της κεραίας που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση του φυσικού καναλιού.

- Ένα layer: Εάν χρησιμοποιείται ένα layer.
- Δύο Στρώματα: Εάν υπάρχει μία κωδικολέξη τότε τα ζυγά σύμβολα χαρτογραφούνται στο στρώμα 0 και τα μονά στο στρώμα 1.
- Τρία στρώματα: Στην περίπτωση αυτή, η κωδικολέξη 0 αντιστοιχίζεται στο στρώμα 0 ,τα ζυγά σύμβολα μέσα στην κωδικολέξη 1, και τα μονά στο στρώμα 2.
- Τέσσερα Στρώματα : Στην περίπτωση των τεσσάρων στρωμάτων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται δύο κωδικολέξεις. Σε αυτή την περίπτωση τα ζυγά σύμβολα της κωδικολέξης 0 χαρτογραφούνται στο στρώμα 0 και τα μονά στο στρώμα 1. Τα ζυγά σύμβολα της κωδικολέξης 1 χαρτογραφούνται στο στρώμα 2 και τα μονά στο στρώμα 3.

2.Προκωδικοποίηση Precoding

Υπάρχουν τρεις τύποι προκωδικοποίησης όπου διαθέτει το LTE :

- ✓ Μετάδοση με Spatial multiplexing:
 - i. Η προκωδικοποίηση με μεγάλη κυκλική καθυστέρηση Cyclic Delay Diversity-CDD, γνωστή επίσης και ως open loop spatial multiplexing
 - ii. Η χωρίς προκωδικοποίηση (CDD) γνωστό επίσης ως closed loop spatial multiplexing.
- ✓ Μετάδοση με Transmit diversity:
- ✓ Μία θύρα κεραία μετάδοσης:

Ο προκωδικοποιητής λαμβάνει ένα block από την διαστρωμάτωση όπου παράγετε μία σειρά από port κεραίας. Τα στρώματα πολλαπλασιάζονται από έναν προκαθορισμένο πίνακα προκωδικοποίησης .

- Προκωδικοποιητής Single Transmission port:

Για να μεταδοθεί σε μία κεραία με μία θύρα δεν γίνεται καμία επεξεργασία

$$y^{(p)}(i) = y^{(p)}(i)$$

- Προκωδικοποίηση χωρίς κυκλική καθυστέρηση (CDD) Spatial Multiplexing



Για την χωρίς κυκλική καθυστέρηση οι πίνακες για τις τιμές προκωδικοποίησης επιλέγονται από ένα προκαθορισμένο codebook για το eNodeB και το UE. Κατά το μήκος κάθε ομάδας συμβόλων με δείκτη i είναι όλα τα διαθέσιμα στρώματα όπου μπορούν να χρησιμοποιούν με διαφορετικό πίνακα προκωδικοποίησης εάν απαιτείται. Τα διανύσματα προκωδικοποίησης επιλέγονται ανάλογα με τους πίνακες. Οι τιμές που θα πάρουν οι προκωδικοποίησης πρέπει να επιλέγονται από στοιχεία προκωδικοποίησης όπου καθορίζονται από το codebook του eNodeB αλλά και του UE. Ο eNodeB μπορεί να ορίσει την επιλογή προκωδικοποίησης στον UE σε ένα υποσύνολο των στοιχείων του codebook όπου χρησιμοποιεί τον περιορισμό του υποσυνόλου.

- Προκωδικοποίηση για μεγάλη καθυστέρηση Large Delay CDD Spatial Multiplexing :

Για την λειτουργία του CDD εφαρμόζεται κυκλική ολίσθηση με την οποία είναι μία καθυστέρηση δειγμάτων σε κάθε κεραία όπου το N_{ff} είναι μεγέθους για FTT. Με την χρήση του CDD βελτιώνουμε την ευρωστία της εκτέλεσης και κάνουμε τυχαία στην απόκριση του καναλιού οπότε έτσι μειώνουμε την πιθανότητα μεγάλου fading. Οι τιμές των πινάκων προκωδικοποίησης πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με στοιχεία προκωδικοποίησης όπου καθορίζονται από το codebook του eNodeB και του UE.



Ο προκωδικοποιητής επιλέγει σύμφωνα με τον τύπο $W(i)=C1$ που το $C1$ είναι ο πίνακας της προκωδικοποίησης όπου είναι αντίστοιχος με τον πίνακα παρακάτω

Codebook index	Number of layers \square	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

Για τις 4 πόρτες ο UE μπορεί να δεσμεύσει ότι θέτει κυκλικά διαφορετικές προκωδικοποιησείς σε διαφορετικά διανύσματα στο φυσικό κανάλι physical downlink shared channel. Ένας διαφορετικός προκωδικοποιητής χρησιμοποιεί κάθε n διάνυσμα, όπου κάθε n δηλώνει τον αριθμό για τον αριθμό των μεταδιδόμενων στρωμάτων για την περίπτωση της spatial multiplexing. Αναλυτικότερα ο προκωδικοποιητής επιλέγει σύμφωνα με τον τύπο $W(i)=Ck$ όπου το k είναι ο δείκτης της προκωδικοποίησης και δίνεται από τον τύπο

$$k = \left(\left\lfloor \frac{i}{L} \right\rfloor \bmod 4 \right) + 1 \in \{1, 2, 3, 4\}$$



Όπου τα c_1, c_2, c_3, c_4 δηλώνονται οι πίνακες προκωδικοποίησης αντίστοιχα με τους δείκτες προκωδικοποίησης 12,13,14,15 όπως παρουσιάζονται και στον παρακάτω πίνακα



Codebook index	u_n	Number of layers \square			
		1	2	3	4
0	$u = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(14)}$ 2	$W^{(124)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2
1	$u = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2
2	$u = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(3214)}$ 2
3	$u = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(3214)}$ 2
4	$u = [1 \ (-1-j) \ 2 \ -j \ (1-j) \ 2]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(14)}$ 2	$W^{(124)}$ 3	$W^{(1234)}$
5	$u = [1 \ (1-j) \ 2 \ j \ (-1-j) \ 2]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(14)}$ 2	$W^{(124)}$ 3	$\{1234\}$ 2
6	$u_6 = [1 \ (1+j) \ 2 \ -j \ (-1+j) \ 2]^T$	W_6	W_6 2	W_6 3	$W^{(1324)}$ 2
7	$u = [1 \ (-1+j) \ 2 \ j \ (1+j) \ 2]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(13)}$ 2	$W^{(134)}$ 3	$\{1324\}$ 2
8	$u = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(124)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2
9	$u = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(14)}$ 2	$W^{(134)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2
10	$u = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(13)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(1324)}$ 2
11	$u = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(13)}$ 2	$W^{(134)}$ 3	$W^{(1324)}$ 2
12	$u = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2
13	$u = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(13)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(1324)}$ 2
14	$u = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(13)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(3214)}$ 2
15	$u = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W^{(1)}$	$W^{(12)}$ 2	$W^{(123)}$ 3	$W^{(1234)}$ 2



Ο παραπάνω πίνακας δημιουργήθηκε ώστε να μπορέσουμε να ικανοποιήσουμε ορισμένες ιδιότητες :

- I. Σταθερός διαιρέτης: Οι φυσικές κεραίες μετάδοσης έχουν το ίδιο επίπεδο ισχύος χωρίς να επηρεάζονται από ποιόν πίνακα προκωδικοποίησης χρησιμοποιούν ώστε να μεγιστοποιήσουν τον ενισχυτή για καλύτερη κάλυψη της απόδοσης .
- II. Εμφωλευμένη ιδιότητα: Ο κάθε πίνακας προκωδικοποίησης τις μεγαλύτερης τάξης μπορεί να εντοπίσει έναν πίνακα μικρότερης τάξης υπο-codebook όπου είναι πίνακας μεγαλύτερης τάξης του πίνακα προκωδικοποίησης. Αυτό γίνεται για να επιβεβαιωθεί ότι το eNodeB έχει εξουδετερώσει την RI αναφορά όπου έχει αποφασίζει σε τάξη μικρότερη και είναι μικρότερη από την τάξη του καναλιού όπου αναφέρεται στο RI. Έτσι αυτή η ιδιότητα βοηθάει ώστε να μειώσουμε την πολυπλοκότητα για το CQI γιατί ορισμένες διαδικασίες επιλογής του πίνακα προκωδικοποίησης μοιράζονται για τον πίνακα προκωδικοποίησης όπου σχεδιάστηκε για τις διάφορες τάξεις .
- III. Περιορισμένο αλφάβητο: Για την περίπτωση των δύο κεραιών μετάδοσης η κατασκευή των πινάκων χρησιμοποιούν μόνο το αλφάβητο για την QPSK , εκτός από το παράγοντα βάρμωσης $1/2$ έτσι αποφεύγεται και η ανάγκη για να πολλαπλασιάσουμε τους πίνακες για την εφαρμογή του προκωδικοποιητή για τον πίνακα του καναλιού. Οπότε έτσι κατάφερα να μην έχουμε μεγάλες απώλειες για την παρουσία του προκωδικοποιητή. Τώρα για την περίπτωση όπου έχουμε 4 κεραίες μεταφοράς ο περιορισμός όπου υπάρχει στο QPSK αλφάβητου είναι περιοριστικός παράγοντας για να επιτύχουμε επιπλέον κέρδος φασματικής απόδοσης από τις πρόσθετες κεραίες.



