



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ  
ΚΙΝΗΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΚΟΚΚΙΝΟΣ  
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΠΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**A.M. 3683**

**ΚΡΗΤΗ 2015**

## Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....  | 3  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....  | 5  |
| ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....   | 5  |
| 2.1 Συνοπτικά στοιχεία θεωρίας.....   | 6  |
| 2.1.1 Τοπολογίες δικτύων .....  | 6  |
| 2.1.2 Πολυπλεξία .....  | 6  |
| 2.1.3 Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.....  | 7  |
| 2.1.3.1 Χαρακτηριστικά της γραμμής E1 .....   | 8  |
| 2.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ.....  | 8  |
| 2.3 2Mbps ΓΡΑΜΜΗ TDM-PCM .....  | 9  |
| 2.4 OPTIX RTN 950 RADIO TRANSMISSION SYSTEM .....   | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....  | 31 |
| ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΟ ΣΤΑΘΜΟ (MOBILE STATION,MS) (DL) ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ..... | 31 |
| 3.1 Μετρήσεις Ραδιοκάλυψης από τον κινητό σταθμό (MS) .....   | 31 |
| 3.2 Αναλυτική Περιγραφή της Οθόνης .....  | 35 |
| 3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ .....  | 37 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....  | 39 |
| ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ.....   | 39 |
| 4.1 Σχεδιασμός Σ/Β.....   | 39 |
| 4.1.1 Δεδομένα Ραδιοκάλυψης.....  | 40 |
| 4.1.2 Οργάνωση Δεδομένων Ραδιοκάλυψης.....  | 40 |
| 4.1.3 Επιλογή Κεραίας .....   | 41 |
| 4.2 Υπόδειγμα Λύσης Εργαστηριακής Άσκησης.....  | 42 |
| 4.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ .....   | 44 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία των κινητών επικοινωνιών μέσα από έναν οδηγό εργαστηριακών ασκήσεων που προορίζονται για την εξοικείωση των φοιτητών. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι μέσα από βασικά στοιχεία θεωρίας να μπορέσουν οι φοιτητές να έρθουν σε επαφή με τα βασικά στοιχεία της κινητής τηλεφωνίας και κυρίως της ασύρματης και να εξοικειωθούν με τα χαρακτηριστικά της και τις εφαρμογές της.

Στο πρώτο κεφάλαιο της συγκεκριμένης εργασίας αναπτύσσονται τα βασικά στοιχεία του σχεδιασμού δικτύου υποδομής κυψελωτών συστημάτων επικοινωνιών. Συγκεκριμένα παρουσιάζει τις έννοιες σχεδιασμού του δικτύου transmission με τη βοήθεια υπολογιστικών φύλων.

Οι φασματικές μετρήσεις των παρεμβολών αποτελούν αντικείμενο μελέτης του δευτέρου κεφαλαίου ενώ στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν στις μετρήσεις ραδιοκάλυψης που πραγματοποιούνται στον κινητό σταθμό του ψηφιακού κυψελωτού συστήματος επικοινωνιών (GSM).

Τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού Σ/Β στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4 ενώ στο κεφάλαιο 5 εισάγονται στοιχεία της στατιστικής θεωρίας κίνησης που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των κυψελωτών συστημάτων επικοινωνιών.

Η ενδοκαναλική παρεμβολή και η παρεμβολή γειτονικών καναλιών σε ένα κυψελωτό σύστημα καναλιών παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6 και τονίζεται η σημασία τους στα συγκεκριμένα συστήματα.

Ένα από τα βασικά εργαλεία στο σχεδιασμό συστημάτων επικοινωνιών είναι τα λογισμικά προσομοίωσης η χρησιμότητα των οποίων παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 7.

Το βασικό πρωτόκολλο δικτύου στο διαδίκτυο είναι το πρωτόκολλο του Internet (IP). Τα βασικά στοιχεία του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου αναπτύσσονται στο κεφάλαιο 8 Στο κεφάλαιο 9 από την άλλη αναπτύσσονται ειδικά θέματα δικτύου GSM ενώ τα δύο τελευταία κεφάλαια

της παρούσας εργασίας παρουσιάζουν θέματα σχετικά με τις συζητήσεις κυψελών και τις τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

Η χρήση της κινητής τηλεφωνίας τις τελευταίες δεκαετίες είναι ευρέως διαδεδομένη ενώ η εξέλιξη της αναμένεται ακόμα πιο ραγδαία τα τελευταία χρόνια με την εισαγωγή των τεχνολογιών τέταρτης γενιάς (4G).

Η εν λόγω ανάπτυξη συνεπάγεται την αναπόφευκτη αύξηση του αριθμού θέσεων εγκατάστασης σταθμών βάσης. Τα δίκτυα κινητής επικοινωνίας χωρίζονται σε γεωγραφικές περιοχές που ονομάζονται κυψέλες και στην κάθε μία αντιστοιχεί ένας σταθμός βάσης.

Σε κάθε σταθμό βάσης υπάρχουν ομάδες διαύλων ενώ στους γειτονικούς σταθμούς βάσης υπάρχουν βάσεις διαφορετικών διαύλων. Οι κεραιές των σταθμών βάσης έχουν διαφορετικούς δίαυλους από τη βάση τους. Οι κεραιές των σταθμών βάσης επιτυγχάνουν την επιθυμητή κάλυψη μέσα σε μια συγκεκριμένη κυψέλη και όσο μικρότερη είναι αυτή η περιοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μια φορές διάφοροι δίαυλοι σε πολλές κυψέλες ώστε να μην υπάρχουν πολλές παρεμβολές. Ο σχεδιασμός και η επιλογή των διαύλων σε όλους τους κυψελωτούς σταθμούς βάσης του συστήματος ονομάζεται σχεδίαση απόδοσης συχνοτήτων και με αυτήν χρήστες από διαφορετικές περιοχές χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα φέροντος.

Στην εργαστηριακή άσκηση που ακολουθεί στόχος είναι η εξοικείωση των φοιτητών στα θέματα σχεδιασμού του Δικτύου υποδομής Κυψελωτών Συστημάτων Επικοινωνιών. Συγκεκριμένα η άσκηση επικεντρώνει στο σχεδιασμό του δικτύου υποδομής (transmission). Αρχικά θα δοθεί συνοπτικά η θεωρία του σχεδιασμού έτσι ώστε οι φοιτητές να έχουν μια σφαιρική άποψη του ζητήματος και στη συνέχεια η διαδικασία και τα ερωτήματα της προτεινόμενης εργαστηριακής άσκησης.

## **2.1 Συνοπτικά στοιχεία θεωρίας**

### **2.1.1 Τοπολογίες δικτύων**

Η χωροταξική διευθέτηση και διάταξη των καλωδίων και των συσκευών που συνδέονται σε ένα δίκτυο αποτελεί την τοπολογία του δικτύου. Οι πιο συνηθισμένες τοπολογίες είναι το δέντρο, ο δακτύλιος, ο αστέρας και ο δίαυλος χωρίς να αποκλείεται και η ύπαρξη συνδυασμού των τριών αυτών τοπολογιών. Με την τοπολογία διαύλου όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται άμεσα χωρίς τη μεσολάβηση άλλων διατάξεων σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που αποτελεί το δίαυλο (bus). Προτιμούνται όταν ο αριθμός των κόμβων των συνδεδεμένων στο δίκτυο είναι μικρός και η κυκλοφορία μικρή.

Μια από τις τροπολογίες της τοπολογίας διαύλου είναι η τοπολογία δέντρου στην οποία το μέσο διάδοσης είναι ένα διακλαδιζόμενο καλώδιο χωρίς κλειστούς βρόχους που ξεκινάει από έναν κόμβο που λέγεται κεφαλή ή ρίζα. Μέσω της ρίζας το σήμα μεταδίδεται σε όλο το δίκτυο. Οι δίαυλοι που περνούν από τη ρίζα έχουν άλλες διακλαδώσεις και δημιουργούν πολύπλοκα σχεδιαγράμματα. Το μειονέκτημα της συγκεκριμένης τοπολογίας είναι πως βλάβη στη ρίζα έχει ως αποτέλεσμα κατάρρευση όλου του δικτύου.

Στην τοπολογία δακτυλίου σχηματίζεται ένας κλειστός βρόγχος από συνδέσεις σημείου προς σημείο σε ένα σύνολο κόμβων ο κάθε ένας από τους οποίους συνδέεται με τον αναμεταδότη, που ενισχύει το σήμα και την αποστολή του.

Τέλος στην τοπολογία αστέρα κάθε κόμβος συνδέεται με ένα κεντρικό σταθμό με δυο συνδέσεις σημείου προς σημείο και μιας ανακατεύθυνσης μετάδοσης. Προτιμάται όταν απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής δεδομένων και υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.

### **2.1.2 Πολυπλεξία**

Καθώς οι χρήστες της τηλεφωνίας αυξάνονταν ήταν εμφανής η ανάγκη για περισσότερα κυκλώματα αλλά ήταν φανερό πως υπήρχε περιορισμός στο όριο των καλωδίων που μπορούσαν να τοποθετηθούν στα τηλεφωνικά κέντρα. Στο πρόβλημα αυτό λύση έδωσε η ανακάλυψη της πολυπλεξίας

που είναι η τεχνική που δίνει την δυνατότητα για τη μετάδοση πολλών πηγών μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας. Στο σύστημα πολυπλεξίας εμπλέκεται ο πολυπλέκτης που συνθέτει τα δεδομένα από  $n$  γραμμές και τα μεταδίδει σε γραμμή μεγαλύτερης χωρητικότητας και ο αποπολυπλέκτης που παίρνει την πολυπλεγμένη ροή δεδομένων και τα χωρίζει ανάλογα με το κανάλι στο οποίο ανήκουν οδηγώντας τα στις αντίστοιχες γραμμές εξόδου.

Η πολυπλεξία διακρίνεται στην πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (FDMA) και στην πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDMA). Η FDMA είναι η διαίρεσης της ζώνης συχνότητας που αφορά στα ασύρματα κινητά τηλέφωνα σε 30 κανάλια που το καθένα μεταφέρει την φωνή ή ψηφιακά δεδομένα. Θεωρείται αναλογική τεχνολογία και με τη χρήση της κάθε κανάλι συνδέεται με έναν χρήστη. Η TDMA χρησιμοποιείται στα ψηφιακά κινητά τηλέφωνα και αφορά στη διαίρεση κάθε κινητού καναλιού σε τρία μέρη έτσι ώστε να αυξάνεται η ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να μεταφερθούν.

### **2.1.3 Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας**

Στην κινητή τηλεφωνία έχουμε δύο βασικά δίκτυα:

- A. Το δίκτυο που η επικοινωνία γίνεται μεταξύ κινητού και σταθμού βάσης.
- B. Το δίκτυο που η επικοινωνία πραγματοποιείται από σταθμό βάσης μέχρι το BSC Μετάδοσης (Base Station Controller). Είναι μία κεντρική μονάδα που συνδέει όλους τους σταθμούς βάσης (π.χ. ενός νομού).

Το BSC είναι βασικό στοιχείο του δικτύου και πρέπει να έχει άμεση επικοινωνία με τους σταθμούς βάσης. Οι σταθμοί βάσης από μόνοι τους δεν έχουν κάποια έξυπνη λειτουργία για αυτό και πρέπει να ακολουθούνε τις εντολές που θα τους δώσει το BSC.

Το δίκτυο μετάδοσης (transmission) είναι απαραίτητο για τη μεταφορά των bits ομιλίας μιας κλήσης από το σταθμό βάσης στο BSC και ύστερα στο

MSC. Δηλαδή όταν στο ίδιο δίκτυο υπάρχουν δύο κινητά και το ένα καλεί το άλλο η διασύνδεση τους θα γίνει στο MSC και ας βρίσκονται στον ίδιο σταθμό βάσης. Για να γίνει αντιληπτή η σπουδαιότητα του δικτύου μετάδοσης αρκεί να αναφερθεί ότι αν βγει εκτός λειτουργίας η γραμμή που συνδέει τον σταθμό βάσης, όλοι οι συνδρομητές που είναι συνδεδεμένοι με αυτόν τον σταθμό δεν θα μπορούν να εξυπηρετηθούν. Για τις συνδέσεις του δικτύου μετάδοσης χρησιμοποιούνται γραμμές E1. Οι γραμμές αυτές είναι χωρητικότητας 2 Mbps και χρησιμοποιούν τεχνολογία παλμικής διαμόρφωσης, PCM (Pulse Code Modulation). Η E1 είναι η γραμμή που συνδέει τον σταθμό βάσης με το υπόλοιπο δίκτυο και αποτελεί το βασικό εργαλείο σύνδεσης του δικτύου μετάδοσης, αν και μέσω της εξέλιξης της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί και άλλες γραμμές μεγαλύτερης χωρητικότητας όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε 3G δίκτυα. Η παρούσα άσκηση επικεντρώνεται στην γραμμή E1.

