

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών -
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών
Τ.Ε.

Σχεδίαση Συστήματος Παρεμβολής σε Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας & Wi-Fi

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης
Μπαρμπουνάκης

Γιώργος Χαρούλης
Ιούνιος 2015
Χανιά Κρήτης

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
2	Κινητή Τηλεφωνία -Σχεδιασμός ΡαδιοΚάλυψης Δικτύου.....	3
2.1	Κινητή Τηλεφωνία	3
2.2	Υλοποίηση του Δικτύου Κινητής Τηλεφωνίας GSM	9
2.3	Κυτταρική Ιδέα	12
2.4	Κυτταρική Γεωγραφία.....	15
3	Διάδοση Σήματος - Προβλήματα και Τρόποι Αντιμετώπισής τους.	18
3.1	Εξασθένηση του Σήματος με την Απόσταση Διάδοσης	19
3.2	Σκίαση - Αργά Μεταβαλλόμενη Σκίαση.....	20
3.3	Χρονική Διάχυση (Time Dispersion).....	21
3.4	Αντιμετώπιση των Προβλημάτων.....	22
4	Περιοχές Συχνοτήτων Κινητής Τηλεφωνίας.....	24
4.1	Γενιές Κινητής Τηλεφωνίας.....	24
4.2	Φασματικές Ζώνες Κινητής Τηλεφωνίας	28
5	Σχεδίαση Βασικών Κυκλωμάτων Συστήματος Παρεμβολής Θορύβου.	30
5.1	Γεννήτρια Θορύβου	30
5.2	Γεννήτρια Πριονωτής Τάσης	32
5.3	Αθροιστής Πριονωτής Τάσης και Θορύβου	33
5.4	Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση (V.C.O.).....	35
6	Συμπεράσματα.....	37

■ Εισαγωγή

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η προσπάθεια μου να προσδιορίσω, μελετήσω και σχεδιάσω ένα κύκλωμα παρεμβολής συστημάτων κινητής τηλεφωνίας και Wi-Fi μέσω σήματος θορύβου κατάλληλης ισχύος. Αυτή η ιδέα προέκυψε σε μια περίοδο που σκεφτόμασταν τι μπορούμε να κατασκευάσουμε το οποίο να μπορεί να χρηστικό σε μια πληθώρα εφαρμογών. Η κατασκευή που θα βασιστεί σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, μπορεί για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί σε εξεταστικά κέντρα, σε χώρους που απαγορεύεται ρητά η χρήση κινητών τηλεφώνων ή η διατάραξη κοινής ησυχίας από τους πολύ δυνατούς ήχους κουδουνισμού κινητών τηλεφώνων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το κύκλωμά μας παρεμποδίζει τα σήματα της κινητής τηλεφωνίας να φτάσουν επιτυχώς στις συσκευές των χρηστών. Στην σχεδιάσή μας έχουμε λάβει μέριμνα για υποστήριξη των υφιστάμενων περιοχών συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας καθώς και αυτών που χρησιμοποιούν τα συστήματα ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο. Λόγω του ότι η συγκεκριμένη εργασία εφαρμόζεται στο πεδίο της

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

κινητής τηλεφωνίας, προηγήθηκε μια επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας ώστε να συγκεντρωθεί το απαραίτητο υλικό που αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της κατασκευής μας. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι γενικές αρχές των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας σε τομείς όπως το κυτταρικό μοντέλο υλοποίησης και ο σχεδιασμός ραδιοκάλυψης δικτύου. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφουμε διάφορα προβλήματα που συμβαίνουν στην διάδοση ενός σήματος κινητής τηλεφωνίας και τους τρόπους αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι διάφορες περιοχές συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από τις γενιές συστημάτων κινητής τηλεφωνίας (από 1^η έως 4^η). Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται τα βασικά κυκλώματα που συνθέτουν μια τέτοια συσκευή παρεμβολών. Τέλος, στο κεφάλαιο Συμπερασμάτων γίνεται μια επισκόπηση της όλης εργασίας και των αποτελεσμάτων στα οποία κατέληξε.

■ Κινητή Τηλεφωνία -Σχεδιασμός ΡαδιοΚάλυψης Δικτύου

■ Κινητή Τηλεφωνία

Η κινητή τηλεφωνία είναι εξέλιξη του σταθερού δικτύου τηλεφωνίας. Η βασική διαφορά είναι ότι ο συνδρομητής δεν είναι σε μια συγκεκριμένη θέση, αλλά είναι κινητός.

Αυτή η φαινομενικά μικρή διαφορά στην κατάσταση του συνδρομητή εισάγει ριζικές αλλαγές στην σχεδίαση του δικτύου καθώς και στην συμπεριφορά του.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε κατά την σχεδίαση του δικτύου είναι το πως μπορούμε να εντοπίσουμε έναν κινούμενο συνδρομητή. Σε ένα σταθερό δίκτυο τηλεφωνίας όλες οι κλήσεις προς ένα συνδρομητή οδηγούνται μέσα από το ίδιο κάθε φορά κύκλωμα προς το σταθερό τηλέφωνο. Από αυτή την σκοπιά και η κλήση ενός κινητού συνδρομητή προς ένα συνδρομητή σταθερής τηλεφωνίας ελάχιστα διαφέρει από την αντίστοιχη κλήση μεταξύ συνδρομητών του σταθερού δικτύου. Όταν

όμως η κλήση καταλήγει στο κινητό συνδρομητή τότε το δίκτυο είναι υποχρεωμένο να γνωρίζει την θέση του ώστε να προωθεί την κλήση προς αυτόν. Για αυτόν τον λόγο χρειαζόμαστε ένα πλήθος από βάσεις δεδομένων οι οποίες να κρατούν στοιχεία και δεδομένα για κάθε συνδρομητή του δικτύου.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε σύντομα τη γενική δομή του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και θα εξηγήσουμε το λόγο ύπαρξης κάθε δομικού στοιχείου.

Όπως και στο σταθερό δίκτυο τηλεφωνίας χρειαζόμαστε ένα επιλογικό κέντρο μεταγωγών M.S.C. (Mobile Switching Center), που να δέχεται την κλήση και να την προωθεί μέσα από την κατάλληλη όδευση προς τον συνδρομητή.

Το MSC είναι κυριολεκτικά το κέντρο επικοινωνίας του δικτύου κινητής τηλεφωνίας με τον έξω κόσμο. Όλα τα δίκτυα τηλεφωνίας και τα δίκτυα δεδομένων (PSTN, PLMN, ISDN, BISDN) για να εισέλθουν στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας επικοινωνούν με το MSC.

Όπως έχουμε προαναφέρει ο συνδρομητής είναι κινητός και αλλάζει συνεχώς θέση στο δίκτυο. Για να μπορούμε να έχουμε συνεχώς πληροφορία για την θέση του συνδρομητή και τα στοιχεία του,

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

χρησιμοποιούμε την βάση δεδομένων HLR από τα αρχικά των λέξεων Home Location Register. Σε αυτή τη βάση δεδομένων καταγράφουμε πληροφορίες που αφορούν αποκλειστικά τον συνδρομητή, τις υπηρεσίες, την περιοχή που βρίσκεται (VLR Visitor) και άλλες πληροφορίες που σχετίζονται με την κλήση. Κάθε φορά που ο συνδρομητής μετακινείται μέσα στο δίκτυο σε διάφορα MSC/VLR το κινητό στέλνει πληροφορία στο δίκτυο για την νέα θέση του χωρίς ο συνδρομητής να καταλάβει τίποτα. Με αυτό τον τρόπο το δίκτυο γνωρίζει ανά πάσα στιγμή τη θέση του συνδρομητή για να του δώσει την κλήση. Σε αυτή την βάση δεδομένων καταγράφονται μόνιμα όλοι οι συνδρομητές του δικτύου. Δηλαδή η HLR είναι το σημείο αναφοράς του δικτύου όπου μπορούμε ανά πάσα στιγμή να αναζητήσουμε πληροφορίες που αφορούν την ταυτότητα ενός συνδρομητή. Ένας συνδρομητής σβήνεται από την HLR μόνο αν σταματήσει τη συνδρομή του.

