

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση στοιχείου υποστήριξης δικτύου, για την αποσυμφόρηση και τη βελτιστοποίηση συστημάτων κινητών τηλεπικοινωνιών, σε περιπτώσεις επειγόντων περιστατικών ή μεγάλων κοινωνικών γεγονότων

ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

κ.Μ.Ε. ΘΕΟΛΟΓΟΥ

## Πρόλογος

Η εργασία αυτή αποτελεί μια προσπάθεια δημιουργίας ενός στοιχείου υποστήριξης κυψελωτών συστημάτων 2<sup>ης</sup> γενιάς. Σκοπός του είναι να επεμβαίνει σε περιπτώσεις συμφόρησης εφαρμόζοντας κατάλληλες τεχνικές για την αντιμετώπισή της.

Το στοιχείο που πραγματευόμαστε αποτελεί μέρος ενός ολοκληρωμένου σχεδίου και «μηχανισμού», του CAUTION και του οποίου ο σκοπός είναι η αντιμετώπιση συμφόρησης στο δίκτυο. Από την πειραματική αξιολόγηση του CAUTION προέρχονται και τα στοιχεία που παραθέτουμε.

Η ολοκλήρωσή της εργασίας αυτής δε θα ήταν δυνατή χωρίς την ουσιαστική συμβολή των κ. Σοφοκλή Κυριαζάκου και Χρήστου Καράμπαλη. Τους ευχαριστώ.

1. ΣΥΣΤΗΜΑ GSM.....	1
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	1
1.2 ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	2
1.3 ΕΙΔΗ ΚΥΨΕΛΩΝ.....	5
1.4 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM.....	7
1.5 ΟΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM.....	13
1.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΤΟ GSM.....	13
1.7 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΤΟ GSM.....	25
1.8 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ GSM.....	26
2. AIR – INTERFACE.....	28
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	28
2.2 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ.....	28
2.3 ΛΟΓΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ.....	31
3. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	36
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	36
3.2 ΩΡΕΣ ΑΙΧΜΗΣ.....	36
3.3 ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ.....	37
3.4 ΑΡΓΙΕΣ.....	37
3.5 ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ.....	37
3.6 ΑΠΕΡΓΙΕΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	38
3.7 ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ.....	38
3.8 ΔΙΑΔΗΛΩΣΕΙΣ.....	38
3.9 ΠΟΛΥΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ.....	38
3.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	38
3.11 ΒΛΑΒΕΣ BTS.....	39
3.12 BSC ΒΛΑΒΕΣ.....	39
3.13 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ.....	39
3.14 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....	39
3.15 ΣΕΝΑΡΙΟ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	39
4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CAUTION.....	43
5. ECS.....	46
5.1 DATA REQUEST.....	47
5.1.1 ΕΙΣΟΔΟΣ.....	47
5.1.2 DATA FLOW.....	48
5.1.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ.....	49
5.1.4 ΕΞΟΔΟΙ.....	50

5.2 PROSECCING .....	51
5.2.1 ΕΙΣΟΔΟΣ.....	51
5.2.2 DATA FLOW .....	52
5.2.3 ANTIMETΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ.....	54
5.2.4 ΕΞΟΔΟΙ.....	55
5.3 DTA.....	56
5.2.1 ΕΙΣΟΔΟΣ.....	56
5.3.2 DATA FLOW .....	57
5.3.3 ANTIMETΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ.....	58
5.3.4 ΕΞΟΔΟΙ.....	59
6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	60
6.1 HALFRATE AND FULL RATE.....	61
6.2 DYNAMIC SDCCH ALLOCATION .....	64
6.3 DYNAMIC CELL RESIZING.....	66
6.4 LOCATION UPDATE.....	69
6.5 FORCED HANDOVER FOR WHOLE BTS OR TRX.....	72
6.6 TRX PRIORITIZATION IN TCH ALLOCATION .....	74
6.7 FACCH CALL SETUP DUE TO SDCCH CONGESTION .....	76
6.8 Rx LEVEL.....	78
6.9 DIRECTED RETRY .....	79
6.10 BANDWIDTH RESERVATION.....	81
6.11 ADD-REMOVE FREQUENCIES.....	83
6.12 QUEUING.....	85
6.13 CELL RESOURCE CHANNEL RECONFIGURATION .....	87
7. ΧΡΗΣΗ ECS .....	88
7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	88
7.2 GUI.....	90
8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	106
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	114
10. ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	115

# 1. ΣΥΣΤΗΜΑ GSM

## 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 τα πολλά αναλογικά κυψελωτά τηλεφωνικά δίκτυα (1η γενιά) που είχαν εξαπλωθεί στην Ευρώπη (TACS στο Ηνωμένο Βασίλειο, C-Netz στη Δυτική Γερμανία, Radiocom 2000 στη Γαλλία, RTMI/RTMS στην Ιταλία) καλούνταν να αντιμετωπίσουν δύο προβλήματα.

1. Την ανάγκη εξυπηρέτησης του διαρκώς αυξανόμενου αριθμού χρηστών.
2. Την ανάγκη για συμβατότητα εξοπλισμού αλλά και υπηρεσιών που προσέφεραν τα δίκτυα αυτά.

Οι προφανείς λύσεις αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων όπως η εκχώρηση νέων συχνοτήτων και η εφαρμογή νέων αναλογικών τεχνικών προσέκρουαν είτε στην απροθυμία των κυβερνήσεων είτε στο μεγάλο οικονομικό κόστος που συνεπάγονταν.

Αυτά τα προβλήματα οδήγησαν τη CEPT (Conference of European Postal and Telecommunication Administration) το 1982, στη σύσταση της ομάδας “Group Special Mobile” με σκοπό τη σύνταξη προδιαγραφών για ένα νέο σύστημα. Το έργο της ομάδας αυτής κατέληξε στο σύστημα GSM (Global System for Mobile communications)

Οι κύριοι σχεδιαστικοί στόχοι που τέθηκαν ήταν οι:

1. Φασματική απόδοση
2. Διεθνής περιαγωγή (roaming)
3. Χαμηλό κόστος τερματικών και σταθμών βάσης
4. Συμβατότητα με άλλα συστήματα όπως το ISDN
5. Δυνατότητα να υποστηρίζει νέες υπηρεσίες

Το 1989 η ευθύνη για τις προδιαγραφές του GSM μεταβιβάστηκε από την CEPT στο ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Το 1990, η πρώτη φάση των προδιαγραφών εκδόθηκε, αλλά η εμπορική χρήση του GSM ξεκίνησε στα μέσα του 1991.

## 1.2 ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Για την κάλυψη μιας περιοχής από ένα επίγειο ραδιοσύστημα κινητών επικοινωνιών χρησιμοποιήθηκαν αρχικά τα συμβατικά συστήματα. Τα κυριότερα μειονεκτήματά τους ήταν η περιορισμένη δυνατότητα εξυπηρέτησης, η φτωχή επίδοση της υπηρεσίας και η μη αποδοτική χρησιμοποίηση του φάσματος των συχνοτήτων.

Αναλυτικότερα, σε ένα συμβατικό σύστημα κινητών επικοινωνιών, επιλέγονται συνήθως ένας ή περισσότεροι δίαυλοι από μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων για να χρησιμοποιηθούν σε αυτόνομες γεωγραφικές ζώνες. Η περιοχή κάλυψης κάθε ζώνης σχεδιάζεται συνήθως να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, γεγονός που σημαίνει ότι η εκπεμπόμενη ισχύς πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, φυσικά, εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Ο χρήστης, που πραγματοποιεί μια κλήση και αρχίζει την επικοινωνία βρισκόμενος σε κάποια ζώνη, πρέπει να ξαναρχίσει την κλήση αυτή όταν μπαίνει σε νέα ζώνη, διότι η κλήση αποκόπτεται κατά την είσοδό του στη νέα ζώνη. Δεν προβλέπεται στα συστήματα αυτά η διαδικασία της διαπομπής, δηλαδή, η αυτόματη αλλαγή ραδιοδιαύλου, όταν το κινητό μπαίνει σε διαφορετική γεωγραφική ζώνη, ώστε να μπορεί να συνεχιστεί η επικοινωνία στη νέα ζώνη χωρίς την ανάγκη να γίνει επανεγκατάσταση της κλήσης.

Άλλο μειονέκτημα των συμβατικών συστημάτων είναι ότι ο αριθμός των ταυτόχρονα εξυπηρετούμενων χρηστών περιορίζεται από τον αριθμό των διαύλων που αφιερώνονται σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική ζώνη. Μεγάλος αριθμός συνδρομητών σε αυτή την περίπτωση έχει ως συνέπεια την αρκετά μεγάλη πιθανότητα αποκλεισμού των κλήσεων κατά τις ώρες αιχμής. Επίσης, όσον αφορά τη χρησιμοποίηση του φάσματος, το συμβατικό σύστημα δεν χρησιμοποιεί αποδοτικά το φάσμα, καθότι κάθε ραδιοδίαυλος μπορεί να εξυπηρετεί μόνο έναν χρήστη κάθε φορά σε όλη την περιοχή που εξυπηρετείται από το υπόψη σύστημα.

Λύση στα παραπάνω προβλήματα έδωσε η κυψελωτή δομή. Προσέφερε πολύ μεγάλη χωρητικότητα χρηστών σε περιορισμένο φάσμα χωρίς πολύ μεγάλες τεχνολογικές αλλαγές. Σε ένα κυψελωτό σύστημα, η περιοχή κάλυψης, που έχει αναλάβει μία εταιρία παροχής κινητών υπηρεσιών, χωρίζεται σε κυψέλες. Μια κυψέλη αντιστοιχεί στην περιοχή κάλυψης από μια κεραία εκπομπής ή από ένα σύνολο πομπών. Το μέγεθος μιας κυψέλης καθορίζεται από την ισχύ του πομπού της.

Συνεπώς η έννοια του κυβελωτού συστήματος έγκειται στην αντικατάσταση ενός πομπού μεγάλης ισχύος από πολλούς πομπούς μικρής ισχύος, που ο καθένας τους καλύπτει μικρό τμήμα της περιοχής εξυπηρέτησης του συστήματος κινητών επικοινωνιών. Σε κάθε σταθμό βάσης κατανέμεται ένα μέρος του συνόλου των διαύλων που διατίθενται για το σύστημα. Σε γειτονικούς σταθμούς βάσης κατανέμονται διαφορετικές ομάδες διαύλων έτσι ώστε όλοι οι διαθέσιμοι δίαυλοι να κατανέμονται σε έναν σχετικά μικρό αριθμό γειτονικών σταθμών βάσης. Κατανέμονται διαφορετικές ομάδες διαύλων σε γειτονικούς σταθμούς βάσης, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές και μεταξύ των σταθμών βάσης και μεταξύ των χρηστών που αυτοί εξυπηρετούν. Με συστηματική χωρική κατανομή των σταθμών βάσης και των ομάδων συχνοτήτων στην περιοχή εξυπηρέτησης του συστήματος, οι διαθέσιμοι δίαυλοι μπορεί να επαναχρησιμοποιηθούν όσες φορές χρειάζεται, ενώ ταυτόχρονα οι στάθμες των παρεμβολών μεταξύ σταθμών που χρησιμοποιούν τις ίδιες ομάδες συχνοτήτων διατηρούνται κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα.



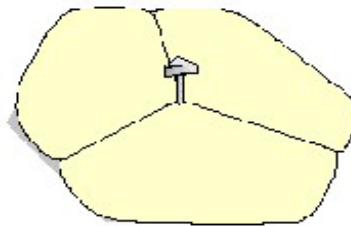
Σχήμα 1-1

Όσο αυξάνει ο αριθμός των χρηστών, δηλαδή χρειάζονται περισσότεροι ραδιοδίαυλοι για ένα σύστημα, πρέπει να αυξάνει ο αριθμός των σταθμών βάσης (με ταυτόχρονη μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος τους για αποφυγή παρεμβολών), για να υπάρχει έτσι επιπρόσθετη χωρητικότητα χωρίς επιπρόσθετη αύξηση του διατεθέντος φάσματος. Αυτή η θεμελιώδης αρχή είναι η βάση για όλα τα σύγχρονα συστήματα ασυρμάτων επικοινωνιών, καθότι καθιστά δυνατή την εξυπηρέτηση ενός αυθαίρετα μεγάλου αριθμού χρηστών από έναν σταθερό αριθμό διαύλων, με το να επαναχρησιμοποιούνται οι δίαυλοι στην περιοχή εξυπηρέτησης του συστήματος.

Λόγω της τεχνικής της επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων, είναι δυνατόν δύο ή περισσότεροι χρήστες σε διαφορετικές κυψέλες να έχουν καταλάβει το ίδιο συχνοτικό κανάλι με άμεση συνέπεια να παρεμβάλλει ο ένας στον άλλο. Η αμοιβαία

παρεμβολή διαύλων της ίδιας συχνότητας, οι οποίοι λειτουργούν σε διαφορετικές θέσεις στην περιοχή κάλυψης του κυψελωτού συστήματος ονομάζεται *ομοδιαυλική παρεμβολή (co-channel interference)*. Ο καθορισμός της επαρκούς απόστασης  $D$  μεταξύ των ομοδιαυλικών κυψελών και της επιτρεπόμενης παρεμβολής είναι έργο της σχεδίασης των κυψελωτών συστημάτων. Η στάθμη της παρεμβολής, που μπορεί να είναι ανεκτή στον ασύρματο δέκτη, εξαρτάται από το είδος της χρησιμοποιούμενης διαμόρφωσης, την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης που εφαρμόζεται και, στα ψηφιακά συστήματα, από τον τύπο του μηχανισμού ελέγχου λαθών που εφαρμόζεται.

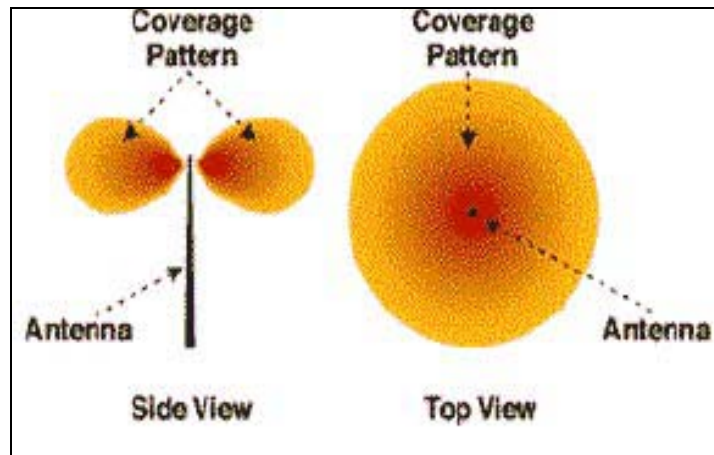
Ένας άλλος τρόπος που χρησιμοποιείται στο GSM για τη μείωση των ομοδιαυλικών παρεμβολών είναι η χρήση κατευθυντικών κεραιών. Στην περίπτωση αυτή κάθε κυψέλη διαιρείται σε τρεις ή έξι τομείς και χρησιμοποιεί τρεις ή έξι κατευθυντικές κεραιές στο σταθμό βάσης, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 1-2

Ίσως στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να υπενθυμίσουμε από τη θεωρία κεραιών την έννοια της ομοιοκατευθυντικής (omnidirectional) κεραιάς. Η κεραιά αυτή εκπέμπει ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :





Σχήμα 1-3

Οι κυψέλες συγκροτούν ομάδες επαναχρησιμοποίησης (*clusters*). Οι ομάδες επαναλαμβάνονται συνέχεια μέσα σε μια περιοχή κάλυψης μέχρι όλη η περιοχή να καλύπτεται με επαρκές σήμα από τις κεραιές βάσης. Μια ομάδα συνήθως περιέχει 4, 7, 12 ή 21 κυψέλες. Ο αριθμός των κυψελών σε κάθε ομάδα επαναχρησιμοποίησης (αριθμός επαναχρησιμοποίησης) είναι κρίσιμος. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των κυψελών ανά ομάδα, τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο αριθμός των καναλιών ανά κυψέλη, οπότε και η χωρητικότητά της θα είναι μεγαλύτερη. Παρ' όλα αυτά, δεν μπορούμε να μειώσουμε αυθαίρετα τον αριθμό των κυψελών σε μια ομάδα λόγω της παρεμβολής που ενδέχεται να προκύψει μεταξύ γειτονικών ομάδων. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των κυψελών ανά ομάδα, τόσο κοντύτερα βρίσκονται οι ομοδιαυλικές κυψέλες και τόσο ισχυρότερο είναι το σήμα παρεμβολής.

### 1.3 ΕΙΔΗ ΚΥΨΕΛΩΝ

Τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών παρέχουν κάλυψη σε περιοχές / σημεία με διαφορετική συγκέντρωση χρηστών (κέντρο πόλης, προάστια, αγροτικές περιοχές, κτίρια, αυτοκινητόδρομους, κτλ.) και κατά συνέπεια με διαφορετικές απαιτήσεις σε τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της κάθε τύπου περιοχής, τα δίκτυα χρησιμοποιούν κυψέλες διαφορετικών τύπων, το μέγεθος και το σχήμα των οποίων καθορίζεται από τις απαιτήσεις σε χωρητικότητα σε συνδυασμό με το συνολικό κόστος. Τα είδη κυψελών που χρησιμοποιούνται ή προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις ανάγκες τηλεπικοινωνιακής κίνησης στα διάφορα περιβάλλοντα είναι οι εξής:

### Μακροκυψέλες

Οι μακροκυψέλες έχουν ακτίνα μεγαλύτερη από 1 Km και χρησιμοποιούνται για τη ραδιοκάλυψη ευρύτερων γεωγραφικών περιοχών με μέση ή χαμηλή πυκνότητα χρηστών (π.χ. αγροτικές περιοχές). Ως προς τη χρησιμότητά τους, ορισμένες μακροκυψέλες αποτελούν κυψέλες – ομπρέλες (umbrella – cells). Μία κυψέλη-ομπρέλα θα καλύπτει μια περιοχή από 10 έως και 100 μικροκυψέλες με σκοπό:

(α) να καλύπτει τα κενά που ενδεχομένως θα υπάρχουν μεταξύ μικροκυψελών,

(β) να απορροφήσει μέρος της τηλεπικοινωνιακής κίνησης,

(γ) να ικανοποιήσει διαπομπές που προέρχονται από την μη-διαθεσιμότητα πόρων της αντίστοιχης μικροκυψέλης, ή

(δ) να δεσμεύσει διαπομπές χρηστών που μετακινούνται γρήγορα με σκοπό την μείωση του αριθμού των διαπομπών ανά κλήση.

### Μικροκυψέλες

Οι μικροκυψέλες (microcells) χρησιμοποιούνται για την ραδιοκάλυψη περιοχών που εμφανίζουν μεγάλη συγκέντρωση χρηστών. Η περιοχή κάλυψης μιας μικροκυψέλης θα κυμαίνεται από ακτίνα 20m έως 1Km. Λόγω του σχετικά μικρού της μεγέθους, παρέχεται η δυνατότητα της συχνής επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων με αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος.

### Πικοκυψέλες

Οι πικοκυψέλες (picocells) είναι στοιχειώδεις κυψέλες που εξασφαλίζουν ασύρματη κάλυψη εσωτερικών χώρων. Η ακτίνα ραδιοκάλυψης είναι της τάξης των 10m.

## 1.4 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM

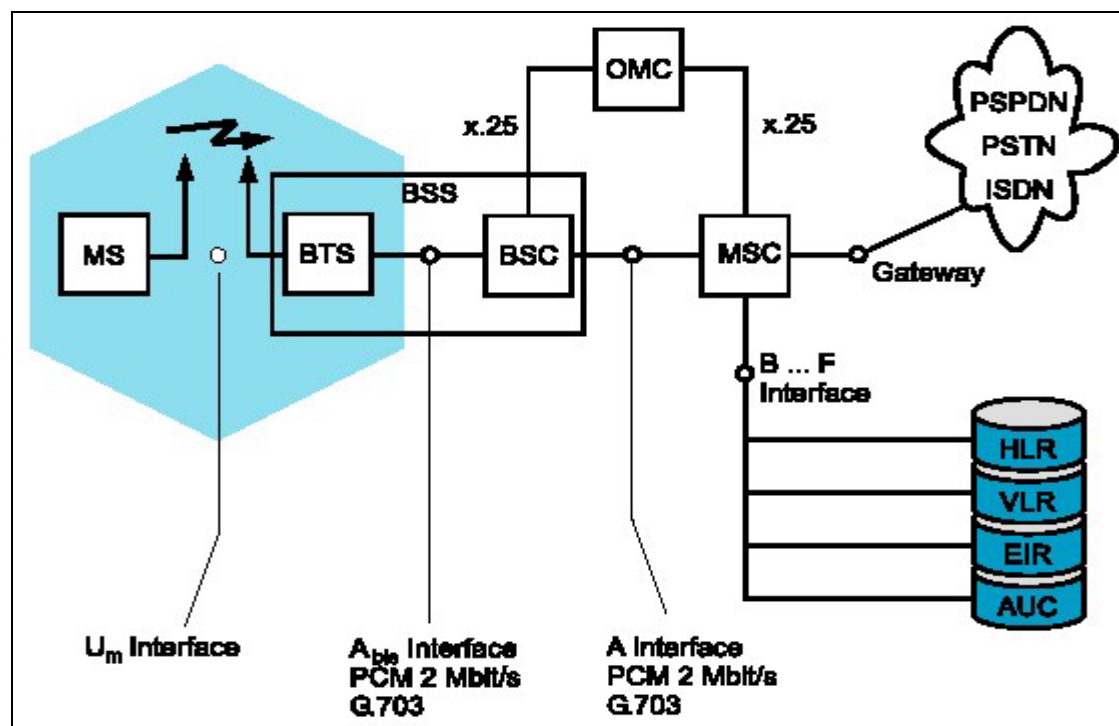
Σε ένα δίκτυο GSM μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα μέρη:

Το κινητό τερματικό (**MS** – Mobile Station)

Το υποσύστημα σταθμών βάσης (**BSS** – Base Station Subsystem)

Το υποσύστημα δικτύου και μεταγωγής (**NSS** – Network and Switching Subsystem)

και το υποσύστημα εκτέλεσης λειτουργιών και υποστήριξης (**OSS** – *Operation and Support Subsystem*)



Σχήμα 1-4

Η φυσική αρχιτεκτονική του δικτύου κινητών επικοινωνιών αφορά κυρίως την ομαδοποίηση των λειτουργιών του δικτύου σε φυσικές οντότητες, δηλαδή πού πραγματοποιείται η κάθε λειτουργία.

Το δίκτυο μπορεί να διαιρεθεί σε τρία μέρη: (α) το κινητό σταθμό (β) το σύστημα πρόσβασης και (γ) το ενσύρματο δίκτυο. Οι αντιπροσωπευτικές φυσικές οντότητες της αρχιτεκτονικής είναι οι ακόλουθες:

### **A) Κινητός Σταθμός (Mobile Station, MS)**

**B) Το σύστημα πρόσβασης**, στη φυσική του υλοποίηση, είναι ένα σύστημα σταθμών βάσης (Base Station System, BSS), το οποίο περιλαμβάνει τον ελεγκτή σταθμών βάσης (Base Station Controller, BSC), και τους αντίστοιχους σταθμούς βάσης (Base Transceiver Stations, BTS).