### **2.1.3.1 Χαρακτηριστικά της γραμμής E1**

Η γραμμή E1 αποτελείται από 32 χρονοθυρίδες (timeslot) (0 έως 31). Κάθε μια χρονοθυρίδα έχει χωρητικότητα 64kbps ( $64\text{kbps} \times 32 = 2\text{Mbps}$  που είναι η χωρητικότητα της E1).

Η χρονοθυρίδα 0 συνήθως χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό της ίδιας της γραμμής. Στην χρονοθυρίδα (timeslot 31) έχουμε την σηματοδοσία της γραμμής. Από τη χρονοθυρίδα 1 ως 24 χρησιμοποιούνται για τις συνομιλίες των συνδρομητών και από την 25 ως 30 για την σηματοδοσία του hardware, του σταθμού βάσης.

## **2.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ**

Ο σταθμός βάσης (Σ/Β) είναι μια σχάρα (Rack) που αποτελείται από μια βασική μονάδα (backplane) πάνω στην οποία συνδέονται οι βασικές κάρτες του σταθμού που μπορεί να είναι πομποδέκτες .

Ο πομποδέκτης (TRX ή combiner) είναι το μέσο στο οποίο συνδέονται διαφορετικές συχνότητες οι οποίες μπορούν να περάσουν τα σήματα τους μέσα στο ίδιο καλώδιο. Συνήθως υπάρχουν τόσοι πομποδέκτες όσα και τα κύτταρα .Π.χ. Αν υπάρχουν 3 κύτταρα (cell) θα χρησιμοποιηθούν 3 πομποδέκτες. Οι TRX και γενικά ο σταθμός βάσης έχουν την δυνατότητα ελέγχου κάποιων λειτουργιών τους όταν οι παράμετροι τους έχουν



διαφορετικές ενδείξεις από τις αναμενόμενες. Τα συγκεκριμένα προειδοποιητικά σήματα (alarms) αποθηκεύονται στις χρονοθυρίδες μεταξύ του 25 και του 30, όπου όπως ήδη αναφέρθηκε είναι υπεύθυνα για την σηματοδότηση του hardware. Όταν δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα, τα alarms γίνονται αντιληπτά από το σύστημα αυτοδιάγνωσης μέσα στο σταθμό βάσης που στην συνέχεια στέλνει σήμα στο κέντρο λειτουργίας και συντήρησης OMC (Operational & Maintenance Center). Το OMC είναι υπεύθυνο για όλους τους σταθμούς βάσης μιας περιοχής και λειτουργεί 24 ώρες. Το κέντρο μέσω ενός προηγμένου λογισμικού σε ένα γραμμικό περιβάλλον μπορεί πολύ γρήγορα να εντοπίσει σε ποιόν σταθμό βάσης υπάρχει πρόβλημα με αποτέλεσμα μόλις γίνουν γνωστές αυτές οι πληροφορίες να στέλνεται ειδικό συνεργείο στον σταθμό για να επισκευάσει την βλάβη.

Μια σημαντική ανακάλυψη που βοήθησε πολύ στην ευρεία χρήση των κινητών είναι οι συνθέτες συχνοτήτων (Frequency Synthesizers). Κάθε κινητό δεν έχει συγκεκριμένη συχνότητα ή συγκριμένο κανάλι που είναι διαθέσιμο την στιγμή της κλήσης, δηλαδή οι συχνότητες επαναχρησιμοποιούνται. Για τις συνομιλίες των συνδρομητών δίνονται όπως έχει αναφερθεί την 1 έως την 24 χρονοθυρίδα του συστήματος μετάδοσης. Για να κατανεμηθούν ομοιόμορφα στον χώρο που διατίθεται και για να αξιοποιηθούν όσο καλύτερα γίνεται με την προσθήκη περισσότερων συνδρομητών, η κάθε χρονοθυρίδα του δικτύου μετάδοσης σε 4 ίσα κανάλια κίνησης (Traffic Channels). Σε κάθε κανάλι κίνησης τοποθετείται η ομιλία του κάθε συνδρομητή. Το μέγεθος της χρονοθυρίδας είναι 64kbps οπότε αντίστοιχα το μέγεθος του καναλιού κίνησης είναι 16 kbps. Χρησιμοποιείται δηλαδή TDMA. Σε κάθε πομποδέκτη- TRX αντιστοιχούν 8 κανάλια κίνησης, δηλαδή δύο χρονοθυρίδες του δικτύου μετάδοσης. Άρα σε κάθε σταθμό βάσης είναι εφικτή η χρήση μέχρι 12 πομποδεκτών.

### **2.3 2Mbps ΓΡΑΜΜΗ TDM-PCM**

Για Σ/Β που έχουν μέχρι 12 TRX χρησιμοποιείται 2 Mbps γραμμή TDM-PCM

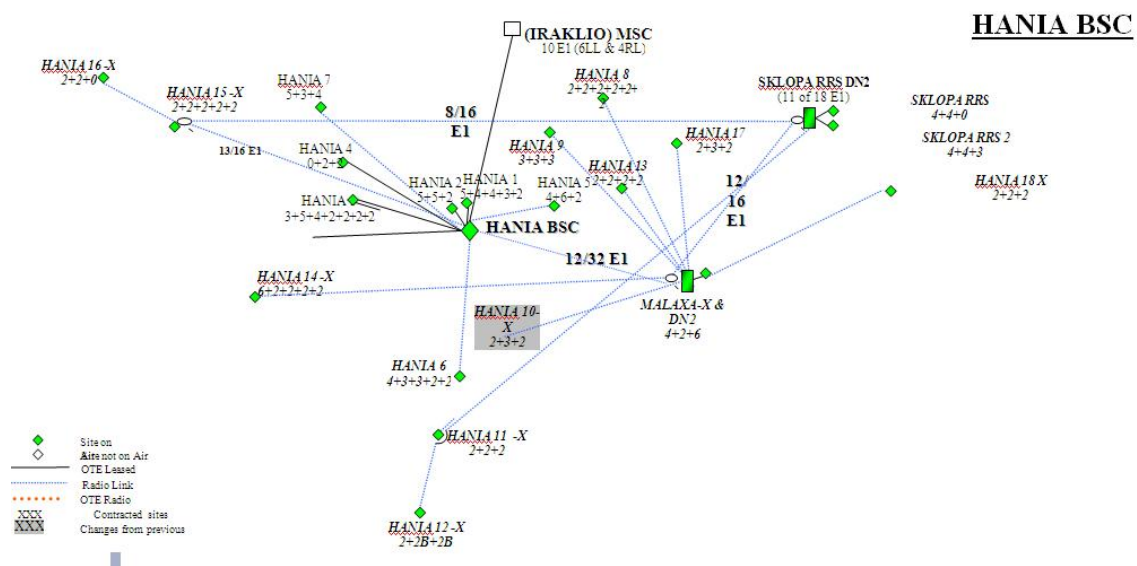
Η γραμμή αυτή μπορεί να είναι μισθωμένη (leased line) ή να γίνεται μικροκυματική ζεύξη με άλλο Σ/Β του δικτύου από όπου θα πηγαίνει στο οικείο BSC.

Μια τέτοια γραμμή, με χρήση της πολυπλεξίας διαιρέσης χρόνου, αποτελείται από 32 χρονοθυρίδες (timeslots) χωρητικότητας 64Kbps. Το TS0 χρησιμοποιείται για συγχρονισμό και το TS15 (ή TS31 για την υλοποίηση της Nokia) χρησιμοποιείται για σηματοδότηση της γραμμής.

Τα υπόλοιπα TS χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των δεδομένων του Σ/Β στο BSC.

Το κάθε TS χωρίζεται σε 4 sub-TS χωρητικότητας 16Kbps. Σε κάθε ένα από αυτά μπορούμε να μεταφέρουμε ένα TCH.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα δικτύου υποδομής Σ/Β του BSC Χανίων.



Σχήμα 1: Δίκτυο υποδομής Σ/Β του BSC Χανίων

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1) φαίνεται το TS Allocation της γραμμής μετάδοσης δικτύου υποδομής (E1, PCM 2Mbps) δύο Σ/B που είναι συνδεδεμένοι με συνδεσμολογία Cascade.

Πίνακας 1: TS Allocation της γραμμής μετάδοσης δικτύου μετάδοσης

| Configuratio<br>n | BTS1 |      |      |      | #6449 | 2+0+0 |      |
|-------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|
|                   | BTS2 |      |      |      | #6446 | 3+2+2 |      |
| TS\bit            | 1 2  | 3 4  | 5 6  | 7 8  | cells | TRX   | BTS  |
| 0                 |      |      |      |      |       |       |      |
| 1                 | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX1  | 1    |
| 2                 | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 |       |       |      |
| 3                 | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX2  |      |
| 4                 | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 | a     |       | BTS1 |
| 5                 | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX1  | 2    |
| 6                 | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 |       |       |      |
| 7                 | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX2  |      |
| 8                 | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 | a     |       |      |
| 9                 | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX3  |      |
| 10                | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 |       |       |      |
| 11                | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX4  |      |
| 12                | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 | b     |       |      |
| 13                | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX5  |      |
| 14                | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 |       |       |      |
| 15                | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX6  |      |
| 16                | TCH5 | TCH6 | TCH7 | TCH8 | c     |       |      |
| 17                | TCH1 | TCH2 | TCH3 | TCH4 |       | TRX7  |      |

|           |                                 |             |             |             |          |             |             |
|-----------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|
| <b>18</b> | <b>TCH5</b>                     | <b>TCH6</b> | <b>TCH7</b> | <b>TCH8</b> | <b>a</b> |             | <b>BTS2</b> |
| <b>19</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>20</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>21</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>22</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>23</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>24</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>25</b> | TRX1                            | BCF1        | TRX2        |             |          | <i>BTS1</i> |             |
| <b>26</b> | TRX1                            | BCF2        | TRX2        |             |          |             |             |
| <b>27</b> | TRX3                            |             | TRX4        |             |          | <i>BTS2</i> |             |
| <b>28</b> | TRX5                            |             | TRX6        |             |          |             |             |
| <b>29</b> | TRX7                            |             |             |             |          |             |             |
| <b>30</b> |                                 |             |             |             |          |             |             |
| <b>31</b> | <b>Service channel (Q1-bus)</b> |             |             |             |          |             |             |

Αρχικά υπάρχουν δύο σταθμοί βάσης, BTS1/BTS2. Ο BTS1 έχει configuration 2+0+0. Ο κάθε όρος αντιστοιχεί σε ένα κελί (cell). Η κάθε ποσότητα στον αριθμό των πομποδεκτών είναι ανά κελί. Επομένως ο BTS1 έχει 3 κελιά όπου το A έχει 2 πομποδέκτες και στα κελιά B και C δεν υπάρχει πομποδέκτης. Ο BTS2 έχει επίσης 3 cells όπου στο A υπάρχουν 3 πομποδέκτες, και στα B και C έχει από 2. Τα SITE ID των δύο σταθμών είναι 6449 και 6446 αντίστοιχα.

Το σύνολο των πομποδεκτών και των 2 σταθμών είναι 9 TRX. Άρα αντιλαμβανόμαστε ότι θα χρησιμοποιηθούν 18 timeslot του transmission (range από 1 ως 18). Επομένως 8 traffic channel θα έχουμε σε έναν πομποδέκτη. Στον πρώτο σταθμό βάσης έχουμε μόνο 2 TRX στο cell A όπου αντιστοιχούν σε 1 timeslot του Transmission με σύνολο 16 traffic channel.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) φαίνεται το TS Allocation της γραμμής μετάδοσης δικτύου υποδομής (E1, PCM 2Mbps) δύο Σ/Β που είναι συνδεδεμένοι με συνδεσμολογία Cascade.