Μια άλλη βάση δεδομένων είναι η VLR από τα αρχικά των λέξεων Visitor Location Register. Αυτή η βάση δεδομένων είναι αναπόσπαστο μέρος του MSC και περιέχει επίσης στοιχεία συνδρομητών. Η διαφορά με την HLR είναι ότι η VLR έχει πληροφορίες για τους συνδρομητές που είναι επισκέπτες στην περιοχή κάλυψης του συγκεκριμένου MSC/VLR. Αυτή η πληροφορία είναι χρήσιμη κατά την διάρκεια μιας κλήσης όπου πρέπει να εντοπίσουμε την θέση του συνδρομητή στο δίκτυο. Είναι

σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η εγγραφή των συνδρομητών στην VLR είναι προσωρινή, με την έννοια ότι όταν ο συνδρομητής φύγει από την περιοχή κάλυψης του MSC/VLR η εγγραφή σβήνει και ο συνδρομητής εγγράφεται στην VLR της περιοχής κάλυψης του καινούργιου MSC/VLR.

Ο συνδρομητής πρέπει να διασφαλίζεται από πλευράς ασφάλειας. Επίσης πρέπει το δίκτυο να έχει την δυνατότητα πιστοποίησης ανά πάσα στιγμή της ταυτότητας του συνδρομητή. Αυτή την εργασία έχει λάβει μια άλλη βάση δεδομένων η AUC, που προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Authentication Center. Αυτή η βάση δεδομένων χρησιμοποιεί αλγόριθμους για την πιστοποίηση της ταυτότητας ενός συνδρομητή καθώς και ένα είδος κρυπτογραφίας για την εξασφάλιση του απορρήτου της ομιλίας του συνδρομητή.

Για την προστασία της συσκευής του συνδρομητή από κλοπή, υπάρχει η βάση δεδομένων EIR, από τα αρχικά των λέξεων Equipment Identification Register, όπου καταγράφεται ο κωδικός του τηλεφώνου που χρησιμοποιεί ο συνδρομητής. Σε περίπτωση αναφοράς κλοπής τηλεφώνου υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής του τηλεφώνου σε μια λίστα όπου δεν μπορούν να γίνουν κλήσεις, όποτε και η συσκευή είναι ουσιαστικά άχρηστη.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Το επόμενο ουσιαστικό δομικό στοιχείο ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας είναι ο ελεγκτής σταθμού βάσης ή αλλιώς BSC, από τα αρχικά των λέξεων Base Station Controller. Το BSC είναι ουσιαστικά ένα επιλογικό κέντρο με λιγότερες αρμοδιότητες από το MSC, το οποίο έχει μια εξειδικευμένη λειτουργία, τον έλεγχο του ασύρματου μέρους του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας. Αυτή είναι η δεύτερη μεγάλη διαφορά του δικτύου κινητής τηλεφωνίας από το σταθερό δίκτυο, καθώς στην κινητή τηλεφωνία μια άμεση συνέπεια της κινητικότητας του συνδρομητή είναι η ανάγκη εισαγωγής ασύρματου δικτύου και σε αυτό το σημείο μπαίνει στο παιχνίδι το BSC.

Το επόμενο δομικό στοιχείο του δικτύου είναι ο σταθμός βάσης ή αλλιώς BTS από τα αρχικά των λέξεων Base Transceiver Station. Ο σταθμός βάσης είναι η διασύνδεση του κινητού με το υπόλοιπο δίκτυο. Ο σταθμός βάσης αποτελείται από έναν ελεγκτή και από πομποδέκτες.

Οι ραδιοπαράμετροι που έχει ο σταθμός έχουν σχέση με το handover, το paging, την ισχύ εκπομπής και την ταυτότητα του.

Τέλος έχουμε το κινητό το οποίο είναι η φυσική σύνδεση του συνδρομητή με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Το κινητό τηλέφωνο περιέχει μια βάση δεδομένων η οποία ονομάζεται SIM card από τα αρχικά των λέξεων Subscriber Identity Module. Αυτή η βάση δεδομένων είναι φορητή, δηλαδή μπορεί να εισαχθεί σε οποιοδήποτε τηλέφωνο και

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

να μιλάει ο συνδρομητής. Στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας αυτή η προσωπική βάση δεδομένων πιστοποιεί τον συνδρομητή. Περιέχει τον αριθμό του συνδρομητή IMSI, το κωδικό εισαγωγής στο δίκτυο PIN, μια λίστα των υπηρεσιών στις οποίες έχει εγγραφεί ο συνδρομητής, τα διαθέσιμα δίκτυα πρόσβασης καθώς και κωδικούς ταυτοποίησης και απόκρυψης δεδομένων, ciphering, του συνδρομητή. Στο σημείο απόκρυψης δεδομένων και ταυτοποίησης συνεργάζεται στενά με την AUC. [1]

■ Υλοποίηση του Δικτύου Κινητής Τηλεφωνίας GSM

Αρχίζοντας θα αναφερθούμε περιγραφικά στον διακωδικοποιητή (transcoder). Ο διακωδικοποιητής είναι ένα δομικό στοιχείο του συστήματος, το οποίο σκοπό έχει την κωδικοποίηση και προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων. Η μετάδοση των δεδομένων στις ψηφιακές τηλεπικοινωνίες γίνεται με τον βασικό φορέα PCM, ο οποίος έχει 30 κανάλια ομιλίας και 2 κανάλια σηματοδοσίας. Ο ρυθμός μετάδοσης είναι 2 Mbps και κάθε κανάλι έχει ρυθμό 64 Kbps. Ο διακωδικοποιητής μετατρέπει τον ρυθμό μετάδοσης κάθε καναλιού ομιλίας από 64 Kbps σε 16 Kbps προς BSC και αντιστρόφως προς το MSC, ενώ επιπλέον υποστηρίζει τη λειτουργία της ασυνεχούς μετάδοσης των δεδομένων. Η λειτουργία αυτή έχει ως εξής: Όταν το κινητό εντοπίσει μια παύση στην ομιλία προς το σταθμό βάσης στέλνει σηματοδοσία προς του διακωδικοποιητή να εισάγει εσκεμμένως κατάλληλο θόρυβο ώστε το ανθρώπινο αυτί να έχει μια πιο ρεαλιστική εικόνα της πραγματικότητας. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται και αντίστροφα.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Ο τρόπος που γίνεται εφικτή αυτή η μετατροπή του ρυθμού μετάδοσης βασίζεται στην κωδικοποίηση φωνής. Ο κωδικοποιητής φωνής πρέπει να ελαττώνει τον ρυθμό μετάδοσης του καναλιού φωνής. Επειδή δε μπορούμε να ψηφιοποιήσουμε την φωνή με ρυθμό μικρότερο από τα 64 Kbps, διότι μας δεσμεύει το θεώρημα δειγματοληψίας του Shannon, αντί της ίδιας της φωνής στέλνουμε πληροφορίες για την αναπαραγωγή της φωνής (δηλαδή παραμέτρους φίλτρων και πληροφορίες σχετικά με την παλμοσειρά διέγερσης του φίλτρου).