**Γ) Ενσύρματο Δίκτυο**, το οποίο περιλαμβάνει τα κέντρα μεταγωγής κινητών επικοινωνιών (Mobile Switching Center, MSC), το διαβιβαστικό κέντρο μεταγωγής κινητών επικοινωνιών (Gateway MSC, GMSC), τους οικείους καταχωρητές θέσης (Home Location Register, HLR), τους καταχωρητές θέσης επισκεπτών (Visitor Location Register, VLR), τον καταχωρητή ταυτότητας συσκευών (Equipment Identity Register, EIR), το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Center, AUC) και το κέντρο λειτουργίας του συστήματος (Operating and Maintenance Center, OMC).

Αναλυτικά λοιπόν έχουμε:

### **MOBILE STATION**

Τα MS αποτελούν το μόνο εξοπλισμό του GSM που οι συνήθεις χρήστες θα δουν και θα χρησιμοποιήσουν από ολόκληρο το σύστημα. Τα MS περιέχουν διατάξεις σχετικές με την μετάδοση μέσω του Air-interface, δηλαδή του interface μεταξύ κινητού και σταθμού εκπομπής και λήψης. Τα MS προσφέρουν είτε interface κατάλληλο για άνθρωπο, όπως τηλέφωνο με ηχητική σήμανση και δόνηση, είτε interface που να προσαρμόζεται σε άλλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό που κάνει χρήση των υπηρεσιών του δικτύου όπως το PC ή το Fax.

Ως προς την ισχύ τους, μπορούμε να διακρίνουμε τα τερματικά που εγκαθίστανται σε οχήματα και μπορούν να εκπέμπουν από 8W έως 20W και τα κινητά “χειρός” που γνωρίζουν υψηλό αγοραστικό ενδιαφέρον και έχουν ισχύ εξόδου μέχρι 2W. Βέβαια η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει την μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος, η οποία είναι μια κίνηση που επιβάλλεται για λόγους υγείας και εξοικονόμησης της μπαταρίας.

Τα MS περιέχουν μια έξυπνη κάρτα, γνωστή ως κάρτα SIM (*Subscriber Identity Module*). Η κάρτα SIM περιέχει πληροφορίες σχετικές με τον συνδρομητή, όπως τηλεφωνικό κατάλογο, μηνύματα SMS και λίστα από τα προτιμώμενα δίκτυα

και τις υπηρεσίες όπου έχει δικαίωμα πρόσβασης ο συνδρομητής. Χωρίς την κάρτα SIM, το τερματικό δεν μπορεί να εκτελέσει τις λειτουργίες του.

Η κάρτα SIM περιέχει και ορισμένους κωδικούς. Κατ' αρχήν περιέχει το PIN (*Personal Identification Number*), έναν τετραψήφιο αριθμό, που χρησιμεύει στην προστασία του κινητού από τρίτα πρόσωπα που δεν έχουν δικαίωμα χρήσης του MS. Περιέχει το IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) που χαρακτηρίζει μοναδικά τον χρήστη στο δίκτυο παγκοσμίως. Επίσης έχει αποθηκευμένο το κλειδί αυθεντικότητας και κρυπτογράφησης, το λεγόμενο Ki , που είναι απαραίτητο στις αντίστοιχες λειτουργίες. Πρέπει να τονιστεί ότι η κάρτα SIM αναφέρεται αποκλειστικά στο χρήστη και όχι στο συγκεκριμένο κινητό τερματικό που χρησιμοποιεί. Για αυτό, οι χρήστες μπορούν να αλλάξουν κινητό χωρίς να αλλάξουν ούτε αριθμό καταλόγου (MSISDN – *Mobile Subscriber ISDN*) ούτε τα υπόλοιπα στοιχεία της συνδρομής τους. Η δυνατότητα μετακίνησης της κάρτας SIM μπορεί να βοηθήσει ως κάποιου είδους κινητικότητα χρήστη, που παρέχεται στους χρήστες του δικτύου κινητών επικοινωνιών. Η κινητικότητα με SIM περιλαμβάνει την ικανότητα του δικτύου να εντοπίζει τον χρήστη, να δρομολογεί και να χρεώνει τις κλήσεις του χρήστη.

## *BASE STATION SUBSYSTEM*

Το BSS παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ των κινητών τερματικών, που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του και του ενσύρματου δικτύου (NSS). Με άλλα λόγια , το BSS επικοινωνεί (με το MS) μέσω του ασύρματου interface και με κάποιο κέντρο μεταγωγής κινητών επικοινωνιών μέσω του A-interface.

Τα δομικά στοιχεία του BSS είναι :

Ένα ή περισσότερα BTS (Base Transceiver Station)

Ένα BSC (Base Station Controller)

Ένα TRAU (Transcoding Rate and Adaptation Unit)

Το BTS περιέχει όλες τις διατάξεις μετάδοσης και λήψης ψηφιακής πληροφορίας. Συγκεκριμένα περιέχει ραδιομεταδότες, δέκτες, κεραίες, συνδυαστές και διαχωριστές. Η περιοχή ραδιοκάλυψης ενός BTS ορίζει μια κυψέλη. Ένα σπουδαίο στοιχείο του BTS είναι ο TRX που επιτελεί λειτουργίες μετατροπής του σήματος που είναι απαραίτητες για την μετάδοση και λήψη, όπως κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση καναλιού, interleaving και de-interleaving, σχηματισμός του burst

## *NETWORK and SWITCHING SUBSYSTEM*

Ο κύριος ρόλος του NSS είναι να διευθύνει την επικοινωνία μεταξύ χρηστών του δικτύου GSM και χρηστών άλλων τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Έχει δύο λειτουργικά τμήματα : το σύστημα μεταγωγής και δρομολόγησης (exchange system) και οι βάσεις δεδομένων των συνδρομητών και των τερματικών. Το exchange system απαρτίζεται από τα MSCs (*Mobile services Switching Centre*), το δίκτυο SS7 για την σύνδεσή τους και άλλα κέντρα υπηρεσιών, όπως το κέντρο εξυπηρέτησης συντόμων μηνυμάτων (SMSC - *Short Message Service Centre*). Οι βάσεις δεδομένων συνίστανται από τον HLR (*Home Location Register*), VLR (*Visitor Location Register*), το AuC (*Authentication Centre*) και το EIR (*Equipment Identity Register*). Ας δούμε το καθένα ξεχωριστά.

Το MSC εκτελεί λειτουργίες μεταγωγής και δρομολόγησης μέσα σε ένα NSS. Ο πρωταρχικός του σκοπός είναι να διευθύνει την εγκατάσταση, διατήρηση και τερματισμό των κλήσεων προς και από τους χρήστες του GSM, οι οποίοι βρίσκονται εντός της περιοχής ευθύνης του. Ουσιαστικά αποτελεί ένα συνηθισμένο ISDN κέντρο με ορισμένες τροποποιήσεις, ώστε να είναι σε θέση να χειριστεί τις απαιτήσεις της κινητής επικοινωνίας. Οι διαφοροποιήσεις αυτές σχετίζονται με τη διαχείριση των πόρων του δικτύου (ιδίως του Air-interface σε συνεργασία με τους BSCs) καθώς και την κινητικότητα των χρηστών. Τέτοιες λειτουργίες είναι η εγγραφή στο σύστημα (registration), η ενημέρωση θέσης (location registration), η αναζήτηση (paging), η διαπομπή (handover) και η μεταφορά των παραμέτρων κρυπτογράφησης. Για την πραγματοποίηση όλων των παραπάνω, το MSC πρέπει να διατηρεί συνδέσεις σηματοδότησης με το MS, τη βάση δεδομένων, το τοπικό κέντρο μεταγωγής του σταθερού δικτύου και με γειτονικά MSC. Το MSC έχει υπό την αρμοδιότητά του αρκετούς BSCs και συνδέεται με αυτούς μέσω του A-interface.

Το MSC ενδεχομένως να μπορεί να λειτουργήσει και ως πύλη (gateway) για επικοινωνία με εξωτερικά δίκτυα, φωνητικά και μη, που χρειάζονται προσαρμογή. Η λειτουργία αυτή επιτελείται από τις μονάδες διαλειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα το GMSC (Gateway MSC) είναι ένα interface μεταξύ του δικτύου GSM και του σταθερού δικτύου, όπως το PSTN, ISDN, CSPDN και PSPDN. Ο διαχειριστής του κυβελωτού δικτύου έχει την επιλογή να εξοπλίσει όλους τους MSCs με λειτουργίες gateway ή μερικούς. Αν κάποιο MSC δεν διαθέτει τέτοιες δυνατότητες, πρέπει να

δρομολογεί τις κλήσεις που κατευθύνονται σε εξωτερικά δίκτυα στον κατάλληλο GMSC.

Ο HLR μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη βάση δεδομένων με μικρούς χρόνους πρόσβασης που κρατάει δεδομένα σχετικά με τον συνδρομητή, όπως τα δικαιώματα συνδρομής και το IMSI . Κάθε συνδρομητής είναι εγγεγραμμένος σε ένα HLR, που δρα ως ένα σταθερό σημείο αναφοράς και όπου αποθηκεύεται πληροφορία για την παρούσα θέση του χρήστη. Συγκεκριμένα, η θέση του συνδρομητή αντιστοιχεί στην SS7 διεύθυνση του VLR στον οποίο εγγράφηκε τελευταία το τερματικό του.

Για να μειωθεί το φορτίο στον HLR και να γίνει η βάση δεδομένων του GSM περισσότερο κατανεμημένη, εισήχθη στο πρότυπο η έννοια του VLR με αρμοδιότητες διαχείρισης πολλών ερωτημάτων που υποβάλλονται στη βάση δεδομένων σχετικά με τον χρήστη. Επίσης, ενώ ο HLR ευθύνεται για την αποθήκευση στατικών πληροφοριών, ο VLR παρέχει δυναμικές πληροφορίες. Καθώς οι συνδρομητές κινούνται μεταξύ περιοχών που ανήκουν στη δικαιοδοσία διαφορετικών VLRs, τα στοιχεία χρήστη μεταφέρονται από τον VLR της περιοχής που εγκαταλείπει ο συνδρομητής προς τον VLR της περιοχής που εισέρχεται. Σε αυτή την περίπτωση, η επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μεταξύ VLRs και δεν συμμετέχει ο HLR. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις όπου ερωτάται ο HLR για πρόσθετες πληροφορίες. Πάντως, το φορτίο που πρέπει ο HLR να διακινήσει μειώνεται αισθητά με την χρήση των VLRs. Συνήθως, ένας VLR συνδέεται με έναν μόνο MSC, αν και το πρότυπο επιτρέπει την σύνδεση με πολλούς.

Το AuC χρησιμοποιείται για σκοπούς ασφαλείας. Παρέχει παραμέτρους απαραίτητες για τον έλεγχο αυθεντικότητας και κρυπτογράφησης και συγκεκριμένα ένα μυστικό κλειδί για κάθε συνδρομητή . Συνήθως το AuC κατασκευάζεται ως εσωτερικό στοιχείο του HLR. Το EIR επίσης χρησιμοποιείται για λόγους ασφαλείας. Καταχωρεί όλα τα τερματικά που διακρίνονται μέσω ενός μοναδικού αριθμού, τον IMEI (*International Mobile Equipment Identity*) σε τρεις κατηγορίες :

-White List : το τερματικό είναι ελεύθερο να συνδεθεί με το δίκτυο

-Grey List : το τερματικό είναι υπό παρακολούθηση από το δίκτυο για παρουσίαση πιθανών προβλημάτων

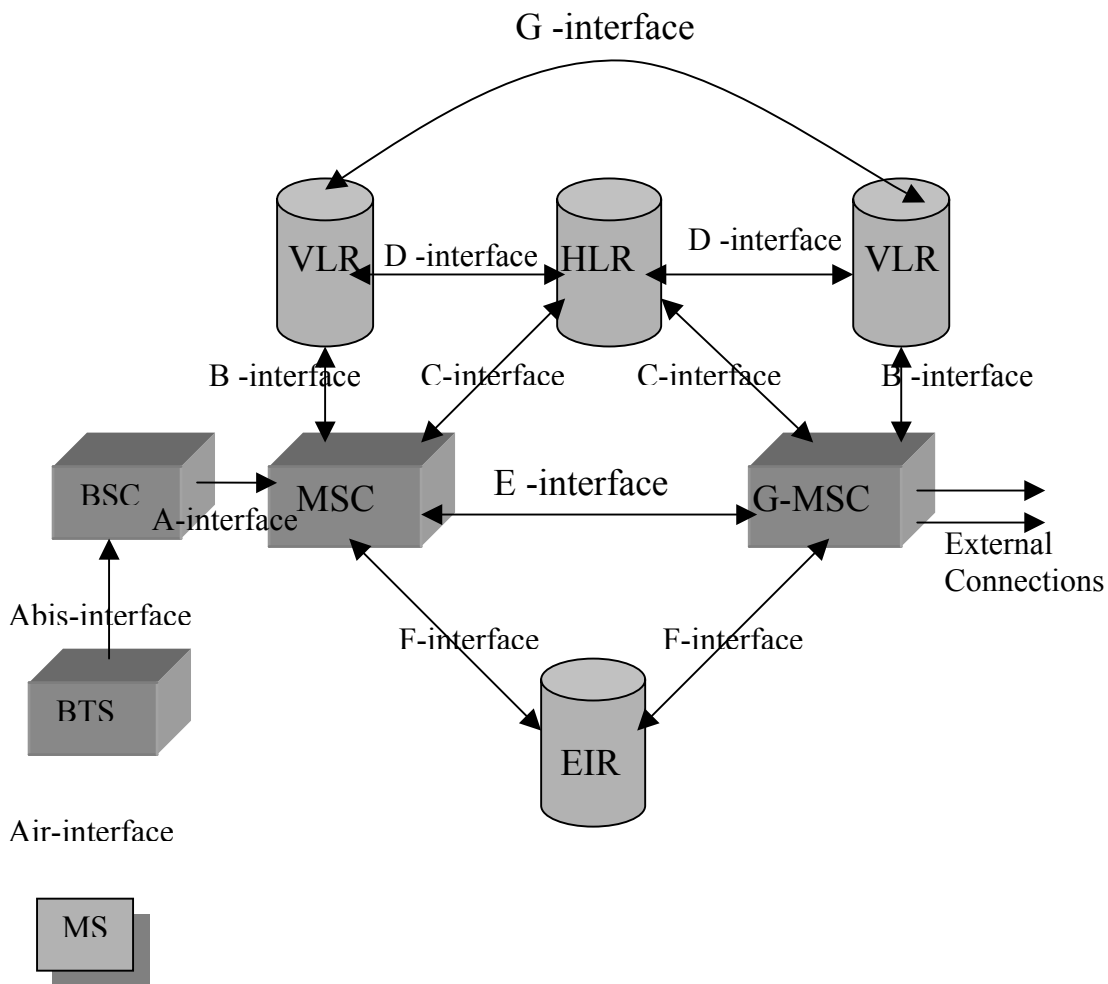
-Black List : το τερματικό είτε έχει καταγγελλθεί ότι είναι κλεμμένο, είτε δεν είναι εγγεγραμμένο από τις κατασκευαστικές προδιαγραφές, οπότε απαγορεύεται να συνδεθεί στο δίκτυο.

## OPERATION and SUPPORT SYSTEM

Το OSS συνδέεται με τα διάφορα στοιχεία του NSS και το BSC, για να ελέγχει και να εποπτεύει το δίκτυο GSM. Επίσης χρεώνεται με τον έλεγχο του φορτίου κίνησης του BSS.

Παρ' όλα αυτά ο αυξανόμενος αριθμός των σταθμών βάσης έχει οδηγήσει κάποιες από τις λειτουργίες συντήρησης να ανατεθούν στον BTS. Αυτή η μεταφορά μειώνει αισθητά το κόστος της συντήρησης του συστήματος.

Έχοντας αναφέρει τα κυριότερα στοιχεία του δικτύου GSM, μπορούμε να αναφέρουμε και τα interfaces. Σχηματικά έχουμε :

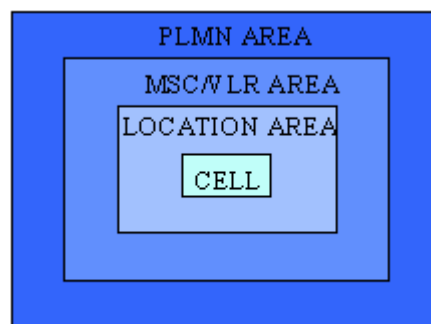


Σχήμα 1-5



## 1.5 ΟΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM

Όπως προαναφέραμε, μια κυψέλη αντιστοιχεί στην περιοχή ραδιοκάλυψης ενός σταθμού βάσης. Μια περιοχή εντοπισμού (LA - *Location Area*) είναι μια ομάδα κυψελών που εξυπηρετούνται από τον ίδιο MSC/VLR. Μια ομάδα από περιοχές εντοπισμού υπό τον έλεγχο του ίδιου MSC/VLR καθορίζει μια περιοχή MSC/VLR. Ένα Δημόσιο Επίγειο Δίκτυο Κινητών Υπηρεσιών (PLMN - *Public Land Mobile Network*) εξυπηρετείται από την ίδια διαχειριστική αρχή.



Σχήμα 1-6

## 1.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΤΟ GSM

Σε αυτή την ενότητα θα προσπαθήσουμε να σκιαγραφήσουμε το δίκτυο μέσα από τις λειτουργίες που εκτελεί. Στο GSM μπορούμε να διακρίνουμε πέντε βασικά στρώματα :

Στρώμα Μετάδοσης

Στρώμα Διαχείρισης Ραδιοδιαύλων

Στρώμα Διαχείρισης Κινητικότητας

Στρώμα Διαχείρισης Επικοινωνίας

Στρώμα Λειτουργίας, Διαχείρισης και Συντήρησης

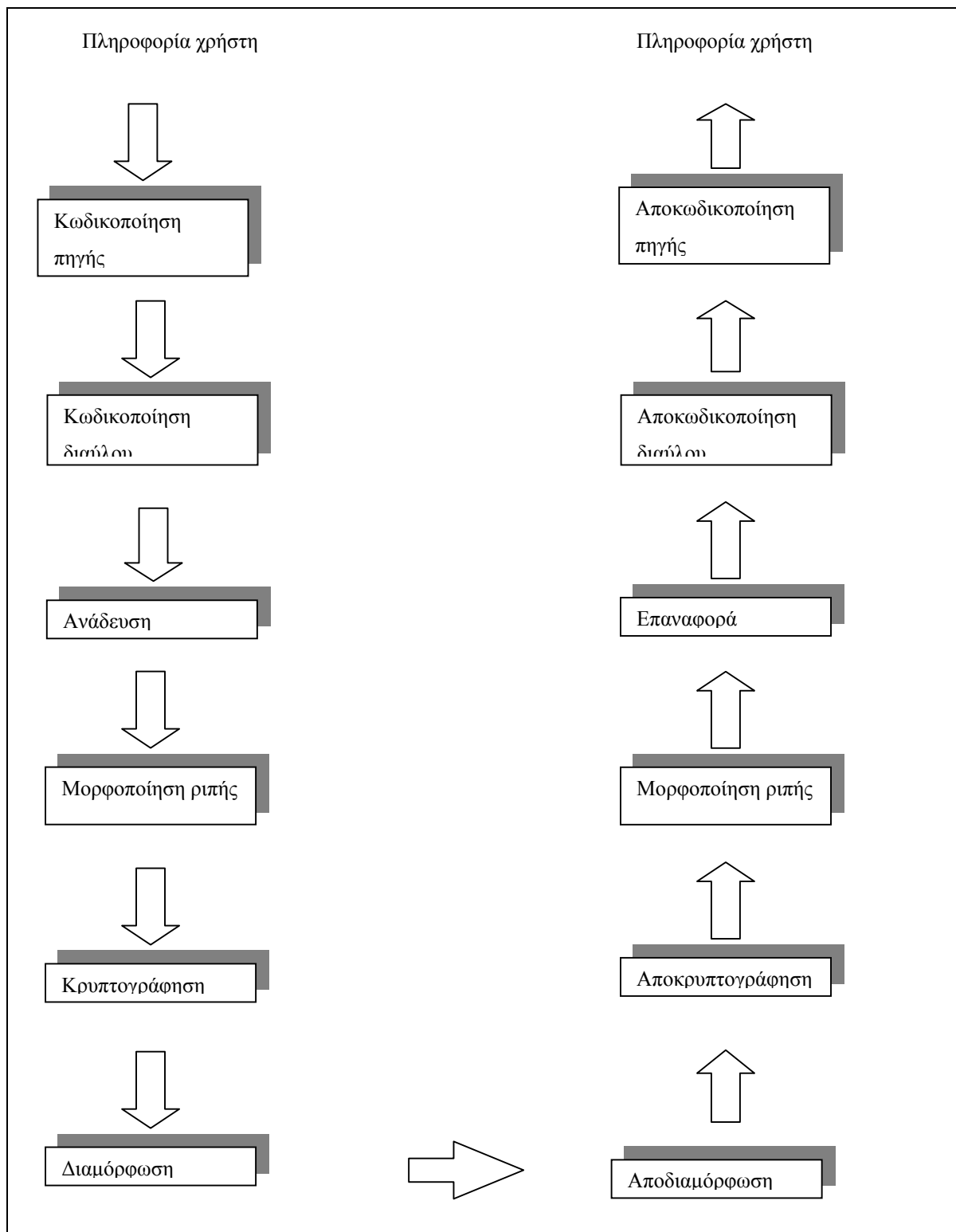
### ΣΤΡΩΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Η μετάδοση αναφέρεται σε όλα τα τμήματα του δικτύου GSM που ασχολούνται με μεταφορά πληροφορίας. Το ασύρματο interface, εντούτοις, είναι το σπουδαιότερο από τα interfaces της διαδρομής μετάδοσης. Πρέπει κατ' αρχήν να είναι πλήρως προδιαγεγραμμένο, ώστε να εξασφαλίζεται η συμβατότητα μεταξύ κινητών τερματικών διαφόρων κατασκευαστών και δικτύων διαφορετικών

τηλεπικοινωνιακών φορέων. Κατά δεύτερο λόγο, η φασματική απόδοση ενός κυψελωτού συστήματος είναι χαρακτηριστικός οικονομικός συντελεστής και καθορίζεται πλήρως από τη μετάδοση στο ασύρματο interface . Η οικονομική σημασία της φασματικής απόδοσης γίνεται καλύτερα κατανοητή, όταν αυτή ορίζεται ως ο αριθμός των κυψελών που απαιτούνται να εξυπηρετήσουν δοθείσα περιοχή και δοθείσα κίνηση με δοσμένο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Όσο καλύτερη είναι η απόδοση, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των κυψελών. Η φασματική απόδοση εξαρτάται από τον αριθμό των ταυτόχρονων κλήσεων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από το διαθέσιμο φάσμα, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνεται μέριμνα για τις παρεμβολές στη μετάδοση με κατάλληλη επιλογή του συντελεστή επαναχρησιμοποίησης και με έξυπνη εκμετάλλευση των διαφόρων τεχνικών περιορισμού των παρεμβολών.