Πίνακας 1: TS Allocation της γραμμής μετάδοσης δικτύου υποδομής

| <i>Configuration</i> |             |             | <i>BTS1</i> |             |          |          | <i>#644</i> | <i>2+0+0</i> |              |             |             |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|                      |             |             | <i>BTS2</i> |             |          |          | <i>#644</i> | <i>3+2+2</i> |              |             |             |
|                      |             |             |             |             |          |          |             |              |              |             |             |
| <i>TS\bit</i>        | <i>1</i>    | <i>2</i>    | <i>3</i>    | <i>4</i>    | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i>    | <i>8</i>     | <i>cells</i> | <i>TRX</i>  | <i>BTS</i>  |
| <b>0</b>             |             |             |             |             |          |          |             |              |              |             |             |
| <b>1</b>             | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX1</i> | <i>1</i>    |
| <b>2</b>             | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          |             |              |              |             |             |
| <b>3</b>             | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX2</i> |             |
| <b>4</b>             | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          | <i>a</i>    |              |              |             | <i>BTS1</i> |
| <b>5</b>             | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX1</i> | <i>2</i>    |
| <b>6</b>             | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          |             |              |              |             |             |
| <b>7</b>             | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX2</i> |             |
| <b>8</b>             | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          | <i>a</i>    |              |              |             |             |
| <b>9</b>             | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX3</i> |             |
| <b>10</b>            | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          |             |              |              |             |             |
| <b>11</b>            | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX4</i> |             |
| <b>12</b>            | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          | <i>b</i>    |              |              |             |             |
| <b>13</b>            | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX5</i> |             |
| <b>14</b>            | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          |             |              |              |             |             |
| <b>15</b>            | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX6</i> |             |
| <b>16</b>            | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          | <i>c</i>    |              |              |             |             |
| <b>17</b>            | <i>TCH1</i> | <i>TCH2</i> | <i>TCH3</i> | <i>TCH4</i> |          |          |             |              |              | <i>TRX7</i> |             |
| <b>18</b>            | <i>TCH5</i> | <i>TCH6</i> | <i>TCH7</i> | <i>TCH8</i> |          |          | <i>a</i>    |              |              |             | <i>BTS2</i> |

|           |                                 |             |             |  |  |             |  |
|-----------|---------------------------------|-------------|-------------|--|--|-------------|--|
| <b>19</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>20</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>21</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>22</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>23</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>24</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>25</b> | <i>TRX1</i>                     | <i>BCF1</i> | <i>TRX2</i> |  |  | <i>BTS1</i> |  |
| <b>26</b> | <i>TRX1</i>                     | <i>BCF2</i> | <i>TRX2</i> |  |  |             |  |
| <b>27</b> | <i>TRX3</i>                     |             | <i>TRX4</i> |  |  | <i>BTS2</i> |  |
| <b>28</b> | <i>TRX5</i>                     |             | <i>TRX6</i> |  |  |             |  |
| <b>29</b> | <i>TRX7</i>                     |             |             |  |  |             |  |
| <b>30</b> |                                 |             |             |  |  |             |  |
| <b>31</b> | <b>Service channel (Q1-bus)</b> |             |             |  |  |             |  |

Αρχικά παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο σταθμοί βάσης, BTS1/BTS2. Ο BTS1 έχει configuration 2+0+0. Ο κάθε όρος αντιστοιχεί σε ένα cell (κελί). Η κάθε ποσότητα στον αριθμό των πομποδεκτών είναι ανά cell. Επομένως ο BTS1 έχει 3 cell όπου το A cell έχει 2 πομποδέκτες και στα cells B και C δεν υπάρχει πομποδέκτης. Ο BTS2 έχει επίσης 3 cells όπου στο A υπάρχουν 3 πομποδέκτες, και στα B και C έχει από 2. Τα SITE ID των δύο σταθμών είναι 6449 και 6446 αντίστοιχα.

Το σύνολο των πομποδεκτών και των 2 σταθμών είναι 9 TRX. Άρα αντιλαμβανόμαστε ότι θα χρησιμοποιηθούν 18 timeslot του transmission (range από 1 ως 18). Επομένως 8 traffic channel θα έχουμε σε έναν πομποδέκτη. Στον πρώτο σταθμό βάσης έχουμε μόνο 2 TRX στο cell A όπου αντιστοιχούν σε 1 timeslot του Transmission με σύνολο 16 traffic channel.

## **2.4 OPTIX RTN 950 RADIO TRANSMISSION SYSTEM**

Το Optix RTN 950 είναι ένα νέας γενιάς TDM/Hybrid/Packet ολοκληρωμένο σύστημα μετάδοσης μικροκυμάτων που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Huawei. Παρέχει μια ομαλή μετάδοση μικροκυμάτων για το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ή για ιδιωτικά δίκτυα. Το IDU για το OptiX RTN 950 είναι 2U υψηλό και υποστηρίζει από 1 έως 6 IF πίνακες. Το σύστημα αυτό έχει μια διασπασμένη δομή. Αποτελείται από το IDU 950 και το ODU. Κάθε ODU είναι συνδεδεμένο με το IDU μέσω ενός καλωδίου IF. Το IDU 950 είναι η εσωτερική μονάδα για ένα σύστημα OptiX RTN 950. Λαμβάνει τις υπηρεσίες, εκτελεί την επεξεργασία τους και την επεξεργασία IF και παρέχει τον έλεγχο του συστήματος και τη λειτουργία των επικοινωνιών. Από την άλλη το ODU είναι η εξωτερική μονάδα του συστήματος. Μετατρέπει συχνότητες και ενισχύει τα σήματα και μπορεί να χρησιμοποιήσει το RTN 600 ODU και το RTN XMC ODU, που καλύπτουν το σύνολο της ζώνης συχνοτήτων από 6 GHz έως 38 GHz. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την τοποθέτηση του ODU και την κεραία: άμεση τοποθέτηση και ξεχωριστή τοποθέτηση.

Επιπρόσθετα το Optix 950 παρέχει τις ραδιοφωνικές συνδέσεις διάφορων τύπων στα οποία διαφορετικοί IF πίνακες και ODUs μπορούν να διαμορφωθούν για διαφορετικά σενάρια εφαρμογής μικροκυμάτων. Παρέχει μια μεγάλη ποικιλία λειτουργιών και χαρακτηριστικών για τη διασφάλιση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της διανομής υπηρεσιών.

Ο τύπος μικροκυμάτων καθορίζεται από τον IF πίνακα και την ρυθμισμένη λειτουργία εργασίας. Υπάρχει ο τύπος SDH/PDH μικροκυμάτων στον οποίο το SDH μικροκύμα αναφέρεται στο μικροκύμα που μεταδίδει υπηρεσίες SDH. Σε αντίθεση με το συμβατικό εξοπλισμό SDH μικροκυμάτων, το OptiX RTN 950 έχει ένα ενσωματωμένο στο MADM. Το MADM περιποιείται τις υπηρεσίες στη θύρα των μικροκυμάτων μέσω διασυνδέσεων, χαρτογραφεί τις υπηρεσίες μέσω STM-1-based ή 2xSTM-1-based των πλαισίων μικροκυμάτων, και στη συνέχεια μεταδίδει τα πλαίσια.

Με τη δυνατότητα αυτή, οι υπηρεσίες είναι ευέλικτες και το οπτικό δίκτυο και το δίκτυο μικροκυμάτων συγκλίνουν. Το PDH μικροκύμα αναφέρεται στο μικροκύμα που μεταδίδει μόνο PDH υπηρεσίες (κυρίως, υπηρεσίες E1). Το MADM περιποιείται τις υπηρεσίες E1 στη θύρα των μικροκυμάτων για την περαιτέρω διαβίβασή τους. Υπάρχει επίσης ο τύπος Hybrid/Packet Integrated IP μικροκύμα, το οποίο μπορεί να μεταδώσει ένα είδος ή συνδυασμό των Native TDM υπηρεσιών, Native Ethernet υπηρεσιών, και των υπηρεσιών PWE3 packet σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του λογισμικού. Ως εκ τούτου, το Integrated IP radio επιτυγχάνει μια ομαλή αναβάθμιση από Hybrid μικροκύματα για το Packet μικροκυμάτων. Το SDH/PDH μικροκύμα υποστηρίζει σταθερή διαμόρφωση, ενώ το Hybrid / Packet υποστηρίζει σταθερή διαφοροποίηση και προσαρμοστική διαμόρφωση.

Το OptiX RTN 950 υποστηρίζει 1+0 non-protection διαμόρφωση, N+0 non-protection διαμόρφωση, 1+1 διαμόρφωση προστασία, N+1 protection διαμόρφωση, και τη διαμόρφωση XPIC και είναι μια συσκευή υψηλής χωρητικότητας. Επίσης παρέχει μια ποικιλία διεπαφών. Το OptiX RTN 950 χρησιμοποιεί ένα MPLS που έχει βελτιστοποιηθεί για τον κομιστή του δικτύου τηλεπικοινωνιών ως μηχανισμός προώθησης πακέτων για μετάδοση πακέτων υπηρεσιών carrier-class. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία PWE3 ως την τεχνολογία φορέα παροχής υπηρεσιών για την εφαρμογή MPLS δικτύου πρόσβασης για διάφορους τύπους υπηρεσιών. Επίσης έχει ισχυρή ικανότητα επεξεργασίας των υπηρεσιών Ethernet.

Το OptiX RTN 950 παρέχει βελτιωμένη ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) και υποστηρίζει τις ακόλουθες οκτώ τύπους per-hop συμπεριφορές (PHBs): BE, AF1, AF2, AF3, AF4, EF, CS6 και CS7. Ως εκ τούτου, οι φορείς του δικτύου μπορούν να προσφέρουν διάφορα επίπεδα QoS εγγυήσεων υπηρεσιών και τη δημιουργία δικτύων που μεταφέρουν τα δεδομένα, φωνή, και βίντεο. Τα χαρακτηριστικά του ρολογιού του OptiX RTN 950 μπορεί να μεταφέρει το ρολόι του δικτύου κινητής επικοινωνίας και παρέχει μια πλήρη επιλογή των μηχανισμών προστασίας του ρολογιού.

Επιπρόσθετα το OptiX RTN 950 παρέχει μια ποικιλία συστημάτων προστασίας, όπως είναι η προστασία του εξοπλισμού επιπέδου, ραδιοζεύξεων και την προστασία του δικτύου-επιπέδου. Επίσης υποστηρίζει πολλαπλούς τρόπους διαχείρισης δικτύου (NM) και παρέχει ολοκληρωμένα συστήματα ανταλλαγής πληροφοριών NM και ακόμα υποστηρίζει διάφορους



τρόπους εγκατάστασης. Δηλαδή, η εγκατάσταση είναι εύκαμπτη και βολική. Το OptiX RTN 950 παρέχει διάφορες δυνατότητες συντήρησης που μειώνουν αποτελεσματικά τις δαπάνες που συνδέονται με τη συντήρηση του εξοπλισμού. Επίσης χρησιμοποιεί διάφορους τύπους τεχνολογιών για τη μείωση του ποσού της ενέργειας που καταναλώνει η συσκευή και έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει τις απαιτήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

Το RTN 950 έχει ένα single-plane (TDM) ή dual-plane (TDM / Packet) σύστημα αρχιτεκτονικής ανάλογα με τον τύπο του ελέγχου του συστήματος, την πολλαπλή σύνδεση, και τους πίνακες χρονισμού που έχουν ρυθμιστεί. Η δομή του λογισμικού αποτελείται από το λογισμικό NMS, το λογισμικό IDU και το ODU λογισμικό. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ροές για τη μετάδοση των σημάτων SDH/PDH μικροκυμάτων, σημάτων Hybrid μικροκυμάτων, και τα σήματα μικροκυμάτων πακέτων είναι διαφορετικά. Ακόμα παρέχει ολοκληρωμένες λύσεις μετάδοσης μικροκυμάτων και υποστηρίζει διάφορους τύπους λύσεων δικτύωσης για να καλύψει τις ποικίλες ανάγκες των πελατών. Οι βασικές τοπολογίες δικτύου του OptiX RTN 950 είναι το δίκτυο της αλυσίδας (chain network) και του δικτύου δακτυλίου (ring network). Με την τεχνολογία MPLS/PWE3, η OptiX RTN 950 μπορεί να μεταδώσει τρεις τύπους των υπηρεσιών πακέτων: CES υπηρεσίες, ATM, και των υπηρεσιών Ethernet.