Ο λόγος που γίνεται αυτή η μετατροπή του ρυθμού μετάδοσης είναι για να μπορέσουμε να χωρέσουμε 8 κανάλια ομιλίας στο TDMA frame του air interface.

Ο τρόπος υλοποίησης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας της Cosmote περιγράφεται ως εξής:

Το MSC διασυνδέεται με τα όλα τα εξωτερικά δίκτυα μέσω PCM. Η δομή της είναι η γνωστή δομή των 2 Mbps με 32 κανάλια ρυθμού μετάδοσης 64 Kbps. Ακολουθεί το TC, το οποίο συνδέεται επίσης με PCM ρυθμού μετάδοσης 2 Mbps με το MSC. Η σύνδεση του TC με το BSC γίνεται με PCM των 2 Mbps διαφορετικής δομής. Το BSC συνδέεται στην συνέχεια με τους σταθμούς βάσης με διαφορετική δομή PCM 2 Mbps. Οι μέχρι αυτό το σημείο συνδέσεις γίνονται καλωδιακά ή

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

με ασύρματη ζεύξη. Από τους σταθμούς βάσεις όμως μέχρι το κινητό, η σύνδεση γίνεται ασύρματα αφού ο συνδρομητής είναι κινητός.

Το δομικό μέρος του συστήματος το οποίο ελέγχει το δίκτυο είναι το OMC. Αποτελείται από ένα Unix server, ο οποίος είναι διπλός για λόγους προστασίας και επικοινωνεί μέσω ενός τοπικού δικτύου με διάφορα work stations. Με συνδέσεις x.25 επικοινωνεί με τις μονάδες OMU του MSC και με ένα κανάλι 64 Kbps φτάνει μέχρι τις OMU των BSC. Έτσι συγκεντρώνει πληροφορίες από το κάθε δομικό μέρος του δικτύου και μπορεί να παρουσιάσει σε Unix γραφικό περιβάλλον τους συναγερμούς (alarms) και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία χρειαστεί ο operator.

Υπάρχουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές σχεδίασης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Δεν υπάρχουν όμως πολλές επιλογές για αλλαγή στα interfaces διότι αυτά είναι προκαθορισμένα από τον ευρωπαϊκό οργανισμό προτύπων για τις τηλεπικοινωνίες ETSI. Στη συνέχεια αναφέρουμε τα σημεία που μπορούμε να έχουμε διαφορετική αρχιτεκτονική σχεδίαση από διάφορες εταιρίες.[2]

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε τον τρόπο υλοποίησης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιώντας τα βασικά δομικά στοιχεία. Όπως έχουμε προαναφέρει το γεγονός ότι ο συνδρομητής είναι κινητός μας υποχρεώνει να εισάγουμε στην σχεδίαση του δικτύου ένα ασύρματο μέρος για να έχουμε διασύνδεση με τον χρήστη. Αυτή η σχεδίαση του

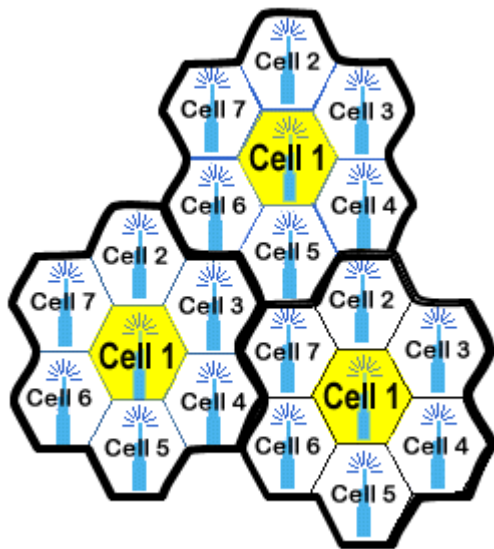
ραδιοδικτύου είναι πολύ βασική για τη σωστή λειτουργία του δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

Κυτταρική Ιδέα

Ο σχεδιασμός ενός κυτταρικού συστήματος κινητής τηλεφωνίας βασίζεται στη βασική έννοια της κυτταρικής κάλυψης, που αναφέρεται στη νοητή ηλεκτρομαγνητική κάλυψη, με την αντίστοιχη τμηματοποίηση μίας γεωγραφικής περιοχής σε μικρές ζώνες ή αλλιώς κύτταρα (cells). Σε αυτή την αρχιτεκτονική σχεδίαση εισέρχεται η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων με απώτερο σκοπό την αύξηση της συνδρομητικής χωρητικότητας. Η ηλεκτρομαγνητική κάλυψη επιτυγχάνεται από τους σταθμούς βάσης. Το διάγραμμα ακτινοβολίας των κεραιών αυτών είναι τέτοιο ώστε να καλύπτουν με πολύ καλή προσέγγιση όλο το εμβαδόν του κυττάρου. Οι κεραιές αυτές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις κατευθυντικές (directional antennas) και στις ομοιοκατευθυντικές (Omni-directional antennas). Οι ομοιοκατευθυντικές κεραιές εξυπηρετούν κύτταρα που χωρίζονται σε τομείς (sectors) για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων τομέων της γεωγραφικής περιοχής κάλυψης του κυττάρου το οποίο ονομάζεται

Γιώργος Χαρούλης – Πτυχιακή Εργασία

sectorised cell. Να σημειωθεί ότι με την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας και την υλοποίηση του δικτύου με κύτταρα μικρής εμβέλειας και ειδικά sectorised cell, επιτυγχάνουμε την ελαχιστοποίηση της ενδοκαναλικής παρεμβολής (co-channel interference) καθώς και την αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου.



Η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων είναι βασική γιατί έχουμε τη δυνατότητα χρησιμοποίησης καναλιών τα οποία έχουν την ίδια συχνότητα, αλλά είναι καταχωρημένα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές κάλυψης του δικτύου. Η μόνη απαίτηση είναι να έχουν ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία ενδοκαναλικής παρεμβολής. Η ίδια ιδέα έχει εφαρμοστή πολύ πριν την κινητή τηλεφωνία, στην τηλεόραση και το ραδιόφωνο, μόνο που οι γεωγραφικές αποστάσεις ήταν μεγαλύτερες. Με την

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

επαναχρησιμοποίηση συχνότητας καταφέραμε να έχουμε μικρό διαθέσιμο φάσμα και να εξυπηρετούμε μεγάλη γεωγραφική περιοχή.

Η ιδέα της κυτταρικής διάσπασης ήρθε για να βοηθήσει να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της συνεχόμενης αύξησης της χωρητικότητας που παρατηρείται κάθε μέρα και περισσότερο σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Με τον τρόπο αυτό αν σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή παρατηρήσουμε αύξηση της χωρητικότητας του σταθμού βάσης (δηλαδή να προσθέσουμε περισσότερους πομποδέκτες), διασπάμε το κύτταρο σε μικρότερα κύτταρα, με την προϋπόθεση να ορίσουμε και πάλι σωστά τις συχνότητες στην γεωγραφική περιοχή ώστε να μην έχουμε πρόβλημα παρεμβολών.