6.12 MULTIPLE ANTENNA TECHNIQUES

Στις τεχνικές των πολλαπλών κεραιών χρησιμοποιούμε πολλαπλές κεραιές τόσο στον πομπό αλλά και στον δέκτη όπου σε συνδυασμό με προσαρμοσμένη επεξεργασία σήματος παρέχουν επεξεργασία του πίνακα του diversity ή ικανότητα spatial multiplexing των ασύρματων συστημάτων . Η χωρική διάσταση με τις τεχνικές πολλαπλών κεραιών πραγματοποιούν τις απαιτήσεις του LTE δηλαδή μεγάλη κάλυψη ,μεγαλύτερη χωρητικότητα συστήματος όπως και το QoS αλλά και μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης. Για τις πολλαπλές κεραιές μετάδοσης είναι ολόκληρο το LTE γιατί κάποιες από τις απαιτήσεις έχουν μέγιστο ρυθμό μετάδοσης οπότε δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς την χρήση πολλαπλών κεραιών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Προσημειώσεις σεναρίων

Δεύτερο επίπεδο down σε πραγματικό χρόνο για πολυμεσικές υπηρεσίες σε LTE

Η τεχνολογία Long- term evolution αντιπροσωπεύει μία νέα τεχνική η οποία υπόσχεται ευρυζωνικότητα παντού . Όμως πρέπει να πάρουμε υπόψην μας ορισμένες παραμέτρους οι οποίες αφορούν τους χρήστες των κινητών. Ειδικότερα θεωρούμε το σχεδιασμό της ποιότητας του QOS όπου γνωρίζουμε το πακέτο χρονοπρογραμματισμού για τις κατερχόμενες ζευξης επικοινωνίας. Έχουν σχεδιασθή δύο επίπεδα προγραμματισμού το ανώτερο το οποίο βασίζεται στην διάκριση του χρόνου για την γραμμική θεωρία ελέγχου . Στο χαμηλότερο επίπεδο μία ανάλογη προσέγγιση είναι όπου ελέγχει την απόδοση αλλά και την πολυπλοκότητα του συστήματος τόσο θεωρητικά αλλά και με την χρήση του προσωμοιωτή. Ακόμα έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην ποιότητα της εμπειρίας QOE όπου παρέχεται στους τελικούς χρήστες τα αποτελέσματα . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να ξεπεράσει τις ήδη υπάρχουσες παρουσίες ροών του βίντεο σε πραγματικό χρόνο για τα κυψελοειδή δίκτυα κατερχόμενου προγραμματισμού και μακροπρόθεσμης εξέλιξης LTE την ποιότητα εμπειρίας QOE και την ποιότητα υπηρεσιών QOS

Εισαγωγή

Λόγο της αυξημένης ανάγκης για πολυμεσικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο είχε ως αποτέλεσμα να εξελιχθούν τα κυψελωτά δίκτυα . Εκτός της μεγάλης απαίτησης που υπάρχει σε εύρος ζώνης για πραγματικό χρόνο , ακόμα πρέπει να αντιμετωπιστεί και η ποιότητα των υπηρεσιών (QOS). Οπότε για να αντιμετωπίσουμε τις ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις για packet-based εισήγαγε το 3.5 G όπου ενίσχυσε το E-ULTRAN ,Evolved UMTS. Το σημαντικότερο πράγμα στις πολυμεσικές πληροφορίες είναι η ικανοποίηση των χρηστών (QOE) . Αυτό είναι απαραίτητο για το σύστημα ώστε να μπορεί να προβλέπει το κατάλληλο QOS για την διαθεσιμότητα των πόρων . Γενικά ανάλογα με την υπηρεσία η οποία χρησιμοποιείται επιτρέπεται να υπάρχει και μία μικρή καθυστέρηση αλλά σε τέτοιο βαθμό η οποία όμως να μην γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο . Αρχικά κάθε πακέτο πρέπει να αποκωδικοποιείται με μία καθυστέρηση αλλιώς αν παραληφθεί μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πρέπει να θεωρείται χαμένο αυτό το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό στις ασύρματες επικοινωνίες λόγω της απρόβλεπτης συμπεριφοράς των ραδιοζευξέων . Για να αντιμετωπίσουμε αυτά τα ζητήματα όπου έχουν σχέση με το QOE υπάρχουν ορισμένες προδιαγραφές LTE και υπάρχει μία συγκριμένη πολιτική που γίνεται η εισαγωγή του κομιστή. Ο χρονοπρογραμματιστής ταξινομή τα πακέτα τα οποία σε έναν συγκεκριμένο κομιστή όπου γίνεται η χρήση ενός φίλτρου και με βάση 4 παραμέτρους γίνεται η αποστολή (κατηγορία υπηρεσίας, προτεραιότητα, καθυστέρηση, λόγος απώλειας πακέτων) .



ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ LTE

Οι απαιτήσεις των δικτύων είναι πολύ φιλόδοξες όπως το 100 Mbps για το down και 50 Mbps για up και η κινητικότητα των χρηστών να είναι ανάμεσα στο 1.25 και 20 MHz αλλά και ενίσχυση του end-end για το QoS . Για να καταφέρουμε να πετύχουμε αυτούς τους στόχους συνδυάζουμε τις προηγμένες λειτουργίες της MAC όπως το πακέτο χρονοπρογραμματισμού , η προσαρμοσμένη ζεύξη αλλά και το Hybrid ARQ. Για το φυσικό επίπεδο υπάρχουν πολλά ασύρματα ευρυζωνικά συστήματα , το interface των ραδιοσυχνοτήτων για το LTE υποστηρίζει πολλές τεχνικές όπου έχουν ως βάση την συχνότητα και τον χρόνο. Οι μεταδόσεις με βάση την κατανομή των ορθογώνιων συχνοτήτων (OFDM) . Το SC – FDMA χρησιμοποιείται για το uplink και το OFDM χρησιμοποιείται για το down , ενώ για το OFDMA χρησιμοποιούνται υποσύνολα όπου μοιράζονται σε όλο το φάσμα ,ενώ το SC – FDMA χρησιμοποιεί μόνο γειτονικούς υποφορείς. Το OFDMA παρέχει υψηλή επεκτασιμότητα αλλά και υψηλή ευρωστία απέναντι στο χρόνο-συχνότητα . Τώρα το SC – FDMA χρησιμοποιείται στην ανερχόμενη ζεύξη ώστε να αυξήσει την απόδοση των χρηστών (UES). Ακόμα οι τεχνικές MIMO μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε ώστε να βελτιώσουμε την αξιοπιστία αλλά και των ρυθμό δεδομένων όπου είναι δυνατόν μέχρι 4 μεταδόσεις να έχουμε .

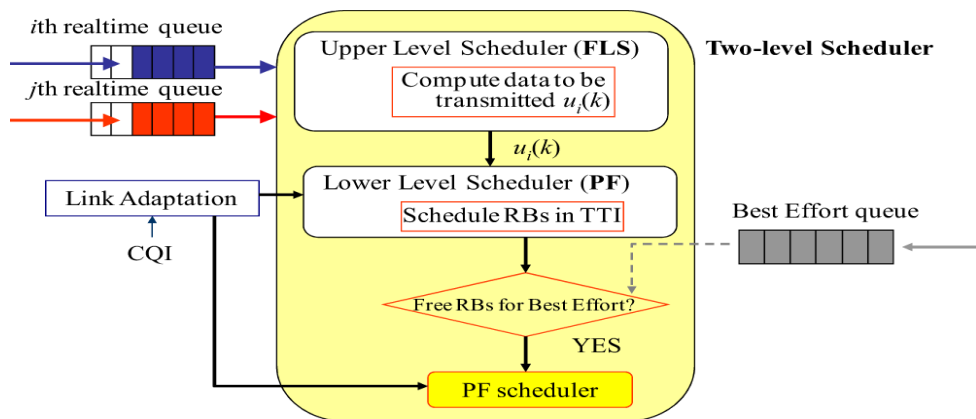
III ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στα LTE ο ρόλος του χρονοπρογραμματιστού των πόρων είναι πολύ σημαντικός γιατί έχουμε μεγάλο κέρδος στην απόδοση ώστε να καταφέρουμε να επιτύχουμε καλή συχνότητα σε κάθε χρήστη . Οπότε το πρόβλημα της χαμηλής πολυπλοκότητας αλγορίθμων όπου μπορούν να διαχωρίσουν την συχνότητα μεταξύ των χρηστών έχουν ενδιαφερθεί αρκετοί ερευνητές . Αυτοί οι αλγόριθμοι λαμβάνουν το επίπεδο QoS , την συμπεριφορά των πηγών των δεδομένων όπως και την κατάσταση του καναλιού. Το πρόβλημα είναι έντονο όταν οι χρήστες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις για την καθυστέρηση, για το εύρος ζώνης αλλά και για την αξιοπιστία. Οι κλασικές προσεγγίσεις όπου έχουν ως βάση την μέγιστη απόδοση δεν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές πολυμέσων. Στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να πούμε τι χρειάζεται για να υπάρξει σωστή αναλογία μεταξύ απωλειών δεδομένων και καθυστέρηση στο δίκτυο. Γενικά για τους περιορισμούς του QoS δεν είναι επαρκές για να καλύψει την μέση καθυστέρηση των πακέτων αλλά είναι απαραίτητο για να υπάρχει ένα όριο για το πόσο θα πρέπει να καθυστερήσει το πακέτο στο σύστημα αυτό παρέχει διασφάλιση για την καθυστέρηση των ροών αλλά επειδή παρέχει αυξημένες υπολογιστές απαιτήσεις είναι δύσκολο να υλοποιήσει και το interface για τις ραδιοσυχνότητες του LTE. Ένας ακόμα περιορισμός είναι ότι ορισμένες ροές μπορούν να εμφανίσουν ξαφνικά μία μείωση στην ποιότητα του καναλιού πριν λήξουν τα πακέτα , και γενικά εξετάζεται το πρόβλημα των πόρων των ραδιοσυχνοτήτων . Οπότε υπάρχουν δύο επίπεδα χρονοπρογραμματισμού όπου έχουν ως στόχο οριοθετούν την καθυστέρηση των πακέτων και λαμβάνουν υπόψη τα πλεονεκτήματα της στατικής πολυπλεξίας στην κατανομή των πόρων. Για να καταφέρουμε να έχουμε αποτελεσματική προσέγγιση κάνουμε σύγκριση του χρονοδιαγράμματος με τους κανόνες EXP και LOG διάφορες συνθήκες δικτύου , ανάμεσα σε πραγματικό χρόνο πολυμέσων αλλά και την καλύτερη επίδραση του QOE.