Δύο από τα κύρια θέματα που αφορούν τη μετάδοση στο ασύρματο interface είναι το σχήμα πολλαπλής πρόσβασης και η μετατροπή του σήματος από bit σε ραδιοκύματα. Το σχήμα πολλαπλής πρόσβασης περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων κατανέμεται σε αρκετές ταυτόχρονες επικοινωνίες μεταξύ διάφορων κινητών τερματικών σε διάφορες κυψέλες. Το σχήμα πολλαπλής πρόσβασης που χρησιμοποιείται στο GSM είναι συνδυασμός FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) και TDMA (*Time Division Multiple Access*) και κάνει χρήση πηδήματος συχνότητας. Η επεξεργασία του σήματος στο Air-interface έχει επίσης πολλά ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά.

Συγκεκριμένα, η ραδιομετάδοση εμπλέκει αρκετές διαδοχικές λειτουργίες στην πλευρά της εκπομπής, οι οποίες απαιτούνται για την μετατροπή της πληροφορίας της πηγής στο τελικό σήμα. Αντίστροφα, στη πλευρά του δέκτη, απαιτείται μια ανάστροφη σειρά λειτουργιών μέχρι να αναπαραχθεί η αρχική πληροφορία. Η διαδοχή των λειτουργιών αυτών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 1-7

**Κωδικοποίηση Πηγής :** Η μετάδοση φωνής είναι, προς το παρόν, η πιο σημαντική υπηρεσία του GSM, γι' αυτό θα μιλήσουμε για κωδικοποίηση φωνής. Ο κωδικοποιητής φωνής πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω προϋποθέσεις :

Καλή ποιότητα φωνής, τουλάχιστον τόσο καλή όσο αυτή που παράγεται από τα προηγούμενα κυψελωτά συστήματα.

Ιδιότητα μείωσης πλεονασμού στον ήχο της φωνής. Η μείωση είναι ζωτικής σημασίας λόγω της περιορισμένης ικανότητας μετάδοσης του ραδιοδιαύλου.

Χαμηλή πολυπλοκότητα που συνεπάγεται χαμηλό κόστος.

Η τελική επιλογή για τον κωδικοποιητή πηγής του GSM ονομάζεται RPE-LTP (*Regular Pulse Excitation Long Term Prediction*). Ο κωδικοποιητής χρησιμοποιεί την πληροφορία από προηγούμενα δείγματα, ώστε να προβλέψει το παρόν. Το φωνητικό σήμα διαιρείται σε blocks των 20ms , τα οποία περνούν από τον κωδικοποιητή και παράγονται blocks των 260 bits.

**Κωδικοποίηση Διαύλου :** Εισάγει πλεονασμό στη ροή των δεδομένων, αυξάνοντας τον ρυθμό μετάδοσης με την προσθήκη πληροφορίας που υπολογίζεται από τα αρχικά δεδομένα, ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση ή ακόμα και η διόρθωση σφαλμάτων που εμφανίζονται κατά την μετάδοση. Το αποτέλεσμα της κωδικοποίησης διαύλου είναι μια ροή κωδικών λέξεων.

**Ανάδευση (interleaving) :** Συνίσταται στην ανάμιξη των bit αρκετών κωδικών λέξεων, έτσι ώστε τα bit που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους στο διαμορφωμένο σήμα να κατανέμονται σε αρκετές κωδικές λέξεις. Επειδή η πιθανότητα λάθους διαδοχικών bit στο διαμορφωμένο σήμα είναι πάρα πολύ συσχετισμένη, και επειδή η επίδοση κωδικοποίησης του διαύλου είναι καλύτερη όταν τα σφάλματα είναι ασυσχέτιστα, η ανάδευση (interleaving) στοχεύει στην αποσυσχέτιση των σφαλμάτων και των θέσεών τους στις κωδικές λέξεις. Μετά το interleaving, η ροή πληροφορίας είναι μια διαδοχή από ομάδες bit, μια ομάδα για κάθε ριπή διαύλου.

**Κρυπτογράφηση :** Τροποποιεί τα περιεχόμενα των ομάδων bit σύμφωνα με κάποιον αλγόριθμο, ο οποίος είναι γνωστός μόνο στο κινητό τερματικό και στο σταθμό βάσης.

**Μορφοποίηση ριπής (burst assembling) :** Προσθέτει κάποια δυαδική πληροφορία στις κρυπτογραφημένες ομάδες bit, κατά τρόπο ώστε να διευκολύνεται ο συγχρονισμός και η εξισορρόπηση του λαμβανόμενου σήματος.

**Διαμόρφωση :** Μετατρέπει το δυαδικό σήμα σε αναλογικό στην κατάλληλη συχνότητα και την κατάλληλη χρονική στιγμή, σύμφωνα με τους κανόνες πολλαπλής πρόσβασης που ισχύουν. Τέλος, το διαμορφωμένο σήμα μεταδίδεται ασυρματικά. Η διαμόρφωση που επελέγη για το GSM είναι η GMSK (Gaussian Modulation Shift Keying). Η διαμόρφωση κατά GMSK θεωρήθηκε ως η βέλτιστη συμβιβαστική λύση για την επίτευξη των προδιαγραφών ως προς τη φασματική απόδοση, την πολυπλοκότητα και τη χαμηλή εκπομπή εκτός ζώνης.

Στην πλευρά της λήψης λαμβάνουν χώρα οι αντίστροφες διαδικασίες :

Αποδιαμόρφωση, αποκρυπτογράφηση, μορφοποίηση ριπής, επαναφορά, αποκωδικοποίηση διαύλου και αποκωδικοποίηση πηγής.

Εκτός από τις παραπάνω, κάποιες άλλες λειτουργίες που επιτελούνται στο στρώμα μετάδοσης είναι :

**Έλεγχος ισχύος :** Ο έλεγχος ισχύος αναφέρεται στη δυνατότητα να τροποποιείται η ισχύς εκπομπής, μέσα σε κάποια περιοχή μεταβολής, τόσο από το κινητό τερματικό όσο και από το σταθμό βάσης. Βελτιώνει κατά κύριο λόγο τη φασματική απόδοση και κατά δεύτερο επεκτείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του τερματικού. Ο έλεγχος ισχύος και προς τις δύο κατευθύνσεις υπόκειται σε διαχείριση από το BSS. Η ισχύς μετάδοσης του MS επιλέγεται από το BSS, το οποίο αποστέλλει εντολές ελέγχου στο MS για να τη ρυθμίσει. Το BSS υπολογίζει την απαιτούμενη ισχύ εκπομπής του MS μέσω των μετρήσεων στάθμης λήψης που πραγματοποιούνται από το BTS, λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη ισχύ εκπομπής του MS. Για την κατεύθυνση προς το MS, η ισχύς εκπομπής του BTS υπολογίζεται επίσης από το BSS για κάθε σύνδεση, με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται από το MS και αποστέλλονται σε τακτά χρονικά διαστήματα στον BTS.

**Ασυνεχής μετάδοση και λήψη :** Η ασυνεχής μετάδοση (*Discontinuous transmission – DTX*) είναι η λειτουργία εκείνη που επιτρέπει την αναστολή της μετάδοσης κατά την διάρκεια των περιόδων σιγής των δύο συνομιλούντων. Το παραπάνω γίνεται ιδιαιτέρως χρήσιμο αν λάβουμε υπόψη ότι κάθε άτομο μιλάει λιγότερο από 40% του συνολικού χρόνου της κλήσης. Η ασυνεχής μετάδοση

συμβάλλει στη μείωση της παρεμβολής και στη αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος. Επίσης επιμηκύνει τη ζωή της μπαταρίας του κινητού. Η ασυνεχής λήψη είναι , επίσης , μια μέθοδος που χρησιμεύει στην εξοικονόμηση της ενέργειας του κινητού. Το κανάλι αναζήτησης (*PCH – Paging Channel*) χωρίζεται σε υποκανάλια που αντιστοιχούν σε ομάδες κινητών. Κάθε MS θα λαμβάνει μόνο το υποκανάλι στο οποίο ανήκει και θα αγνοεί τα υπόλοιπα.

### ΣΤΡΩΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΡΑΔΙΟΔΙΑΥΛΩΝ

Ο ρόλος της διαχείρισης ραδιοδιαύλων είναι να εγκαθιστά , να διατηρεί και να απελευθερώνει τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις μεταξύ των κινητών τερματικών και του MSC (σύνοδος MS). Τα στοιχεία δικτύου που επιφορτίζονται με αυτές τις διαδικασίες είναι το MS και το BSS. Παρ' όλα αυτά, καθώς η διαχείριση ραδιοδιαύλων ευθύνεται για τη διατήρηση μιας σύνδεσης ακόμα και αν ο χρήστης μετακινείται από μια κυψέλη σε μια άλλη που ανήκουν σε διαφορετικούς BSS, πρέπει να εντάξουμε σ' αυτή και το MSC. Η διαχείριση ραδιοδιαύλων περιλαμβάνει τη διαχείριση του φάσματος συχνοτήτων και την αντίδραση του δικτύου στις μεταβολές των συνθηκών διάδοσης. Κάποιες από τις βασικότερες λειτουργίες είναι :

**Διαπομπή (handover) :** Το handover είναι εκείνο το χαρακτηριστικό του GSM που κάνει τα τερματικά του δικτύου πραγματικά “κινητά”. Η διαδικασία του handover είναι απαραίτητη για την αποφυγή της διακοπής μιας κλήσης, που εμπλέκει ένα κινητό τερματικό, την στιγμή που το τερματικό διασχίζει το σύνορο δύο κυψελών. Στην πιο γενική περίπτωση υποδηλώνει τη διαδικασία αλλαγής διαύλου σε σχέση με την τρέχουσα σύνδεση για να διατηρηθεί αποδεκτή ποιότητα υπηρεσίας ή να παρασχεθεί καλύτερη υπηρεσία. Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει την περίπτωση διαπομπής στην ίδια, όπως επίσης, και σε διαφορετική κυψέλη. Η διαπομπή μπορεί να αρχίσει κάτω από τρεις κυρίως συνθήκες :

Όταν η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος υποβιβάζεται λόγω κακών συνθηκών διάδοσης

Όταν ο χρήστης (τερματικό) διασχίζει τα σύνορα της κυψέλης

Όταν το σύστημα χρειάζεται να αναδιατάξει τον καταμερισμό των πόρων, ώστε να διευθετήσει νέες υπηρεσίες.

Βασικές απαιτήσεις που αφορούν τη διαδικασία της διαπομπής είναι :

Από την άποψη του χρήστη, η διαπομπή θα πρέπει να είναι μη-αντιληπτή.

Από την άποψη του δικτύου, η διαδικασία διαπομπής δεν θα πρέπει να αυξάνει σημαντικά το φορτίο σηματοδοσίας

Για να διατηρηθεί μια αποδεκτή εξυπηρέτηση προς τους χρήστες, βασικές απαιτήσεις για τη διαδικασία της διαπομπής είναι η ταχύτητα εκτέλεσης και η αξιοπιστία καθώς και η διαφάνεια προς τον χρήστη.

Τέσσερα διαφορετικά είδη handover μπορούν να διακριθούν :

Διαπομπή στην ίδια κυψέλη (αλλαγή διαύλων εντός κυψέλης)

Διαπομπή μεταξύ κυψελών που ελέγχονται από τον ίδιο BSC

Διαπομπή μεταξύ κυψελών που ανήκουν στον ίδιο MSC, αλλά σε διαφορετικούς BSCs

Διαπομπή μεταξύ κυψελών που ελέγχονται από διαφορετικούς MSCs

Τα handovers διευθύνονται κυρίως από τον MSC. Εν τούτοις, για να αποφύγουμε περιττό φορτίο σηματοδοσίας, τα πρώτα δύο είδη των handover ελέγχονται από τον σχετικό BSC. Το MS μετέχει ενεργά στην συνολική διαδικασία. Για να πραγματοποιηθεί το handover, το MS ελέγχει διαρκώς την ισχύ του σήματος της κυψέλης στην οποία βρίσκεται καθώς και των γειτονικών κυψελών. Η λίστα των κυψελών που πρέπει να παρακολουθηθούν από το MS δίνεται από το εξυπηρετούν BTS και συγκεκριμένα από το λογικό κανάλι BCCH. Οι μετρήσεις ισχύος αποστέλλονται στο BSC, το οποίο αποφασίζει ποια είναι η καλύτερη κυψέλη που πρέπει να πάρει τον έλεγχο της εξυπηρέτησης της κλήσης προς το MS.

**Διαχείριση διάταξης και εκχώρησης διαύλων κυψέλης :** Η διάταξη διαύλων μιας κυψέλης είναι η λίστα των διαύλων, που ορίστηκε να χρησιμοποιούνται στην κυψέλη. Μια τυπική διάταξη κυψέλης περιλαμβάνει ένα σύνολο διαύλων ελέγχου για την υποστήριξη των κινητών τερματικών στην κατάσταση ηρεμίας και στην αρχική τους πρόσβαση και ένα σύνολο διαύλων κίνησης για την μεταφορά σηματοδοσίας και δεδομένων υπηρεσίας χρήστη. Η διάταξη διαύλων μιας κυψέλης μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να έχουν διαφορετικό βαθμό επίδρασης στην διαχείριση κίνησης. Μερικές μεταβολές σχετίζονται με την ανάπτυξη του συνολικού δικτύου, π.χ επέκταση χωρητικότητας και αφορούν την λειτουργία του δικτύου. Συγκεκριμένα οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται στην διαχείριση κίνησης είναι η αναδιάταξη των διαύλων πρόσβασης, του διαύλου αναζήτησης και αρχικής πρόσβασης, των διαύλων κίνησης και η εφαρμογή αλλαγών στη διάταξη συχνοτήτων. Το δεύτερο σύνολο των λειτουργιών διαχείρισης

ραδιοδιαύλων αφορά τον τρόπο που επιλέγονται οι διάυλοι συγκεκριμένης χρήσης, όταν εκχωρούνται σε συνόδους MS. Οι διάυλοι συγκεκριμένης χρήσης, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή είτε έχουν εκχωρηθεί να χρησιμοποιηθούν από κινητό τερματικό, είτε αποτελούν μέρος ενός συνόλου διαθέσιμων διαύλων από το οποίο ανασύρεται ένας διάυλος όταν εμφανίζεται ανάγκη. Ο διάυλος, που τελικά θα εκχωρηθεί, θα πρέπει να επιλεγεί λαμβάνοντας υπόψη τη βελτιστοποίηση της επίδοσης μετάδοσης. Προς τούτο, θα πρέπει ο BSC να έχει μια εκ των προτέρων γνώση της επίδοσης καθενός από τους ελεύθερους διαύλους. Η επίδοση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι δύσκολο να εκτιμηθούν πριν τη χρησιμοποίηση του διαύλου. Η μόνη παράμετρος που μπορεί να εκτιμηθεί είναι η παρεμβολή στον διάυλο ανόδου (κατεύθυνση MS -> BTS). Όταν δεν έχει εκχωρηθεί ακόμη ο διάυλος, ο BTS μετράει τη στάθμη λήψης του και στέλνει τη μέτρηση στον BSC. Ο BSC, στη συνέχεια, λαμβάνει υπόψη αυτή την πληροφορία για να εκχωρήσει έναν ελεύθερο διάυλο με ελάχιστη παρεμβολή, ή για να αποφασίσει μια ενδοκυβελική διαπομπή.

### ΣΤΡΩΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η διαχείριση της κινητικότητας αναφέρεται σε όλες τις διαδικασίες που έχουν σχέση με το χαρακτηριστικό της κινητικότητας των χρηστών στο σύστημα GSM. Οι διαδικασίες που υπάγονται στη διαχείριση της κινητικότητας αποτελούν τη βάση για την παροχή επικοινωνιών παντού, ανεξάρτητα από τη θέση του κινητού. Μπορούν να διακριθούν δε σε δύο κατηγορίες :

**Λειτουργίες ανεξάρτητες από την κλήση:** Αφορούν διαδικασίες που πραγματοποιούνται ανεξάρτητα από αν υφίσταται κλήση σε εξέλιξη. Οι διαδικασίες αυτές είναι :

- (α) ενημέρωση θέσης ( *location update* )
- (β) ενεργοποίηση του τερματικού ( *IMSI attach* )
- (γ) απενεργοποίηση του τερματικού ( *IMSI detach* )

Οι διαδικασίες αυτές σκοπό έχουν να κρατούν ενήμερο το δίκτυο σχετικά :  
με τη θέση των τερματικών που βρίσκονται σε λειτουργία,  
την παρούσα κατάσταση των τερματικών

**Λειτουργίες που εξαρτώνται από την κλήση :** οι λειτουργίες αυτές αφορούν διαδικασίες, οι οποίες ενεργοποιούνται μόνο σε περίπτωση κλήσης που απευθύνεται



σε κάποιο κινητό τερματικό. Ο σκοπός των διαδικασιών αυτών είναι ο εντοπισμός του σταθμού βάσης, εντός της περιοχής κάλυψης του οποίου βρίσκεται το καλούμενο τερματικό. Οι διαδικασίες αυτές είναι :

(α) εντοπισμός δεδομένων

(β) αναζήτηση τερματικού

Μετά την εγκατάσταση της κλήσης, η διαδικασία της διαπομπής αναλαμβάνει την διατήρηση της επικοινωνίας των κινούμενων χρηστών ανεξάρτητα από την κίνησή τους.

Για την παροχή επικοινωνιών παντού, το σύστημα πρέπει να παρακολουθεί τις κινήσεις του κάθε χρήστη, ώστε να μπορεί να τον εντοπίσει, όταν ζητηθεί κάποια σύνδεση. Οι λειτουργίες ενημέρωσης θέσης και αναζήτησης παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού στο GSM. Η τεχνική προσέγγιση για να είναι δυνατή η παρακολούθηση των χρηστών είναι η διαίρεση της περιοχής κάλυψης του συστήματος σε Περιοχές Εντοπισμού (*LA – Location Area*). Συγκεκριμένα, ο σταθμός βάσης (BTS) εκπέμπει συνεχώς, στο διάυλο BCCH, την ταυτότητα της LA στην οποία υπάγεται. Το κινητό τερματικό παρακολουθεί τους διαύλους εκπομπής των BTS συνεχώς. Όταν διαπιστώσει αλλαγή της LA (διαφορετική ταυτότητα LA), το κινητό τερματικό ενημερώνει το σύστημα για τη νέα περιοχή εντοπισμού και η πληροφορία ενημέρωσης κατευθύνεται, μέσω του νέου BTS, προς την κατάλληλη βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα, η πληροφορία ενημέρωσης θέσης αποστέλλεται στο νέο MSC/VLR το οποίο με τη σειρά του δίνει τη διεύθυνσή του στην εγγραφή του συνδρομητή στον HLR. Έπειτα ο HLR ακυρώνει την εγγραφή του MS με τον παλιό MSC/VLR. Αυτή είναι η διαδικασία της ενημέρωσης θέσης.

Επιπλέον, όταν το τερματικό ενεργοποιείται, ακολουθεί μια διαδικασία εγγραφής στο δίκτυο προκειμένου να το ενημερώσει ότι μπορεί να δεχθεί κλήσεις από δω και στο εξής. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται IMSI attach. Αρχικά το MS ελέγχει αν η παρούσα LA είναι ίδια με την τελευταία LA στην οποία έκανε εγγραφή, οπότε πρέπει να ακολουθήσει και μια διαδικασία ανάλογη της ενημέρωσης θέσης. Επίσης για λόγους αξιοπιστίας, το GSM διαθέτει και περιοδική ενημέρωση θέσης. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, που καθορίζονται από τον διαχειριστή, το τερματικό αναγκάζεται να υποβάλλει αίτημα ενημέρωσης θέσης. Αν για οποιοδήποτε λόγο, το κινητό δεν εκκινήσει την διαδικασία στο προβλεπόμενο χρονικό διάστημα, θεωρείται ως απενεργοποιημένο (*detached*). Βεβαίως υπάρχει και διαδικασία άμεσης απενεργοποίησης (*IMSI detach*), συμπληρωματική του IMSI attach.

Όταν υπάρξει κάποια κλήση προς MS, λαμβάνει χώρα η διαδικασία εντοπισμού δεδομένων. Πρώτα ερωτάται ο HLR για την κατάσταση προσιτότητας του τερματικού και αν βρεθεί ότι είναι ενεργοποιημένο, επιστρέφει τη διεύθυνση της LA, όπου κινείται ο χρήστης. Η διαδικασία εντοπισμού δεδομένων, εκτός από έλεγχο εγγραφής και τον προσδιορισμό της πληροφορίας θέσης, περιλαμβάνει την εξακρίβωση της εγκυρότητας της συνδρομής του χρήστη καθώς και τον έλεγχο των υπηρεσιών που μπορεί να υποστηρίξει το τερματικό (terminal capabilities). Ακολουθεί η διαδικασία αναζήτησης. Ο έλεγχος προωθείται στο MSC/VLR που αντιστοιχεί στην παρούσα LA του χρήστη και εκείνος αποστέλλει εντολή σε όλους τους BTS της αρμοδιότητάς του να εκπέμψουν σήμα αναζήτησης. Το τερματικό, μόλις “ακούσει” την ταυτότητά του στο δίαυλο αναζήτησης, ξεκινά διαδικασία αρχικής πρόσβασης στο δίκτυο.

Στο πεδίο διαχείρισης κινητικότητας ανήκει ο έλεγχος αυθεντικότητας και η ασφάλεια. Η ενεργοποίηση του ελέγχου αυθεντικότητας επαφίεται στον διαχειριστή και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κάθε αίτηση που υποβάλλει το τερματικό για νέα υπηρεσία ή ακόμα και για ενημέρωση θέσης. Η σημασία του ελέγχου αυτού είναι να διαπιστωθεί αν οι χρήστες και τα MS είναι αυτοί που ισχυρίζονται ότι είναι. Η διαδικασία εμπλέκει δύο οντότητες : την κάρτα SIM και το AuC . Κάθε συνδρομητής έχει ένα μυστικό κλειδί που είναι αποθηκευμένο στα δύο αυτά μέρη. Ένας τυχαίος αριθμός παράγεται από το AuC κατά τη διάρκεια της διεργασίας ελέγχου αυθεντικότητας και αποστέλλεται στο κινητό. Απ’ τον αριθμό αυτό, σε συνδυασμό με το μυστικό κλειδί και τον αλγόριθμο A3, προκύπτει ένας τελικός αριθμός (SRES) που αποστέλλεται πίσω στο AuC. Αν ο αριθμός που εστάλη από το MS είναι ίδιος με αυτόν που υπολογίστηκε από το AuC με τον ίδιο τρόπο, ο συνδρομητής θεωρείται γνωστός. Ένας παρόμοιος τυχαίος αριθμός, το μυστικό κλειδί, ο αλγόριθμος A8 και ο αύξων αριθμός του TDMA του frame χρησιμοποιούνται ώστε να κρυπτογραφήσουν τα bits που αντιστοιχούν στη κίνηση του χρήστη (φωνή ή δεδομένα).

### ΣΤΡΩΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Η διαχείριση επικοινωνίας αφορά όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με το χειρισμό των κλήσεων, δηλαδή την εγκατάσταση, την διατήρηση και απελευθέρωση των διαδρομών μετάδοσης μέσω των διαφόρων διασυνδεδεμένων δικτύων. Η οντότητα που διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στις ενέργειες αυτές είναι το GMSC,

που είναι το κέντρο μεταγωγής μέσω του οποίου γίνεται η διασύνδεση με άλλα δίκτυα.

Η εγκατάσταση της επικοινωνίας περιλαμβάνει τον καθορισμό όλων των χαρακτηριστικών και την εγκατάσταση της διαδρομής μετάδοσης από άκρη σε άκρη. Τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά μιας επικοινωνίας είναι σταθερά μεταξύ του καλούντος και του δικτύου, πιο συγκεκριμένα μεταξύ του καλούντος και του MSC, κατά τη φάση εγκατάστασης (*call-setup*). Μερικά χαρακτηριστικά επιλέγονται μόνο από τον καλούντα, όπως ο αριθμός κλήσης του καλουμένου ή ο τύπος της υπηρεσίας. Άλλα χαρακτηριστικά καθορίζονται μόνο από το δίκτυο, όπως η προώθηση της κλήσης μέσα στο δίκτυο υπό τον έλεγχο του καλούντος. Μερικά χαρακτηριστικά είναι διαπραγματεύσιμα μεταξύ χρήστη και MSC. Ένα παράδειγμα τέτοιας διαπραγματεύσιμης μπορεί να είναι ο τύπος του διαύλου στο ασύρματο μέρος της ζεύξης, όταν η απαιτούμενη υπηρεσία μπορεί να εξυπηρετηθεί με διάυλο πλήρους ή μισού ρυθμού μετάδοσης.

Ακολουθεί η εγκατάσταση της διαδρομής μετάδοσης. Για κλήση που ξεκινά από κινητό χρήστη, πρέπει το MSC να αναλύσει τον καλούμενο αριθμό και τη ζητούμενη υπηρεσία, προκειμένου να επιλέξει το εξωτερικό δίκτυο προς το οποίο θα δρομολογηθεί η κλήση. Στη συνέχεια, το MSC πρέπει να δεσμεύσει μια κατάλληλη ζεύξη προς αυτό το δίκτυο και να συνεχίσει με κατάλληλη σηματοδότηση, σύμφωνα με τους κανόνες πρόσβασης του επιλεγέντος εξωτερικού δικτύου. Κατόπιν το MSC (και ο χρήστης) πρέπει να περιμένει και να αντιδράσει σύμφωνα με την πληροφορία σηματοδότησης που του διατίθεται και αφορά την πρόοδο της κλήσης.

Η λειτουργία δρομολόγησης ευθύνεται για τη μετάφραση του αριθμού κλήσης του χρήστη (MSISDN) στον αντίστοιχο αριθμό δρομολόγησης. Ο MSISDN είναι ένας αριθμός καταλόγου που πληκτρολογείται, ώστε να έρθουμε σε επαφή με ένα τελεματικό. Καθορίζει την ίδια την υπηρεσία του συνδρομητή και όχι τον τηλεφωνικό εξοπλισμό του. Ο MSISDN περιλαμβάνει 1) έναν κωδικό χώρας, 2) έναν εθνικό κωδικό που χαρακτηρίζει την εταιρία παροχής κινητών υπηρεσιών του συνδρομητή και 3) έναν κωδικό που αντιστοιχεί στον HLR του συνδρομητή. Η πορεία της εγκατάστασης κλήσης (που καταλήγει σε κινητό χρήστη) περνάει στο GMSC, που γνωρίζει τον HLR του συνδρομητή. Από εδώ ξεκινά η φάση του εντοπισμού δεδομένων. Ο GMSC ζητάει πληροφορίες δρομολόγησης από τον HLR. Συνήθως ο HLR δεν διαθέτει πληροφορίες τέτοιες, παρά μόνο την SS7 διεύθυνση του φιλοξενούντος MSC/VLR, οπότε και του ζητάει έναν αριθμό δρομολόγησης

αντίστοιχο του συνδρομητή (*MSRN – Mobile Station Roaming Number*). Έπειτα, αφού ο MSC/VLR δεσμεύσει κάποιο MSRN , πληροφορεί τον HLR και αυτός τον GMSC. Με αυτόν τον αριθμό μπορεί να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της αναζήτησης για να εντοπιστεί ο χρήστης, να ειδοποιηθεί για την εισερχόμενη κλήση και να εγκατασταθεί η σύνδεση με αυτόν.

Πέρα από τα μέσα για την εγκατάσταση κλήσεων, τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών παρέχουν και τα μέσα για την απόλυση των κλήσεων. Μια κλήση μπορεί να σταματήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή από κάποιο από τα δύο επικοινωνούντα μέρη, οπότε, όσον αφορά το κινητό τερματικό, η απόλυση κλήσης μπορεί να ξεκινήσει από αυτό είτε από την πλευρά του συνεργαζόμενου δικτύου.

Το στρώμα διαχείρισης επικοινωνίας περιλαμβάνει επίσης τη διαχείριση των συμπληρωματικών υπηρεσιών και των συντόμων μηνυμάτων. Ο χρήστης, κατά κανόνα, έχει στη διάθεσή του έναν αριθμό από συμπληρωματικές υπηρεσίες (βλ. επόμενη ενότητα) που μπορούν να ενεργοποιηθούν και να απενεργοποιηθούν από το χρήστη. Το MS και ο HLR είναι τα μόνα στοιχεία του δικτύου GSM που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία. Η ανταλλαγή των μηνυμάτων σηματοδοσίας γίνεται με ειδικό πρωτόκολλο. Η υπηρεσία συντόμων μηνυμάτων (*SMS – Short Message Service*) δεν απαιτεί εγκατάσταση σύνδεσης από άκρη σε άκρη. Η υπηρεσία αυτή είναι ασύμμετρη και η μετάδοση συντόμων μηνυμάτων από το κινητό τερματικό θεωρείται διαφορετική υπηρεσία από τη μετάδοση προς το κινητό. Η μετάδοση συντόμων μηνυμάτων υφίσταται πάντοτε μεταγωγή από κάποιο κέντρο μεταγωγής συντόμων μηνυμάτων (*SMSC - Short Message Service Centre*) . Επίσης χρειάζονται τα εξής δύο interfaces για η συνεργασία του SMSC με το δίκτυο GSM.

SMS-GMSC για τα σύντομα μηνύματα που καταλήγουν σε κινητό

SMS-IWMSC για τα σύντομα μηνύματα που προέρχονται από κινητό

### ΣΤΡΩΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Το στρώμα αυτό παρέχει στον τηλεπικοινωνιακό φορέα τα μέσα για τη γενική διαχείριση του δικτύου κινητών επικοινωνιών. Παρέχει λειτουργίες που επιτρέπουν στον τηλεπικοινωνιακό φορέα να παρακολουθεί και να ελέγχει το σύστημα. Το στρώμα αυτό, αφ' ενός παρέχει τα μέσα για τη ροή της πληροφορίας παρατήρησης από τα μηχανήματα προς τον διαχειριστή δικτύου, και αφ' ετέρου,

επιτρέπει στον διαχειριστή δικτύου να τροποποιήσει τη διάταξη των μηχανημάτων και των λειτουργιών του δικτύου. Ως λειτουργικό στρώμα, το στρώμα Λειτουργίας, Διαχείρισης και Συντήρησης βρίσκεται πάνω από τα άλλα στρώματα, παρά το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες που παρέχονται από τα άλλα στρώματα, αλλά μόνο τις βασικές λειτουργίες μετάδοσης για την ανταλλαγή των πληροφοριών διαχείρισης. Σε σύγκριση με τα άλλα στρώματα και αναφορικά με το χρόνο, οι λειτουργίες του στρώματος αυτού χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη χρονική κλίμακα, που κυμαίνεται από μερικές ώρες ή μέρες έως χρόνια. Το στρώμα αυτό υλοποιείται κυρίως με το λειτουργικό στρώμα διαχείρισης, αλλά και όλες τις διατάξεις του δικτύου συνεισφέρουν με στοιχειώδεις λειτουργίες διαχείρισης και συντήρησης.

## 1.7 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΤΟ GSM

Στο GSM διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες :

Υπηρεσίες φέροντος: Είναι όλες οι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που επιτρέπουν στους κινητούς χρήστες να διακινούν πληροφορία σε λειτουργία διαφανή προς τη μετάδοση bits μεταξύ ενός χρήστη και ενός άλλου συνεργαζόμενου δικτύου. Προσφέρουν αμιγείς υπηρεσίες μεταφοράς, όπως καθορίζονται στα τρία κατώτερα στρώματα του μοντέλου αναφοράς OSI, όπως υπηρεσίες μετάδοσης με σύνδεση (connection – oriented) και μετάδοση με μεταγωγή πακέτων.

Τηλεϋπηρεσίες: Είναι οι υπηρεσίες που επιτρέπουν επικοινωνία, εγκαθιστάμενη μέχρι το επίπεδο εφαρμογών, μεταξύ ενός κινητού χρήστη και ενός δευτέρου χρήστη (όχι απαραίτητα του ίδιου δικτύου) με τη χρήση προτυποποιημένων πρωτοκόλλων. Αυτές οι υπηρεσίες απαιτούν πρωτόκολλα που αντιστοιχούν και στα επτά στρώματα του μοντέλου OSI. Οι προδιαγραφές του GSM αναφέρουν ότι μια τηλεϋπηρεσία θα κάνει χρήση μιας ή έστω ενός περιορισμένου αριθμού υπηρεσιών φέροντος. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η τηλεφωνία, το facsimile group 3, οι επείγουσες κλήσεις, το teletex, η υπηρεσία συντόμων μηνυμάτων και το φωνητικό ταχυδρομείο.

Συμπληρωματικές υπηρεσίες: Πρόκειται για διευκολύνσεις που προσφέρονται στους συνδρομητές σε συνδυασμό με τις παραπάνω υπηρεσίες.

Επομένως δεν είναι ανεξάρτητες υπηρεσίες, αλλά συνοδεύουν τις υπηρεσίες φέροντος και τις τηλευπηρεσίες. Παραδείγματα αποτελούν :

Αναγνώριση συνδρομητή που αποτελεί μια ομάδα υπηρεσιών που επιτρέπουν ή περιορίζουν την δυνατότητα αναγνώρισης της άλλης πλευράς.

Προώθηση κλήσεων, όπου ο συνδρομητής μπορεί να προωθήσει εισερχόμενες κλήσεις σε άλλο αριθμό αν έχει ήδη μια ενεργή σύνδεση (Call Forwarding Busy), είναι απρόσιτος από το δίκτυο (Call Forwarding Non Reachable) ή αν δεν υπάρχει απάντηση (Call Forwarding No Reply). Η προώθηση κλήσεων μπορεί να εφαρμοστεί επίσης χωρίς συνθήκη (Call Forwarding Unconditional).

Αναμονή κλήσεων , όπου ενημερώνεται ο χρήστης , κατά την διάρκεια μιας συνομιλίας για μια άλλη εισερχόμενη κλήση. Ο χρήστης μπορεί να απαντήσει, να απορρίψει ή να αγνοήσει την εισερχόμενη κλήση.

Φραγή κλήσεων, που καθορίζει μια ομάδα υπηρεσιών που εμποδίζουν τον χρήστη να ξεκινήσει ή να δεχθεί κλήσεις ορισμένου τύπου.

Closed User Group που αντιστοιχεί σε μια ομάδα χρηστών που μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο μεταξύ τους και με άλλους προκαθορισμένους αριθμούς.

## 1.8 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ GSM

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα GSM έχει εν τέλει αρκετά πλεονεκτήματα, το κυριότερο εκ των οποίων είναι η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης συχνότητας.

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι ένα άτομο που χρησιμοποιεί ένα κινητό τερματικό που βασίζεται στο σύστημα GSM μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα άλλο κινητό τερματικό το οποίο βασίζεται και αυτό στο GSM χωρίς καμία πολύπλοκη διαδικασία. Αυτό είναι εφικτό εξαιτίας της τεχνολογίας της κάρτας SIM.

Τέλος, επειδή το GSM είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο, ένα κυψελωτό τηλέφωνο βασισμένο στο GSM, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως.

Από την άλλη μεριά όμως, υπάρχουν και αρκετά μειονεκτήματα που αφορούν το GSM σύστημα. Κατ' αρχήν, το κόστος αυξάνεται σε αναλογία με την αύξηση του αριθμού των σταθμών βάσης. Συγχρόνως, η αύξηση των σταθμών βάσης

συνεπάγεται την αύξηση του αριθμού των κεραιών. Στην περίπτωση αυτή, η γενική απαίτηση του κοινού είναι η μείωση του αριθμού και του μεγέθους των κεραιών που χρησιμοποιούνται.

Επίσης, στην περίπτωση που το κινητό τερματικό βρίσκεται σε κίνηση, απαιτείται διαπομπή, η οποία φορτώνει αρκετά το δίκτυο. Εξάλλου, οι σταθμοί βάσης πρέπει διαρκώς να γνωρίζουν τη θέση των κινητών τερματικών ώστε να υπάρχει άμεση σύνδεση όταν υπάρχει κλήση προς αυτά. Παράλληλα, τα κυψελωτά συστήματα, όπως το GSM, είναι επιρρεπή στις παρεμβολές και έχουν χαμηλή ποιότητα φωνής, που οφείλονται στην ομοιοκατευθυντική μετάδοση των RF σημάτων. Αυτό εν μέρει είναι αναγκαίο να γίνει, καθώς η θέση των χρηστών δεν είναι γνωστή. Από την άλλη πλευρά όμως, η μετάδοση προς όλες τις κατευθύνσεις μολύνει το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον, αφού το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος μεταδίδεται σε μη χρήσιμες κατευθύνσεις. Αυτά και άλλα προβλήματα, καθώς επίσης και η ραγδαία αύξηση των απαιτήσεων κατέστησαν αναγκαία την εξεύρεση νέων τεχνολογιών που θα μπορέσουν να καλύψουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες στο χώρο των κινητών τηλεπικοινωνιών.

## 2. AIR – INTERFACE

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Air – interface του GSM (Um) αποτελεί το πιο σημαντικό interface από την άποψη της δικτυακής συμφόρησης. Αποτελεί δε το κατεξοχήν τμήμα του δικτύου κινητών επικοινωνιών που σύμφωνα με την ίδια τη φύση του

Υπόκειται σε αστάθμητους παράγοντες έξω από κάθε ανθρώπινη δυνατότητα πρόβλεψης,

Είναι χρονικά και χωρικά μεταβαλλόμενο,

Είναι υποκείμενο σε παρεμβολές και σε θόρυβο,

Συναντά ισχυρούς περιορισμούς όσον αφορά τις τεχνολογικές δυνατότητές του, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τον δαπανηρότατο εξοπλισμό που αυτός απαιτεί, την δημόσια υγεία και την εξεύρεση κατάλληλων και επιτρεπόμενων θέσεων για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, και

Εμφανίζει συμφόρηση. Στα υπόλοιπα interfaces, μόλις δημιουργηθεί έστω και η υπόνοια για συμφόρηση, το σύστημα αναβαθμίζεται, κάτι που δεν είναι δυνατό για το Air – interface.

Όσον αφορά τη στρωμάτωση κατά OSI, το Air – interface του GSM ακολουθεί ένα ειδικό πρωτόκολλο για το στρώμα 2, που είναι το modified LAPD (LAPDm).

Το Air – interface του GSM αποτελείται καταρχήν από έναν αριθμό φυσικών καναλιών στα οποία πραγματοποιείται η ροή της ψηφιακής επικοινωνίας.

### 2.2 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

Στο GSM, η επικοινωνία του κινητού τερματικού με τον σταθμό βάσης γίνεται με διαύλους συχνοτήτων που διαχωρίζονται μεταξύ τους κατά το σχήμα Frequency Division Multiple Access (FDMA). Οι συχνότητες στην downlink κατεύθυνση είναι διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιούνται στην uplink, κατά το σχήμα FDD (Frequency Division Duplex) και συνολικά δίνονται από τον εξής τύπο:

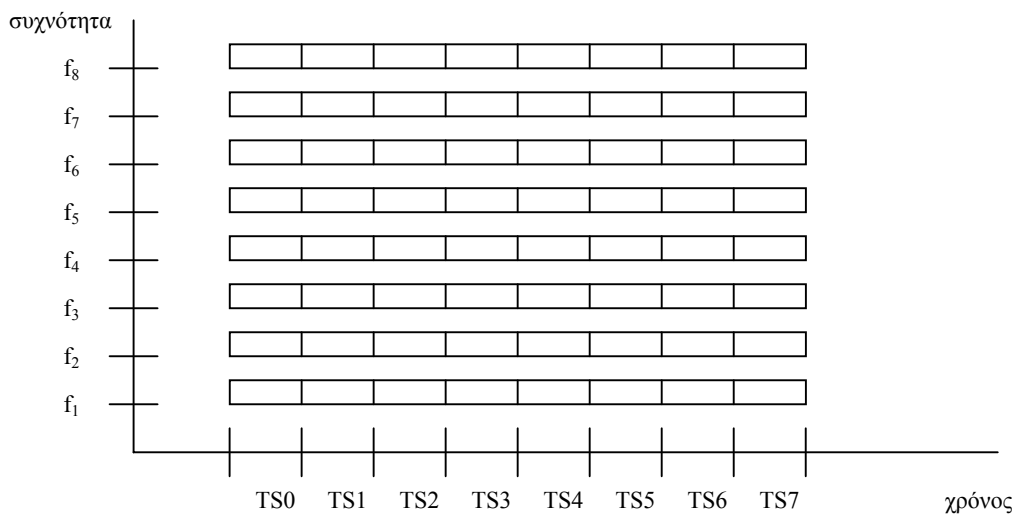


$$f_u(n) = (890 + 0,2n)\text{MHz (uplink)}, 1 \leq n \leq 124$$

$$f_d(n) = (935 + 0,2n)\text{MHz (downlink)}, 1 \leq n \leq 124$$

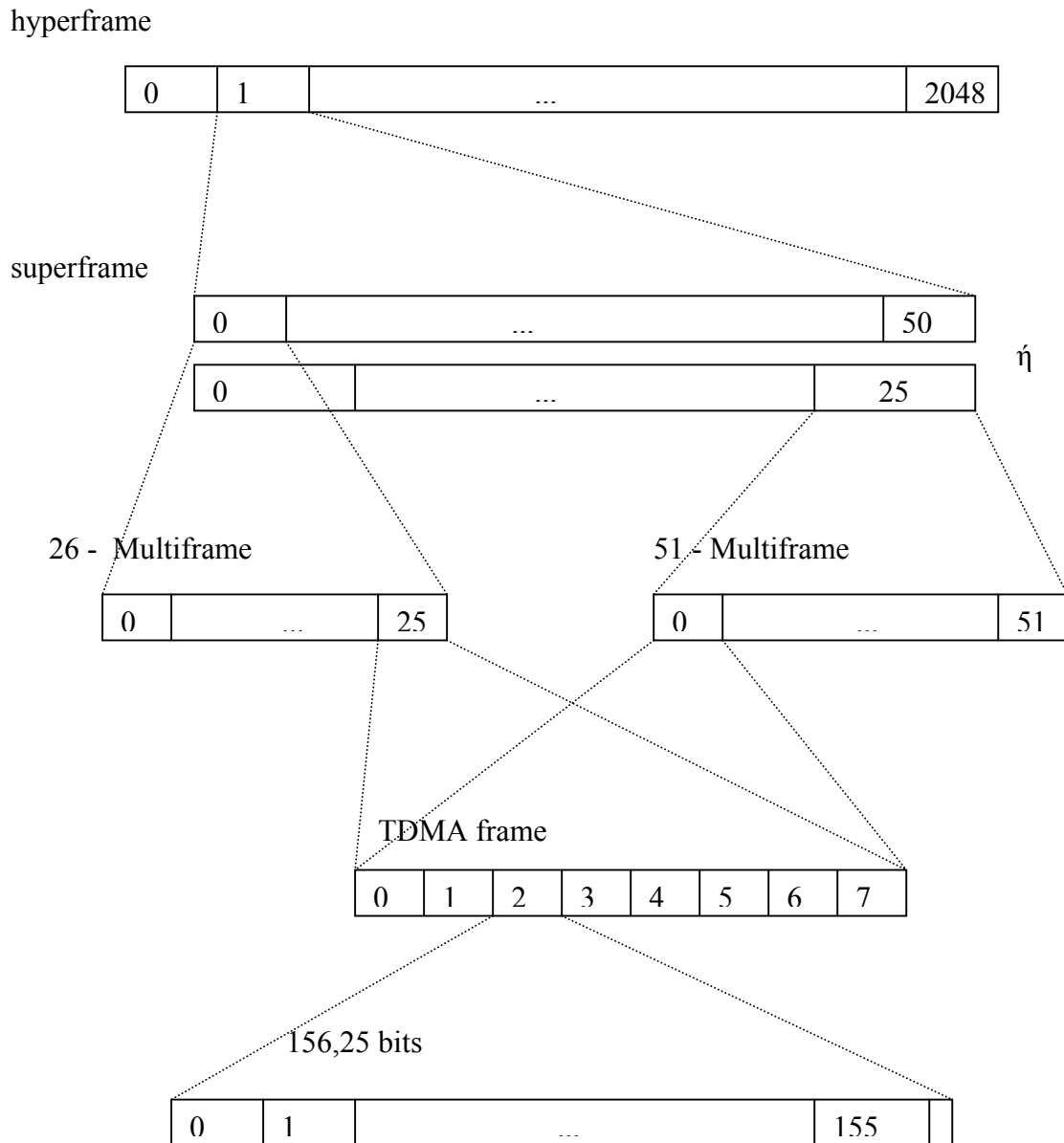
Επομένως στην uplink κατεύθυνση παρέχονται 124 δίαυλοι των 200 KHz από τα 890 MHz μέχρι τα 915 MHz και στην downlink 124 δίαυλοι των 200 KHz από τα 935 MHz μέχρι τα 960 MHz. Υπάρχει, κατά συνέπεια, μεταξύ των δύο αυτών περιοχών μία ελεύθερη περιοχή 20MHz που παρέχει καλύτερο διαχωρισμό συχνότητας για τις δύο κατευθύνσεις ροής της πληροφορίας.