■ Κυτταρική Γεωγραφία

Τα κύτταρα τα οποία καλύπτουν μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή δεν είναι ομοιόμορφα από περιοχή σε περιοχή, και έτσι πρέπει να μεταβάλλουμε την εμβέλεια και το σχήμα των κυττάρων για να μεταβάλλουμε την βέλτιστη δυνατή κάλυψη με τις μικρότερες δυνατές παρεμβολές. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την κάλυψη είναι οι ακόλουθες:

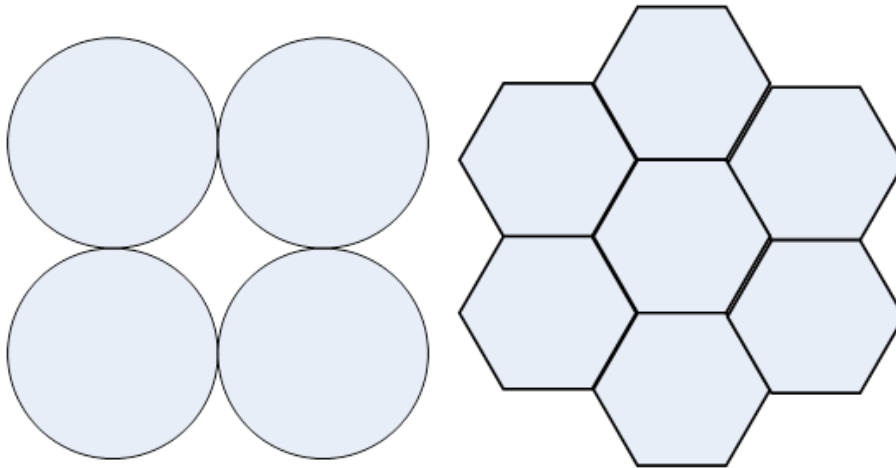
Γωνία Κλίσης. Αυξάνοντας ή ελαττώνοντας την κλίση της κεραίας επηρεάζουμε την εμβέλεια κάλυψης. Σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές της περιοχής της επαρχίας όπου δεν υπάρχουν εμπόδια (λόφοι, βουνά, σπίτια) προτιμάμε να γέρνουμε την κεραία προς το έδαφος ώστε να ελαττώνουμε την εμβέλεια, προς αποφυγή παρεμβολών με γειτονικά κύτταρα. Αυτό προϋποθέτει πυκνό δίκτυο κάλυψης, ειδάλλως δεν είναι ενδεδειγμένη λύση. Αντιθέτως μέσα στην πόλη όπου υπάρχει πυκνό δίκτυο η παραπάνω λύση χρησιμοποιείται αρκετά. Αναλόγως το είδος του κυττάρου η παραπάνω παράμετρος χρησιμοποιείται ή όχι.

Ισχύς Εκπομπής Κεραίας. Αυξάνοντας τη ισχύ εκπομπής της κεραίας επιτυγχάνουμε να καλύψουμε μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή. Υπάρχουν βέβαια περιορισμοί στην αύξηση της ισχύος για λόγους υγείας του ανθρώπινου οργανισμού, οι οποίοι περιορίζουν την χρήση της παραμέτρου αυτής. Σε πολλές περιπτώσεις όμως δεν προτιμάται αυτή η λύση, διότι αύξηση της ισχύος συνεπάγεται και αύξηση της ενδοκαναλικής και διακαναλικής παρεμβολής, δηλαδή της ποιότητας επικοινωνίας. Ένα παράδειγμα χρήσης αυτής της παραμέτρου θα ήταν η αύξηση της ισχύς εκπομπής σε ένα sectorised cell το οποίο κάλυπτε περιοχή σε πόλη με πολλά τεχνητά εμπόδια (πολυκατοικίες). Αυξάνοντας την ισχύ εκπομπής θα είχαμε ισχυρότερο σήμα σε σημείο που επισκιάζονταν από εμπόδια, με ταυτόχρονη αύξηση της ποιότητας ομιλίας, όμως και ταυτόχρονη αύξηση της ποιότητας των ανακλάσεων και των παρεμβολών. Δυστυχώς πάντα κερδίζουμε κάτι σε βάρος κάποιου άλλου.[3]

Και πιο θα είναι το ιδανικότερο σχήμα ενός κυττάρου; Η απάντηση είναι το κανονικό εξάγωνο. Αυτή η επιλογή του σχήματος, είναι δικαιολογημένη διότι το κανονικό εξάγωνο είναι το γεωμετρικό σχήμα που καλύπτει πλήρως μια επιφάνεια χωρίς επικαλύψεις. Αντιθέτως ο κύκλος δεν είναι πρακτικός από σχεδιαστική άποψη, διότι υπάρχουν

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

περιοχές χωρίς κάλυψη. Βέβαια, για να μην έχουμε περιοχές χωρίς κάλυψη, αναγκαστικά θα έχουμε περιοχές επικάλυψης, δηλαδή παρεμβολές.



■ Διάδοση Σήματος - Προβλήματα και Τρόποι Αντιμετώπισής τους.

Όπως έχουμε αναφέρει, μια μεγάλη διαφορά της κινητής τηλεφωνίας με το σταθερό δίκτυο τηλεφωνίας είναι ότι στο τελικό σημείο διασύνδεσης του δικτύου με τον συνδρομητή, η μεταφορά της πληροφορίας γίνεται ασύρματα. Η μετάδοση της πληροφορίας με την χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρουσιάζει μια σειρά από προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να έχουμε ικανοποιητικό επίπεδο ποιότητας φωνής.

Σε αυτή την παράγραφο θα μελετήσουμε μερικά από τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάζονται στην κυψελωτή κινητή τηλεφωνία, καθώς και κάποιες τεχνικές αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων.

Τα περισσότερα προβλήματα εντοπίζονται όταν αναζητούμε το σήμα το οποίο είναι εξασθενημένο. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο φαινόμενο της σκίασης (shadowing) ή από παρεμβολή άλλου σήματος. Η αντιμετώπιση του προβλήματος της παρεμβολής την αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο με την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας και την κυτταρική ιδέα, που οι γειτονικοί σταθμοί εκπέμπουν σε

διαφορετικές συχνότητες και η ίδια συχνότητα επαναχρησιμοποιείται σε διαφορετικό υπερκύτταρο (cluster).

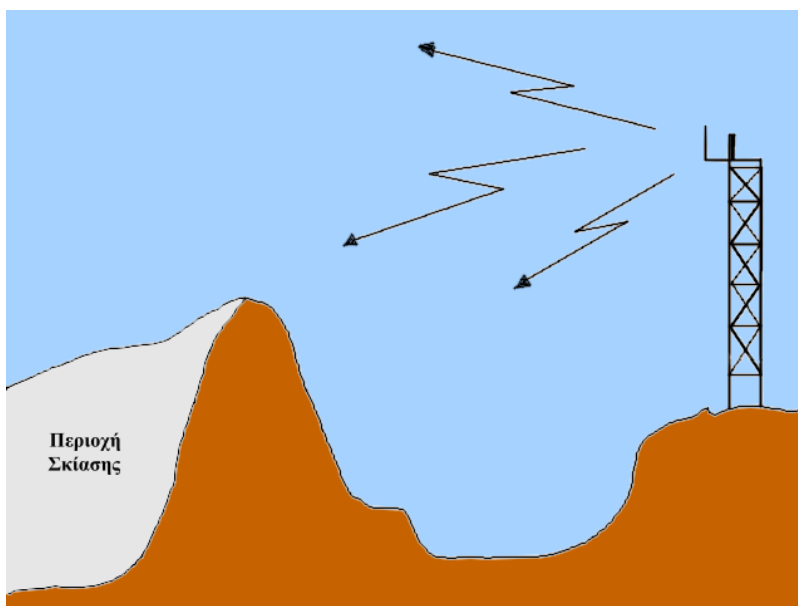
Για την μετάδοση του σήματος χρησιμοποιούμε την τεχνική του χρονικού επιμερισμού πολλαπλής πρόσβασης (Time Division Multiple Access, TDMA). Για κάθε συχνότητα αντιστοιχούν 8 κανάλια πρόσβασης.