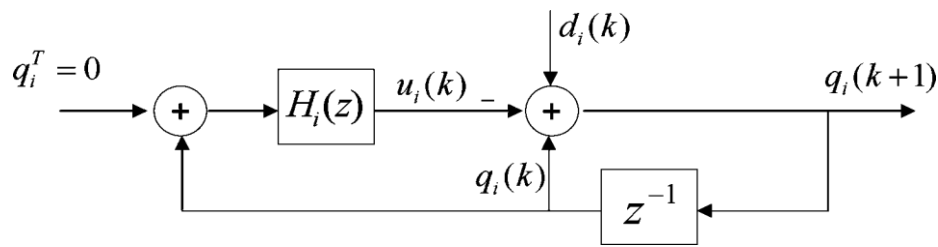


IV Δεύτερο επίπεδο χρονοπρογραμματισμού

Οι στρατηγικές για τον προγραμματισμό των υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο για το down LTE έχουν δημιουργηθεί δύο επίπεδα όπως φαίνονται και στο σχήμα παρακάτω υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους ώστε να υπάρχει εκχώρηση για το UE ακόμα λαμβάνουν την κατάσταση του καναλιού και τις συμπεριφορές των πηγών όπως και την μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση. Για το υψηλότερο επίπεδο οι αλγόριθμοι κατανομής του FLS ορίζει καρέ-καρέ την ποσότητα των δεδομένων ότι κάθε πηγή σε πραγματικό χρόνο θα πρέπει να διαβιβάζουν στην ικανοποίηση καθυστέρηση της. Το FLS εκμεταλλεύεται τον διακριτό βρόχο ελέγχου του χαμηλότερου χρονοπρογραμματισμού όπου κάθε TTI εκχωρεί το RBs όπου χρησιμοποιεί τον PF αλγόριθμο και λαμβάνει τις απαιτήσεις για το FLS. Δηλαδή το FLS ορίζει πόσα δεδομένα πρέπει να διαβιβάζονται από κάθε πηγή δεδομένων. Το χαμηλότερο στρώμα διαθέτει για κάθε TTI την εξισορρόπηση ανάμεσα στην απόδοση και την ιεράρχηση. Ακόμα το FLS δεν παίρνει υπόψη του την κατάσταση του καναλιού, αντίθετα το χαμηλότερο στρώμα εκχωρεί το RF πρώτα στις ροές των UES όπου ελέγχει την καλύτερη ποιότητα του καναλιού. Το χαμηλότερο στρώμα αποφασίζει για τον αριθμό των TTI/PF όπου κάθε πηγή μεταφέρει τα πακέτα της. Κάθε προσέγγιση είναι ανεξάρτητη από το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των εισερχόμενων δεδομένων. Στην πραγματικότητα ο έλεγχος της θεωρητικής προσέγγισης περιγράφει μία ροή ως σήμα μοντελοποίησης για το ρυθμό των διαδικών ψηφίων.



Ο χρονοπρογραμματιστής FLS έχει σχεδιαστεί για την χρήση του γραμμικού ελέγχου, τα πακέτα τα οποία περιμένουν να μεταδοθούν αποθηκεύονται σε μία ουρά όπου συνδέεται με το FLS και αξιολογεί την ανάγκη μεταφοράς του συνόλου στην ουρά σε κάθε πλαίσιο. Ο ρόλος του προγραμματιστή FLS στα ανώτερα επίπεδα η αξιολόγηση στο κλειστό σύστημα βρόχου του αλγόριθμου κατανομής στο ανώτερο στρώμα του χρονοπρογραμματιστή όπως φαίνεται και στο σχήμα παρακάτω.



Όπως είναι γνωστό το BIBO είναι η έξοδος του πλάτους παραμένει οριοθετημένο και η είσοδος παραμένει οριοθετημένη αυτή η ιδιότητα εξασφαλίζει ότι το FLS δεν θα προσπαθήσει να διαθέσει ένα άπειρο εύρος ζώνης γιατί η είσοδος είναι οριοθετημένη. Πρώτο θεώρημα είναι : Το σύστημα είναι σταθερό BIBO μία ουρά καθυστέρησης και για μικρότερη από την δειγματοληψία του διαστήματος και μπορεί να παρέχονται από την απόκλιση του βρόχου για παλμό kronecker και δίνεται από τον τύπο :

$$h_{s_i}(k) = \sum_{n=0}^{M_i} c_i(n) \delta(k-n)$$

Και το M_i είναι το μήκος του παλμού

- 1) FLS Υπολογιστική Πολυπλοκότητα : Ο αλγόριθμος FLS μπορεί στα χρονοδιαγράμματα του Down μπορεί να γνωρίζει την ουρά μετάδοσης όλων των ενεργών ροών οπότε μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε τις τιμές κατά την έναρξη κάθε καρέ. Για να αξιολογήσουμε την υπολογιστική πολυπλοκότητα του FLS εκφράζεται με την χαμηλότερη εξέταση στο πεδίο του χρόνου με βάση την παρακάτω συνάρτηση :

$$H_i(z) = \frac{U_i(z)}{Q_i(z)} = \frac{\left[(1-z) \sum_{n=0}^{M_i} c_i(n) z^{-n} + 1 \right]}{\sum_{n=0}^{M_i} c_i(n) z^{-n}}$$

Οπότε γίνεται αντιληπτό ότι για κάθε ροή ο υπολογισμός που απαιτείται για να γίνει είναι πολύπλοκη διαδικασία και έχει ως συνέπεια το σύστημα E-UTRAN να παρέχει σε πραγματικό χρόνο τον ροών την συνολική πολυπλοκότητα του συστήματος.

- 2) Ρόλος συντελεστών c_i : Προκειμένου να υπάρξει μία πιο ολοκληρωμένη εξήγηση το FLS έχει σχεδιαστεί ως ένας βρόχος ελέγχου όπου το σύστημα καθορίζει την ποσόστωση των δεδομένων σε κάθε ροή όπου πρέπει να διαβιβαστούν σε κάθε μεταφορά LTE ώστε να αποκτήσει συγκεκριμένη καθυστέρηση των πακέτων.



Αρχικά κάθε πλαίσιο FLS υπολογίζει το ποσοστό των δεδομένων που θα πρέπει να διαβιβαστούν και χρησιμοποιεί διάφορα φίλτρα του συστήματος. Ένα τέτοιο φίλτρο ένα τέτοιο φίλτρο έχει ως είσοδο τα πακέτα δεδομένων και έξοδο το μήκος της ουράς .

- 3) Επιπτώσεις των πακέτων Αναμετάδοση στη συμπεριφορά Προγραμματισμός: Στα ασύρματα δίκτυα υπάρχει η πιθανότητα να έχουμε σφάλματα PHY όπου προσφέρει ένα ζευγάρι τεχνικών αναμετάδοσης και χρησιμοποιείται για την ανάκτηση μέρους των χαμένων πακέτων στο φυσικό επίπεδο.

B) Χαμηλό επίπεδο χρονοπρογραμματισμού

Για κάθε σχηματισμό TTI σχηματίζει ένα πλαίσιο χαμηλότερου επιπέδου RBS σε πραγματικό χρόνο Έτσι μόλις μία πηγή σε πραγματικό χρόνο έχει μεταδοθεί σε ποσοστό των δεδομένων ορίζεται το FLS όπου χάνει την ευκαρία να μεταδώσει μέχρι το επόμενο πλαίσιο. Για να καταφέρουμε να επιτύχουμε δικαιοσύνη μεταξύ των πολυμέσων στο κατώτερο στρώμα χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο PF.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Για να καταφέρουμε να μελετήσουμε την αποτελεσματικότητα του χρονοπρογραμματιστή χρησιμοποιήσαμε τον εξομοιωτή για να καταφέρουμε να έχουμε μία ποιο ρεαλιστική άποψη για την επίδραση των παρεμβολών ανάμεσα στις κυψέλες αλλά και το αντίκτυπο για το QOE όπου θα έχει για τους τελικούς χρήστες σε πραγματικό χρόνο , τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι ότι η συγκεκριμένη κατανομή των πόρων μας επιτρέπει να έχουμε συγκεκριμένες καθυστερήσεις όπως αυτές που θέτει το QOS .

Σενάριο προσομοίωσης

Έχει αναπτυχθεί ένα πραγματικό σενάριο με 19 κυψέλες οι οποίες είχαν ακτίνα 0.5 χιλιόμετρα και για να υπάρχει η δυνατότητα εύρους ζώνης 10 Mhz για την κάτω ζεύξη και οι κυψέλες είναι ομαδοποιημένες κατά ομάδες των 4 κυττάρων. Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας eNodeB και μεταβλητό αριθμό UEs και εύρος [10-20] και η εξέταση έγινε με ταχύτητα για τους πεζούς με 3 χλμ/ώρα και για τα αυτοκίνητα 120χλμ/ώρα. Έχουμε χρησιμοποιήσει σε ταυτόχρονα σε ροή βίντεο , μία διαδικασία για voice και ροή δεδομένων .



B) πρότυπο σύστημα για LTE E – UTRAN

Το πρότυπο του eNodeB χρησιμοποιεί κεραία μεταφοράς 43 dBm ακόμα έχει 3 θύρες και 3 OFDM και ένα τέτοιο μοντέλο χρησιμοποιεί 4 προϋποθέσεις : 1) η απώλεια διαδρομής , 2) η απώλεια διείσδυσης 3) η σκίαση ,4) η επίδραση της αλίωσης του σήματος . Γίνεται χρήση ενός πλήρους εύρους ζώνης αλλά και υποβολή περιοδικής CQI . Κάθε UE έχει 2 TTIs σήματα προς παρεμβολή προς θόρυβο (SINR) στην συνέχεια αυτές οι τιμές μεταφέρονται στο σύνολο CQI όπου διαβιβάζονται στον κόμβο eNodeB χρησιμοποιεί το κανάλι άνω ζεύξης . Ποιο συγκεκριμένα το eNodeB υπολογίζει αρχικά την αποτελεσματικότητα του SINR και λαμβάνει υπόψην της τελευταίες ανατροφοδοτήσεις του CQI όπου παίρνει από τον χρονοπρογραμματιστή.

Εφαρμογή των Χρονοπρογραμματιστών :

Η πρώτη σημαντική παράμετρος χρονοπρογραμματισμού είναι η καθυστέρηση για τον πραγματικό χρόνο πολυμέσων όπως στις υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο voice , βιντεοκλήση πρέπει να έχει επιτρεπόμενο όριο καθυστέρησης. Τα πακέτα διαγράφονται μόνο όταν λήξουν

Απόδοση χρονοπρογραμματισμού

Η απόδοση για του κανόνες EXP, LOG και FLS έχει γίνει η αξιολόγηση με βάση το UE , την ταχύτητα και τη καθυστέρηση σε πραγματικούς χρόνους ροής όπου λαμβάνουμε και της παρεμβολές των κυψελών. Για το multimedia του PLR αλλά και για το QoS για το επίπεδο του δικτύου. Ακόμα για το QoE η αξιολόγηση της ικανοποίησης των χρηστών χρησιμοποιήσαμε το PSNR οποίο είναι από τις πιο διαδεδομένες μετρήσεις ώστε να ικανοποιούμε την απόδοση των χρηστών για δεδομένα video σε πραγματικό χρόνο. Για να βελτιώσουμε τις προσπάθειες των ροών δε απαιτούνται αυστηρές προδιαγραφές για το QoS . Οι χρήστες με το μεγαλύτερο PLR έχουν και μεγαλύτερη ταχύτητα , όταν οι χρήστες αυξάνονται το κανάλι είναι πιο εύκολο να πέσει σε λάθοι γιατί έτσι παραβιάζεται το MCS οπότε έχουμε μεγαλύτερα πακέτα τα οποία παραβιάζουν την προσθεσμία για αποστολή. Για να υπάρξει μικρότερο PLR χρησιμοποιούμε την κατανομή έτσι καταφέρουμε να έχουμε όριο για την μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση οπότε έτσι βελτιώνονται οι υπηρεσίες για το LTE. Ακόμα με τον κανόνα EXP μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερες αποδόσεις. Ακόμα το VOIP χρειάζεται μικρότερες ροές από αυτές του video . Ακόμα το PLR έχει ομοιόμορφη κατανομή εντός της κυψέλης , το τμήμα V-D έχει υψηλότερη τιμή του PLR οπότε αυτό μας δείχνει ότι έχουμε χειρότερο QoE .