Σε κάθε συχνότητα από αυτές μεταδίδονται ψηφιακά δεδομένα πολυπλεγμένα κατά το σχήμα Time Division Multiple Access (TDMA). Κάθε TDMA frame διαρκεί 4,6 msec και αποτελείται από 8 χρονικές θυρίδες (time slots), η καθεμία από τις οποίες διαρκεί 0,577 msec και περιλαμβάνει 156,25 bits. Ο ρυθμός αποστολής δεδομένων είναι, συμπερασματικά, 270 Kbits/sec. Ο συνδυασμός αυτός FDMA και TDMA φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2-1

Μεγαλύτερες μονάδες από bits είναι το multiframe, που συγκεντρώνει 26 ή 51 TDMA frames, το superframe που αποτελείται από 26 multiframe των 51 TDMA frames ή 51 multiframe των 26 TDMA frames, έτσι ώστε να διαθέτει πάντα  $26 \cdot 51 = 1326$  TDMA frames, και το hyperframe που αποτελείται από 2048 superframes. Η ιεραρχία αυτή φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 2-2

Τα MS και BTS δεν εκπέμπουν ταυτόχρονα. Το MS μεταδίδει τρία time slots (συν ένα μικρότερο χρονικό διάστημα timing advance TA που αντιστοιχεί στο χρόνο διάδοσης και εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής του σήματος μεταξύ κινητού τερματικού και σταθμού βάσης) μετά από το BTS. Ο χρόνος μεταξύ αποστολής και λήψης δυαδικών ψηφίων χρησιμοποιείται από το MS για την πραγματοποίηση μετρήσεων της ποιότητας λαμβανομένου σήματος από τα γειτονικά κελιά.

Κάθε slot του TDMA frame αποτελεί και ένα φυσικό κανάλι. Πάνω στα φυσικά κανάλια δομούνται τα λογικά κανάλια του Air – interface του GSM, που αποτελούν το επόμενο βήμα λογικής αφαίρεσης.

## 2.3 ΛΟΓΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

Ένα μεγάλο ποσό πληροφορίας πρέπει να μεταδοθεί μεταξύ του MS και του BTS, συγκεκριμένα κίνηση και σηματοδότηση ελέγχου. Ανάλογα με το είδος της πληροφορίας που μεταδίδεται, κάνουμε λόγο για διαφορετικά λογικά κανάλια. Τα λογικά αυτά κανάλια αντιστοιχούν με ορισμένο τρόπο σε συγκεκριμένα slots στο TDMA frame, και άρα σε συγκεκριμένα φυσικά κανάλια. Οι κύριες κατηγορίες λογικών καναλιών είναι δύο, τα κανάλια κίνησης (Traffic Channels – TCHs) και τα κανάλια ελέγχου (Control Channels – CCHs). Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κανάλια εκπέμπουν μόνο προς μια κατεύθυνση, uplink ή downlink, ενώ σε άλλες και στις δύο. Σε κάθε περίπτωση όμως που ένα κανάλι εκπέμπει και στις δύο κατευθύνσεις, πάντα αυτές λογίζονται ως ζεύγος και εμφανίζονται πάντα μαζί. Τα κανάλια που εκπέμπουν και downlink είναι δυνατόν να λειτουργούν point-to-multipoint όταν η downlink κατεύθυνση αναφέρεται στο σύνολο των συνδρομητών του BTS, ή point-to-point όταν η κατεύθυνση αυτή αναφέρεται σε συγκεκριμένο κάθε φορά συνδρομητή.

### ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τα TCHs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν ψηφιακά κωδικοποιημένη φωνή ή δεδομένα χρήστη και προς τις δυο κατευθύνσεις (MS προς BTS, BTS προς MS). Υπάρχουν δύο τύποι TCHs που διαφοροποιούνται από το ρυθμό μετάδοσης που είναι οι ακόλουθοι:

Ένα full rate TCH (ή  $B_m$  κανάλι) μεταφέρει πληροφορία με συνολικό ρυθμό 22,8 Kbps. Ο πραγματικός ρυθμός αποστολής δεδομένων είναι 13 Kbps για φωνή, οπότε τα υπόλοιπα 9,8 Kbps χρησιμοποιούνται για διόρθωση σφαλμάτων και 9,6 Kbps, 4,8 Kbps και 2,4 Kbps για δεδομένα χρήστη, που δίνουν αντίστοιχα συνολικούς ρυθμούς 12 Kbps, 6 Kbps και 3,6 Kbps.

Ένα half rate TCH (ή  $L_m$  κανάλι) χρησιμοποιεί ακριβώς τα μισά slots από ένα full rate TCH και, επομένως, μεταφέρει πληροφορία με συνολικό ρυθμό 11,4 Kbps. Όλα τα 11,4 Kbps μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φωνή. Εναλλακτικά αποδίδονται 4,8 Kbps και 2,4 Kbps για δεδομένα χρήστη που δίνουν αντίστοιχα συνολικούς ρυθμούς 6 Kbps και 3,6 Kbps.

Οι δυνατές περιπτώσεις επομένως για τα κανάλια κίνησης είναι οι ακόλουθες:

Κανάλι κίνησης	Συντόμευση
Full rate TCH για φωνή	TCH/FS ή TCH/F
Half rate TCH για φωνή	TCH/HS ή TCH/H
9,6 Kbps full rate TCH για δεδομένα	TCH/F9,6
4,8 Kbps full rate TCH για δεδομένα	TCH/F4,8
2,4 Kbps full rate TCH για δεδομένα	TCH/F2,4
4,8 Kbps half rate TCH για δεδομένα	TCH/H4,8
2,4 Kbps half rate TCH για δεδομένα	TCH/H4,8

Πίνακας 2-1

## ΚΑΝΑΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα κανάλια ελέγχου χρησιμοποιούνται για σηματοδότηση και για έλεγχο συστήματος και τα δεδομένα τα οποία μεταφέρουν δεν είναι προσβάσιμα από τις εφαρμογές των χρηστών. Τυπικές εργασίες τις οποίες επιτελούν είναι η εγκατάσταση, διατήρηση και απελευθέρωση καναλιών κίνησης, η διαχείριση κινητικότητας και ο έλεγχος πρόσβασης στο σύνολο των καναλιών του Air-interface. Τα κανάλια ελέγχου διακρίνονται σε τρεις υποκατηγορίες:

Broadcast Control CHannels (BCCHs)

Common Control CHannels (CCCHs)

Dedicated Control CHannels (DCCHs)

### 1. BCCH:

Το BCCH αποτελεί μια ομάδα από λογικά κανάλια που εκπέμπουν πάντα downlink και που παρέχουν γενικές πληροφορίες κοινές για όλους τους χρήστες που εντοπίζονται για μια δεδομένη χρονική στιγμή υπό την εξυπηρέτηση του συγκεκριμένου BTS. Επομένως, το BCCH εκπέμπει point-to-multipoint. Η ισχύς του BCCH μετρείται από όλα τα κινητά που είναι ανοιχτά μέσα στην κυψέλη, ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται και μπορεί να καθορίσει πότε θα συμβεί διαπομπή. Η ομάδα αυτή αποτελείται από τα εξής λογικά κανάλια:

Frequency Correction CHannel (FCCH)

Synchronization CHannel (SCH)

Κυρίως BCCH

#### 1.1 FCCH:

Το FCCH αποτελεί τον «φάρο» του BTS. Αποστέλλει μόνο μηδενικά και χρησιμοποιείται για διόρθωση συχνότητας από το MS για ακριβή συντονισμό του MS στο BTS.

### **1.2 SCH:**

Το SCH μεταφέρει πληροφορία για το συγχρονισμό του TDMA frame από το MS και για την αναγνώριση της ταυτότητας του BTS. Μεταφέρει μία δυαδική ακολουθία 64 bit που είναι εκ των προτέρων γνωστή στο κινητό τερματικό. Το MS υπολογίζει τη συνέλιξη αυτών των bit με τα 64 bit που είναι αποθηκευμένα σε αυτό και έτσι εξάγει τον ακριβή χρονισμό αναφορικά στο frame του GSM.

### **1.3 Κυρίως BCCH:**

Το κυρίως BCCH μεταφέρει γενική ποσότητα πληροφορίας που απαιτείται από το MS, τμήμα της οποίας είναι ιδιαίτερο για το συγκεκριμένο BTS. Μέσω του καναλιού αυτού μεταδίδεται ο κωδικός χώρας, ο κωδικός δικτύου, ο κωδικός τοπικής περιοχής, ο κωδικός για το PLMN, τα RF κανάλια που χρησιμοποιούνται στην κυψέλη που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό, οι γειτονικές κυψέλες, η αριθμητική ακολουθία μεταπήδησης συχνότητας, η απόδοση συχνοτήτων στα κανάλια, παράμετροι επιλογής κυψέλης και παράμετροι για το κανάλι RACH (βλ. κατ.). Επίσης, οι εντολές για τον έλεγχο της ισχύος εκπομπής του κινητού τερματικού μεταφέρονται από το BTS στο MS μέσω του καναλιού αυτού.

## **2. CCCH:**

Η ομάδα των καναλιών που αποτελεί το CCCH χρησιμοποιείται πρωτευόντως για να μεταφέρει πληροφορία σηματοδότησης απαραίτητη για τις λειτουργίες διαχείρισης προσβασιμότητας. Το κανάλι αυτό είναι διπλής κατεύθυνσης και εκπέμπει point-to-multipoint. Αποτελείται από τα εξής κανάλια:

Paging CHannel (PCH)

Random Access CHannel (RACH)

Access Grant CHannel (AGCH)

### **2.1 PCH:**

Το κανάλι αυτό υπάρχει μόνο στη downlink κατεύθυνση και ειδοποιεί το κινητό τερματικό για μια εισερχόμενη κλήση. Η λειτουργία αυτή του καναλιού ονομάζεται paging.

## **2.2 RACH:**

Το κανάλι αυτό λειτουργεί μόνο uplink και χρησιμοποιείται από το κινητό τερματικό για να αιτήσει την απόδοση SDCCH (βλ. κατ.), που είναι το πρώτο βήμα για την εγκατάσταση μιας κλήσης με την απόδοση καναλιών για το κινητό τερματικό. Η διαδικασία αυτή εκκινείται είτε ως αποτέλεσμα του paging είτε από τη βούληση του χρήστη του κινητού τερματικού να εγκαταστήσει μια εξερχόμενη κλήση. Το πρωτόκολλο πρόσβασης που χρησιμοποιείται είναι το Slotted Aloha. Λόγω της φύσης του, αποτελεί και το μοναδικό κανάλι του Air – Interface στο οποίο είναι δυνατόν να σημειώνονται συγκρούσεις πακέτων.

## **2.3 AGCH:**

Το κανάλι αυτό χρησιμοποιείται από το σταθμό βάσης στην downlink κατεύθυνση ως απάντηση σε ένα RACH. Μέσω αυτού του καναλιού αποδίδεται ένα κανάλι SDCCH στο κινητό τερματικό.

## **3. DCCH:**

Το DCCH αποτελεί την ομάδα των καναλιών του Air-interface του GSM που λειτουργούν downlink και uplink και χρησιμοποιούνται point-to-point για τη μεταφορά των μηνυμάτων σηματοδότησης για έλεγχο κλήσης σε διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης. Το DCCH αποτελείται από τα εξής κανάλια:

Stand-alone Dedicated Control CHannel (SDCCH)

Slow Associated dedicated Control CHannel (SACCH)

Fast Associated dedicated Control CHannel (FACCH)

### **3.1 SDCCH:**

Το κανάλι αυτό χρησιμοποιείται όταν ένα κανάλι κίνησης TCH δεν έχει αποδοθεί, είτε το TCH αποδοθεί στο μέλλον, είτε δεν αποδοθεί καθόλου. Το SDCCH αποδίδεται στο κινητό τερματικό στη γενική περίπτωση για τη σταθερή χρονική διάρκεια των 5 sec ανεξάρτητα από την ποσότητα πληροφορίας που

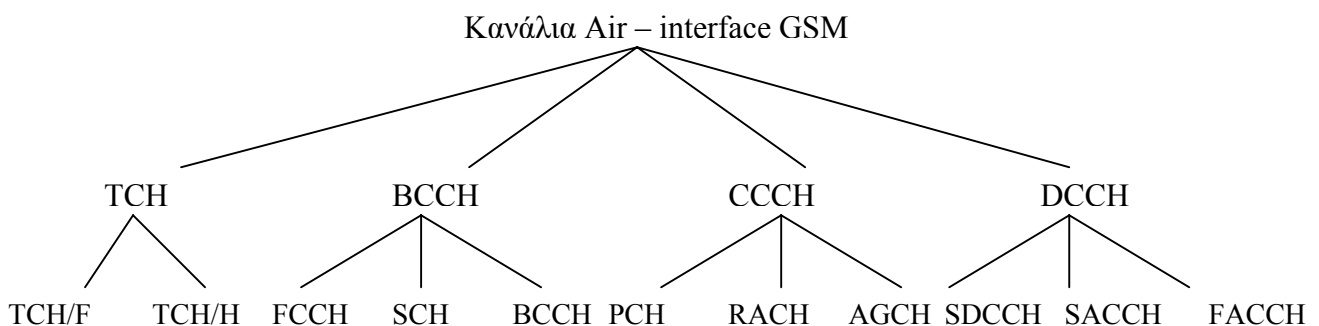
μεταφέρεται μέσω αυτού. Οι αρμοδιότητες του καναλιού αυτού περιλαμβάνουν την εγγραφή (registration) του MS στο δίκτυο, την πιστοποίηση της ταυτότητάς του (authentication), την ενημέρωση θέσης και την μετάδοση δεδομένων κατά την εγκατάσταση κλήσης.

### 3.2 SACCH:

Το κανάλι αυτό λειτουργεί πάντα παράλληλα με ένα κανάλι TCH ή SDCCH και διαχωρίζονται λογικά από αυτά. Μεταφέρει πληροφορία συστήματος και μετρήσεων για την ισχύ σήματος και την ποιότητα του λαμβανομένου σήματος. Το κανάλι αυτό είναι απαραίτητο για την υποβοηθούμενη από το κινητό τερματικό διαπομπή και έχει χρήση, τέλος, στην χρονική ευθυγράμμιση μεταξύ MS και BTS.

### 3.3 FACCH:

Το κανάλι αυτό, σε αντίθεση με ό,τι ισχύει για το σύνολο των προαναφερθέντων καναλιών, δεν αντιστοιχεί με καθορισμένο τρόπο σε κάποια slot του TDMA frame, αλλά λειτουργεί σύμφωνα με το λεγόμενο stealing mode. Σύμφωνα με αυτό, εάν κατά τη διάρκεια χρήσης του TCH παρουσιαστούν αυξημένες ανάγκες σηματοδοσίας, το FACCH αντικαθιστά το TCH για έναν αριθμό από slots. Τέτοια είναι και η περίπτωση στην διαπομπή. Η διακοπή της συνομιλίας για ένα μικρό αριθμό από TDMA frames δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί.



Σχήμα 2-4

Προαιρετική είναι η χρήση του καναλιού Cell Broadcast Channel (CBCH), το οποίο παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης μηνυμάτων σε όλους τους χρήστες που βρίσκονται μέσα στην κυψέλη. Το CBCH δε χρησιμοποιείται στην πράξη και δε θα μας απασχολήσει στη συνέχεια.

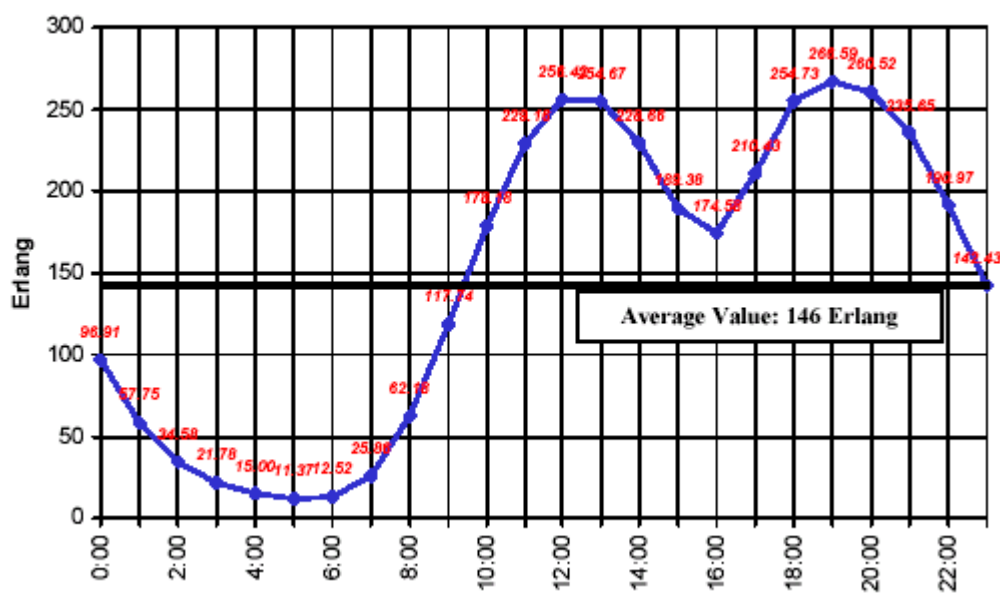
### 3. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ο αριθμός των ραδιοδιαύλων που έχουν ανατεθεί σε μια κυψέλη καθορίζει και τον αριθμό των BS που μπορούν συγχρόνως να εξυπηρετηθούν από αυτή. Είναι φυσικό ότι κατά το σχεδιασμό των κυψελών ο αριθμός των ραδιοδιαύλων που θα ανατεθούν θα αποφασιστεί με βάση ορισμένα στατιστικά στοιχεία που αφορούν το φορτίο χρηστών που θα κληθεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα η κυψέλη. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις κατά τις οποίες η κίνηση αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με το σύννητες κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας και του χρόνου.

#### 3.2 ΩΡΕΣ ΑΙΧΜΗΣ

Η περίπτωση αυτή αντανακλά το γεγονός ότι η κίνηση κατά τη διάρκεια της ημέρας η κίνηση δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη. Αυτή η αύξηση της κίνησης έχει σταθερά χαρακτηριστικά



Σχήμα 3-1



Όπως παρατηρούμε έχουμε δύο πολύ έντονες αυξήσεις τις κίνησης στη διάρκεια της ημέρας. Οι ώρες αλλά και οι κυψέλες στις οποίες παρατηρούνται οι κορυφές αυτές μπορούν να προβλεφθούν με βάση την περιοχή και την εποχή του χρόνου γιατί απλά ανταποκρίνονται σε στατιστικά στοιχεία της επαγγελματικής και κοινωνικής ζωής.

### 3.3 ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ

Κατά τις περιόδους αυτές ένα σημαντικό μέρος του πληθυσμού μετακινείται σε νησιά και άλλες τουριστικές περιοχές. Το φορτίο που επιβαρύνει επιπλέον το υπάρχον δίκτυο μπορεί να υπολογιστεί με βάση στατιστικά δεδομένα παρελθόντων ετών. Επίσης μπορούν να προβλεφθούν το χρονικό διάστημα αλλά και οι κυψέλες στις οποίες εμφανίζεται το φαινόμενο.

### 3.4 ΑΡΓΙΕΣ

Είναι μέρες όπως η Πρωτοχρονιά και τα Χριστούγεννα στις οποίες έχουμε μεγάλη αύξηση φορτίου καθώς οι συνδρομητές συνηθίζουν να στέλνουν τις ευχές τους. Η χρονική στιγμή κατά την οποία περιμένουμε να συμβεί αυτό είναι αρκετά συγκεκριμένη (όπως για παράδειγμα το διάστημα γύρω από την αλλαγή του χρόνου).

### 3.5 ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ

Κατά τη διάρκεια αυτών ένας πολύ μεγάλος αριθμός συνδρομητών συγκεντρώνεται σε ένα πολύ μικρό χώρο. Έτσι η κυψέλη που τον καλύπτει θα αναγκαστεί να εξυπηρετήσει πολύ μεγάλο αριθμό κλίσεων. Ο χρόνος και τόπος διεξαγωγής είναι εκ των προτέρων γνωστός. Καθώς το κοινό πλησιάζει στο χώρο διεξαγωγής η συμφόρηση εμφανίζεται αρχικά στις γειτονικές κυψέλες ενώ σταδιακά συγκεντρώνεται στην κεντρική.

### 3.6 ΑΠΕΡΓΙΕΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Όπως είναι λογικό όλοι οι χρήστες που δεν μπόρεσαν να πραγματοποιήσουν την μετακίνησή τους θα ειδοποιήσουν τους δικούς τους ανθρώπους. Έτσι θα δημιουργηθεί επιπρόσθετη κίνηση σε σημεία όπως αεροδρόμια και σιδηροδρομικού σταθμούς.

### 3.7 ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ

Σε μέρη όπως θέατρα, κινηματογραφικές αίθουσες αλλά και σημεία λατρείας παρατηρείται επίσης μεγάλη αύξηση φορτίου. Επειδή όλες αυτές οι εκδηλώσεις είναι προγραμματισμένες μπορούμε να γνωρίζουμε τον χρόνο και τόπο που θα πραγματοποιηθούν.

### 3.8 ΔΙΑΔΗΛΩΣΕΙΣ

Οι διαδηλώσεις είναι άλλη μια περίπτωση κατά την οποία παρουσιάζεται μεγάλη συγκέντρωση συνδρομητών σε ένα χώρο. Η αύξηση της κίνησης εξαρτάται από τη μαζικότητα της διαδήλωσης. Οι φορείς που διοργανώνουν τη διαδήλωση έχουν ήδη ενημερώσει για το χρόνο και τόπο αυτής.

### 3.9 ΠΟΛΥΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ

Τα πολυκαταστήματα είναι χώροι οι οποίοι επίσης συγκεντρώνουν πολλούς συνδρομητές. Η υπερφόρτωση του δικτύου μπορεί να συμβεί και κατά τις ώρες αιχμής. Στατιστικά στοιχεία για την κίνηση σε τέτοιους χώρους μπορούν να συλλεγούν εύκολα.

### 3.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Στην περίπτωση προγραμματισμένης συντήρησης του δικτύου οι υπηρεσίες στις συγκεκριμένες κυψέλες είναι είτε μη διαθέσιμες είτε περιορισμένες. Λόγω αυτού του γεγονότος οι συνδρομητές εξυπηρετούνται από γειτονικές κυψέλες προκαλώντας έτσι μια υπερφόρτωση. Ο αριθμός των χρηστών που εξυπηρετούνται από κάθε μια

από τις γειτονικές κυψέλες μπορεί να εκτιμηθεί από στατιστικά δεδομένα. Φυσικά η χρονική στιγμή και οι κυψέλες είναι ήδη γνωστά.