Η Huawei προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης δικτύου μετάδοσης σύμφωνα με το TMN για διαφορετικούς τομείς λειτουργίας και ομάδες πελατών για τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Το Web LCT είναι ένα τοπικό τερματικό συντήρησης. Το LCT Web παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες διαχείρισης στο επίπεδο NE: NE διαχείριση, διαχείριση συναγερμών, διαχείριση απόδοσης, τη διαχείριση της διάρθρωσης, διαχείριση της επικοινωνίας και της διαχείρισης της ασφάλειας. Επίσης το U2000 είναι ένα network-level σύστημα διαχείρισης. Ένας χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο διακομιστή U2000 μέσω ενός πελάτη U2000 για τη διαχείριση δευτερευόντων δικτύων μεταφοράς Huawei με έναν ενοποιημένο τρόπο. Το U2000 μπορεί να παρέχει NE-level και λειτουργίες διαχείρισης του network-level.

## 2.4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Η προτεινόμενη άσκηση θα εφαρμοστεί με τη βοήθεια των λογιστικών φύλλων Excell.

1. Δίνεται Σ/Β (site I.D. 6123) με διαμόρφωση 2+2+2 που είναι διασυνδεδεμένος με το υπόλοιπο δίκτυο διανομής μέσω μιας γραμμής E1, 2Mbps. Ποιο θα είναι η κατανομή των χρονοθυρίδων (Time Slots Allocation) της γραμμής των 2 Mbps;

| Configuratio<br>n | BTS1 |     |     |     | #     |     |     |
|-------------------|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| TS\bit            | 1 2  | 3 4 | 5 6 | 7 8 | cells | TRX | BTS |
| 0                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 1                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 2                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 3                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 4                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 5                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 6                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 7                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 8                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 9                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 10                |      |     |     |     |       |     |     |
| 11                |      |     |     |     |       |     |     |
| 12                |      |     |     |     |       |     |     |
| 13                |      |     |     |     |       |     |     |
| 14                |      |     |     |     |       |     |     |
| 15                |      |     |     |     |       |     |     |
| 16                |      |     |     |     |       |     |     |
| 17                |      |     |     |     |       |     |     |

|    |                          |  |  |  |  |  |  |
|----|--------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 18 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 19 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 20 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 21 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 22 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 23 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 24 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 25 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 26 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 27 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 28 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 29 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 30 |                          |  |  |  |  |  |  |
| 31 | Service channel (Q1-bus) |  |  |  |  |  |  |

2. Αν πρόκειται να βγει στον αέρα ένας νέος Σ/Β (site I.D. 6179) με διαμόρφωση 1+1+2, ο οποίος έχει ελεγχθεί ότι έχει οπτική επαφή με τον προηγούμενο Σ/Β (site I.D. 6123), μπορεί να διασυνδεθεί με το υπόλοιπο δίκτυο μέσω του Σ/Β (site I.D. 6123); Αν ναι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνδεσμολογία cascade; Τι πλεονεκτήματα θα έχουμε; Ποιο θα είναι το Timeslot allocation;

|                   |            |            |            |            |       |     |     |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|-------|-----|-----|
| Configuratio<br>n |            | BTS1       |            |            | #     |     |     |
|                   |            | BTS2       |            |            | #     |     |     |
| TS\bit            | <b>1 2</b> | <b>3 4</b> | <b>5 6</b> | <b>7 8</b> | cells | TRX | BTS |
| <b>0</b>          |            |            |            |            |       |     |     |
| <b>1</b>          |            |            |            |            |       |     |     |

|           |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>2</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>3</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>4</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>5</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>6</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>7</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>8</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>9</b>  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>10</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>11</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>12</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>13</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>14</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>15</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>16</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>17</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>18</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>19</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>20</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>21</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>22</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>23</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>24</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>25</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>26</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>27</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>28</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>29</b> |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>30</b> |  |  |  |  |  |  |  |

|           |                                 |  |  |  |
|-----------|---------------------------------|--|--|--|
| <b>31</b> | <b>Service channel (Q1-bus)</b> |  |  |  |
|-----------|---------------------------------|--|--|--|

3. Τέλος πρόκειται να βγει στον αέρα ένας νέος Σ/Β (site I.D. 6137) με configuration 2+0+0, ο οποίος έχει ελεγχθεί ότι έχει οπτική επαφή με τον πρώτο Σ/Β (site I.D. 6123), μπορεί να διασυνδεθεί με το υπόλοιπο δίκτυο μέσω του Σ/Β (site I.D. 6123); Αν ναι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνδεσμολογία cascade λαμβάνοντας υπόψη και το ερώτημα 2; Ποιο θα είναι το Timeslot allocation σε αυτή την περίπτωση;

| Configuration<br>n | BTS1 |     |     |     | #     |     |     |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
|                    | BTS2 |     |     |     | #     |     |     |
|                    | BTS3 |     |     |     | #     |     |     |
| TS\bit             | 1 2  | 3 4 | 5 6 | 7 8 | cells | TRX | BTS |
| 0                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 1                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 2                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 3                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 4                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 5                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 6                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 7                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 8                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 9                  |      |     |     |     |       |     |     |
| 10                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 11                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 12                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 13                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 14                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 15                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 16                 |      |     |     |     |       |     |     |
| 17                 |      |     |     |     |       |     |     |

|           |                                 |  |  |  |  |  |  |
|-----------|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| <b>18</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>19</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>20</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>21</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>22</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>23</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>24</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>25</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>26</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>27</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>28</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>29</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>30</b> |                                 |  |  |  |  |  |  |
| <b>31</b> | <b>Service channel (Q1-bus)</b> |  |  |  |  |  |  |

**4. Για ποιο λόγο χρειάζεται το δίκτυο μετάδοσης (transmission network) σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας;**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ (UL) & ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ DL LEVEL ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Η παρεμβολή είναι ένα από τα σημαντικά προβλήματα στην κινητή τηλεφωνία. Τα συνήθη τηλεπικοινωνιακά συστήματα είναι περιορισμένου θορύβου (limited noise) αλλά τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι περιορισμένης παρέμβασης (interference limited) και περιορίζονται από την παρεμβολή δεδομένου ότι η ισχύς της παρεμβολής είναι πολύ μεγαλύτερη από την ισχύ του θορύβου. Για αυτό χρησιμοποιείται ο λόγος  $\frac{c}{i}$ , όπου  $c$  είναι ο μεταφορέας (carrier) προς το  $i$  που είναι η παρεμβολή (interference). Στην πραγματικότητα είναι  $\frac{c}{i} + noise$ , αλλά επειδή ο θόρυβος (noise) είναι πολύ λιγότερο ισχυρός από ότι η παρεμβολή, θεωρείται αμελητέο σε σχέση με την παρεμβολή. Έτσι η έννοια της θεωρείται σημαντική στην κινητή τηλεφωνία, αφού ο περιορισμός της οδηγεί σε σημαντική βελτίωση του δικτύου.

Η εργασία που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο στοχεύει στην εμπάθυνση από τους φοιτητές στο αντικείμενο των φασματικών μετρήσεων παρεμβολών.

#### 2.1 Συνοπτικά στοιχεία θεωρίας

Οι παρεμβολές διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές. Οι εσωτερικές παρεμβολές οφείλονται στο ίδιο το δίκτυο εξαιτίας της επαναχρησιμοποίησης της συχνότητας (η μια συχνότητα παρεμβάλλεται από την άλλη). Κατά την πραγματοποίηση της εσωτερικής παρεμβολής κάθε σύμπλεγμα (cluster), έχει όλες τις συχνότητες και μόλις αυτό ολοκληρωθεί ακολουθεί ένα δεύτερο που έχει πάλι τις ίδιες συχνότητες, οπότε τα κανάλια που έχουν την ίδια ονομαστική συχνότητα αλληλοπαρεμβάλλονται. Αυτή η παρεμβολή λέγεται συγκαναλική παρεμβολή (co-channel interference). Δηλαδή το κανάλι 800 παρεμβάλλεται με το κανάλι 800. Επίσης υπάρχει και μια δεύτερη εσωτερική παρεμβολή που λέγεται παρεμβολή γειτονικού καναλιού



(adjacent channel interference). Σε αυτή την εσωτερική παρεμβολή αν υπάρχει το κανάλι 800 τα γειτονικά κανάλια είναι τα 799 και 801.

Οι εξωτερικές παρεμβολές οφείλονται στην παράνομη χρήση του φάσματος της κινητής τηλεφωνίας. Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι η παρεμβολή είναι εξωτερική και όχι εσωτερική.

Οι εσωτερικές παρεμβολές επειδή οφείλονται στο ίδιο το δίκτυο είναι μεγαλύτερες τις ώρες αιχμής επειδή τις συγκεκριμένες ώρες χρησιμοποιούνται πολλά κανάλια άρα μεγαλώνει και η παρεμβολή. Όμως όταν υπάρχει μια παρεμβολή η οποία είναι σταθερά υψηλή όλο το 24ωρο αυτό υποδεικνύει ότι κάποιος χρησιμοποιεί το φάσμα του δικτύου εκείνη την ώρα, και όταν είναι στο uplink η παρεμβολή. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν υποδεικνύουν την ύπαρξη εξωτερικής παρεμβολής. Σε αυτήν την περίπτωση ειδοποιείται η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) που είναι υπεύθυνη για το φάσμα.

### **2.1.2 Μετρήσεις εξωτερικών παρεμβολών**

Η ύπαρξη εξωτερικής παρεμβολής καθορίζεται από στατιστικά δεδομένα του  $\Sigma/B$  και καθορίζεται επίσης το χρονικό διάστημα της παρεμβολής.

Οι μετρήσεις εξωτερικής παρεμβολής απαιτούν τη μετάβαση στο  $\Sigma/B$  και τη χρήση ενός αναλυτή φάσματος και μιας κατευθυντικής κεραίας.

Η έναρξη των μετρήσεων γίνεται από το κελί με το μεγαλύτερο πρόβλημα. Η κεραία κατευθύνεται στο συγκεκριμένο κελί το οποίο ελέγχεται οπτικά αν ο εξοπλισμός του προβολέα είναι ορατός. Το φάσμα UL σαρώνεται αφού πρώτα απομονωθεί ο  $\Sigma/B$  με την παρεμβολή. Εντοπίζονται τα φάσματα με την παρεμβολή και στη συνέχεια παρατηρείται η κατεύθυνση μεγιστοποίησης της ισχύος παρεμβολής.

Η ισχύς της παρεμβολής μετριέται παράλληλα με την αρχική, την κεντρική και την τελική συχνότητα της.

Γίνεται προσπάθεια αναδιαμόρφωσης του σήματος του παρεμβολέα με τη βοήθεια του αναλυτή φάσματος και ταυτοποιείται με τον παρεμβολέα.

Στη συνέχεια τεκμηριώνονται τα αποτελέσματα και ελέγχεται ποια κανάλια έχουν παρεμβληθεί και ζητείται από την έκθεση της εκχώρησης των συχνοτήτων να αλλαχτούν οι συχνότητες και να δοθούν οι μη παρεμβαλλόμενες συχνότητες μέχρι να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για να σταματήσει η παρεμβολή.

Οι ζώνες στο GSM δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ζώνες GSM

| <b>Band</b>            | <b>UL</b>     | <b>DL</b>     |
|------------------------|---------------|---------------|
| Standard GSM 900       | 890-915 MHz   | 935-960 MHz   |
| Extended GSM 900       | 880-915 MHz   | 925-960 MHz   |
| GSM 1800 (or DCS 1800) | 1710-1785 MHz | 1805-1880 MHz |
| GSM 1900               | 1850-1910 MHz | 1930-1990 MHz |

Στην Ελλάδα και γενικά στην Ευρώπη οι ζώνες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η Extended GSM 900 και η GSM 1800 ( ή DSC 1800).