D. QoE πολυμεσικών ροών:

Γίνεται αισθητό το PLR στο QoE στους χρήστες οι οποίοι λαμβάνουν VOIP και video έτσι μπορούμε να καταλάβουμε πώς η απώλεια επηρεάζει την ποιότητα η οποία λαμβάνεται σε πραγματικό χρόνο. Για να γίνει αντιληπτό το πόσο ποιοτικό θέλουμε χρησιμοποιούμε ως μέσο βαθμολόγησης το MOS και το μοντέλο ITU-E . Γενικά ο υπολογισμός της καθυστέρησης των πακέτων έγινε από άκρο σε άκρο για τα πακέτα επειδή το MOS είναι μεγαλύτερο από το 4 όπου οι χρονοπρογραμματιστές , οπότε έτσι οι χρήστες έχουν καλύτερη μία καλή ποιότητα επικοινωνίας

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εδώ γίνεται εξέταση πάνω στα πακέτα των πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο για τα δίκτυα LTE και για αυτό τον λόγο έχει αναπτυχθεί ένας αλγόριθμος δύο επιπέδων γίνεται λόγος και για την αποτελεσματικότητα του και γίνεται σύγκριση με άλλους γνωστούς αλγορίθμους λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους όπως την παρεμβολή, αλλά και το QoE εάν γίνεται αντιληπτό στους τελικούς χρήστες.

QoS Oriented Time and Frequency Domain Packet Schedulers for The UTRAN Long Term Evolution

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η ορθογωνιότητα της συχνότητας του OFDMA για το Downlink οι μέθοδοι για την διακίνηση ελέγχου μεταξύ των χρηστών . Η έρευνα στηρίζεται στο 3GPP . Έχει αποδειχθεί ότι ο έλεγχος μπορεί να γίνεται αποτελεσματικός μέσα στην περιοχή των συχνοτήτων ανάλογα με τον αριθμό των κυψελών. Ακόμα έχουμε δημιουργήσει την αποσύνδεση μεταξύ του χρόνου και το πεδίο της συχνότητας ώστε να μεγιστοποιήσουμε την απόδοση του ελέγχου. Οι αλγόριθμοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται είναι ο Best Effort και ο Constant Bit Rate όπου έχει αποδειχθεί ότι παρέχει οφέλη κάλυψης έως και 60% για την απώλεια κάλυψης σε σχέση με το γνωστό αναλογικό πεδίο του χρόνου – συχνότητας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το OFDMA είναι η τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στο Downlink για το 3GPP UTRAN Long Term Evolution , ενώ για το σύστημα πολυπλεξίας στο πεδίο του χρόνου είναι το High Speed Downlink Packet Access όπου στο πεδίο του χρόνου χρήσης πακέτων ακόμα το OFDMA δίνει την δυνατότητα εκτέλεσης συχνοτήτων για τον τομέα προγραμματισμού, έτσι καταφέρνουμε να επιτύχουμε σημαντική αύξηση στην απόδοση των κυψελών αλλά και στις συχνότητες πολλών χρηστών .Οι QoS ξέρουν το πακέτο προγραμματισμού για το OFDMA και αυτοί οι αλγόριθμοι δεν λαμβάνουν υπόψη τους



περιορισμούς και τις πρακτικές οι οποίες τηρούνται σε ένα πραγματικό σύστημα LTE. Από την άλλη πλευρά ένα πλαίσιο πακέτων για το OFDMA στηρίζεται στην βάση και η διαδικασία υποδιαιρείται σε ένα προγραμματισμό πεδίο χρόνου και επιλέγει από ένα περιορισμένο αριθμό χρηστών ώστε να περάσει σε αποσύνδεση.

Εδώ κάνουμε μελέτη σε διαφορετικές στρατηγικές προγραμματισμού για την ισότητα μεταξύ των χρηστών . Αρχικά γίνεται λόγος για το CBR ενώ το άλλο μέρος γίνεται αναφορά για την συχνότητα των αλγορίθμων αλλά και την αντικειμενικότητα που γίνεται στους ελέγχους.

II Πακέτο χρονοπρογραμματισμού.

Το πλαίσιο για την διαχείριση των πόρων είναι πανομοιότυπο και μπορεί να αναφερθεί για περισσότερες λεπτομέρειες για της βασικές συνδέσεις HAPD . Τα στάδια είναι τρία στο πρώτο στάδιο γίνεται έλεγχος στο χρονοπρογραμματισμό και στο σύνολο των χρηστών με βάση της πληροφορίες ρύθμισης , στο δεύτερο στάδιο γίνεται ο χρονοπρογραμματισμός στο πεδίο του χρόνου και μετά περνιέται στο πεδίο των συχνοτήτων και το τρίτο στάδιο είναι το PRB όπου είναι η μικρότερη συχνότητα στο πεδίο μονάδας χρονοπρογραμματισμού και αποτελείται από πολλά OFDMA των γειτονικών υποφορέων. Ο χρόνος και η συχνότητα των τομέων γνωρίζουν για της διάφορες παραμέτρους του QOS όπου παίρνουν από την κληρονομικότητα των ανώτερων στρωμάτων .

A Schedulability Check

Η προγραμματίση των χρηστών γίνεται με τις δύο προϋποθέσεις παρακάτω.

1. Τουλάχιστον ένα κανάλι HAPD είναι δωρεάν ή να έχει μία εκκρεμότητα αναμετάδοσης .
2. Η ποσότητα των δεδομένων στον κόμβο είναι μεγαλύτερη από το Bb ή επικεφαλής της καθυστέρησης είναι μεγαλύτερο από το TbS

Με την δεύτερη προϋπόθεση προσπαθούμε να μεγιστοποιήσουμε την συχνότητα των πακέτου του χρονοπρογραμματισμού αποφεύγοντας τους περιορισμούς με τα λίγα διαθέσιμα στοιχεία. Οπότε έτσι ορίζεται σε Bb ώστε τουλάχιστον να διαφοροποιείται και κωδικοποιείται συστηματικά . Έτσι με αυτό τον τρόπο το πακέτο του χρονοπρογραμματισμού επιλέγει ανάμεσα σε ένα μεγάλο σύνολο PRB κατανομής όπου ο μέγιστος αριθμός των PRBS περιορίζεται σε σπάνιες περιπτώσεις.

B Time Domain Scheduler

Το προτεινόμενο πεδίο του χρόνου με προτεραιότητα στο Scheduler έχει ως σκοπό την παροχή ενός καθορισμένου Target Bit Rate (TBR) σε όλους τους χρήστες αλλά και ορισμένα επιπλέον resources αλλά αυτό εξαρτάται από την πολιτική. Έτσι για να πραγματοποιηθεί αυτή η ιεράρχηση το TD-PSS κάνει δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι να διαχωρίζει τους χρήστες σε δύο σύνολα. Οι χρήστες της ρύθμισης set1 παίρνουν προτεραιότητα σε αντίθεση με τους άλλους που είναι στους set2 χρήστες. Ορισμός 1 οι χρήστες με το TDBET δίνεται από τον τύπο $MBET[n]=1/R[n]$ ενώ ο ορισμός 2 γίνεται ταξινόμηση των χρηστών σύμφωνα με το πεδίο του χρόνου $MPF[n]=D[n]/R[n]$ όπου n είναι ο δείκτης των χρηστών , το E(n) είναι η μέση απόδοση του χρήστη όπου υπολογίζεται ως εκθετικό μέσο φιλτραρίσματος . Το D[n] είναι η διακίνησης της ευρείας ζώνης και εκτιμάται από προσαρμοσμένη ζεύξη . Εάν το TBR=0 τότε το TD-PSS είναι ισοδύναμο στο πεδίο του χρόνου ανάλογα με τον



χρονοπρογραμματισμό. Στην περίπτωση αυτή ο προγραμματιστής να δώσει ένα ίσο μερίδιο του χρόνου των πόρων σε κάθε χρήστη όταν το κανάλι είναι σε καλή ποιότητα. Ενώ όταν το $TBR = \infty$ TD-PSS τότε προσπαθεί να δώσει μία απόδοση ίδια σε όλους τους χρήστες.

c) Συχνότητα τομέα Scheduler

Κάνουμε έρευνα για την απόδοση με την παρακάτω συχνότητα χρονοπρογραμματισμού τομέα. Ο χρονοπρογραμματιστής επιλέγει το PRB όπου η χρήση μεγιστοποιεί την επιλεγμένη μετρική .

1) Συχνότητα τομέα - Αναλογική Fair (FD-PF):

Δίνεται από τον παρακάτω τύπο $MPF[k, n] = d[k, n] / R[n]$ όπου το $d[k, n]$ είναι η εκτιμώμενη απόδοση για τον χρήστη n για PRB k και το FD-PF . Όμως το FD-PF περιλαμβάνει το χρόνο του χρήστη κατά μέσο όρο απόδοσης σε μετρικούς και ξέρουμε ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ του FD-PF και TD-PSS. Πραγματικά το TD-PSS θα διατηρεί τη διακίνηση των χρηστών χαμηλής ποιότητας σήματος σε TBR , το FDPF θα μειώσει το μερίδιο κατανομής τους ως προς τη συχνότητα του τομέα. Έτσι για αυτό το λόγο προτείνουμε δύο νέους προγραμματιστές ο μετρικός να αποσυνδεθεί από το πεδίο του χρόνου.

2) Συχνότητα τομέα - Αναλογική Έκθεση προγραμματιστεί (FDPFsch):

$$MPFsch[k, n] = d[k, n] / Rsch[n]$$

Το $Rsch[n]$ είναι μία εκτίμηση για την απόδοση του χρήστη n , αν ο χρήστης n στο χρονοπρογραμματισμό σε κάθε υπο-πλαίσιο .