Εξασθένηση του Σήματος με την Απόσταση Διάδοσης

Η εξασθένηση του σήματος με την απόσταση διάδοσης (path loss) παρατηρείται όταν τα λαμβανόμενα σήμα εξασθενεί συνεχώς λόγω της απομάκρυνσης του δέκτη από τον σταθμό, χωρίς όμως να παρεμβάλλεται κάποιο εμπόδιο στην διάδοση. Η απώλεια ισχύος του σήματος είναι ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ πομπού και δέκτη και του τετραγώνου της συχνότητας εκπομπής. Αυτή η σχέση είναι ιδανική και ισχύει σε συνθήκες κενού. Όταν η διάδοση λαμβάνει χώρα στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, τότε έχουμε φαινόμενα απορρόφησης τα οποία επιβαρύνουν την εξασθένηση του σήματος. Επιπλέον πρέπει να λάβουμε υπόψη και την καμπυλότητα της επιφάνειας της γης.

■ Σκίαση - Αργά Μεταβαλλόμενη Σκίαση

Το φαινόμενο της αργά μεταβαλλόμενης σκίασης γίνεται αντιληπτό κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχουν φυσικά και τεχνικά εμπόδια. Το περιβάλλον όπου ζούμε δεν είναι ιδανικό, συνήθως απαρτίζεται από βουνά, δάση και κτίρια τα οποία αποσβένουν τα σήμα και δημιουργούν νεκρές ζώνες κάλυψης, όπως στο επόμενο σχήμα:

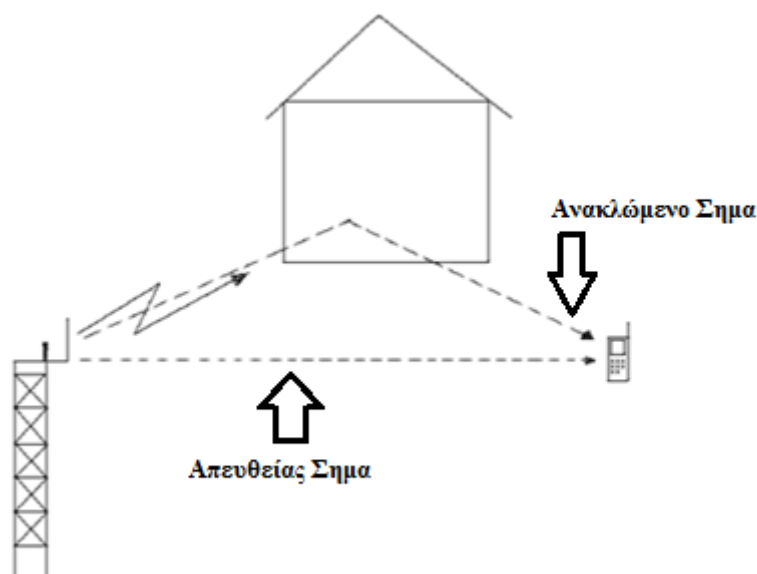


Όταν βρεθεί συνδρομητής μέσα στην περιοχή σκίασης τότε η ισχύς του σήματος λήψης ελαττώνεται βαθμιαία μέχρι και την απώλεια ομιλίας. Τα

ελάχιστα της ισχύς λήψης που παρατηρούνται ονομάζονται βυθίσματα σκίασης (fading dips).

Χρονική Διάχυση (Time Dispersion)

Ένα ακόμα πρόβλημα που παρατηρείται στην ψηφιακή μετάδοση δεδομένων είναι και το φαινόμενο της χρονικής διάχυσης. Η μόνη διαφορά είναι ότι η χρονική διάχυση δημιουργείται από ανακλάσεις απομακρυσμένων και όχι γειτονικών εμποδίων. Ο δέκτης του κινητού δέχεται ταυτόχρονα το σήμα απευθείας από το σταθμό βάσης και εμμέσως με μια χρονική καθυστέρηση από μια απομακρυσμένη ανάκλαση. Επειδή η ανάκλαση είναι απομακρυσμένη, το σήμα που θα λάβει το κινητό είναι από μια προηγούμενη εκπομπή και πιθανώς να διαφέρει από την απ' ευθείας εκπομπή.



■ Αντιμετώπιση των Προβλημάτων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε για να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα είναι οι εξής:

- Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της εξασθένησης του σήματος συναρτήσει της απόστασης η λύση είναι η κυτταρική ιδέα. Από την στιγμή που έχουμε καλύψει την γεωγραφική περιοχή με κύτταρα περιορισμένου εμβαδού το σήμα δεν εξασθενεί τόσο ώστε να μας προκαλεί πρόβλημα.
- Χρησιμοποιώντας στον σταθμό βάσης δύο κεραίες λήψης, ελαχιστοποιούμε τα φαινόμενα σκίασης διότι η πιθανότητα να είναι σε σκίαση και οι δύο κεραίες είναι μικρή.
- Στο κινητό η χρήση διπλής κεραίας είναι ανέφικτη διότι θα αυξήσει ανεπίτρεπτα τον όγκο του. Η λύση που υιοθετείται είναι η χρησιμοποίηση μεταπήδησης συχνότητας (frequency hopping). Με αυτό τον τρόπο ο δέκτης και ο πομπός αλλάζουν συχνότητα με βάση ένα καθορισμένο σχέδιο σε τακτά χρονικά πλαίσια. Αν σε κάποια χρονικά στιγμή μία συγκεκριμένη συχνότητα εμφανίζεται, αλλάζοντας συχνότητα βελτιώνουμε το σήμα λήψης.[2]
- Η κωδικοποίηση ψηφιακού καναλιού διορθώνει κάποια σφάλματα στην λήψη του σήματος.

- Ενώ η κωδικοποίηση ψηφιακού καναλιού διορθώνει σφάλματα μερικών ψηφίων, αδυνατεί να λειτουργήσει στην περίπτωση των σκιάσεων όπου συχνά η λήψη διακόπτεται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, προκαλώντας την απώλεια περισσότερων ψηφίων εκπομπής. Επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις (διαλείψεις) συνιστάται μια μέθοδος που ονομάζεται interleaving. Με αυτήν την μέθοδο εκπομπής χωρίζεται χρονικά η ακολουθία των bits ενός μηνύματος, ώστε να μην στέλνεται συνεχόμενα στον χρόνο. Αν λοιπόν χαθεί ένα κομμάτι της πληροφορίας λόγω φαινομένου διαλείψεων, δεν χάνεται ουσιαστικά ένα μεγάλο κομμάτι ενός μηνύματος, αλλά μικρότερα κομμάτια από διάφορα μηνύματα που μπορούν να ανακτηθούν με την μέθοδο της κωδικοποίησης γραμμής που αναφέρθηκε προηγουμένως.
- Για την αντιμετώπιση της χρονικής διάχυσης χρησιμοποιούνται βέλτιστοι δέκτες, που είναι προσαρμοσμένοι στα φυσικά χαρακτηριστικά του καναλιού εκπομπής. Χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα δίνουμε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στο κάθε κανάλι. Συνήθως, το περιβάλλον διάδοσης διακρίνεται σε διάφορα μοντέλα, οπότε το κινητό και ο σταθμός βάσης αυτορυθμίζονται αναλόγως.

■ Περιοχές Συχνοτήτων Κινητής Τηλεφωνίας

■ Γενιές Κινητής Τηλεφωνίας

Η κινητή τηλεφωνία ξεκίνησε με την *πρώτη γενιά* γνωστή ως 1G. Επρόκειτο για ένα ασύρματο, αναλογικό σύστημα που υποστήριζε ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων έως 2,4 kbps πίσω στη δεκαετία του 1980.