### 3.11 ΒΛΑΒΕΣ BTS

Στην περίπτωση που έχουμε μια βλάβη BTS το φορτίο θα εξυπηρετηθεί από το κοντινότερο BTS. Το γεγονός αυτό δεν είναι αναμενόμενο. Μπορεί να διαγνωστεί με βάση το μέσο αριθμό των συνδρομητών που θα εξυπηρετούνταν κανονικά.

### 3.12 BSC ΒΛΑΒΕΣ

Στην περίπτωση μιας τέτοιας βλάβης κάποιες περιοχές είναι πιθανό να παραμείνουν χωρίς κάλυψη. Καθώς ένα BSC μπορεί να χειρίζεται πολλά BTS σε μια τοπολογία αστέρα για παράδειγμα οι συνδρομητές που βρίσκονται στα άκρα του BSC ανακατανέμονται σε γειτονικά BSC. Σε αντίθετη περίπτωση δεν εξυπηρετούνται. Και σε αυτή την περίπτωση το πρόβλημα μπορεί να διαγνωστεί με βάση στατιστικά στοιχεία.

### 3.13 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ

Έπειτα από μικρές οι μεγάλες καταστροφές όπως σεισμοί ή πλημμύρες παρατηρείται μια μεγάλη αύξηση του φορτίου είτε λόγω των κλήσεων έκτακτης ανάγκης είτε λόγω ενδιαφέροντος από γνωστούς και φίλους. Γεγονότα σαν και αυτά είναι πιθανό να προκαλέσουν και βλάβες στο δίκτυο και να δημιουργήσουν ακόμα εντονότερο πρόβλημα.

### 3.14 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

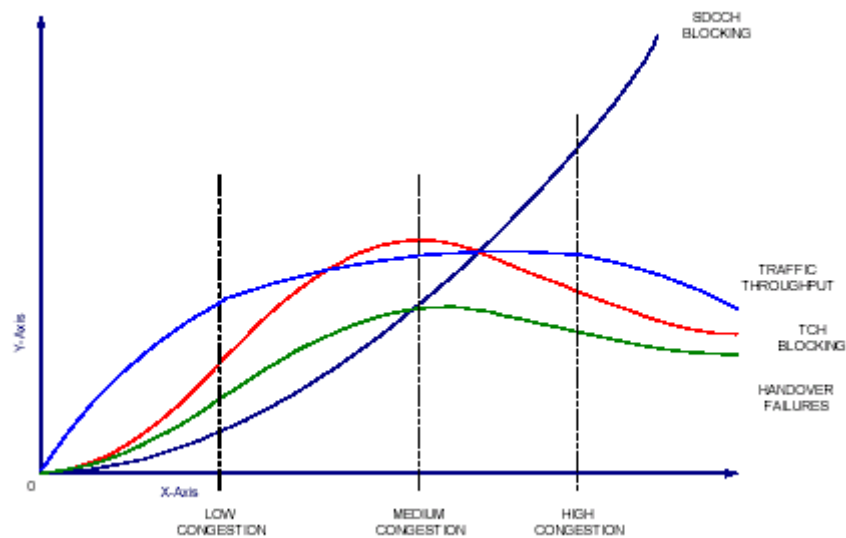
Αναφερόμαστε σε μεγάλα αυτοκινητιστικά ατυχήματα, τρομοκρατικές ενέργειες και γενικά περιστατικά που προκαλούν μεγάλο αριθμό κλήσεων σε αριθμούς έκτακτης ανάγκης. Το φαινόμενο της συμφόρησης αρχικά περιορίζεται στον τόπο του γεγονότος αλλά γρήγορα επεκτείνεται καθώς ακτινωτά η κυκλοφοριακή συμφόρηση επεκτείνεται.

### 3.15 ΣΕΝΑΡΙΟ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

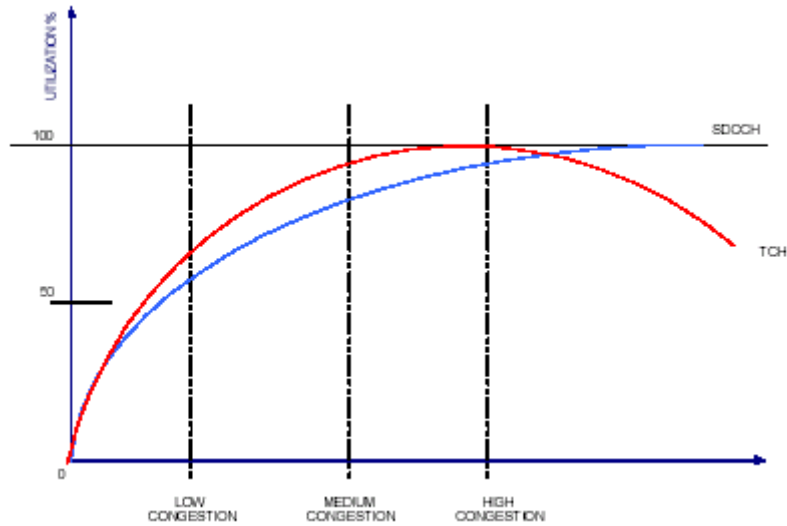
Αναφερόμαστε σε περιπτώσεις όπου το δίκτυο αναγκάζεται να εξυπηρετήσει πολύ κίνηση απότομα. Αν για παράδειγμα το δίκτυο άρχιζε να λειτουργεί μετά από κάποια βλάβη θα έπρεπε να εξυπηρετήσει μεγάλη κίνηση σηματοδοσίας καθώς τα κινητά τερματικά θα επανακτούν σύνδεση με το δίκτυο.

Σε μια προσπάθεια να αντιμετωπίσουμε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να κωδικοποιήσουμε τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται το δίκτυο κατά τη διάρκεια αυτών.

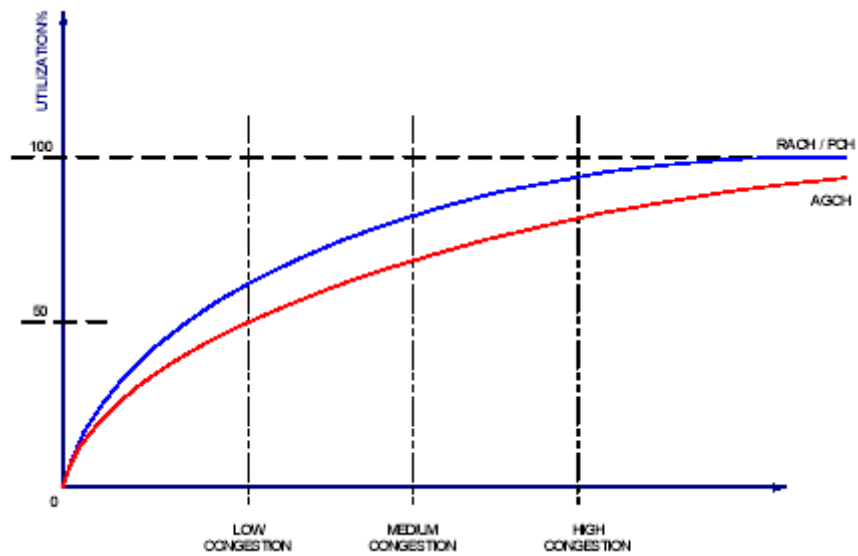
Παρακάτω βλέπουμε τη συμπεριφορά του δικτύου σε περιπτώσεις συμφόρησης ως προς διάφορες παραμέτρους.



Σχήμα 3-2



Σχήμα 3-3



Σχήμα 3-4

	Voice	LocUpdate	SMS	Other (Emergency etc.)
Ώρες αιχμής	35%	40%	20%	5%
Τουριστικές Περίοδοι	35%	40%	20%	5%
Αργίες	45%	10%	40%	5%
Αθλητικά Γεγονότα	45%	15%	35%	5%
Απεργίες Μέσων Μεταφοράς	45%	15%	35%	5%
Θρησκευτικές και Πολιτιστικές Συγκεντρώσεις	45%	15%	35%	5%
Διαδηλώσεις	40%	25%	30%	5%
Πολυκαταστήματα	45%	20%	30%	5%
Συντήρηση	30%	45%	20%	5%
Βλάβες BTS	30%	45%	20%	5%
Βλάβες BSC	20%	60%	15%	5%
Καταστροφές	45%	15%	25%	15%
Ατυχήματα	50%	15%	20%	15%

Πίνακας 3-1

Ανάλογα με το ποσοστό των επειγόντων κλήσεων που πραγματοποιούνται σε κάθε μια από τις περιπτώσεις που αναφέραμε παραπάνω αναθέτουμε ένα επίπεδο προτεραιότητας. Δημιουργείται έτσι ένας δείκτης του πόσο σημαντικό είναι να αντιμετωπιστεί γρήγορα το φαινόμενο της συμφόρησης με διάφορες τεχνικές και χρήση πόρων του δικτύου.

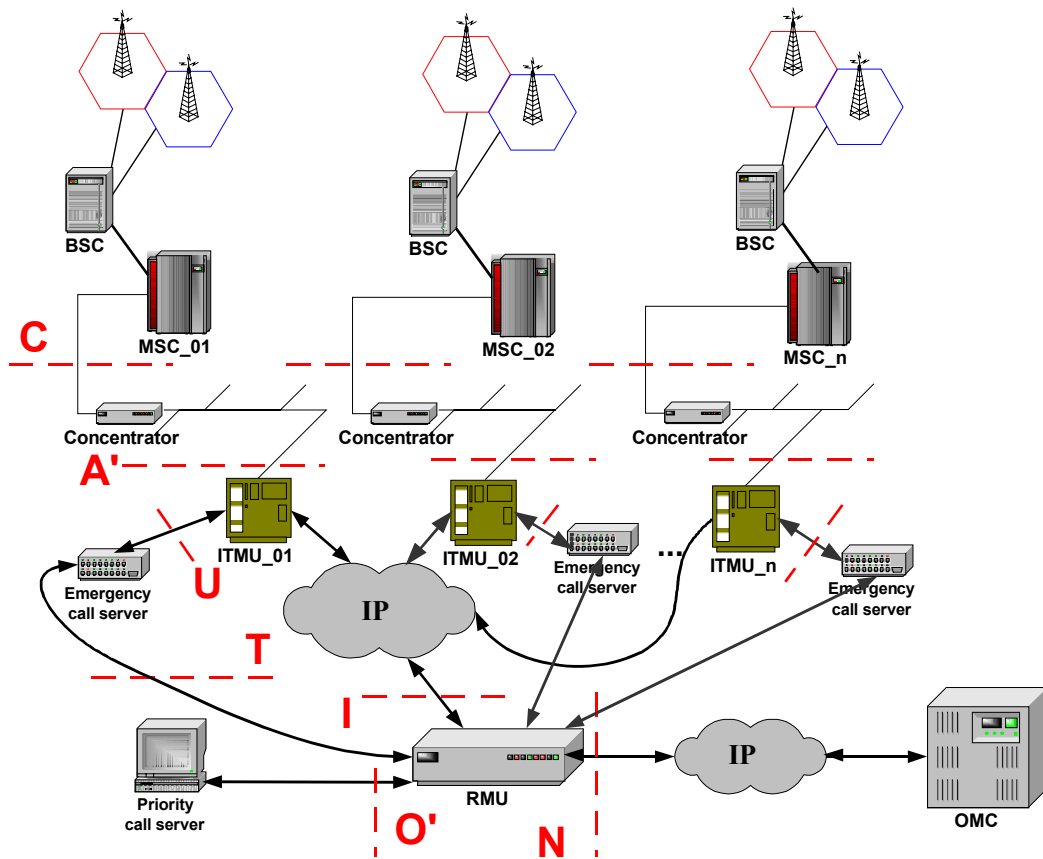
Παρακάτω παραθέτουμε ένα συγκεντρωτικό πίνακα ο οποίος μας δείχνει τιμές από διάφορες παραμέτρους του δικτύου για κάθε ένα από τα σενάρια που αναφέραμε παραπάνω.

	Priority	Dimension	SDDCH	TCH	PCH	RACH	AGCH	SDCCH (BR)	TCH (BR)	Em calls	CLC
Ώρες αιχμής	0	H	M/H	H	L	L	L	M	M	L	L
Τουριστικές Περίοδοι	0	H	H	H	M	M	L	M	M	L	L
Αργίες	1	H	H	H	H	H	M	H	H	L	L
Αθλητικά Γεγονότα	1	L	H	H	H	H	M	H	H	L	L
Απεργίες Μέσων Μεταφοράς	1	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L
Θρησκευτικές και Πολιτιστικές Συγκεντρώσεις	0	L	H	H	M	M	M	M	M	L	L
Διαδηλώσεις	1	M/L	H	H	H	H	M	H	H	L	L
Πολυκαταστήματα	0	L	M/H	M/H	L	L	L	M	M	L	L
Συντήρηση	0	L	H	M/H	M	M	L	H	H	L	L
Βλάβες BTS	1	L	H	M/H	M	M	L	H	H	L	L
Βλάβες BSC	1	M/L	H	M/H	M	M	L	H	H	L	L
Καταστροφές	2	H	H	MH	H	H	H	H	H	H	H
Ατυχήματα	2	L	H	H	M	M	L	M	H	M/H	L
Σενάριο υπερβολικής συμφόρησης	2	L	L	L	L	L	L	M	H	L	H

Πίνακας 3-2

## 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CAUTION

Για την αντιμετώπιση θεμάτων όπως αυτά που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο προτείνεται από το εργαστήριο τηλεπικοινωνιών μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική που ονομάζεται σχέδιο CAUTION. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο αυτό το σχέδιο προσαρτάται στο δίκτυο.



Σχήμα 4-1

Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα το Caution αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία.

- Interface Traffic Monitoring Unit (ITMU)
- Resource Management Unit (RMU)
- Emergency Call Server (ECS)
- Priority Call Server (PCS)

Ο ITMU είναι υπεύθυνος για πραγματικού χρόνου παρακολούθηση του δικτύου. Εκμεταλλεύεται όλους τους διαθέσιμους μηχανισμούς αναφοράς και αντιλαμβάνεται σε κάποιο βαθμό προβλήματα συμφόρησης. Ο concentrator που είναι ήδη ένα στοιχείο των GSM συστημάτων χρησιμοποιείται για τη συλλογή αναφορών από το MSC. Επίσης ο ITMU κατασκευάζει για όλα τα BTS ένα πίνακα με σκοπό το συνδυασμό στοιχείων. Έτσι ο ITMU εγκυιάται ακριβή ανίχνευση προβλημάτων και τα αναφέρει στον RMU.

Ο RMU είναι το κεντρικό στοιχείο του Caution. Έπειτα από την ανίχνευση συμφόρησης ο RMU επιλέγει από μια λίστα μια τεχνική αποσυμφόρησης. Διαχειρίζεται λοιπόν «συναγερμούς» από τον ITMU, μπορεί να ζητήσει επιπρόσθετα στοιχεία και να προχωρήσει στην εφαρμογή μιας κατάλληλης τεχνικής. Κάποιες περιπτώσεις συμφόρησης μπορούν να προβλεφθούν με βάση στατιστικά στοιχεία. Τότε ο RMU μπορεί να εφαρμόσει κάποια τεχνική πριν πάρει αναφορά από τον ITMU.

Ο PCS και ο ECS είναι δυο στοιχεία που δίνουν σε ένα χειριστή τη δυνατότητα να αναθέσει διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας σε διάφορους συνδρομητές και να εφαρμόσει διαφορετικές τεχνικές αποσυμφόρησης σε διαφορετικές κυψέλες αντίστοιχα.

Η σκοπιμότητα της πρώτης ενέργειας είναι η διάθεση ραδιοδιαύλων ανάλογα με το επίπεδο προτεραιότητας κάθε συνδρομητή. Η σημασία είναι εμφανής αν υποτεθεί ότι αυτός είναι ένα ασθενοφόρο ή τμήμα πυροσβεστικής.

Όπως βλέπουμε και στο σχήμα ένας ECS προσαρτάται σε κάθε ITMU. Αν ο χειριστής του ECS παρακολουθεί συνεχώς τα στοιχεία χρησιμοποίησης του δικτύου μπορεί να αλλάξει μέσω της απευθείας σύνδεσης με τον RMU την εφαρμοζόμενη



τεχνική. Η προτεραιότητα της επιλογής του χειριστή του ECS είναι μεγαλύτερη από αυτή του RMU.

Παρακάτω ονομάζουμε τις διεπαφές που εμφανίζονται στο σχήμα

**C** : MSC – Concentrator

**A'** : Concentrator – ITMU

**U** : ITMU – ECS

**T** : ECS– RMU

**I** : ITMU – RMU

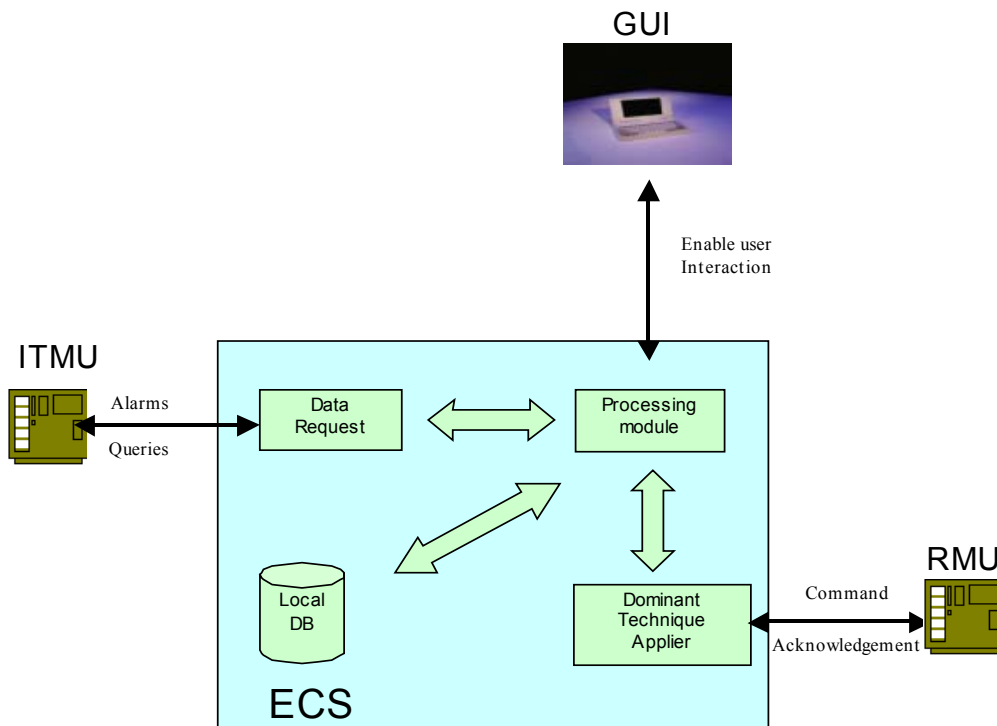
**O'**: RMU – PCS

**N** : RMU – OMC.

## 5. ECS

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφουμε τη λειτουργία ενός από τα βασικά στοιχεία του CAUTION και το οποίο μας δίνει τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε τεχνικές αποσυμφόρησης έπειτα από ανθρώπινη απόφαση και ενέργεια. Το στοιχείο αυτό είναι ο ECS ( Emergency Call Server).

Όπως φαίνεται στο σχήμα ο ECS αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία.



Σχήμα 5-1

- Data Request
- Processing
- Dominant Technique Applier

Ο ECS είναι απευθείας συνδεδεμένος με τον Actuator του RMU. Ο Actuator είναι το στοιχείο εκείνο του RMU το οποίο εφαρμόζει την επιλεγμένη τεχνική. Έτσι όταν ο χειριστής του ECS θέλει να εφαρμόσει μια τεχνική στέλνει μέσω του GUI την κατάλληλη εντολή στον Actuator. Το μήνυμα θα περιέχει την τεχνική και το πεδίο εφαρμογής της.

## 5.1 DATA REQUEST

Το DRm είναι συνδεδεμένο με το Processing και τον ITMU. Ο κύριος σκοπός του είναι να λαμβάνει στοιχεία για την κατάσταση του δικτύου από τον ITMU και να τα στέλνει σε κατάλληλη μορφή στο Processing. Επίσης μετατρέπει σε κατάλληλα XML μηνύματα τις αναζητήσεις στοιχείων από το χειριστή του ECS.

### 5.1.1 ΕΙΣΟΔΟΣ

Όσον αφορά τα μηνύματα που στέλνει ο ITMU στον ECS ένα μήνυμα συναγερμού μπορεί να είναι τύπου ALT,RTX,CLC ή NCI. Όταν είναι τύπου ALT αυτό σημαίνει ότι η χρησιμοποίηση (utilization) ενός καναλιού ξεπερνά την επιθυμητή τιμή ALT. Όταν είναι τύπου RTX αυτό σημαίνει ότι μια κυψέλη ξεπερνά τη συμφόρηση και το utilization πέφτει σε μια αρχική τιμή RTX. Το μήνυμα CLC στέλνεται όταν ο αριθμός των μη κανονικά τερματισμένων κλήσεων ξεπερνά μια ορισμένη τιμή. Ορισμένες φορές ο χειριστής του ECS ζητάει πληροφορίες από τον ITMU για κυψέλες γειτονικές στο φαινόμενο της συμφόρησης για να αντιληφθεί την έκταση του φαινομένου της συμφόρησης. Ο DR θα πάρει το μήνυμα από τον Processing και το στέλνει στον ITMU. Ο τύπος αναζήτησης της πληροφορίας φαίνεται παρακάτω.

Input to DRm from Prm	Name
Cell identifier	Cell_id

Πίνακας 5-1

Ο ITMU θα απαντήσει στον ECS με ένα μήνυμα NCI ( Neighbor Cell Information). Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται από τον ECS για να ελέγξει αν έχουμε συμφόρηση ή όχι. Τα άλλα πεδία ενός μηνύματος είναι το αναγνωριστικό της κυψέλης, η ώρα, η ημερομηνία και λεπτομερείς πληροφορίες για το utilization των καναλιών.