3) Συχνότητα τομέα - Μεταφορέα πάνω Παρεμβολές στο μέσο όρο (ColtA):

$$MColtA[k, n] = C^oI[k, n] / C^oI[k, n]$$

Ο αριθμητής είναι μία εκτίμηση του σήματος σε παρεμβολές προς τον θόρυβο . Ο παρονομαστής περιγράφει την ποιότητα του καναλιού

d) Αντικειμενικότητα Ελέγχου



Το πεδίο του χρόνου TD-PSS δίνει τη δυνατότητα στον μηχανισμό ελέγχου να παρέχει την ρύθμιση και προσαρμογή των χρηστών όταν ο αριθμός των χρηστών στην κυψέλη είναι μεγαλύτερη από το NMux ,σε αντίθετη περίπτωση ο χρονοπρογραμματιστής στο πεδίο του χρόνου δεν θα έχει κανένα αποτέλεσμα. Οπότε εμείς εισάγουμε ένα μηχανισμό όπου βοηθά τον έλεγχο της ισότητας όπου υπάρχουν περιπτώσεις ο μικρός αριθμός των χρηστών συνίσταται για την εφαρμογή για το FD ως μετρικό των χρηστών όπου βρίσκονται κάτω από το TBR . Το PRB στο πεδίο των συχνοτήτων όπου επιλέγει ο χρήστης και μεγιστοποιεί τη συχνότητα .

Ιν Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

Η αξιολόγηση γίνεται τόσο σε εξέταση κυψελών αλλά και σε κάλυψη.

A. Ελέγχος για καλύτερη κίνηση

1. Μεγάλος αριθμός χρηστών : Για την περίπτωση όπου υπάρχει υψηλός ρυθμός ενεργών χρηστών για πάνω από 20 χρήστες μελετάμε της διαφορετικές ρυθμίσεις για TBR και TD-PSS. Υπάρχει διαφορετική συχνότητα για το χρόνο των πόρων συμπεριφοράς κατανομής. Οι χρήστες της ποιότητας TBP έχουν υψηλή τιμή και ποιο συγκεκριμένα για το $TBR = 0$ είναι ίδιο με το TD – PF το FD - PFsch και FD – CoItA έχουν κατανομή στο πεδίο της συχνότητας όπου το πρότυπο είναι εντελώς ανεξάρτητο για τη ρύθμιση TD – PSS. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στο μετρικό αποσύνδεσης όπου είναι ίσο με το μερίδιο των πόρων στο πεδίο της συχνότητας σε όλους τους χρήστες . Για το FD – PFsch παρέχει περισσότερους πόρους για τους χρήστες .

Αυτό independancy επιτυγχάνεται χάρη στο μετρικό αποσύνδεση .

CoItA δίνει περίπου ίσο μερίδιο στους πόρων στο πεδίο της συχνότητας σε όλους τους χρήστες , ενώ FD - PFsch διαθέτει η περισσότερους πόρους για την υψηλή τους χρήστες G - παράγοντας . CoItA διαθέτει γενικά λιγότερο PRBS από FD - PFsch , ως εκ τούτου περισσότεροι χρήστες είναι πολυπλέκονται στο πεδίο των συχνοτήτων και αυτό εξηγεί γιατί το μερίδιο του χρόνου προγραμματισμού , όταν χρησιμοποιεί το FD - CoItA είναι γενικά υψηλότερη από ό, τι με το FD - PFsch . Από την άλλη πλευρά, για FD- PF, η συχνότητα σχέδιο κατανομής χώρου εξαρτάται από τις ρυθμίσεις TD - PSS . Όταν ΚΕΦ = 900kbps , FD - PF διαθέτει σημαντικά περισσότερους πόρους στους χρήστες υψηλό συντελεστή γεωμετρία . Αυτή η συμπεριφορά έρχεται σε αντίθεση με την TD - PSS και μπορεί να εξηγηθεί από μετρικό σύζευξη . Με τις ρυθμίσεις της προσομοίωσης μας , όταν ΚΕΦ = 900kbps TD- PSS προσπαθεί να εξισώσει την απόδοση ($R [n]$) όλων.

2. Μικρός αριθμός των χρηστών.

Στην πρώτη περίπτωση μελετάμε την επίδραση της στάθμισης στο πεδίο του χρόνου και ο χρονοπρογραμματιστής στο πεδίο του χρόνου όταν οι χρήστες δεν υπερβαίνουν τους 10 . Το FD – PFsch μας δείχνει και το FD – CoItA μας δίνει μία καλύτερη κάλυψη από το PFsch , το FD – CoItA δίνει σχεδόν το ίδιο μερίδιο σε όλους τους πόρους των χρηστών για το FD – PFsch ενώ το διαθέτει λιγότερο PRBS πόρους για τους χρήστες με γεωμετρικούς παράγοντες.



Α. Δείχνει τις αθροιστικές συναρτήσεις κατανομής τη διακίνηση του χρήστη και του μέσου αριθμού των χρηστών ανάκυττάρων για τον προγραμματιστή FD - CoItA με και χωρίς στάθμιση . Πρώτα παρατηρούμε ότι η καμπύλη αθροιστικής κατανομής του σταθμισμένο FD - CoItA είναι ασύμμετρη γύρω από την τιμή 2 Mbps διασκορπισμένες αντιστοιχεί στο ΚΕΦ . Η κλίση της καμπύλης είναι πιο απότομη πριν από την ΚΕΕ ? η κατάσταση απόδοσης βελτιώνεται μέχρι στο 25ο εκατοστημόριο σε σύγκριση με τη μη σταθμισμένη καμπύλη . Πράγματι, η στάθμιση διαθέτει περισσότερα PRBS στους χρήστες που δεν φθάνουν TBR τους, η οποία οδηγεί σε μια συνεπή κάλυψη βελτίωση. Ωστόσο, η στάθμιση δεν είναι αρκετά αποτελεσματική ώστε να επιτρέπουν το 95 % των χρηστών να φτάσουν ΚΕΦ τους . Δεύτερον, το σχήμα β) δείχνει ότι ο αριθμός των χρηστών διατηρείται γενικά μικρότερος όταν εφαρμόζεται στάθμιση . Πράγματι, κατά την εφαρμογή ενός πιο δίκαιου στρατηγική στην διάρκεια της διακίνησης, ο χρήστες με χαμηλή ποιότητα κανάλιου κάνει δεν συσσωρεύονται στο δίκτυο, το οποίο γενικά καταλήγει σε μια κατώτερο αριθμό χρηστών.

Constant Bit Rate Traffic

Οι δύο περιπτώσεις που περιγράφονται παρακάτω θα είναι οι διπλάσιοι στα 128 kbps από αυτούς που είναι στα 256 kbps .

- a) TD-PF / FD-PF as a reference
- b) TD-PSS / FD-PFsch

Στην περίπτωση για το CBR = 256kbps είναι οι χρήστες μεγαλύτερη κατά 10% παραπάνω για το TD - PSS / FDPFsch . Αυτό σημαίνει ότι ο χρονοπρογραμματιστής στο πεδίο του χρόνου είναι ενεργό κατά 10% οπότε υπάρχει μία περιορισμένη επιρροή άρα το πλεονέκτημα είναι στο TD-FD.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Έχουν υπάρξει νέες μέθοδοι για το 3GPP LTE οι οποίες βοηθούν στο να περιορίσουν την απώλεια μεταξύ των κυττάρων. Παίζει σημαντικό ρόλο ο χρόνος αλλά και η συχνότητα για τον σχεδιασμό του QoS .Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για το LTE το FD - PFsch για το πεδίο της συχνότητας ακόμα πρέπει να συμπληρώσουν το χρονοδιάγραμμα στο πεδίο της συχνότητας και για μηχανισμό ελέγχου το TD - PSS.

QoS provisioning in LTE-A networks with relay nodes



Η Τρίτη γενιά έχει σχεδιαστεί στο πλαίσιο της επαναδημιουργίας για το LTE Advanced όπου έχουν σχεδιαστεί διάφορες καινοτόμες λύσεις όπως η ενσωμάτωση του φορέα, η βελτιωμένη υποστήριξη κεραιών οι οποίες συντονίζουν τεχνικές μετάδοσης πολλαπλών σημείων, μετεγκατάσταση και multi-user όπου έχει πολλαπλές εισόδους-εξόδους και έτσι επιτρέπει στην επόμενη γενιά κυψελοτών συστημάτων να εργάζονται πολύ κοντά στο Shannon όριο. Ακόμα έχει αναπτύχθηκε ένα ετερογενές δίκτυο όπου αποτελείται από μικρής εμβέλειας όπως το Micro και pico όπου θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ώστε να ενισχυθεί η κάλυψη της ικανότητας για ορισμένες περιοχές. Για της απομακρυσμένες περιοχές όπου το σήμα επηρεάζεται από κακές συνθήκες καναλιού έχουμε εισάγει νέο κόμβο αναμετάδοσης και δεσμεύει τα κινητά τερματικά κατά της λεγόμενης σύνδεσης χρήστη και παράλληλα διατηρεί μία σύνδεση με το ENB μέσω ad-hoc σύνδεσης. Η πολλαπλή εκπομπή MBSFN έχει σχεδιαστεί ώστε να προσφέρει ενισχυμένες πολυμεσικές υπηρεσίες πάνω από την LTE υποδομή ώστε να εξυπηρετήσουμε ταυτόχρονα επικοινωνίες κατά μήκος των χρηστών και backhaul συνδέσεις. Ειδικότερα η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων αναμετάδοσης και DeNBs όπου επιτρέπει μόνο κατά την διάρκεια συγκριμένων διαστημάτων όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κόμβους αναμετάδοσης για την ανταλλαγή πακέτων με το κινητό. Το πρότυπο αυτό δεν αναφέρει τίποτε για καμία στρατηγική των πόρων όπου σχηματίζει από τον χρήστη και το backhaul. Προτείνεται ένα πολύ βασικό σύστημα όπου μπορεί να προσφέρει QOS σε πραγματικό χρόνο.

Η προτεινόμενη λύση χρονοπρογραμματισμού.