## **2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

Στην παρούσα άσκηση, περιγράφεται η διαδικασία παρεμβολής χωρίς αυτή να υφίσταται. Εργαζόμενος σε μια εταιρεία κινητής τηλεφωνίας έχει ένα φασματικό αναλυτή, ένα καλώδιο και μια κατευθυντική κεραία και πηγαίνει στον σταθμό βάσης που είναι η παρεμβολή. Πρώτα από όλα «κλειδώνει» τον σταθμό βάσης, δηλαδή τον θέτει εκτός λειτουργίας, δεν υπάρχει χρήση του φάσματος του από αυτόν (δεν «παίζουν» τα κανάλια αυτά). Στην συνέχεια αφού δεν «παίζουν» τα κανάλια, μετράει τον παρεμβολέα. Μετά μετράει το δικό του φάσμα για να δει αν κάποιος άλλος το χρησιμοποιεί. Αν διαπιστώσει ότι κάποιος άλλος χρησιμοποιεί το φάσμα, βρίσκει από πού αρχίζει και που τελειώνει το φάσμα του παρεμβολέα, για να αποκλείσει τα κανάλια τα οποία πέφτουνε μέσα σε αυτό το φάσμα. Τέλος θα χρησιμοποιήσει άλλα κανάλια που δεν παρεμβάλλονται. Σημαντικό είναι το ότι δεν χρησιμοποιούνται τα γειτονικά κανάλια στην ίδια περιοχή.

Το ιδανικό είναι να ταυτοποιηθεί ο χρήστης. Αν ο φασματικός αναλυτής είχε δυνατότητα αποδιαμόρφωσης και μπορούσε να «ακούσει» (αν πρόκειται για έναν ραδιοφωνικό σταθμό) ποιος ραδιοφωνικός σταθμός είναι, θα γινόταν ταυτοποίηση. Επίσης, και τηλεοπτικοί σταθμοί παρεμβάλλουν τις κινητές επικοινωνίες αλλά λιγότερο από ότι οι ραδιοφωνικοί σταθμοί. Αυτοί χρησιμοποιούν κυρίως τις συχνότητες uplink.

### **2.2.1 Αναλυτική περιγραφή της άσκησης**

Αρχικά ρυθμίζεται η περιοχή από 1840MHz έως 1880MHz, που βρίσκεται στην περιοχή κατερχόμενης ζεύξης (downlink). Στη συνέχεια μετρούνται τα φάσματα των σταθμών βάσης της περιοχής μας, που θα είναι πραγματικά φάσματα κινητής τηλεφωνίας. Στη συνέχεια τοποθετείται η κεραία να «κοιτάει» προς την πόλη των Χανίων. Τα ισχυρά φάσματα που θα εντοπιστούν θα είναι τα φάσματα που είναι κοντά στην περιοχή που εξετάζεται, ενώ τα πιο εξασθενημένα είναι αυτά που βρίσκονται πιο μακριά.

Αμέσως μετά πιέζεται στο φασματικό αναλυτή το κουμπί «συχνότητα» (frequency). Ρυθμίζεται ως αρχική συχνότητα (start frequency) 1840 και τελική συχνότητα (stop frequency) 1880. Εδώ εντοπίζονται τα κανάλια που υπάρχουν στην περιοχή αυτή στην ζώνη συχνοτήτων που έχει επιλεγεί. Το SPAN 40MHz, είναι το εύρος ζώνης. Αν ζητείται να εντοπιστεί κάποιο κανάλι πιο αναλυτικά θα επιλεγεί το συγκεκριμένο κανάλι που είναι επιθυμητό. Ο σηματοδότης αναζήτησης της κορυφής (MARKER PEAK SEARCH) βρίσκει την κορυφή.

Στη συνέχεια επιλέγεται μια συχνότητα που θα είναι η κεντρική. Με το «Κεντρική Συχνότητα» (FREQUENCY CENTRAL) επιλέγεται η επιθυμητή συχνότητα και ύστερα με το SPAN τα 40MHz ρυθμίζονται στα 2MHz, δηλαδή γίνεται μεγέθυνση του φάσματος (zoom). Μετά πιέζεται το «εύρος ζώνης» (bandwidth) και το «μέσο bit» (bit average) ρυθμίζεται στο ON. Επόμενο βήμα είναι να πατηθεί το marker και να γίνει αναζήτηση κορυφών (peak search) έτσι να επιτευχθεί μια πιο σταθερή ένδειξη. Μετριοούνται -42 dbm και το κανάλι είναι το 1848,0. Τώρα είναι εφικτή η μετάβαση στην αρχή του καναλιού και η μέτρηση του εύρους του (Τοποθετείται ένας δεύτερος δείκτης (marker) Δ και εντοπίζεται η απόσταση του ενός από τον

άλλο που είναι περίπου 400kHz ~397. Παρατηρείται λοιπόν ότι 400kHz είναι το εύρος του καναλιού με τη νέα μέτρηση.

Όμως το κάθε κανάλι απέχει από το γειτονικό του 0,2 MHz (200kHz), που σημαίνει ότι δεν θα χωράει, αφού μετρήθηκαν 400kHz. Άρα παρατηρείται μία επικάλυψη, η κορυφή του ενός πέφτει πάνω στην κορυφή του άλλου καναλιού. Ωστόσο θα υπάρχει υπερκάλυψη (overlapping) μιας παρεμβολής γειτονικού καναλιού. Δηλαδή αν είναι επιθυμητό το κανάλι 726 παρατηρείται ότι το κανάλι 725 είναι στο 1747,8 που είναι ο δείκτης 1 (εκεί θα έπρεπε να είναι η κορυφή του άλλου καναλιού του 725). Μπορεί να σχεδιαστεί σε ένα χαρτί.

Από τις μετρήσεις βρέθηκε ότι το κανάλι έχει ένα εύρος 400 kHz. Αν το εύρος ήταν μικρότερο ή ίσο του 200 kHz δεν θα έπεφτε κανένα κομμάτι του φάσματος στο προηγούμενο ή στο επόμενο κανάλι. Στην συγκεκριμένη περίπτωση φαίνεται ότι δεν υπάρχει κίνδυνος να πέσει το ένα πάνω στο άλλο γιατί το δίκτυο το έχουνε φτιάξει έτσι ώστε να μην υπάρχει τέτοιο πρόβλημα. Έτσι δεν υπάρχουν κανάλια στην ίδια περιοχή, δηλαδή το κανάλι 725 και 727 θα αποφευχθεί να χρησιμοποιηθεί στην Χαλέπα, γιατί στην Χαλέπα χρησιμοποιείται το 726 και θα αποφευχθεί μία παρεμβολή αφού δε θα χρησιμοποιηθούν γειτονικά κανάλια. Για αυτό το λόγο είναι τόσο σημαντικό στο σταθμό βάσης να μην τοποθετούνται γειτονικά κανάλια. Ο κάθε σταθμός βάσης έχει τρεις συχνότητες, δηλαδή δε θα μπουν και στις τρεις συχνότητες συνεχιζόμενα κανάλια. Συνοψίζοντας για να αποφευχθεί παρεμβολή γειτονικού καναλιού δε χρησιμοποιούνται τα γειτονικά κανάλια στην ίδια περιοχή.

Στην συνέχεια στον δείκτη Δ και μπαίνει ένας δεύτερος δείκτης 3db πιο κάτω. Ο δεύτερος δείκτης είναι -65kHz, μετράει δηλαδή πόσο είναι και το ύψος και πόσο είναι και η συχνότητα. Οπότε από την μια μεριά είναι -65kHz και από την άλλη μεριά την δεξιά υπάρχουν άλλα 3 db. Επομένως εντοπίζονται άλλα 30. Τελικά θα υπάρχουν 65+30=95 kHz που είναι η γνήσια ισχύς (ερώτημα 1). Μετρώντας από την κορυφή κατεβαίνουμε 3 db κάτω από αριστερά και από δεξιά.

### **2.2.2 Μετρήσεις φάσματος Σ/Β- Συνοπτική περιγραφή**

1. Ανιχνεύεται η περιοχή DL από 1855-1880 MHz.
  1. Επιλέγεται ένα φάσμα, πχ. το ισχυρότερο, γίνεται μεγέθυνση στην συχνότητα του συγκεκριμένου φάσματος με span 2MHz ώστε να παρατηρείται καλύτερα το φάσμα, στρέφεται η κεραία και παρατηρείται σε ποια κατεύθυνση μεγιστοποιείται η ισχύς του.
  2. Μετριέται η μέγιστη ισχύς του φάσματος καθώς και η συχνότητα που παρουσιάζεται (κεντρική). Επίσης μετριέται η συχνότητα που αρχίζει και τελειώνει το φάσμα.
  3. Εντοπίζεται ποιο κανάλι (ARFCN) είναι αυτό.
  4. Ανιχνεύεται τώρα η περιοχή DL από 925-960 MHz.
  5. Επαναλαμβάνονται τα βήματα από 2-4.

### **2.2.3 Μετρήσεις εξωτερικών παρεμβολών – Συνοπτική περιγραφή**

1. Συνδέεται η κεραία τύπου Yagi με τον αναλυτή φάσματος και προσανατολίζεται η κεραία προς το παράθυρο του εργαστηρίου.
2. Για να μετρηθεί τυχόν εξωτερική παρεμβολή θα χρησιμοποιηθεί η UL μπάντα. Ιδανικά, θα έπρεπε να έχουν κλειδωθεί οι Σ/Β (ή ο Σ/Β) που βρίσκονται κοντά για να μην εντοπίζονται τα φάσματα των κινητών τηλεφώνων που εκπέμπουν.
3. Ανιχνεύεται αρχικά η περιοχή από 880-915 MHz.
4. Εξετάζονται τα φάσματα που είναι διαφορετικά από τα φάσματα των κινητών τηλεφώνων που εκπέμπουν (narrowband με εύρος 200 KHz).
5. Εντοπίζονται τα φάσματα που τυχόν παρεμβάλουν. Καθώς η κεραία περιστρέφεται παρατηρείται σε πια κατεύθυνση μεγιστοποιείται η ισχύς της παρεμβολής.
6. Μετράται η ισχύς της παρεμβολής καθώς και η αρχική, η τελική και η κεντρική συχνότητα της παρεμβολής.
7. Γίνεται προσπάθεια αποδιαμόρφωσης του σήματος του παρεμβολέα (αν ο αναλυτής φάσματος έχει αυτή την δυνατότητα) για να ταυτοποιηθεί με τον παρεμβολέα.
8. Ελέγχεται ποια κανάλια έχουν παρεμβολή.

9. Ανιχνεύεται στη συνέχεια η περιοχή από 1710-1785 MHz.

10.Επαναλαμβάνονται τα βήματα από 4-8.

### **2.3 Ερωτήματα εργαστηριακής άσκησης**

- 1. Μετρήστε το bandwidth του καναλιού με βάση την ημίσεια ισχύ.**
- 2. Μπορείτε να αιτιολογήσετε την ύπαρξη παρεμβολών γειτονικού καναλιού με βάση τις μετρήσεις σας;**
- 3. Τι κάνουμε για να αποφύγουμε την παρεμβολή γειτονικού καναλιού;**
- 4. Τι είναι παρεμβολή;**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΟ ΣΤΑΘΜΟ (MOBILE STATION,MS) (DL) ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

#### **3.1 Μετρήσεις Ραδιοκάλυψης από τον κινητό σταθμό (MS)**

Ο MS είναι ένας σταθμός εντασσόμενος στο δίκτυο κυψελωτής τηλεφωνίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εν κινήσει και σε μη προκαθορισμένες θέσεις. Ο MS μπορεί να βρίσκεται σε:

- Idle Mode (σε κατάσταση αναμονής) ή
- Σε Dedicated Mode (όταν κάνει κλήση)

Οι μετρήσεις του MS εντοπίζονται με τη χρήση του Netmonitor. Το Netmonitor είναι μια εφαρμογή που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των κλήσεων.

Στην οθόνη 01 βρίσκεται το κανάλι του Server και μετράται το RxLev σε dBm. Το RxLev είναι ένας αριθμός από το 0 έως το 63 που ανταποκρίνεται σε μια τιμή του εύρους dBm. Το 0 αναπαριστά το ασθενέστερο σήμα και το 63 το ισχυρότερο.