Input to DRm from ITMU	Name
Identifiers of the overloaded cell	CELL_ID
Message type	ALT, RTX, CLC, NCI
Time indicator	TIME
Date indicator	DATE
TCH utilization	TCH_UT
SDCCH utilization	SDCCH_UT
SACCH utilization	SECCH_UT
PCH utilization	PCH_UT
AGCH utilization	AGCH_UT
RACH utilization	RACH_UT
TCH blocking rate	TCH_BR
SDCCH blocking rate	SDCCH_BR
Emergency calls	EC_NO
Number of not-normal clear calls	CLC_NO

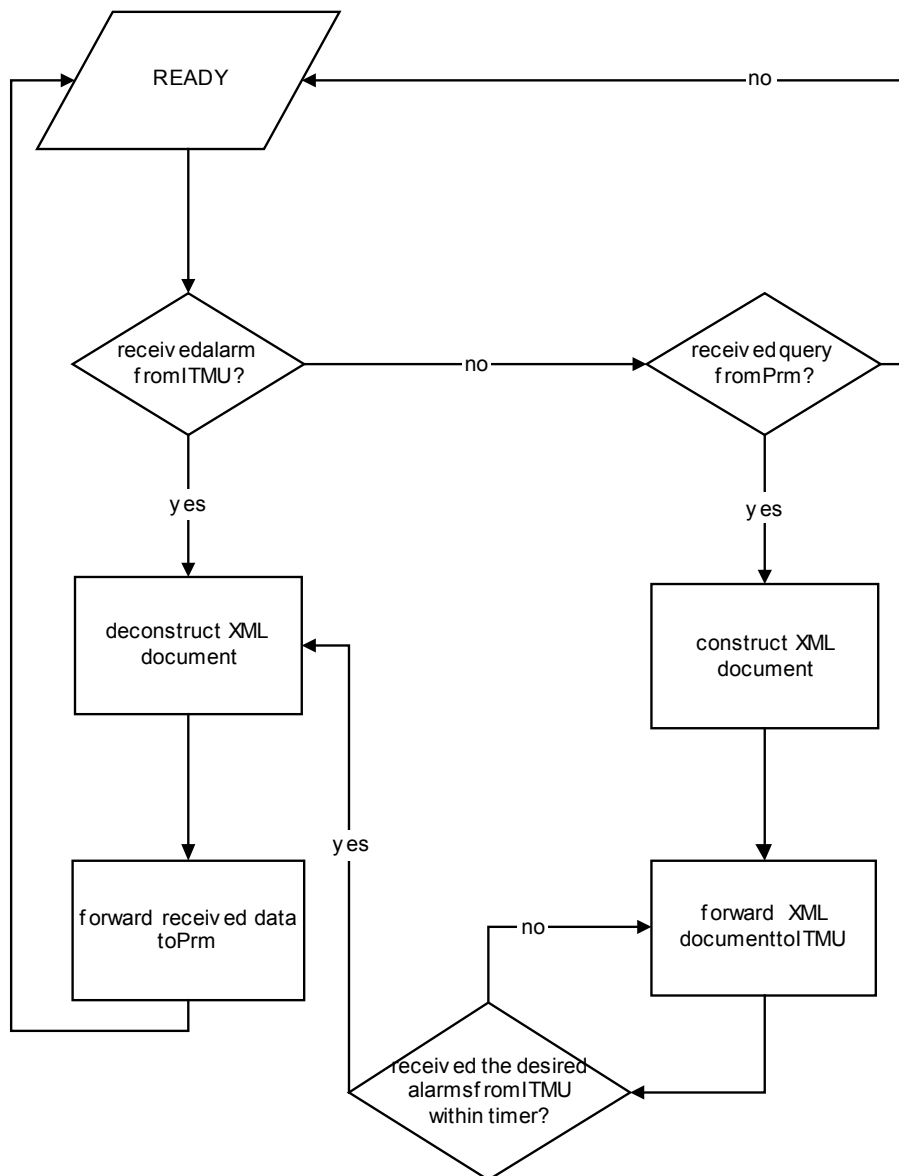
Πίνακας 5-2

### 5.1.2 DATA FLOW

Αρχικά ο DR βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής (ready) και περιμένει ενεργοποίηση είτε από το Processing είτε από τον ITMU.

- Αν η ενεργοποίηση γίνει από τον ITMU τότε ο DR μετατρέπει το XML μήνυμα και προωθεί τα δεδομένα στο Processing. Τέλος επιστρέφει στην αρχική κατάσταση.
- Αν η ενεργοποίηση γίνει από το Processing μετατρέπει την εντολή αναζήτησης στοιχείων σε συντακτικό XML και την προωθεί στο ITMU.

Το διάγραμμα ροής φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 5-2

Όπως καταλαβαίνουμε από όσα περιγράψαμε παραπάνω ο DR είναι ένα μεταβατικό στοιχείο. Για το λόγο αυτό ο DR δε μοιράζεται δεδομένα με άλλα στοιχεία και δεν υπάρχουν δεδομένα του στην κοινή μνήμη.

### 5.1.3 ANTIMETΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ

Όταν ο χειριστής ζητάει στοιχεία από τον ITMU ένας μετρητής καταγράφει το χρόνο απόκρισης (λήψης του NCI). Μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα ο DR συνεχίζει με την αναζήτηση στοιχείων για τις υπόλοιπες κυψέλες και έπειτα

ξαναελέγχει για την προβληματική NCI. Αν το πρόβλημα επιμένει τότε αυτό καταγράφεται. Η υπόλοιπη διαδικασία συνεχίζεται. Σε περίπτωση που τελικά δεν έχουμε απάντηση μέσα σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα το μήνυμα αποστέλλεται ξανά στον ITMU. Όσον αφορά τη σύνδεση μεταξύ ITMU και DR αν αυτή παραμένει ανενεργή για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε ο ITMU κάνει μια τυχαία αναζήτηση στοιχείων για έλεγχο της σύνδεσης μεταξύ DR και Processing.

#### 5.1.4 ΕΞΟΔΟΙ

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα στοιχεία προς ITMU και Processing αντίστοιχα.

Output from DRm to ITMU	Name
Cell identifier	Cell_id

Πίνακας 5-3

Output from DRm to Prm	Name
Identifiers of the overloaded cell	CELL_ID
Message type	ALT, RTX, CLC, NCI
Time indicator	TIME
Date indicator	DATE
TCH utilization	TCH_UT
SDCCH utilization	SDCCH_UT
SACCH utilization	SECCH_UT
PCH utilization	PCH_UT
AGCH utilization	AGCH_UT
RACH utilization	RACH_UT
TCH blocking rate	TCH_BR
SDCCH blocking rate	SDCCH_BR
Emergency calls	EC_NO
Number of not-normal clear calls	CLC_NO

Πίνακας 5-4

## 5.2 PROSECCING

Το Processing συνδέεται με το GUI, με το DR και το DTA. Ο σκοπός του είναι να επεξεργάζεται τις εντολές που δίνει ο χειριστή μέσω του GUI και να τις προωθεί στο DTA ή DR. Επίσης λαμβάνει τα «ITMU» στοιχεία από το DR και τα παρουσιάζει στο GUI. Τέλος παρουσιάζει στο GUI τις επιβεβαιώσεις από το DTA (RMU log).

### 5.2.1 ΕΙΣΟΔΟΣ

Το Processing παραλαμβάνει συναγεργμούς από τον ITMU, την ταυτότητα των συμφορισμένων κυψελών και τις άλλες πληροφορίες από το DR. Τα εισερχόμενα αυτά στοιχεία είναι ακριβώς τα ίδια με τα εισερχόμενα στο DR από τον ITMU με κάποια αλλαγή στο συντακτικό. Έπειτα παρουσιάζει αυτά τα στοιχεία στο GUI. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τα εισερχόμενα στοιχεία στο Processing.

Input to Prm from DRm	Name
Identifiers of the overloaded cell	CELL_ID
Message type	ALT, RTX, CLC, NCI
Time indicator	TIME
Date indicator	DATE
TCH utilization	TCH_UT
SDCCH utilization	SDCCH_UT
SACCH utilization	SECCH_UT
PCH utilization	PCH_UT
AGCH utilization	AGCH_UT
RACH utilization	RACH_UT
TCH blocking rate	TCH_BR
SDCCH blocking rate	SDCCH_BR
Emergency calls	EC_NO
Number of not-normal clear calls	CLC_NO

Πίνακας 5-5

Το Processing δέχεται επίσης μήνυμα επιβεβαίωσης εφαρμογής τεχνικής από το DTA και το παρουσιάζει στο GUI. Αν η επιβεβαίωση αφορά εντολή απελευθέρωσης το μήνυμα περιέχει εκτός από τις παραμέτρους της τεχνικής και το μήνυμα απελευθέρωσης.

Input to Prm from DTAm	Name
Acknowledgement	ACK
Cell identifier	CELL_ID
RMT Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter x	RMTx
Release message	RL

Πίνακας 5-6

Αν το μήνυμα επιβεβαίωσης αφορά την αποστολή ενός SMS τότε το εισερχόμενο μήνυμα αποτελείται από στοιχεία που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

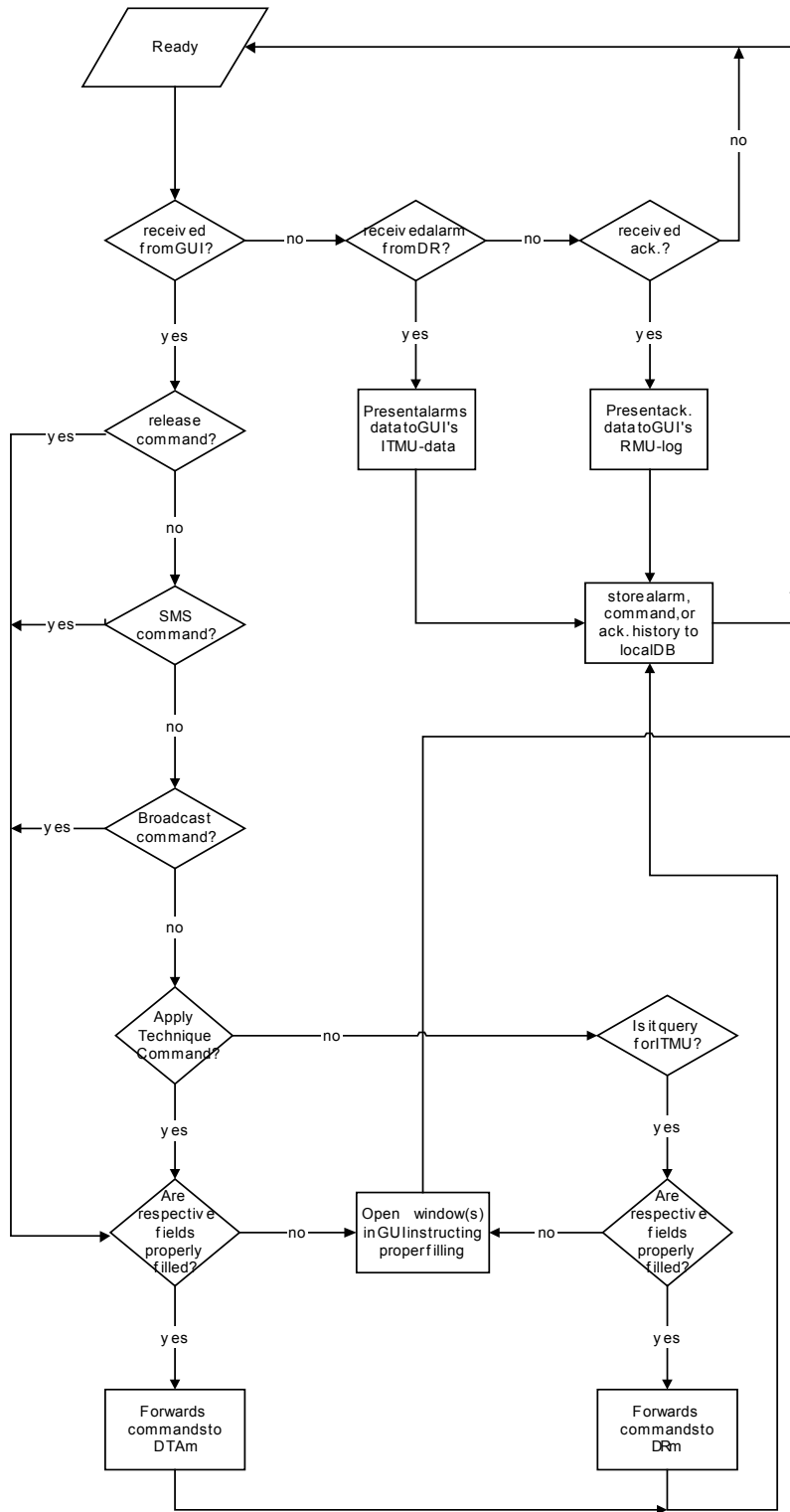
Input from Prm to DTAm	Name
Acknowledgement	ACK
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID

Πίνακας 5-7

### 5.2.2 DATA FLOW

Αρχικά το Processing είναι ανενεργό και περιμένει ενεργοποίηση είτε από μια ενέργεια του χειριστή είτε από το DR είτε από το DTA. Όταν αυτό συμβεί τότε οι διαδικασίες εκτελούνται με βάση το λογικό διάγραμμα ροής που εικονίζεται παρακάτω.





Σχήμα 5-3

Αν η ενεργοποίηση γίνει από το GUI τότε το Processing ελέγχει πιο κουμπί έχει προκαλέσει την ενεργοποίηση.

Αν το πεδίο release είναι ενεργοποιημένο,

Αν η ενεργοποίηση αφορά την αποστολή SMS,

Αν το πεδίο Apply είναι ενεργοποιημένο,

Αν έχουμε αναζήτηση πληροφορίας,

Το Processing ελέγχει αν όλα τα πεδία στο GUI είναι σωστά συμπληρωμένα. Αν όχι εμφανίζεται ένα παράθυρο με όλες τις οδηγίες για ορθή συμπλήρωση. Αν όλες οι πληροφορίες έχουν εισαχθεί σωστά το Processing παίρνει τις τιμές, τις συνδυάζει με τις default τιμές κάθε τεχνικής από την τοπική βάση δεδομένων και την εντολή στο DTA. Συγχρόνως αποθηκεύει την εντολή στη βάση δεδομένων κρατώντας ένα ιστορικό. Τελικά επιστρέφει στην κατάσταση ready.

Αν η ενεργοποίηση γίνει από το DR αυτό γίνεται επειδή παρακολουθεί κάποιες κυψέλες. Το Processing παρουσιάζει το συναγερμό και άλλα στοιχεία του δικτύου στο πεδίο ITMU data. Και σε αυτή την περίπτωση τα στοιχεία αυτά αποθηκεύονται. Έπειτα το Processing επιστρέφει στην αρχική κατάσταση ready.

Αν η ενεργοποίηση έρθει από το DTA τότε πρόκειται για την επιβεβαίωση εφαρμογής μιας τεχνικής. Έτσι το Processing παρουσιάζει την επιβεβαίωση αυτή στο GUI, την αποθηκεύει στη βάση δεδομένων και επιστρέφει στην κατάσταση ready.

### 5.2.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ

Ο κύριος Έλεγχος λαθών αναφορικά με τις διαδικασίες του Processing συγκεντρώνεται στην επικοινωνία του με το GUI. Ο ανθρώπινος παράγοντας αυξάνει την πιθανότητα λάθους . Για το λόγο αυτό το Processing ελέγχει τη σωστή συμπλήρωση μιας φόρμας. Δεν έχει ληφθεί πρόβλεψη για την υπερβολική εισροή δεδομένων στο Processing καθώς αυτό δε μπορεί να γίνει από το GUI και το DR. Επίσης δε θεωρούμε ότι μπορούν να γίνουν λάθη στην επικοινωνία μεταξύ DR ή DTA.

## 5.2.4 ΕΞΟΔΟΙ

Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται η μορφή των μηνυμάτων που στέλνει το Processing στα άλλα στοιχεία.

Output from Prm to DRm	Name
Cell identifier	Cell_id

Πίνακας 5-8

Output from Prm to DTAm	Name
Cell identifier	CELL_ID
RMT Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter x	RMTx
Release message	RL

Πίνακας 5-9

Output from Prm to DTAm	Name
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID
Message text	TEXT

Πίνακας 5-10

## 5.3 DTA

Το DTA είναι συνδεδεμένο με το Processing και απευθείας με το strategy actuator του RMU. Ο κύριος σκοπός του είναι να μετατρέπει τις εντολές σε αρχεία XML και να τα προωθεί στον actuator για άμεση εκτέλεση. Επιπρόσθετα δέχεται από τον RMU τα XML μηνύματα που περιέχουν τις επιβεβαιώσεις, τα μετατρέπει σε μορφή συμβατή με το Processing και του τα αποστέλλει.

### 5.2.1 ΕΙΣΟΔΟΣ

Input to DTAm from Prm	Name
Cell identifier	CELL_ID
RMt Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter x	RMTx
Release message	RL

Πίνακας 5-11

Input to DTAm from Prm	Name
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID
Message text	TEXT

Πίνακας 5-12

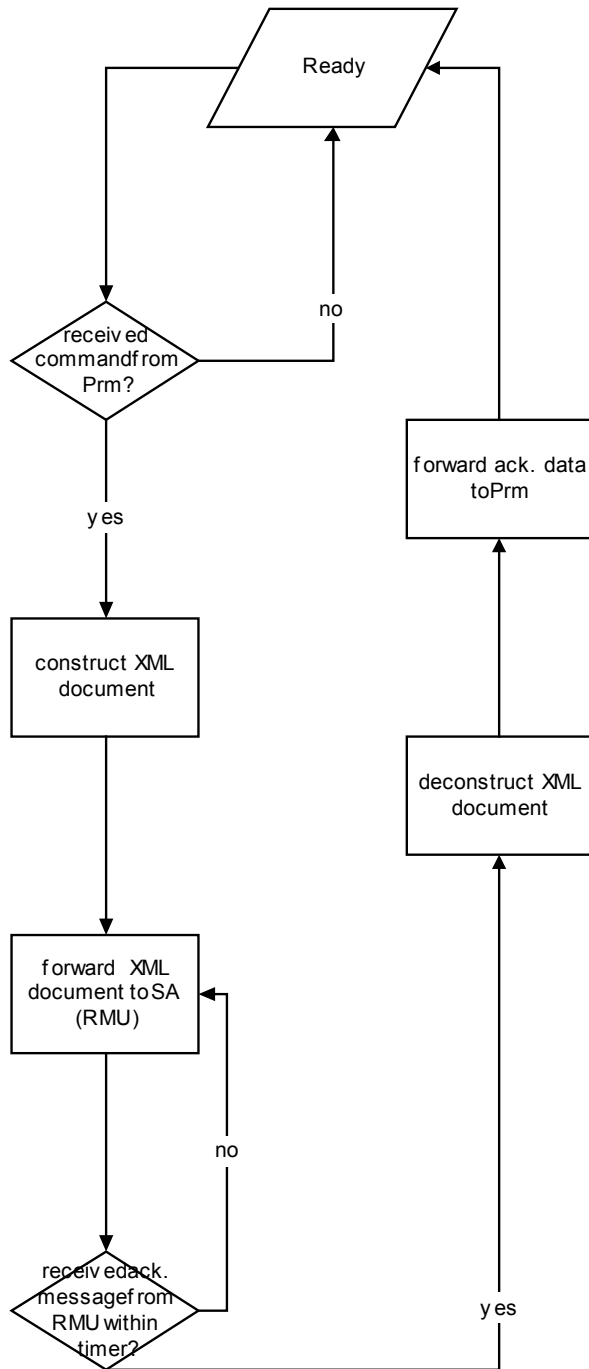
Input to DTAm from RMU	Name
Acknowledgement	ACK
Cell identifier	CELL_ID
RMt Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter x	RMTx
Release message	RL

Input to DTAm from RMU	Name
Acknowledgement	ACK
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID

Πίνακας 5-13

### 5.3.2 DATA FLOW

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα λειτουργίας του DTA. Παρά το γεγονός ότι η ενεργοποίηση μπορεί να γίνει είτε από το Processing είτε από το strategy actuator αν αυτή γίνει από το δεύτερο τότε θα ακολουθήσει επικοινωνία με το Processing.



Σχήμα 5-4

### 5.3.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΛΑΘΩΝ

Όταν το DTA στέλνει μια εντολή στον RMU θέτει ένα χρονικό όριο μέσα στο οποίο περιμένει επιβεβαίωση. Αν αυτή δεν έρθει τότε η εντολή ξανααποστέλεται.

### 5.3.4 ΕΞΟΔΟΙ

Output from DTAm to Prm	Name
Acknowledgement	ACK
Cell identifier	CELL_ID
RMT Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter <i>x</i>	RMT <sub><i>x</i></sub>
Release message	RL

Πίνακας 5-14

Output from DTAm to Prm	Name
Acknowledgement	ACK
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID

Πίνακας 5-15

Output from DTAm to RMU	Name
Cell identifier	CELL_ID
RMT Identifier	RMT_id
RMT parameter 1	RMT1
RMT parameter 2	RMT2
RMT parameter 3	RMT3
RMT parameter 4	RMT4
RMT parameter 5	RMT5
RMT parameter 6	RMT6
RMT parameter <i>x</i>	RMT <sub><i>x</i></sub>
Release message	RL

Πίνακας 5-16

Output from DTAm to RMU	Name
Type of message	SMS, CBCH
Cell identifier	CELL_ID
Subscriber identifier	SUB_ID
Message text	TEXT

Πίνακας 5-17

## 6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε τις τεχνικές που μπορούμε να εφαρμόσουμε στο δίκτυο μέσω του ECS. Επικεντρώνουμε στη λογική τους λειτουργία αλλά και τις παραμέτρους που θα καλούμαστε να ορίσουμε για την εφαρμογή τους.



## 6.1 HALFRATE AND FULL RATE

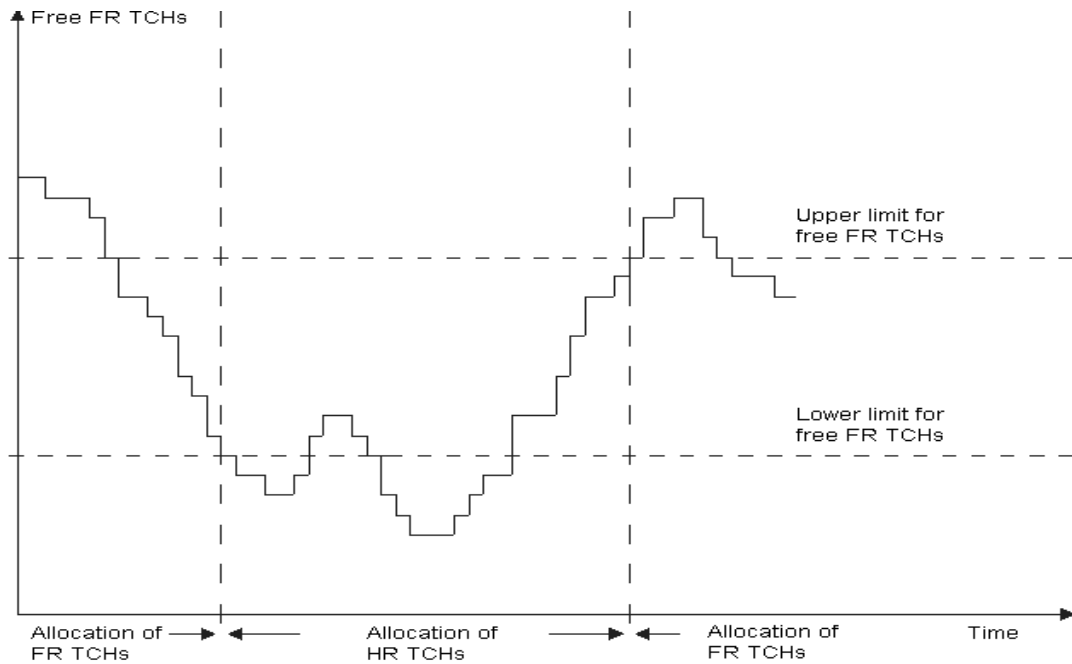
### Εισαγωγή

Η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης ενός καναλιού βάσει του φορτίου μιας κυψέλης δίνει στο χειριστή τη δυνατότητα να καθορίσει τη διανομή μεταξύ καναλιών πλήρους και ημίσειας μετάδοσης (TCH/FR,TCH/HR) με βάση τον αριθμό των απαιτήσεων υπηρεσίας που μπορούν να εξυρευτηθούν από TCH και των δύο ρυθμών μετάδοσης. Με τη χρήση του ημίσειου ρυθμού μετάδοσης είναι δυνατό να μεγιστοποιήσουμε τη φασματική απόδοση. Η τεχνική εφαρμόζεται στο BSC.