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση δύο αλγορίθμων ώστε να καταφέρουμε να διορθώσουμε διάφορες καθυστερήσεις στα πολυμέσα. Ο χρονοπρογραμματισμός σε δεύτερο επίπεδο έχει σχεδιαστεί αρχικά για να παρέχει όρια στην καθυστέρηση σε υπηρεσίες πραγματικού χρόνου για το down του LTE. Υπάρχουν δύο επίπεδα για την υψηλή θέση μία κατανομή πόρων δηλαδή FLS ορίζεται για μακροπρόθεσμα για την ποσότητα των δεδομένων που θα μεταδίδονται από κάθε πηγή δεδομένων. Το χαμηλότερο επίπεδο λειτουργεί με βάση το χρόνο υποδοχής ώστε να διαθέσει τους ραδιο-πόρους όπου λαμβάνει την κατάσταση του καναλιού αλλά και τους περιορισμούς όπου επιβάλλονται από το FLS. Τα πακέτα όπου παράγονται από μία συγκριμένη εφαρμογή όπου κατευθύνεται προς ένα τερματικό είναι enqueued στην πλευρά του σταθμού βάσης σε μία συγκεκριμένη ουρά. Ετσι $qi(k)$, $ui(k)$, και $di(k)$ τα δεδομένα συνδέονται σε ουρά.

$$ui(k)=qi(k)+\sum_{n=2}^{Mi} qi(k-n+1)-qi(k-n+2)-ui(k-n+1)]ci(n)$$

Από την αρχή του κάθε πλαισίου στο χαμηλότερο επίπεδο διαθέτει πόρους στο ραδιοφάσμα μόνο στις ροές με πραγματικό χρόνο επιτρέπουν την μετάδοση και την ποσόστωση των δεδομένων όπου ορίζεται από το FLS. Για να καταφέρουμε να επιτύχουμε αντικειμενικότητα μεταξύ των διαφόρων ροών πολυμέσων, το κατώτερο στρώμα χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο PF

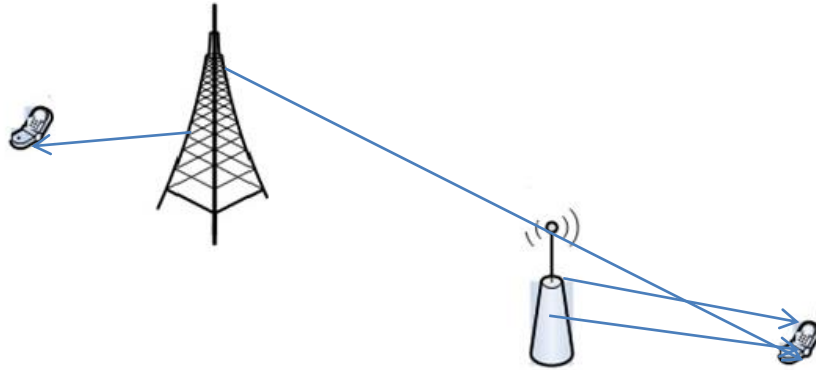
B Προσαρμογή του χρονοδιαγράμματος σε δύο επίπεδα με την τεχνολογία αναμετάδοσης

Η παρακάτω προσέγγιση χωρίζει στα δύο την καθυστέρηση στο δίκτυο δηλαδή από το DENB προς το τερματικό



$$T_i = T_{i,DeNB \rightarrow relay} + T_{i,relay \rightarrow UE}$$

Το $T_{i,DeNB \rightarrow relay}$ και $T_{i,relay \rightarrow UE}$ είναι η καθυστέρηση του backhaul όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα



Σύμφωνα με το σκεπτικό αυτό καταλαβαίνουμε ότι υπάρχει μία έκδοση σε δύο επίπεδα χρονοδιαγραμμάτων όπου το κάθε DeNB και relay αποτελεί αυτόνομη στρατηγική κατανομή των πόρων . Ακόμα αξίζει να σημειώσουμε ότι το σκεπτικό του FLS το πόσα δεδομένα λαμβάνει κάθε σταθμός δεν εξαρτάται από την δομή του ίδιου του πλαισίου αλλά από τον αλγόριθμο όπου μπορεί να διαμορφωθεί από το MBSFN

Η αξιολόγηση των επιδόσεων

Το πλαίσιο για το LTE χρησιμοποιείται για να αξιολογήσουμε την απόδοση της προτεινόμενης προσέγγισης, με τα γνωστά συστήματα PF και LOG , πιο ειδικά το συγκεκριμένο σενάριο αποτελείται από 19 μακροκυψέλες με ακτίνα 0,5 χλμ . Σε κάθε macrocell υπάρχει ένας μεταβλητός αριθμός χρηστών ανάμεσα στους 0-20, ένας ENB αλλά και 6 κόμβοι αναμετάδοσης όπου τοποθετείται σε μία απόσταση από το ENB και είναι ίσο με το 80% της ακτίνας του κυττάρου. Χρησιμοποιείται η στρατηγική της επαναχρησιμοποίησης της συχνότητας όπου έχει εγκριθεί για την διανομή της συχνότητας μεταξύ των σταθμών βάσης ώστε να διασφαλιστεί σε κάθε ένα το εύρος ζώνης για το down να είναι ίσο με 10 MHz. Στο φυσικό στρώμα θέτουμε την μετάδοση της ισχύος του ENB και ο κόμβος αναμετάδοσης στα 46 dBm και 30 dBm αντίστοιχα. Ακόμα θεωρώντας την απόσταση d μεταξύ των κόμβων σε χιλιόμετρα , το αστικό μοντέλο έχει εξεταστεί όπως το pathloss μεταξύ του ENB και του χρήστη υπολογίζεται από τον τύπο $PL = 128,1 + 37,6 \log d$ και μεταξύ του κόμβου και του relay δίνεται από τον τύπο $PL = 103,8 + 20,9 \log d$. Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα έχει δημιουργηθεί ένα πλαίσιο MBSFN δομής , η οποία επαναλαμβάνεται χωρίς παραλλαγές σε πλαίσιο και με χρονοθυρίδες με αριθμό 1, 6 , 7 , και 10 και έχουν ταξινομηθεί ως μη MBSFN. Ο κάθε χρήστης έχει τον ίδιο χρόνο ροής για βίντεο με κωδικοποίηση H.264 με μέση τιμή 128 kbps αλλά και καλύτερη ροή για ανεξάντλητη πηγή. Ακόμα στις προσομοιώσεις έχουμε δύο διαφορετικές καθυστερήσεις οι οποίες είναι ίσες με 60 ms και 100 ms και έχει ισοθετηθεί να δίνει τόσο για την φωνή αλλά και για το βίντεο ώστε να εξασφαλίσουμε ότι έχουμε τον ίδιο συγχρονισμό για τον ίδιο χρήστη και είναι μεγάλης σημασίας για το βίντεο . $\tau_{DRi} = \tau_{RUi} = \tau_i/2$. Τέλος το PF και LOG αλγόριθμοι εφαρμόζονται ανεξάρτητα τόσο στο backhaul αλλά και στις συνδέσεις των χρηστών . Η σύγκριση μεταξύ των διαφόρων στρατηγικών προγραμματισμού έχει δημιουργηθεί με βάση την διαφορά των δεικτών της απόδοσης όπως το PLR των πολυμέσων εφαρμογών καθώς και



το goodput αλλά και βελτίωση της αντικειμενικότητας της βελτίωσης των προσπαθειών ροής.

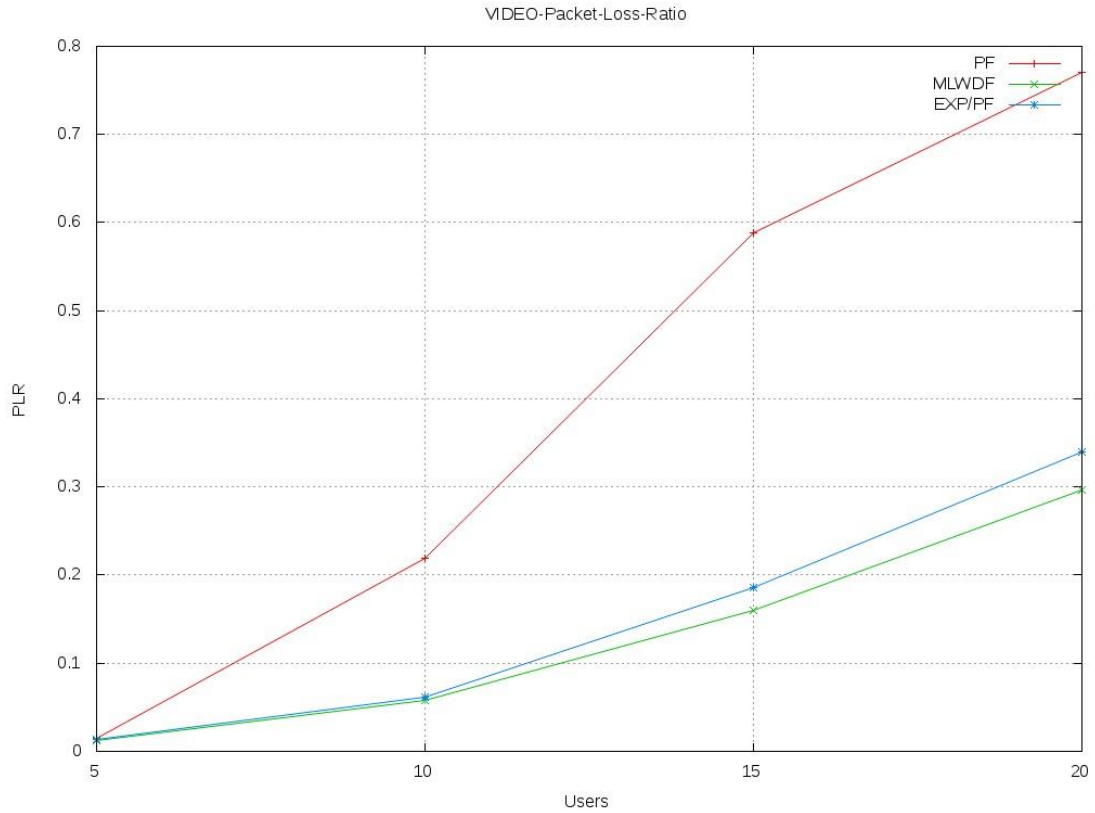
Συμπέρασμα και μελλοντικές εργασίες

Παρουσιάζεται μία στρατηγική προγραμματισμού όπου προσφέρει οριοθέτηση καθυστέρησης σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου σε ετερογενή δίκτυα όπου αποτελείται από μακροκυψέλες και κόμβους αναμετάδοσης . Η απόδοση χρησιμοποιεί το LTESim και λαμβάνει διάφορες συνθήκες δικτύου σε πραγματικό χρόνο εφαρμογών πολυμέσων . Τόσο στο PF και σε κανόνες LOG με τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι με την παραπάνω προσέγγιση μπορούμε να ξεπεράσουμε σε απόδοση άλλα συστήματα όσων αφορά την απώλεια πακέτων σε φωνή αλλά και σε video και στο μέλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος σε ποιο σύνθετες μορφές HetNets