Όταν ο κινητός σταθμός βρίσκεται σε Dedicated Mode, μετράται το RxQual που δείχνει την ποιότητα της φωνής σε κλάσεις από 0 (άριστη ποιότητα) έως 7 (κακή ποιότητα).

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι διάφορες κλάσεις ποιότητας σαν συνάρτηση του ποσοστού του ρυθμού λανθασμένων bit (Bit Error Rate, BER) που αναπαριστά τον αριθμό των λαμβανόμενων bit σε ένα ρεύμα δεδομένων που εναλλάσσονται εξαιτίας του θορύβου, της παρεμβολής ή του συγχρονισμού των bit.

Πίνακας 1: Κλάσεις ποιότητας σε συνάρτηση του ποσοστού BER

| RxQual(ity) | BER (%)    |
|-------------|------------|
| 0           | 0-0,2      |
| 1           | 0,2-0,4    |
| 2           | 0,4-0,8    |
| 3           | 0,8-1,6    |
| 4           | 1,6-3,2    |
| 5           | 3,2-6,4    |
| 6           | 6,4-12,8   |
| 7           | 12,8-100,0 |

Στο NetMonitor εμφανίζονται οι ακόλουθες οθόνες:

```

Display 1 – Serving cell info
# CH RxL TxPwr#

#TS TA RQ RLT#

# C1 C2 #

# CHT #
    
```

**Display 2 – More info about serving cell**

```

+++++++ #####
+ aa b c Bdd + #PM RAR Ro BC#
+ ee f + #RelR QLF #
+ ggg hh iii + #CRO TO PenT #
+ H=j mm nn + #H MAIO HSN #
+++++++ #####
    
```



Bdd: Letter B and BSIC value, range is 0 - 63.

### **Display 3 – Serving cell, 1st and 2nd neighbour**

#### **Display 4 – 3rd, 4th and 5th neighbour cells**

**# SCH C1 rx C2#**

**# 1CH C1 rx C2#**

**# 2CH C1 rx C2#**

**# 1N 2N #**

**1. row: serving cell information**

**2. row: 1. neighbour information**

**3. row: 2. neighbour information**

#### **Display 6 – Network selection display**

**# LReg 1\_For#**

**# 1\_Pre 2\_For#**

**# 2\_Pre 3\_For#**

**# 3\_Pre 4\_For#**

*Αυτή η οθόνη δείχνει τον τελευταίο συνδεδεμένο κωδικό χώρας στο δίκτυο και τον κωδικό δικτύου όπως επίσης και τους τέσσερις απαγορευμένους κωδικούς και τους τρεις προτεινόμενους.*

#### **Display 10 – Paging Repeat Period, TMSI, Location Update Timer, AFC and AGC**

**+TMSIaaaaaaa+ # TMSI(hex) #**

**+T321:bbb/ccc+ #T3212ctr/tim#**

**+ PRP:d ee ff+ # PaRP DSFAGC#**

**+ ggggg hhh + # AFC Ch #**

όπου aaaaaaaa είναι η τιμή της ταυτότητας του προσωρινού συνδρομητή κινητής (Temporary Mobile Subscriber Identity, TMSI) σε εξαδική μορφή. bbb η ισχύουσα τιμή του μετρητή T3212 (Το εύρος είναι 000 - 'ccc', όπου 1 σημαίνει 6 min χρόνος). Κατά συνέπεια αν αυτή η τιμή είναι 2 μικρότερη από το 'ccc' τότε η επόμενη περιοδική ενημέρωση θα γίνει στα επόμενα  $2 * 6 \text{ min} = 12 \text{ minutes}$ .

ccc Η τιμή λήξης του μετρητή T3212 (το εύρος είναι 000 - 240, όπου το 1 σημαίνει 6 min ανάμεσα στις τοπικές ενημερώσεις και το 240 σημαίνει  $240 * 6 \text{ min} = 24 \text{ h}$  ανάμεσα στις ενημερώσεις τοποθεσίας. Το 000 σημαίνει ότι η περιοδική ενημέρωση τοποθεσίας δεν χρησιμοποιείται). Η συγκεκριμένη τιμή λαμβάνεται από το δίκτυο.

'δ είναι η τιμή της τηλεειδοποίησης σε επαναλαμβανόμενη περίοδο (πεδίο 2-9, όταν η τηλεειδοποίηση είναι σε κάθε sec πολυπλαισίου το κινητό λαμβάνει περισσότερο ρεύμα από ότι αν είναι κάθε 9sec του πολυπλαισίου)

#### **Display 11 – Network parameters**

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| <b>+CC:aaa NCbbb+</b> | <b># MCC MNC #</b>    |
| <b>+ LAC:ccccc +</b>  | <b>#LocAreaCode #</b> |
| <b>+ CH : dddd +</b>  | <b>#ServChannel #</b> |
| <b>+ CID:eeeeee +</b> | <b># CellId #</b>     |

aaa MCC τιμή σε δεκαδικό (MCC=Mobile Country Code, Κωδικός κινητού χώρας)

bbb MNC δεκαδική τιμή (MNC=Mobile Network Code, Κωδικός κινητού δικτύου)

Τρία ψηφία φαίνονται μόνο στο DCS1900 ενώ στα άλλα συστήματα φαίνονται μόνο δύο ψηφία.

ccccc LAC δεκαδική τιμή (LAC=Location Area Code, Κωδικός Περιοχής)

dddd Αριθμός καναλιού κινητής εξυπηρέτησης

eeee Ταυτοποιητής κελιού σε δεκαδική μορφή

### **Display 12 – Cipherring, hopping, DTX Status and IMSI**

**+CIPHER :aaa + #CipherValue #**

**+HOPPING:bbb + #HoppingValue#**

**+DTX :ccc + #DTXValue #**

**+IMSI :ddd + #IMSIAttach #**

Aaa cipherring value, OFF/A51/A52

bbb hopping value, ON/OFF

ccc DTX value ON/OFF

ddd IMSI attach

ON : IMSI attach on

OFF : IMSI attach off

## **3.2 Αναλυτική Περιγραφή της Οθόνης**

Οι οθόνες που χρησιμοποιούνται είναι 01.01, ενώ οι οθόνες στο παλιό κινητό ήταν 01.02.03.

Το 01 αναφέρεται στο GSM. Έχει διάφορες οθόνες και λειτουργεί και για το 3G. Στην παρούσα άσκηση δεν θα γίνει αναφορά σε αυτό αλλά θα επικεντρωθεί στο GSM. Οι περισσότερες πληροφορίες βρίσκονται στην πρώτη οθόνη. Το 01.01 είναι ο κωδικός περιοχής (*location area code*). Από κάτω είναι ο δείκτης ταυτότητας περιοχής του κελιού (*cell id location area indicator*) που είναι σαν τον κωδικό περιοχής. Στην περίπτωση που εξετάζεται είναι 312 για την cosmote γιατί χρησιμοποιείται κάρτα cosmote στο κινητό. Το cell id λέει 1958 2. Το τελευταίο ψηφίο στην cosmote σημαίνει κελί (cell), δηλαδή 2 σημαίνει το cell b. Το 1958 είναι το site id, το οποίο έχει να κάνει με το σταθμό βάσης, δηλαδή το 1958 είναι ο

σταθμός βάσης που θεωρείται στη Χαλέπα. Παρακάτω φαίνεται το κανάλι συχνότητας (*frequency channel*) που είναι το 876. Στη συνέχεια είναι το *RX/RQ*, όπου *RX* είναι η λαμβανόμενη στάθμη του σήματος και δίπλα όταν γίνεται κλήση είναι το *Rxquality*. Αν η τιμή του είναι από 0 μέχρι 4 είναι εντάξει, όμως αν είναι από 5 έως 7 υπάρχει πρόβλημα.

Το *TXpower* δείχνει πόσα db μειώνονται από την μέγιστη ισχύ. Η μέγιστη ισχύς για τα 1800 είναι 1 watt ή αλλιώς +30dbm. Πόσα db γίνεται μείωση; Π.χ. Όταν πραγματοποιείται κλήση και το *TXpower* δείχνει 10 σημαίνει ότι είναι 10db κάτω από την μέγιστη ισχύ. Άρα αντί να εκπέμπει +30 εκπέμπει +20 ( $30-10=20$ ). Έτσι γίνεται αντιληπτή η ισχύς εκπομπής του τηλεφώνου.

Επίσης ο προκαταβολικός χρόνος (*time in advance*) είναι η χρονική προπορεία. Αν ο χρήστης είναι μακριά από το σταθμό βάσης το σήμα του χρειάζεται κάποιο χρόνο για να φτάσει από το κινητό που εκπέμπει μέχρι την αρχή της χρονοθυρίδας που είναι να μιλήσει ο χρήστης, που έχει κάποια συγκεκριμένη χρονοθυρίδα. Το σήμα του θα έπρεπε να φτάσει ακριβώς στην αρχή της χρονοθυρίδας για να προλάβει να μεταδοθεί ολόκληρη η επιθυμητή πληροφορία. Αν ο χρήστης είναι μακριά πόσο χρόνο πιο πριν θα αρχίσει να εκπέμπει ώστε να φτάσει το σήμα του στο σταθμό βάσης ακριβώς στην αρχή της χρονοθυρίδας του; Αν ήταν 10, σημαίνει ότι θα έπρεπε να αρχίσει 10 TD πιο πριν, όπου TD είναι η διάρκεια του bit. Στο GSM είναι περίπου 3.7 του bit msec, η διάρκεια του TD. Τον χρόνο τον μετράει σε ακέραια πολλαπλάσια του TD. Το *time in advance* 1 αντιστοιχεί σε απόσταση 550 μέτρα περίπου. Άρα άμα είναι 10 αντιστοιχεί σε απόσταση 5,5 km. Επίσης το *time in advance* παίρνει τιμές από 0 μέχρι 63. Όταν πάρει την τιμή 63 σημαίνει ότι η απόσταση του χρήστη θα πάρει τιμή γύρω στα 35 km.

Ακόμα υπάρχουν *κυψέλες (extended cells)* που είναι για χρήση στη θάλασσα κυρίως. Αυτά τα κελιά χρησιμοποιούνε *outerpart* (το κομμάτι που ξεκινάει από τα 33 μέχρι τα 65km) και *innerpart* (το κομμάτι από το σταθμό βάσης μέχρι τα 35km). Χρησιμοποιούνται κυρίως στη θάλασσα γιατί το ηλεκτρομαγνητικό κύμα σκεδάζει στην επιφάνεια της η οποία έχει μεγάλη αγωγιμότητα και έτσι έχει καλή ανάκλαση και το σήμα δεν

εξασθενεί τόσο γρήγορα όσο στην στεριά που υπάρχουν εμπόδια. Επίσης στη θάλασσα υπάρχει μόνο το υγρό στοιχείο που δίνει καλές ανακλάσεις. Έτσι και σε μια απόσταση πολύ μακρινή στα 65 km από το σταθμό βάσης μπορεί να μιλήσει κάποιος στο κινητό. Ουσιαστικά για να γίνει η διαχείριση του προβλήματος του time in advance η κυψέλι χωρίζεται σε 2 κομμάτια. Το 1 cell ονομάζεται inner (εσωτερικό κομμάτι) και το άλλο outer. Το inner με το outer έχουν μια αλληλοεπικάλυψη (overlapping) μεταξύ τους. Για τα extended cells χρησιμοποιούνται 2 TRX για κάθε πομποδέκτη που υπάρχει. Π.χ. Αν είναι επιθυμητή μια χωρητικότητα 2 πομποδεκτών όταν το cell είναι extended τοποθετούνται 4 πομποδέκτες. Δύο για inner και δύο για output. Αυτό τα αναγνωρίζει σαν ξεχωριστά cell ενώ στην ουσία είναι στην ίδια κεραία, δηλαδή μια κυψέλη έχει εμβέλεια γύρω στα 35 km

Το *C1* δείχνει πόσα db είναι ισχυρότερο το σήμα του χρήστη από την ελάχιστη στάθμη για να ξεκινήσει η κλήση. Το *E10* που φαίνεται στην οθόνη είναι γειτονικό κανάλι.