Η δεύτερη γενιά (2G) ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας 1980 και αναπτύχθηκε τη όλη δεκαετία του 1990. Πλέον η μετάδοση φωνής πραγματοποιούνταν με ψηφιακό σήμα. Η υποστηριζόμενη ταχύτητα ανά κανάλι έφτανε τα 64 kbps. Πλεονεκτούσε σε σχέση με την πρώτη γενιά στο γεγονός ότι οι συνομιλίες μπορούσαν να κρυπτογραφούνται πριν την μετάδοση (μεγαλύτερη ασφάλεια για όσους κρυφακούν) και ότι ο μεγαλύτερος ρυθμός μετάδοσης (φάσμα συχνοτήτων) υποστήριζε και άλλες υπηρεσίες εκτός φωνής όπως γραπτά μηνύματα SMS και e-mail. Απαιτούσε λιγότερη εκπεμπόμενη ισχύ και κατά συνέπεια προκαλούσε λιγότερη ακτινοβολία.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Η τρίτη γενιά 3G ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας 1990 και αναπτύχθηκε όλη τη δεκαετία του 2000. Οι υποστηριζόμενες ταχύτητες ξεκινούσαν από 128 kbps και έφταναν μέχρι τα 2 Mbps. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που εισήγαγε η τεχνολογία τρίτης γενιάς είναι:

- Οι βίντεο-κλήσεις είναι χωρίς αμφιβολία μια από τις πιο πολυσυζητημένες υπηρεσίες των δικτύων 3G. Πλέον, εκτός από το να ακούει κάποιος τον συνομιλητή του, θα μπορεί και να τον βλέπει ζωντανά στην οθόνη του κινητού του. Φυσικά, θα πρέπει να έχουν και οι δύο συμβατές συσκευές.
- Η σύνδεση στο Internet εκτός από άμεση και απρόσκοπτη, δίνει πλέον ταχύτητες που φθάνουν τα 384kbps.
- Οι υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων βοηθούν αρκετά στην ευκολότερη χρήση διαφόρων multimedia εφαρμογών .Για παράδειγμα, η αποστολή ενός MMS σε κάποιον άλλο συνδρομητή δεν απαιτεί περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα - όταν στα δίκτυα 2G ο χρόνος αυτός ξεπερνά το 1 λεπτό.
- Το video-streaming είναι μια ακόμη από τις υπηρεσίες που παρέχουν τα δίκτυα 3G. Ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης επιτρέπει επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, κινούμενης εικόνας και ήχου υψηλής ανάλυσης. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

παρακολούθησης τηλεοπτικών προγραμμάτων, ζωντανά ή μαγνητοσκοπημένα, ανεξαρτήτως τόπου και χρόνου.

- Υπηρεσίες εντοπισμού θέσεως, σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS, οι οποίες συνδυάζοντας χάρτες της περιοχής που βρισκόμαστε, βρίσκουν την βέλτιστη διαδρομή προς τον προορισμό μας διάφορα γειτονικά σημεία ενδιαφέροντος κλπ.

Η τεχνολογία 4G όπως δηλώνει και το όνομά της είναι η διάδοχος γενιά των 2G και 3G. Στη γενιά 2G περάσαμε από τη αναλογική στην ψηφιακή μετάδοση όπου μπορούσαμε να στείλουμε μηνύματα ή να έχουμε e-mail στο κινητό μας και έπειτα περάσαμε στην Τρίτη γενιά (3G) στην οποία μπορούσαμε να έχουμε πρόσβαση στο διαδίκτυο (internet) στο κινητό ή στον υπολογιστή καθώς επίσης και να μεταφορτώνουμε video αρχεία μουσικής με ταχύτητες έως 1.4 Mb/s.

Με την τεχνολογία 4G επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευρυζωνικότητα ανάλογη αυτής το Wi-Fi αλλά σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις από αυτή των 100 μέτρων που ισχύει για το Wi-Fi.

Επίσης οι υποστηριζόμενες ταχύτητες για ανέβασμα ή κατέβασμα αρχείων γίνονται πολύ μεγαλύτερες, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

	Standard	Download	Upload
2.5G	GPRS	114 Kbps	20 Kbps
2.75G	EDGE	384 Kbps	60 Kbps
3G	UMTD	384 Kbps	64 Kbps
	W-CDMA	2 Mbps	153 Kbps
	HSPA 3.6	3.6 Mbps	348 Kbps
	HSPA 7.2	7.2 Mbps	2 Mbps
Pre-4G	HSPA 14	14 Mbps	5.7 Mbps
	HSPA +	56 Mbps	22 Mbps
	WiMAX	6 Mbps	1 Mbps
	LTE	100 Mbps	50 Mbps
4G	WiMAX 2	1 Gbps	500 Mbps
	LTE Advanced	1 Gbps	500 Mbps

	Standards	Technology	Voice Switching	Data Switching	Data Rates
1G	AMPS,TACS	Analog	Circuit	Circuit	N/A
2G	GSM,CDMA,EDGE,GPRS	Digital	Circuit	Circuit	236.8 kbps
3G	YTMS,CDMA2000,HSPDA,EVDO	Digital	Circuit	Packet	384 kbps
4G	LTE Advanced,IEEE 802.16 (WiMax)	Digital	Packet	Packet	Up to 1 Gbps

■ Φασματικές Ζώνες Κινητής Τηλεφωνίας

Οι ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα είναι:

	2G		3G		4G		Wi-Fi 2400 - 2500
	Up link	Down link	Up link	Down link	Up link	Down link	
Cosmote	880-890	925-935	1950-1965	2140-2155	1750-1785	1845-1880	
Wind	890-900	935-945	1940-1950	2130-2140	1710-1725	1805-1820	
Vodafone	900-915	945-960	1920-1940	2110-2130	1725-1750	1820-1845	

Εμείς ασχολούμαστε αποκλειστικά με την τοπική παρεμβολή θορύβου στις φασματικές ζώνες Κάτω Ζεύξης, στην ασύρματη επικοινωνία του σταθμού της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας με το κινητό τηλέφωνο (Σταθμού Βάσης → Κινητό). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη διακοπή της επικοινωνίας του κινητού τηλεφώνου με το σταθμό βάσης σε μικρή γεωγραφική εμβέλεια γύρω από το κινητό.

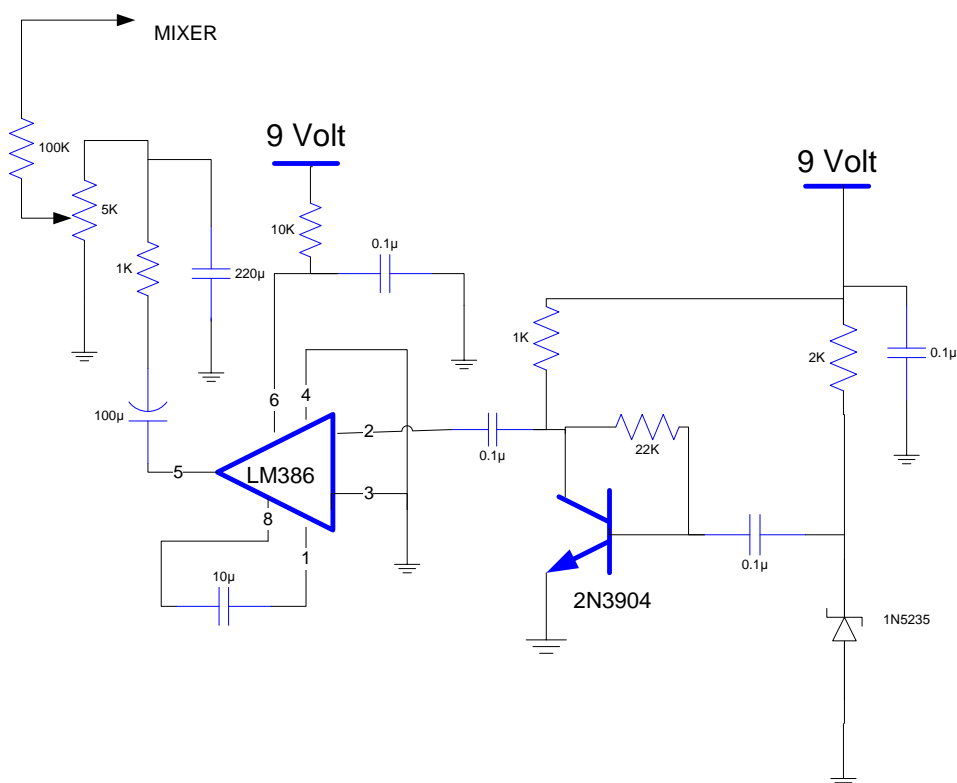
Οι συχνότητες Άνω Ζεύξης Up-Link χρησιμοποιούνται για την εκπομπή του κινητού τηλεφώνου προς την κεραία του σταθμού βάσης