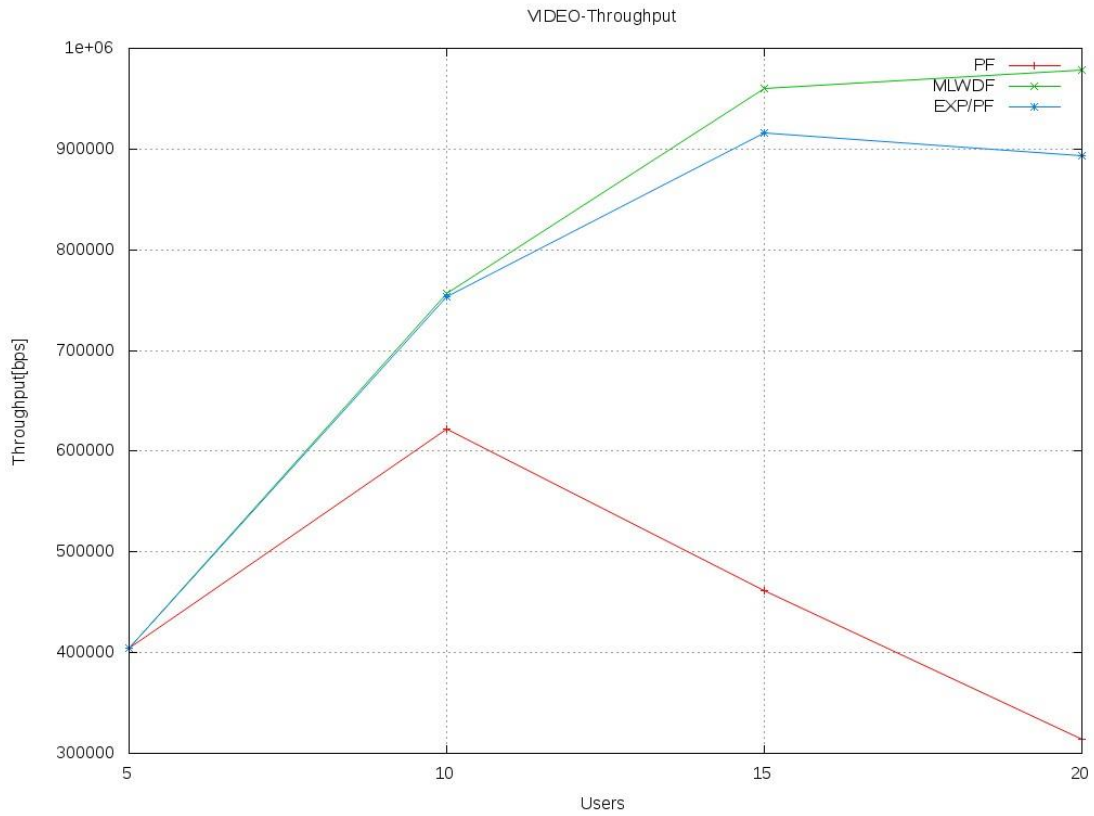
Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε λειτουργικό σύστημα linux Ubuntu και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις παρακάτω απεικονίσεις :

Παρατηρούμαι ότι αρχικά ο ρυθμός των χαμένων πακέτων στους 5 χρήστες είναι μικρός και όσο αυξάνονται οι χρήστες έχουμε μεγαλύτερες απώλειες



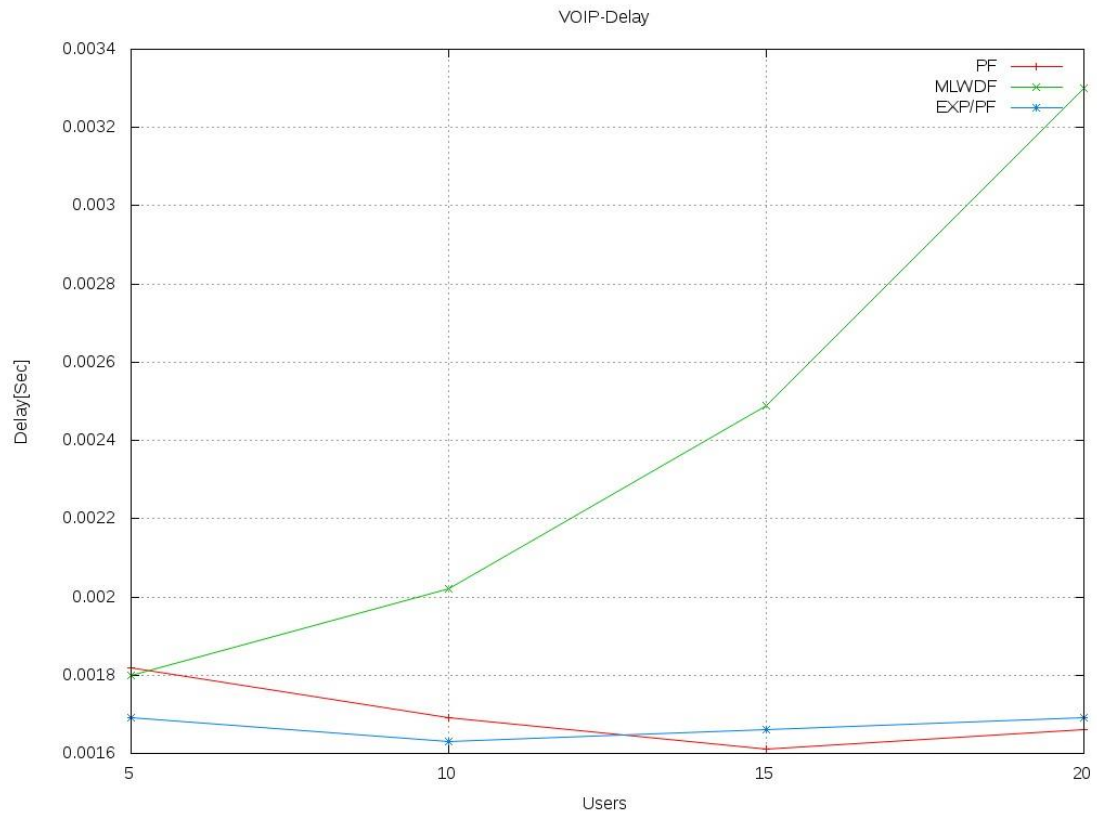


Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμαι ότι ο ρυθμός εξυπηρέτησης αυξάνεται μέχρι τους 10 χρήστες αλλά παρατηρούμαι ότι από τους 10 χρήστες και πάνω το PF μειώνεται ενώ τα άλλα αυξάνονται .



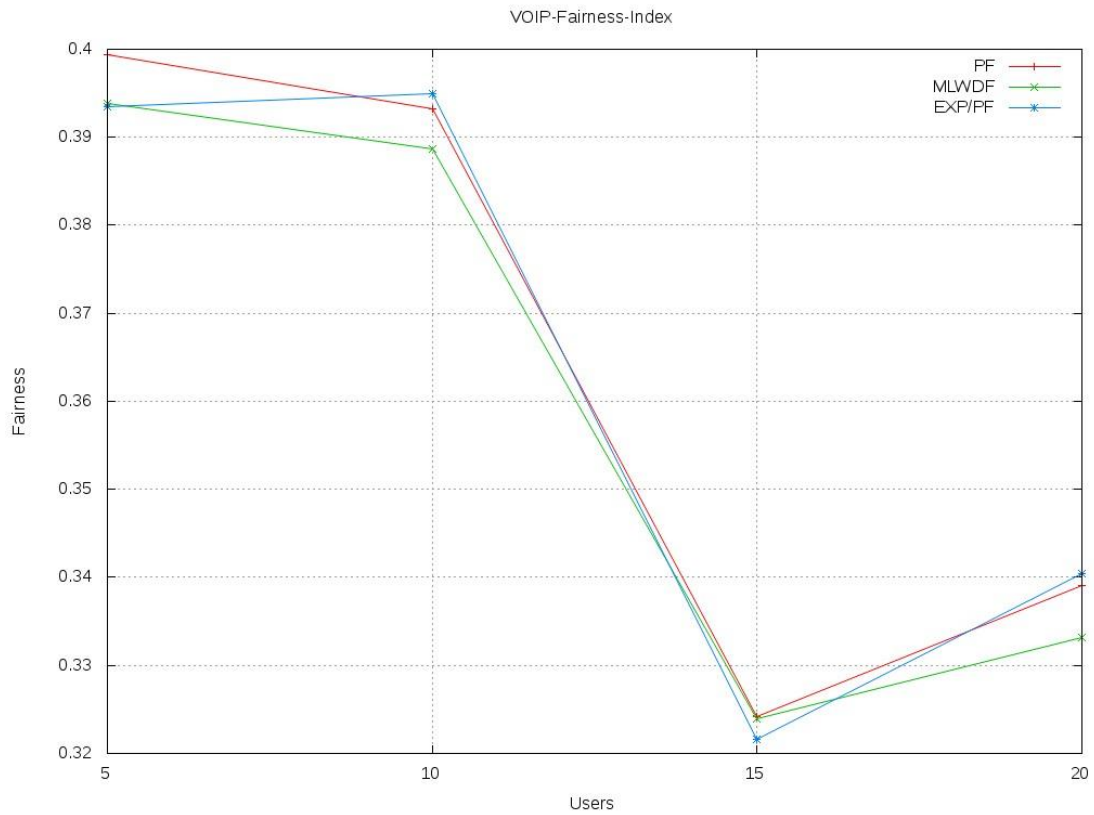


Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η καθυστέρηση στην φωνή και όσο περισσότεροι χρήστες είναι τόσο όλα μένουν γενικά σε σταθερά επίπεδα μόνο το PF αυξάνεται ραγδαία.