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση στοχεύει στην εξοικείωση των φοιτητών με τις έννοιες των μετρήσεων ραδιοκάλυψης που πραγματοποιούνται στον κινητό σταθμό (Mobile Station) του Ψηφιακού Κυψελωτού Συστήματος Επικοινωνιών GSM. Για την υλοποίηση της άσκησης θα χρησιμοποιηθεί κατάλληλο κινητό τηλέφωνο όπου έχει ενεργοποιημένο το Netmonitor (δηλ. το εργαλείο λογισμικού για να εμφανίζονται στην οθόνη του κινητού σταθμού οι μετρήσεις που κάνουν όλα τα κινητά τηλέφωνα στο GSM.)

### **3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

#### **Μετρήσεις σε Idle Mode:**

- 1. Καταγράψτε τα κανάλια και τις μετρήσεις του RxLev σε dBm του server και των γειτόνων.**
- 2. Καταγράψτε το BSIC του server Cell.**
- 3. Από ποιά στάθμη σήματος και πάνω μπορεί να ξεκινήσει μια κλήση στο συγκεκριμένο δίκτυο;  $-(c1+|rxLev|)$  dBm.**
- 4. Γράψτε το Country Code και Network Code.**
- 5. Γράψτε το Location Area Code και το Cell Identity.**
- 6. Γράψτε τα απαγορευμένα δίκτυα; CC-NC**
- 7. Τι είναι location update; Κάθε πόσα λεπτά κάνει location update το κινητό μας στο συγκεκριμένο δίκτυο;**

### **Μετρήσεις σε κλήση Dedicated Mode:**

**Καλέστε τον αριθμό 1314.**

- 1. Καταγράψτε την ισχύ εκπομπής του κινητού (τιμή παραμέτρου και πραγματική ισχύ σε dBm και W).**
- 2. Σε ποίο Time Slot του carrier βρισκόμαστε;**
- 3. Ποιό είναι το Timing Advance και ποιά περίπου είναι η απόσταση μας από το Σ/Β;**
- 4. Ποιά είναι η λαμβανόμενη κλάση ποιότητας, RxQual, και σε τι BER αντιστοιχεί; Πως υπολογίζεται το BER;**
- 5. Το συγκεκριμένο δίκτυο έχει frequency hopping;**
- 6. Χρησιμοποιείται Discontinuous Transmission;**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση στοχεύει στην εξοικείωση των φοιτητών με τις έννοιες του σχεδιασμού Σ/Β σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Για την υλοποίηση της άσκησης θα γίνουν υπολογισμοί των κατευθύνσεων, των κλίσεων (tilt) και των τύπων των κεραιών για κάθε Cell του Σ/Β, με βάση τα δεδομένα της ραδιοκάλυψης.

#### 4.1 Σχεδιασμός Σ/Β

Τα βήματα σχεδιασμού του Σ/Β είναι

I. Επιλογή παραμέτρων κεραιάς:

- Επιλογή τύπου κεραιάς.

Η κεραιά που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα άσκηση είναι 1800 (cross polar).

- Επιλογή κατεύθυνσης της κεραιάς.

Η κατεύθυνση γίνεται με βάση το σημείο αναφοράς μας που είναι ο βορράς, δηλαδή ο βορράς έχει 0° κατεύθυνση.

- Επιλογή κλίσης (tilt) κεραιάς.

Είναι η μηχανική κλίση που θα δωθεί στην κεραιά. Η κεραιά από την κατασκευή της έχει μια ηλεκτρική κλίση (electrical tilt).

Ηλεκτρική κλίση: Αν η κεραιά έχει 0 μοίρες ηλεκτρική κλίση σημαίνει ότι ο λοβός δεν γέρνει καθόλου κάτω. Αν έχει 5 ή 6 μοίρες ηλεκτρική κλίση σημαίνει ότι ο λοβός είναι 5 ή 6 μοίρες προς τα κάτω. Αυτό συμβαίνει με τον κύριο αλλά και με τους πλαϊνούς λοβούς. Σε μερικές κεραιές επειδή υπάρχουν παραπάνω από μια ηλεκτρική κλίση χρησιμοποιείται μηχανική κλίση για να ανεβαίνουν οι κεραιές προς τα πάνω.

II. Οργάνωση δεδομένων ραδιοκάλυψης.

#### 4.1.1 Δεδομένα Ραδιοκάλυψης

Έστω το υψόμετρο του Σ/Β ότι είναι 452 m και το ύψος της κεραίας του είναι 48 m. Από το Cell A αυτού του Σ/Β ζητείται να καλυφθούν τρία χωριά που έχουν καλή οπτική επαφή από τον Σ/Β. Το πρώτο χωριό βρίσκεται σε απόσταση 3 Km από τον Σ/Β, είναι παραθαλάσσιο (0 m υψόμετρο) και η κατεύθυνση του σε σχέση με το Σ/Β είναι  $80^{\circ}$  (αριστερό άκρο του χωριού) έως  $95^{\circ}$  (δεξιό άκρο του χωριού). Το δεύτερο χωριό είναι σε απόσταση 5 Km από τον Σ/Β, βρίσκεται σε πλαγιά λόφου με το ψηλότερο σημείο του χωριού στα 150 m και το χαμηλότερο στα 60 m, ενώ η κατεύθυνση του σε σχέση με το Σ/Β είναι από  $33^{\circ}$  έως  $45^{\circ}$ . Το τρίτο χωριό είναι σε απόσταση 7 Km από τον Σ/Β, σε υψόμετρο 133 m και η κατεύθυνση του ως προς τον Σ/Β είναι από  $53^{\circ}$  έως  $60^{\circ}$ .

#### 4.1.2 Οργάνωση Δεδομένων Ραδιοκάλυψης

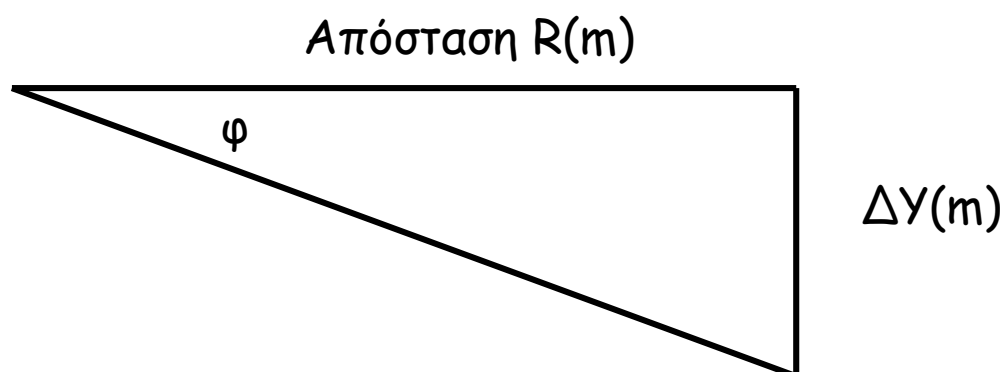
Για να είναι όλα τα χωριά εντός κύριου λοβού της κεραίας του Cell A, θα θεωρηθεί η πιο αριστερή κατεύθυνση (ως προς το βορρά) και η πιο δεξιά.

Αριστερή κατεύθυνση:  $33^{\circ}$

Δεξιά κατεύθυνση:  $95^{\circ}$

Διαφορά:  $62^{\circ}$

#### Υπολογισμός Κλίσης (tilt)





$$\varphi = \tan^{-1}(\Delta Y/R)$$

Συνολικό ύψος κεραίας=452+48=500m

**1ο χωριό:**  $\Delta Y_1=500\text{m}$ ,  $R_1=3000\text{m}$

$$\varphi_1 = \tan^{-1}(500/3000) = 9.46 \approx 9.5^\circ$$

Υπολογισμός Κλίσης (tilt)

**2ο χωριό:**  $\Delta Y_{2,1}=350\text{m}$ ,  $R_2=5000\text{m}$

$$\varphi_{2,1} = 4^\circ$$

$\Delta Y_{2,2}=440\text{m}$ ,  $R_2=5000\text{m}$

$$\varphi_{2,2} = 5^\circ$$

**3ο χωριό:**  $\Delta Y_3=367\text{m}$ ,  $R_3=7000\text{m}$

$$\varphi_3 = 3^\circ$$

**Το μέγιστο tilt :  $9.5^\circ$**

**Το ελάχιστο tilt:  $3^\circ$**

**Διαφορά:  $6,5^\circ$**

#### 4.1.3 Επιλογή Κεραίας

- Η κεραία που θα χρησιμοποιηθεί έχει  $65^\circ$  οριζόντια κατεύθυνση και  $7^\circ$  κάθετη, 18 dBi κέρδος και  $6^\circ$  ηλεκτρική κλίση.
- Η κατεύθυνση (ως προς τον βορρά), της κεραίας θα είναι από  $62,5-65,5$  μοίρες. **Επιλέγεται  $65^\circ$ .**
- Η μηχανική κλίση της θα είναι  $0-0,5$  μοίρες. **Επιλέγεται  $0^\circ$ .**

## 4.2 Υπόδειγμα Λύσης Εργαστηριακής Άσκησης

Υποθέστε ότι ο Σ/Β που ζητείται να σχεδιαστεί βρίσκεται σε υψόμετρο 1100 m και το ύψος του ιστού είναι 36 m. Το πρώτο χωριό βρίσκεται σε απόσταση 2,32 Km από τον Σ/Β, σε υψόμετρο 600 m και η κατεύθυνση του σε σχέση με το Σ/Β είναι  $8^\circ$  (αριστερό άκρο του χωριού) έως  $20^\circ$  (δεξιό άκρο του χωριού), πάντα με βάση τον βορρά. Το δεύτερο χωριό είναι σε απόσταση 2,57 Km από τον Σ/Β, βρίσκεται σε υψόμετρο 820 m, ενώ η κατεύθυνση του σε σχέση με το Σ/Β είναι από  $35^\circ$  έως  $72^\circ$ .

Με την κεραία ζητείται να καλυφθούν και τα δύο χωριά μαζί, οπότε η κεραία πρέπει να πιάνει όλο το εύρος ( $8^\circ$  μέχρι τις  $72^\circ$ ), άρα αυτή είναι η ωφέλιμη γωνία. Οι πιο πολλές κεραίες έχουν horizontal pattern 65. Στη συνέχεια παίρνοντας την διαφορά  $72-8=64^\circ$  υπολογίζεται η ζητούμενη γωνία. Άρα αναζητείται μια γωνία που να έχει οριζόντια κατεύθυνση μεγαλύτερη ή ίση με 64 μοίρες. Αν η οριζόντια κατεύθυνση ήταν μικρότερη από 64, π.χ. αν ήταν  $33^\circ$  η οριζόντια κατεύθυνση είναι δυνατή η κάλυψη και των δυο χωριών από μια κεραία. Επομένως πρέπει να βρεθεί σε ποιες μοίρες είναι ως προς τον βορρά η διχοτόμος της ωφέλιμης γωνίας. Αυτή θα είναι η κατεύθυνση της κυψέλης.

Στην περίπτωση που εξετάζεται η κατεύθυνση της κυψέλης Α θα είναι  $8^\circ$  που είναι η θέση αναφορά συν  $\frac{64}{2}$  (διχοτόμος). Άρα  $8 + \frac{64}{2} = 40$  μοίρες θα είναι η ζητούμενη κατεύθυνση. Έτσι η κεραία στρέφεται  $40^\circ$  επάνω ακριβώς στα χωριά που ζητείται να καλυφθούν.

Στην συνέχεια πρέπει να βρεθεί η κλίση για το κάθε χωριό. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα δίνονται όλα όσα χρειάζονται για την εύρεση της κλίσης στην οποία θα τοποθετηθεί η κεραία. Για το χωριό 1 δίνεται η απόσταση R σε μέτρα και ζητείται η γωνία φ από τον ορίζοντα. Δηλαδή πόσες μοίρες ποιο κάτω πρέπει να μετακινηθεί η κεραία για να σημαδέψει το χωριό.

Άρα:

$R_1=2320\text{m}$  και υψόμετρο=600m

Ζητείται η διαφορά του υψομέτρου ΔΥ.

Επομένως  $\Delta Y = 1136\text{m} - 600\text{m} = 536\text{m}$ , είναι το μήκος.