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας. Αν παρεμβάλαμε θόρυβο σε αυτό το εύρος συχνοτήτων, τότε θα προκαλούσαμε παρεμβολή στην λήψη του ασύρματου σταθμού βάσης και όχι στην λήψη του κινητού τηλεφώνου, με ενδεχόμενο μπλοκάρισμα του δίκτυο κάλυψης του παρόχου με τις όποιες συνέπειες.

Σχεδίαση Βασικών Κυκλωμάτων Συστήματος Παρεμβολής Θορύβου.

Γεννήτρια Θορύβου

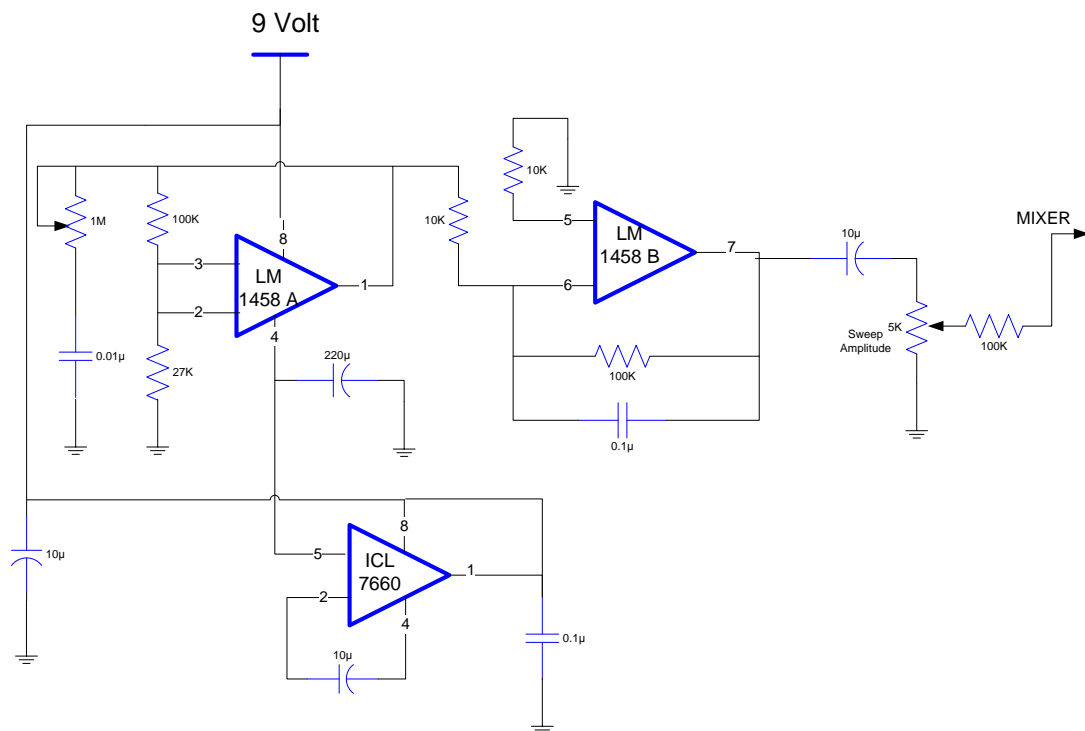


Έχουμε επιλέξει την δίοδο zener 1N5235 σαν πηγή θορύβου και το transistor 2N3904 για αρχική ενίσχυση.. Επειδή το επίπεδο του ενισχυμένου σήματος θορύβου δεν είναι επαρκές, χρησιμοποιούμε έναν δεύτερο ενισχυτή και συγκεκριμένα το (LM386) [6] με τα κατάλληλα

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

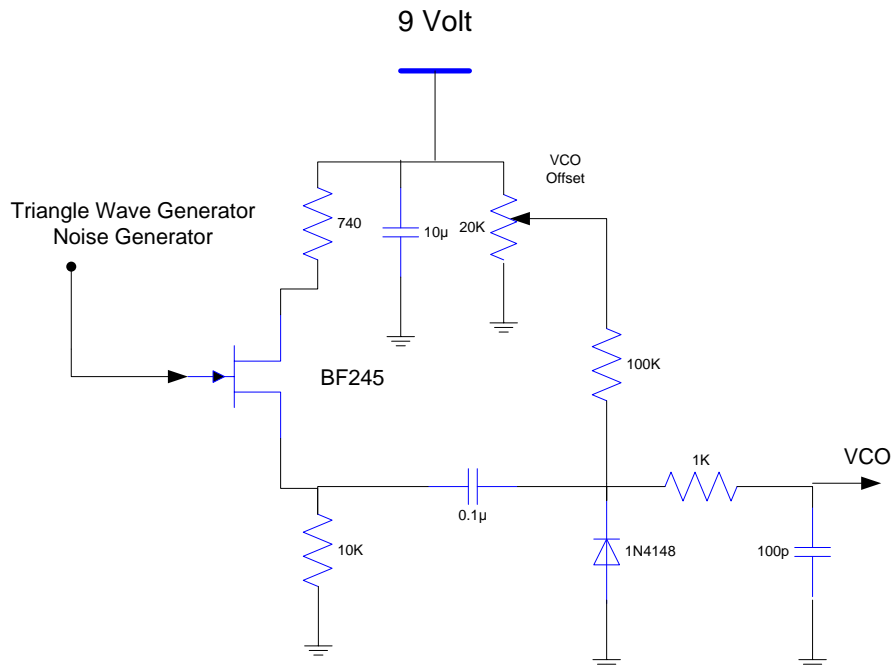
εξαρτήματα . Το κύκλωμα ολοκληρώνεται με ένα trimmer 5K που εισάγουμε για να έχουμε την δυνατότητα ρυθμίσεων στην συνέχεια του κυκλώματος.

■ Γεννήτρια Πριονωτής Τάσης



Το κύκλωμα πριονωτής τάσης αποτελείται από τελεστικούς ενισχυτές ([LM1458 A-B](#)) [4] για την παραγωγή της πριονωτής τάσης. Οι τελεστικοί ενισχυτές χρειάζονται συμμετρική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν, γι' αυτό χρησιμοποιούμε τον αντιστροφέα τάσης [ICL7660](#) [5] για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης.