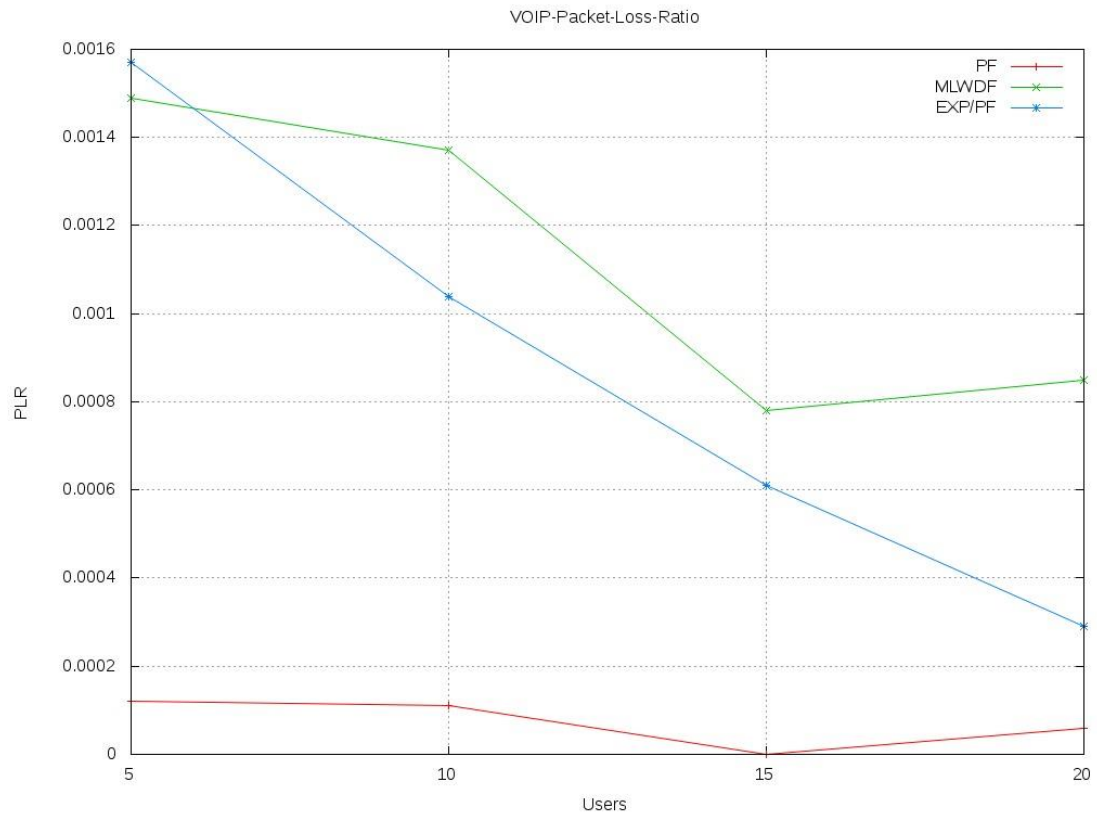




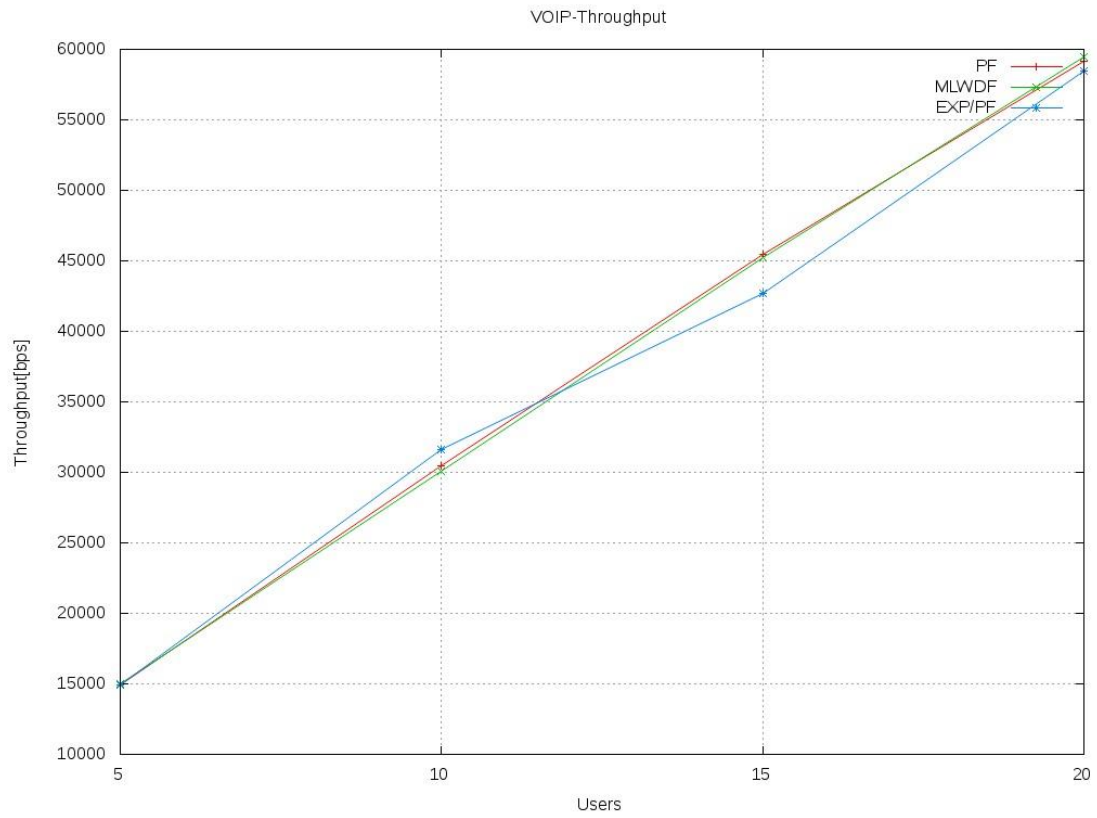
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι αρχικές τιμές του fairness όπου όσο αυξάνονται οι χρήστες βλέπουμε ότι όταν το κανάλι έχει 15 χρήστες έχουμε το μικρότερο fairness.



Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαμένα πακέτα παρατηρούμαι ότι έχουμε αρχικά υψηλό PLR αλλά όσο αυξάνονται οι χρήστες μειώνεται .



Ο ρυθμός εξυπηρέτησης αυξάνεται όσο αυξάνονται και οι χρήστες





ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Επειδή οι απαιτήσεις για ποιο πολύ εύρος ζώνης αυξάνονται όλο και περισσότερο υπάρχει μεγάλη ανάγκη για περισσότερο εξελιγμένο σύστημα κινητής τηλεφωνίας . Έτσι έχει δημιουργηθεί το 4G όπου μπορεί να υποστηρίξει μεγάλες ταχύτητες στο εύρος ζώνης . Λόγω του ότι είναι αδύνατο να υπάρχει κάλυψη σε μία ολόκληρη περιοχή ηλεκτρομαγνητικά , χωρίζονται σε κυψέλες με πομποδέκτες με μικρότερη ισχύς οπότε έτσι πραγματοποιούνται διαδικασίες όπως η επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων όπως και να διασπάσουμε τις κυψέλες για να αυξήσουμε τις προσφερόμενες τηλεπικοινωνιακές κινήσεις. Λόγω του ότι το σήμα πρέπει να μεταδίδεται ακέραιο έτσι πρέπει να προσπαθήσουμε να ελέγξουμε τους παράγοντες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την εξασθένηση του σήματος και όσο μπορούμε να τους ελαχιστοποιήσουμε .Για αυτό πρέπει να υπάρξει σωστός σχεδιασμός ώστε να μειωθούν οι απώλειες μετάδοσης ,σκίασης όπως και οι διαλείψεις. Με την σωστή μελέτη των κυψελών και να έχουν την ίδια συχνότητα έχουμε ελάττωση στις ομοκαναλικές παρεμβολές και με το να χρησιμοποιούμε σωστά τα φίλτρα απομακρύνονται οι παρεμβολές από το γειτονικό κανάλι. Για να καταφέρουμε να αντιμετωπίσουμε το μεγάλο φορτίο τις αυξημένες τηλεπικοινωνιακές κινήσεις ώστε να τις αντιμετωπίσουμε με τη χρήση κατευθυντικών κεραιών .



Βιβλιογραφία

- 1) Eric Dalman, S. P. (2011). *4G LTE/LTE-Advanced for Mobile BroadBand*.
- 2) Stefania Sesia, I. T. (2011). *LTE The UMTS Long Term Evolution*.
- 3) [http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telecommunication\)](http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication)). (n.d.). Retrieved from en.wikipedia.org: [http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telecommunication\)](http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication))
- 4) <http://el.wikipedia.org/wiki/LTE>
- 5) <https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/home>
- 6) <http://www.fortunegreece.com/article/giati-to-diktio-4g-tha-allaxi-ton-kosmo/>
- 7) <http://www.unwiredinsight.com/2014/5g-mobile-network-features>
- 8) Two-Level Downlink Scheduling for Real-Time Multimedia Services in LTE Networks
- 9) <http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/mobile-phones/4g-and-lte-everything-you-need-to-know-926835>
- 10) Jawwad Ahmad, Ben Garrison, Jim Gruen, Chris Kelly and Hunter Pankey (2003). *4G Wireless Systems*, Next-Generation Wireless Working Group.
- 11) Liljana M. Gavrilovska, Vladimir M. Atanasovski (2005). *Ad Hoc Networking Towards 4G: Challenges and QoS Solutions*
- 12) Harri Honkasalo, Kari Pehkonen, Markku T. Niemi, And Anne T. Leino (2002). *WCDMA And WLAN For 3G And Beyond*, Technologies For 4G Mobile Communications, Nokia
- 13) D. Rouffet, S. Kerboeuf, L. Cai, V. Capdevielle (2005). *4G Mobile*, Technical Paper
- 14) K.R.Santhi, G. Senthil Kumaran (2006). *Migration to 4G: Mobile IP based Solutions*
- 15) Motorola. *Driving 4G: WiMAX & LTE*, Positioning Paper
- 16) Jivesh Govil, Jivika Govil (2008). "4G: Functionalities Development and an Analysis of Mobile Wireless Grid," , First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology.
- 17) Tony Ottosson, Mikael Sternad, Anders Ahlen, Arne Svensson and Anna Brunstrom, *Towards a 4G IP-based Wireless System Proposal*
- 18) B. G. Evans and K. Baughan (2002). "Visions of 4G" *Electronics and Communication Engineering Journal*.

- 19) M. Jaseemuddin "An Architecture for Integrating UMTS and 802.11 WLAN Networks" , Dept. of Electrical & Computer Engineering, Ryerson University
- 20) Q.T. Nguyen-Vuong, L. Fiat, N. Agoulmine, "An Architecture for UMTS-WIMAX Interworking" IEEE 2006
- 21) J. Schiller (2003). "Seamless integration of heterogeneous wireless network technologies", Computer Systems & Telematics, Freie Universität Berlin.