Το  $\tan\phi$  είναι η απέναντι κάθετος δηλαδή το  $\frac{\Delta Y}{R}$  (προσκειμένη κάθετος).

$$\phi = \tan^{-1} \cdot \frac{\Delta Y}{R}$$

$$\Delta Y_1 = 1136\text{m} - 600\text{m} = 536\text{m} \rightarrow \phi_1 = 13 \text{ μοίρες}$$

$$\Delta Y_2 = 1136\text{m} - 820\text{m} = 316\text{m} \rightarrow \phi_2 = 7 \text{ μοίρες}$$

Άρα:  $13 - 7 = 6$  μοίρες

Η κεραία πρέπει να έχει κλίση τέτοια ώστε ο λοβός της να πέσει πάνω στην διχοτόμο της ωφέλιμης γωνίας. Δηλαδή η συνολική κλίση της κεραίας θα πρέπει να είναι  $7 + (6/2) = 10$ . Για να καλυφθούν με την ίδια κεραία και τα δύο χωριά μαζί θα πρέπει η κάθετη κατεύθυνση της κεραίας να είναι μεγαλύτερη ίση με 6 μοίρες και η οριζόντια πρέπει να είναι περίπου 64. Στην περίπτωση αυτή ισούται με 65 που είναι καλή τιμή.

Στην συνέχεια επιλέγεται η κεραία με το μεγαλύτερο κέρδος. Επιλέγονται κεραίες με μεγάλη ηλεκτρική κλίση γιατί ο κύριος και ο πλαϊνοί λοβοί τους πρέπει να κατεβαίνουν κατά 6 μοίρες κάτω. Π.χ. Αν θεωρηθεί μια κεραία που από μόνη της έχει 6 μοίρες κάτω τους δύο πλευρικούς και τον μπροστινό λοβό της, μετά αν ζητηθεί για τον κεντρικό λοβό να κατέβει κι άλλες 4 μοίρες, για να πάει στις 10, οι πλαϊνοί λοβοί θα είναι ήδη κάτω και δεν θα υπάρχουν παρεμβολές. Οι ίδιες συχνότητες ξαναχρησιμοποιούνται. Αν αφεθούν μακριά οι πλαϊνοί λοβοί θα υπάρχουν παρεμβολές. Για αυτό διαλέγονται και χρησιμοποιούνται κεραίες με μεγάλη ηλεκτρική κλίσεις στις πόλεις αλλά και σε ψηλές θέσεις. Εκτός βέβαια αν υπάρχει ειδικός λόγος ο πλαϊνός λοβός να είναι στο ίδιο ύψος με τον κύριο.

Γιατί επιλέγονται κεραίες πολικής διασταύρωσης (cross polar)? Αυτές οι κεραίες έχουν δύο ακροδέκτες. Είναι δύο κεραίες στοιχείων πάνω σε ένα πάνελ και λέγονται αλλιώς στοιχειοκεραίες. Αυτά τα δύο δίπολα σχηματίζουν ορθή γωνία, δηλαδή πρόκειται για δίπολα 90 μοιρών

τοποθετημένα κάθετα. Ο λόγος που τοποθετούνται έτσι είναι ότι η φάση του κύματος που πέφτει πάνω στην κεραία είναι τυχαία οπότε για κάποιο από τα δίπολα θα είναι ευνοϊκή η λήψη. Ονομάζονται πολικής διασταύρωσης γιατί σχηματίζουν σταυρό.

Επίσης υπάρχουν δύο καλώδια. Το ένα λέγεται κύριο και λαμβάνει TX (σε άλλη συχνότητα περνάει η εκπομπή και εκπέμπει η κεραία) και RX (λαμβάνει η κεραία). Το δεύτερο καλώδιο λαμβάνει μόνο RX. Αν κοπεί ένα καλώδιο, υπάρχει το δεύτερο (εναλλακτικό) και η κεραία λειτουργεί κανονικά. Τα καλώδια οδηγούνται σε δύο διαφορετικούς δέκτες και διαλέγει πάντα το καλύτερο σαν έξοδο. Αυτό έχει ένα direct db της τάξεως των 3db. Το direct db βοηθάει το εξασθενημένο uplink. Για αυτό τον λόγο προτιμάται η πολική διασταύρωση από την απλή πολική.

Η κεραία επιλέγεται με τα εξής κριτήρια :

1. Με τους περιορισμούς που τίθενται στην οριζόντια κατεύθυνση
2. Με τον περιορισμό που τίθεται στην κάθετη κατεύθυνση
3. Με τον περιορισμό που τίθεται με το μεγαλύτερο κέρδος που να τηρεί τα δύο προαναφερθέντα.
4. Με τη μεγαλύτερη ηλεκτρική κλίση (για να μην υπάρχουν παρεμβολές)

Έχει επιλεγεί η κεραία 739496 (antenna time), ο τύπος της κεραίας. Η κατεύθυνση είναι 40 μοίρες. Συνολική κλίση= μηχανική κλίση + ηλεκτρική κλίση. Η κεραία θέλει συνολική κλίση 10 μοίρες όπως υπολογίστηκε παραπάνω, και η κεραία έχει 6 μοίρες ηλεκτρική κλίση . Άρα μηχανική κλίση = 4 μοίρες.

### **4.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**Υποθέστε ότι ο Σ/Β που ζητείται να σχεδιαστεί βρίσκεται σε υψόμετρο 1100 m και το ύψος του ιστού είναι 36 m. Σχεδιάστε τις κατευθύνσεις, τις κλίσεις (tilt) και τους τύπους των κεραιών του**

**Σ/Β** ώστε να καλύπτει τις ακόλουθες περιοχές που έχουν καλή οπτική επαφή από τον **Σ/Β**:

Το πρώτο χωριό βρίσκεται σε απόσταση 2,32 Km από τον **Σ/Β**, και βρίσκεται σε υψόμετρο 600 m και η κατεύθυνση του σε σχέση με το **Σ/Β** είναι  $8^{\circ}$  (αριστερό άκρο του χωριού) έως  $20^{\circ}$  (δεξιό άκρο του χωριού). Το δεύτερο χωριό είναι σε απόσταση 2,57 Km από τον **Σ/Β**, βρίσκεται σε υψόμετρο 820 m, ενώ η κατεύθυνση του σε σχέση με το **Σ/Β** είναι από  $35^{\circ}$  έως  $72^{\circ}$ . Το τρίτο χωριό είναι σε απόσταση 2,21 Km από τον **Σ/Β**, σε υψόμετρο 1020 m και η κατεύθυνση του ως προς τον **Σ/Β** είναι από  $125^{\circ}$  έως  $155^{\circ}$ . Το τέταρτο χωριό είναι σε απόσταση 2,75 Km από τον **Σ/Β**, σε υψόμετρο 400 m και η κατεύθυνση του ως προς τον **Σ/Β** είναι από  $158^{\circ}$  έως  $190^{\circ}$ . Επίσης, θέλουμε να καλύψουμε ένα νησί που βρίσκεται σε απόσταση 10 Km από τον **Σ/Β**, το ψηλότερο βουνό του νησιού είναι σε υψόμετρο 612 m και η κατεύθυνση του ως προς τον **Σ/Β** είναι από  $274^{\circ}$  έως  $305^{\circ}$ . Τέλος, θέλουμε να καλύψουμε και το ακτοπλοϊκό δρομολόγιο που πάει στο νησί από την ξηρά που βρίσκεται ο **Σ/Β** μέχρι το νησί. Το ακτοπλοϊκό δρομολόγιο ξεκινάει σε απόσταση 5,84 Km από το **Σ/Β** και κινείται μέσα στην κατεύθυνση των  $274^{\circ}$  έως  $305^{\circ}$  ως προς τον **Σ/Β** για να φτάσει στο νησί σε απόσταση 10 Km από τον **Σ/Β**.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Νικολαρόπουλος Ευάγγελος (2007). Δημιουργία Συστημάτων. ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [2] Μίζας Γεώργιος (2011). Δίκτυα Υπολογιστών. ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ - - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [3] Γεώργιος Παπακώστας (2013). Συστήματα Ασύρματων Επικοινωνιών. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης – Πολυτεχνείο Ξάνθης.
- [4] Ράντος Κωνσταντίνος (2013). Επικοινωνίες Υπολογιστών. ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [5] Αποστολίδης Γεώργιος (2013). Επικοινωνίες 802.11s. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [6] Οβαλιάδης Κυριάκος (2012). Πρωτόκολλο 802.11. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης – Πολυτεχνείο Ξάνθης.
- [7] Τσίκνας Κωνσταντίνος (2010). Ασύρματες Δικτυώσεις. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης – Πολυτεχνείο Ξάνθης.
- [8] Στέτσος Κωνσταντίνος (2013). Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης – Πολυτεχνείο Ξάνθης.
- [9] Κρυνίδης Στυλιανός (2013). Ψηφιακές Επικοινωνίες. ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [10] Παπαδάκης Στυλιανός (2013). Τεχνολογίες Συστημάτων. ΤΕΙ ΧΑΝΙΩΝ – Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής.
- [11] Παπαδάκης Στυλιανός (2013). Τεχνολογίες Ασύρματων Επικοινωνιών. ΤΕΙ ΧΑΝΙΩΝ – Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής.
- [12] Πιτσιλλίδης Ανδρέας (2012). Επικοινωνίες Υπολογιστών. Πανεπιστήμιο ΚΥΠΡΟΥ – Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [13] Καπιτσάκη Γεωργία (2013). Δικτυακές Εφαρμογές. Πανεπιστήμιο ΚΥΠΡΟΥ – Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
- [14] Wendell Odom (2013). CCENT/CCNA ICND 100-101 Official Cert Guide Library. ISBN-10: 1587143852
- [15] Wendell Odom (2013). CCNA Routing and Switching 200-120 Official Cert Guide Library. ISBN-10: 1587143879
- [16] Tanenbaum Andrew (2010). Computer Networks. Εκδόσεις Κλειδάριθμος ISBN: 960-209-689-6

- [17] P802, I. (2007). Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems.
- [18] Hidenori Aoki, S. T. (n.d.). IEEE 802.11s Wireless LAN Mesh Network Technology. Exchange for Mesh Networks. Sensorcomm.
- [19] Ricardo C. Carrano, D. C. (2008). Multihop MAC: IEEE 802.11s Wireless.
- [20] Lim, W. X. (2008). IEEE 802.11s wireless mesh networks: Framework and challenges.
- [21] Bahr, M. (n.d.). Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks. Germany.
- [22] Harkins, D. (2008). Simultaneous Authentication of Equals: A Secure, Password-Based Key
- [23] Leung, H. E. (2008). Wireless Mesh Networks Architectures and Protocols. Heidelberg: Springer.
- [24] IEEE P802.11s/D3.0. Draft STANDARD for Information Technology { Telecommunications and information exchange between systems { Local and metropolitan area networks { Specific requirements { Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment: Mesh Networking [Electronic resource], 2009.
- [25] The ns-3 network simulator. <http://www.nsnam.org/>. IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2007.
- [26] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. RFC 3561 (Experimental), July 2003. GNU General Public License, version 2. <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html>.
- [27] T. Clausen and P. Jacquet. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). RFC 3626 (Experimental), October 2003.
- [28] Linux Wireless. <http://linuxwireless.org/>.
- [29] open80211s Consortium. <http://open80211s.com/>.
- [30] Kirill Andreev and Pavel Boyko. Simulation study of 802.11s mesh networking. In preparation.
- [31] ITU-T Recommendation G.729: Coding of speech at 8 kbit/s using

conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP). Technical report, 2007.

[32] J. A. Bergstra and C. A. Middelburg. ITU-T Recommendation G.107 : The E-Model, a computational model for use in transmission planning. Technical report, ITU, 2003.

[33] ITU-T Recommendation G.109: De\_finition of categories of speech transmission quality. Technical report, 1999.

[34] Orbit. <http://www.orbit-lab.org/>. Carnegie mellon university wireless emulator. <http://www.cs.cmu.edu/~emulator/>.

[35] B.a.t.m.a.n. <http://www.open-mesh.org/>.

[36] Herman Elfrink. Forwarding Layer for Meshing. Revision 2.0. Technical report, Twente Institute for Wireless and mobile Communications, 2006.