Αθροιστής Πριονωτής Τάσης και Θορύβου



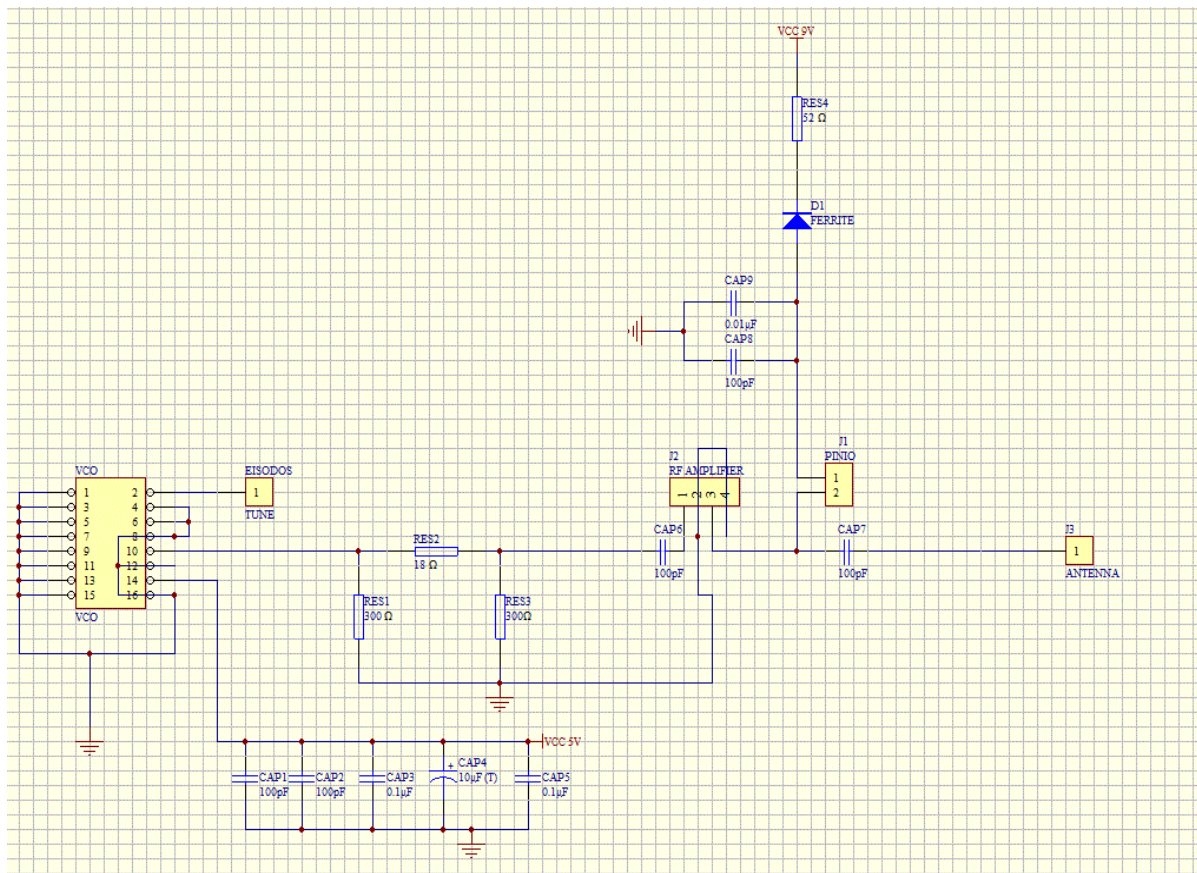
Ο αθροιστής αποτελείται από το FET [BF245](#) [7] που συνδυάζει την πριονωτή τάση με τον θόρυβο για να οδηγήσει το τελικό σήμα στον ελεγχόμενο από τάση ταλαντωτή V.C.O. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να παραχθεί μια πριονωτή τάση με επικαθήμενο το σήμα θορύβου.

Στο κύκλωμα αυτό κάνουμε και τις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε το τελικά παραγόμενο σήμα να οδηγεί τον ταλαντωτή να παρεμβάλει την επιθυμητή φασματική ζώνη (π.χ. Φασματική ζώνη κάτω ζεύξης 2G). Για να το επιτύχουμε αυτό, μηδενίζουμε πρώτα τα σήματα των γεννητριών πριονωτής τάσης και θορύβου μέσω των αντίστοιχων trimmers 5K. Ακολούθως, χρησιμοποιούμε το trimmer 20K (V.C.O. Offset) για να

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

ρυθμίσουμε την κεντρική συχνότητα του ταλαντωτή V.C.O. Τέλος ρυθμίζουμε τα trimmer της γεννήτριας πριονωτής τάσης και της γεννήτριας θορύβου, ώστε να πετύχουμε τις κατάλληλες τάσεις V-tune για την αντίστοιχη φασματική ζώνη.

Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση (V.C.O.)



Ένα βασικό τμήμα του συστήματος παρεμβολής αποτελεί και το κύκλωμα Ταλαντωτή Ελεγχόμενου από Τάση (V.C.O.). Ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων την οποία θέλουμε να παρεμβάλουμε χρησιμοποιούμε και ένα από τα ακόλουθα μοντέλα Ταλαντωτών

([ROS-1000V+](#), [ROS-1990+](#), [ROS2252C-119+](#), [ROS-2490+](#))[8-11],

η είσοδος (ακίδα 2) των οποίων οδηγείται από την έξοδο του κυκλώματος αθροιστή. Η έξοδος κάθε ταλαντωτή ενισχύεται από τον ενισχυτή [ERA-5SM](#) [12].

Όπως είπαμε και παραπάνω, το σήμα εισόδου του κάθε ταλαντωτή είναι κατάλληλα ρυθμισμένο από το κύκλωμα του αθροιστή μέσω των trimmer 5K.

Ως αποτέλεσμα καλύπτεται όχι μόνο το εύρος της συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων αλλά ρυθμίζεται και η ισχύς του θορύβου που ελέγχει τα επίπεδα παρεμβολής.

■ Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της πτυχιακής μου εργασίας, ασχολήθηκα με το θέμα μελέτης και σχεδίασης Συστήματος Παρεμβολής ασύρματων συσκευών σε γεωγραφικές περιοχές μικρής εμβελείας. Μετά από μια εκτεταμένη βιβλιογραφική ερευνά όπου συνέλεξα βασικές πληροφορίες όπου χαρακτηρίζουν τα συστήματα ασύρματων επικοινωνιών, περιόρισα την ερευνά μου στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας και Wi-Fi.

Συγκεκριμένα μελέτησα τα κυκλώματα που απαιτούνται προκειμένου να παρεμβάλλονται οι ασύρματες συσκευές στην φασματική περιοχή κάτω ζεύξης και χρησιμοποίησα τις ζώνες που χρησιμοποιούν οι παροχή κινητής τηλεφωνίας στην χώρα μας.

Μέσα από μια σειρά εγχειρίδιων που αναφέρω στην βιβλιογραφία σχεδίασα μια πρώτη έκδοση των τεσσάρων βασικών κυκλωμάτων που θεωρώ ότι χρειάζονται για μια τέτοια συσκευή παρεμβολής.

Βιβλιογραφία

1. Σ. Λούρος, *Εισαγωγή στο κυψελωτό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας GSM*
2. Σ. Κωτσόπουλος και Γ. Καραγιαννίδης, *Κινητή Τηλεφωνία*, Εκδ. Τζιόλα, Αθήνα.
3. J. Tisal, *GSM Cellular Radio Telephony*, Wiley.
4. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1458.pdf>
5. <http://www.intersil.com/content/dam/intersil/documents/icl7/icl7660.pdf>
6. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf>
7. <http://www.pci-card.com/bf245.pdf>
8. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-1000V+.pdf>
9. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-1990+.pdf>
10. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-2252C-119+.pdf>
11. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-2490+.pdf>
12. <http://194.75.38.69/pdfs/ERA-5SM+.pdf>
13. <http://www.ti.com/lit/ds/slos069c/slos069c.pdf>