### Περιγραφή

Για το FR χρησιμοποιούμε στο BSC κανάλια των 16 kbits/sec. Στο HR κανάλια των 8 kbits/sec. Οι υπηρεσίες δεδομένων χαμηλού ρυθμού μετάδοσης μπορούν να εξυπηρετηθούν από κανάλια HR. Στο HR το MT χρησιμοποιεί 26 frames από τις 51 frames που θα χρησιμοποιούσε στο FR. Έτσι μπορούμε να διπλασιάσουμε τα κανάλια του δικτύου. Κάθε χρονοσχισμή του TRX του BTS μπορεί να καθοριστεί σαν FR,HR ή dual rate. Στην τελευταία περίπτωση το BSC είναι ικανό να αναθέσει μια ανενεργή χρονοσχισμή είτε σε HR είτε σε FR δυναμικά καθώς η κλήση εξελίσσεται.

Όταν ο αριθμός των ελεύθερων TCH/FR πέφτει κάτω από ένα ορισμένο όριο τότε τα κανάλια αυτά χωρίζονται σε κανάλια HR. Όπως φαίνεται και στο σχήμα στην πρώτη χρονοσχισμή έχουμε μόνο FR TCH στην κυψέλη. Στη μεσαία χρονοσχισμή υπάρχουν TCH FR και HR.



Σχήμα 6-1

Ανάλογα όταν ο αριθμός των ελεύθερων TCH είναι πάνω από ένα όριο τότε τα HR TCH ενώνονται πάλι σε FR. Τα HR κανάλια χρησιμοποιούνται επίσης για κλήσεις φωνής, μεταφορά δεδομένων και για ανάγκες σηματοδότησης.

Οι πιο συχνοί ρυθμοί μετάδοσης που υποστηρίζονται από MS φαίνονται παρακάτω.

THR0 : TCH HR subchannel 0

THR1 : TCH HR subchannel 1

TFR : TCH FR

TEFR : TCH EFR

F144 : TCH FR data channel, speed 14.4 kbps

F96 : TCH FR data channel, speed 9.6 kbps

F72 : TCH FR data channel, speed 7.2 kbps

F48 : TCH FR data channel, speed 4.8 kbps

F24 : TCH FR data channel, speed 2.4 kbps

H480 : TCH HR data channel, speed 4.8 kbps, subch 0

H481 : TCH HR data channel, speed 4.8 kbps, subch 1

H240 : TCH HR data channel, speed 2.4 kbps, subch 0

H241 : TCH HR data channel, speed 2.4 kbps, subch 1

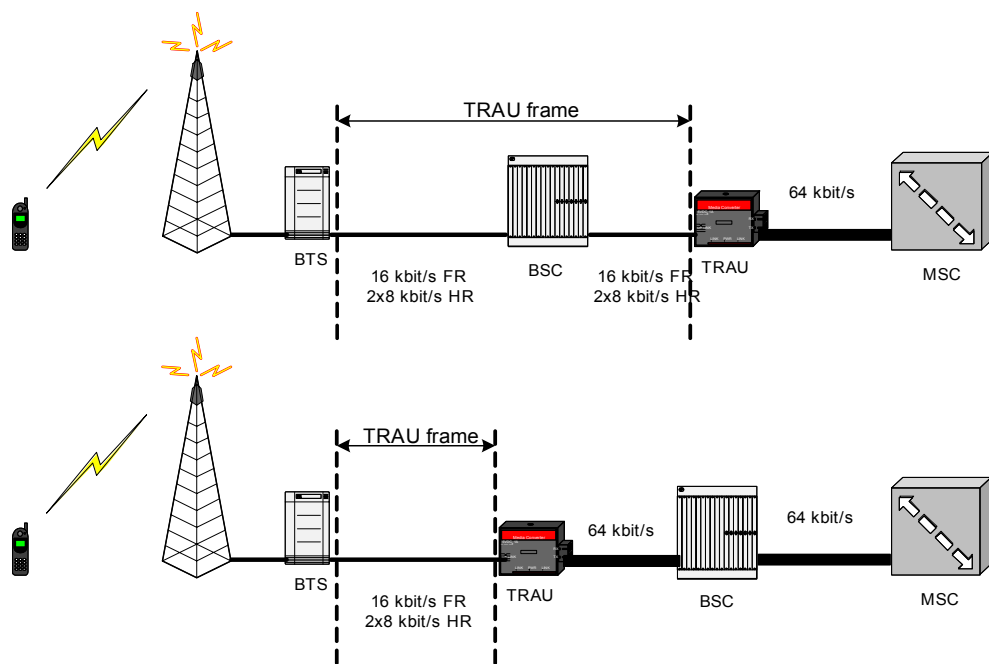
FA : TCH FR signaling only (FACCH) channel

FAH0 : TCH HR signaling only (FACCH) channel, subch 0

## FAH1 : TCH HR signaling only (FACCH) channel, subch 1

### Σχεδιασμός δικτύου

Η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης με βάση την κίνηση σε μια κυψέλη υποστηρίζεται από όλες τις γενιές BTS. Το BSC ελέγχει αν το SW του BTS υποστηρίζει όλους τους δυνατούς ρυθμούς μετάδοσης. Επίσης δεν υπάρχουν περιορισμοί στην τοπολογία του δικτύου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6-2

### Παράμετροι

Η τεχνική καθορίζεται από δύο παραμέτρους που καθορίζουν τις τιμές του ανώτερου και του κατώτερου ορίου για το φορτίο TCH/FR σε μια κυψέλη (Upper Limit, Lower Limit). Αν το ανώτερο όριο οριστεί μικρότερο από το κατώτερο τότε οι παράμετροι δε λαμβάνονται υπόψιν.

## 6.2 DYNAMIC SDCCH ALLOCATION

### Εισαγωγή

Το stand-alone dedicated control channel (SDCCH) χρησιμοποιείται όταν υπάρχει έλλειψη ελεύθερων SDCCH και υπάρχει ελεύθερο TCH και ανατίθεται σε ένα MS για μετάδοση πληροφορίας ελέγχου. Χρησιμοποιείται για παράδειγμα στη διαδικασία εγκατάστασης κλήσης πριν να ανατεθεί TCH. Επιπρόσθετα το SDCCH χρησιμοποιείται για αποστολή SMS και ενημέρωση θέσης. Σε ορισμένες καταστάσεις όπως διαδηλώσεις και σημεία όπως αεροδρόμια και λιμάνια η συμφόρηση συμβαίνει συνήθως σε αυτά τα κανάλια. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα χρειαζόμαστε περισσότερα κανάλια SDCCH. Αντί να αλλάξουμε το σχεδιασμό του δικτύου μπορούμε με χρήση αυτής της τεχνικής να μετατρέψουμε δυναμικά διαθέσιμα TCH σε SDCCH.

### Περιγραφή

Όταν λοιπόν ένα BTS χρειάζεται προσωρινά περισσότερα κανάλια SDCCH από το συνηθισμένο χρησιμοποιούνται ελεύθερα TCH τα οποία όταν το φαινόμενο της συμφόρησης τελειώνει επαναπροσδιορίζονται ως TCH.

Ο χειριστής πρέπει να ρυθμίσει τα BTS με τα ελάχιστα σταθερά SDCCH ώστε να είναι ικανά να αντιμετωπίσουν τη συνήθη κίνηση σηματοδοσίας. Όταν το φαινόμενο της συμφόρησης αρχίζει και το τελευταίο SDCCH διατεθεί τότε αρχίζει η εφαρμογή της τεχνικής αφήνοντας πάντα ικανά διαθέσιμα TCH. Τα SDCCH κανάλια είναι SDCCH/8

Η τοποθέτηση των SDCCH/8 γίνεται με βάση τα εξής:

1. Έχει επιλεγεί τουλάχιστον ένα RTSL
2. Το SDCCH ανατίθεται σε ένα TRX που δεν έχει καθόλου ή έχει τα λιγότερα SDCCH.
3. Προτεραιότητα δίνεται στο TRX που έχει τα λιγότερα ενεργά TCH
4. Επίσης στο επιλεγμένο TRX το RTSL που έχει τη λιγότερη παρεμβολή στο uplink επιλέγεται να γίνει SDCCH/8.

## Σχεδιασμός δικτύου

Η τεχνική αυτή υποστηρίζεται από όλες τις γενιές BTS. Οι πληροφορίες ρύθμισης ενός RTSL λαμβάνονται από το BSC με το επόμενο “channel activation command”. Το BTS δέχεται τα δεδομένα και προσδιορίζει ένα ανενεργό RTSL ως SDCCH ή TCH ανάλογα με το τι έχει ζητηθεί. Όταν το BSC ανιχνεύει λάθος σε σύνδεση σηματοδοσίας φράζει το TRX.

## Παράμετροι

Δεν έχουμε ιδιαίτερες παραμέτρους που προσδιορίζουμε σε αυτή την τεχνική. Μόνο ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση για συγκεκριμένο BSC.

## Περιορισμοί

Κατά τη διάρκεια SDCCH η δυναμική δημιουργία SDCCH δεν επιτρέπεται. Βέβαια ήδη υπάρχοντα τέτοια SDCCH μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κυψέλη προορισμού. Επίσης τα SDCCH που έχουν CBCH δεν μπορούν να ρυθμιστούν δυναμικά. Ο ανώτερος αριθμός SDCCH στο BSC εξαρτάται από τον αριθμό των TRX που είναι συνδεδεμένα με τη μονάδα σηματοδοσίας του BSC(BSCU). Το απόλυτο όριο είναι ότι ο αριθμός SDCCH σε ένα TRX δεν μπορεί να ξεπερνά τα 16 κανάλια.

## 6.3 DYNAMIC CELL RESIZING

### Εισαγωγή

Η επιλογή κυψέλης βασίζεται στην ιδέα ότι ένα MS πρέπει να βρίσκεται μέσα στην κυψέλη που του παρέχει την καλύτερη κάλυψη. Το MS αποφασίζει ποια κυψέλη είναι αυτή (Cell Reselection) συγκρίνοντας τις τιμές C2 που λαμβάνει. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται στο GSM για να ελέγξουν την επιλογή κυψελών διαφορετικού μεγέθους (micro,macro). Η τεχνική που περιγράφουμε χρησιμοποιεί τις τιμές αυτές για να ελέγξει δυναμικά το μέγεθος μιας κυψέλης και να προκαλέσει αποσυμφόρηση. Η μέθοδος λειτουργεί καλύτερα όταν η επερχόμενη συμφόρηση έχει προβλεφθεί.

### Περιγραφή

Σκοπός μας είναι ο έλεγχος επιλογής κυψέλης από το MS όταν αυτό είναι idle. Η τεχνική επιτρέπει στο χειριστή να καθορίσει και άλλα κριτήρια για την επιλογή εκτός από την ένταση του σήματος που μπορεί να διαφέρουν για διαφορετικά είδη κυψέλης.

Οι πληροφορίες για τις C2 τιμές αποστέλλονται στο MS μέσω των system information frames 3,4. Το BSC τις στέλνει στο BTS και το BTS τις εκπέμπει. Τα C2 κριτήρια περιέχουν μια χρονική παράμετρο που επιτρέπει στην επιλογή να συμβεί πιο αργά από αυτή που συμβαίνει με τα C1 κριτήρια. Αυτό αποτρέπει την ανεπιθύμητη επιλογή μιας μικροκυψέλης σε ένα περιβάλλον όπου η κάλυψη γίνεται από μικροκυψέλη και μακροκυψέλη.

### Σχεδιασμός δικτύου

Η μέθοδος αυτή δεν επηρεάζει στοιχεία του δικτύου. Σε περίπτωση όμως που θέλουμε να μειώσουμε την περιοχή κάλυψης μιας συμφορισμένης κυψέλης υπάρχει περίπτωση να έχουμε αύξηση του λόγου C/I μέχρι 5 dB.

## Παράμετροι

Η κεντρική ιδέα είναι ότι το MS συγκρίνει τις εντάσεις του σήματος από διαφορετικές κυψέλες για να κάνει την επιλογή. Η εξίσωση που μας δίνει το C1 κριτήριο είναι

$$C1 = (RX - RxLevAm - \text{MAX}(MSTxPwr - MSMaxPwr), 0),$$

Όπου RX είναι το επίπεδο σήματος που το MS παίρνει στο FCCH.

RxLevAm (Rx Level Access minimum) είναι το ελάχιστο επίπεδο σήματος με το οποίο ένα MS μπορεί να χρησιμοποιεί μια κυψέλη. Η τιμή καθορίζεται από το χειριστή και εξαρτάται από το ρόλο και τον τύπο της κυψέλης.

MSTxPwr (Mobile Station Transmission Power) είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση που το BTS επιτρέπει το MS στο RACH.

MSMaxPwr (Mobile Station Maximum RF Power) είναι η μέγιστη RF ενέργεια στο MS.

Με την εισαγωγή πολυεπίπεδων κυψελών (micro ,macro,pico) και την ανάγκη κατανομής της κίνησης χρειαζόμαστε και άλλες παραμέτρους για την επιλογή κυψέλης. Τέτοιες παράμετροι είναι:

cellReselectParamInd (Yes/No) η οποία αποστέλλεται στο κινητό και ενεργοποιεί ή όχι τις υπόλοιπες τιμές C2

cellBarQualifty (Yes/No) ελέγχει αν ο αποκλεισμός κυψέλης μπορεί να παραβιαστεί. Οι υπόλοιπες C2 τιμές έχουν σχέση με τον προγραμματισμό των μικροκυψελών.

penaltyTime (20...640s)Καθορίζει τη χρονική καθυστέρηση πριν την τελική σύγκριση ανάμεσα στις δύο κυψέλες.

TemporaryOffset (0...70 dB) περιγράφει πόσο μπορεί να πέσει η ένταση του πεδίου κατά το penaltyTime.

cellReselectOffset (0...126 dB) μας δίνει την έναρξη του cell reselection

Ο χειριστής για να καταναείμει κίνηση σε άλλο BTS μπορεί να αλλάζει την τιμή δυναμικά και να επηρεάζει ακίνητα αλλά και κινητά τερματικά.

cellReselectHysteresis (0...14 dB): Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται για την αποφυγή του φαινομένου ping-pong όταν έχουμε διαπομπή μεταξύ κυψελών διαφορετικών LA. Το ζητούμενο είναι

$$C2(\text{new}) > C2(\text{old}) + \text{Cell\_Reselect\_Hysteresis}$$



## 6.4 LOCATION UPDATE

### Εισαγωγή

Υπάρχουν δύο βασικές διαδικασίες που επιτρέπουν στο σύστημα να γνωρίζει σε ποια θέση βρίσκεται ένα MT, location και paging. Η location επιτρέπει να παρακολουθείται το MT ώστε να γνωρίζουμε που βρίσκεται σε περίπτωση για παράδειγμα εισερχόμενης κλήσης. Επίσης επιτρέπει να φέρνουμε το profile του χρήστη κοντά στην τοποθεσία του επιτρέποντας στο δίκτυο να του παρέχει γρήγορα τις υπηρεσίες. Το paging είναι μια διαδικασία κατά την οποία το σύστημα στέλνει μηνύματα paging σε όλες τις κυψέλες όπου το MT θα μπορούσε να βρίσκεται. Το φορτίο που δημιουργεί η paging είναι πολύ μικρότερο καθώς τα μηνύματά της μεταδίδονται σε πολύ μικρή περιοχή.

### Περιγραφή

Αυτή τη στιγμή η διαδικασία ενημέρωσης θέσης που χρησιμοποιείται στα 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> γενιάς κυψελωτά συστήματα χρησιμοποιεί τις περιοχές εντοπισμού (LAs) και η διαδικασία γίνεται αυτόματα. Η θέση του κινητού είναι γνωστή αν γνωρίζουμε την LA στην οποία βρίσκεται. Όταν το σύστημα πρέπει να εγκαταστήσει επικοινωνία με το MT το paging συμβαίνει μόνο στη συγκεκριμένη LA περιορίζοντας έτσι τη χρήση πόρων του συστήματος. Η Location Update χαρακτηρίζεται από περιοδικές και μη περιοδικές ανιχνεύσεις. Η περιοδική ανανέωση έχει σαν στόχο τη διατήρηση μας τουλάχιστον προσεγγιστικής γνώσης της θέσης των MT για την περίπτωση βλάβης του δικτύου αυξάνοντας όμως συγχρόνως τη συμφόρηση σε κανάλια του δικτύου και κυρίως στο SDCCH.

Ο βέλτιστος σχεδιασμός των LA προφυλάσσει πόρους του δικτύου από φορτίο που δημιουργείται από ping pong διαπομπές. Τα σύνορα των LA μπορούν να αλλάξουν μόνο σε ώρες χαμηλής κίνησης γιατί αλλιώς το σύστημα θα δεχτεί μεγάλο αριθμό Location Updates (LU).

## Σχεδιασμός δικτύου

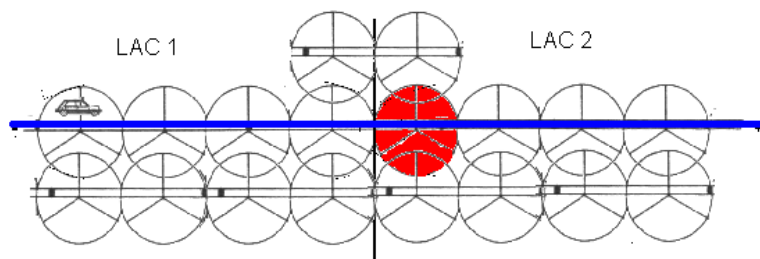
Η μόνη επίδραση που έχει η Location Update στο σύστημα είναι έκταση χρήσης του SDCCH. Αν ο χρόνος μεταξύ των Location Update είναι μεγάλος τότε το SDCCH φορτίο θα είναι μικρό αλλά το φορτίο λόγω paging θα είναι μεγάλο. Έτσι ο χειριστής θα πρέπει να επιλέξει τη σωστή σχέση μεταξύ τους.

## Παράμετροι

Η μέθοδος είναι απλή γιατί το μόνο που χρειάζεται είναι η περιοδική μετάδοση της ταυτότητας του MT στο δίκτυο. Το μειονέκτημα είναι ότι σε περίπτωση που ένα MT μείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε μια LA θα έχουμε μη απαραίτητη χρήση των πόρων του δικτύου.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για να ελέγξουμε αν η πληροφορία θέσης στο MSC/HLR είναι σωστή. Η περιοδική Location Update καθορίζεται από το μετρητή Location Update Period. Η παράμετρος Allow IMSI attach/detach χρησιμοποιείται για να μειώσει το φορτίο σηματοδότησης. Το MS στέλνει ένα μήνυμα στο MSC ενημερώνοντας αν είναι ανοιχτό ή κλειστό. Με αυτή την πληροφορία αποφεύγουμε μη απαραίτητο paging.

Επίσης μπορούμε να αποφύγουμε Location Update όταν μια συμφορισμένη κυψέλη εντοπίζεται στα σύνορα δύο LA. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρήση των παραμέτρων C.



Σχήμα 6.3

Υποθέτουμε ότι η μπλε γραμμή συμβολίζει ένα κεντρικό δρόμο και ότι η κόκκινη κυψέλη είναι συμφορισμένη. Όταν το κινητό περάσει από την LA1 στην LA2 θα εκκινήσει Location Update αλλά λόγω της συμφόρησης θα υπάρξουν αποτυχίες σε αυτή τη διαδικασία . Υποθέτουμε με βάση τη μέση ταχύτητα στο δρόμο ότι ένα MT θα κάνει 20 sec για να διασχίσει τη συμφορισμένη κυψέλη. Σκοπός μας είναι να αγνοήσει τη συμφορισμένη κυψέλη και να κάνει Location Update από τη γειτονική της.

$$C2 = C1 + \text{cellReselectOffset} - \text{temporaryOffset} * H(\text{penaltyTime} - T)$$

$$\text{TemporaryOffset} = 12 \text{ dB}$$

$$\text{PenaltyTime} = 20 \text{ sec.}$$

$$\text{CellReselectOffset} = -6 \text{ dB}$$

Με αυτές τις ρυθμίσεις το MT που περνά τα σύνορα της LA θα αγνοήσει τη συμφορισμένη κυψέλη καθώς για 20 sec  $C2 = C1 - 6 - 12 = C1 - 18 \text{ dB}$  και η γειτονική κυψέλη είναι πιο επιθυμητή για να προσφέρει υπηρεσία. Το  $\text{CellReselectOffset} = -6 \text{ dB}$  επιδρά στους ακίνητους αλλά και κινούμενους χρήστες, όμως οι παράμετροι  $\text{TemporaryOffset} = 12 \text{ dB}$  και  $\text{PenaltyTime} = 60 \text{ sec}$  μόνο στα κινούμενα MT.

## 6.5 FORCED HANDOVER FOR WHOLE BTS OR TRX

### Εισαγωγή

Η διαπομπή είναι ένας μηχανισμός που μεταφέρει μια συνεχιζόμενη κλήση καθώς ο συνδρομητής κινείται. Ο αριθμός των διασχίσεων ορίων γειτονικών κυψελών αυξάνει συνεχώς καθώς εισάγονται συνεχώς μικρότερες κυψέλες για την αντιμετώπιση της αυξανόμενης κίνησης για χωρητικότητα. Αν ελαχιστοποιήσουμε τον αναμενόμενο αριθμό διαπομπών μειώνουμε και το φορτίο του δικτύου.

Σε κατάσταση συμφόρησης η χρήση Forced Handover (υποχρεωτική διαπομπή) μετακινεί ένα MS από μια κυψέλη σε άλλη με σκοπό την απελευθέρωση ενός TRX ή ακόμα και μιας ολόκληρης κυψέλης.

### Περιγραφή

Όταν ένα MS μετακινείται από την περιοχή κάλυψης μιας κυψέλης σε μια άλλη οι μετρήσεις στη ραδιοζεύξη δείχνουν χαμηλό επίπεδο σήματος (RXLEV) ή χαμηλή ποιότητα υπηρεσίας (RXQUAL) από την κυψέλη και ένα καλύτερο RXLEV από γειτονική κυψέλη. Το βασικό κριτήριο για την επιλογή κυψέλης προορισμού της διαπομπής είναι το επίπεδο ραδιοκάλυψης.

Στην περίπτωση ενός επιτυχούς Forced Handover έχουν γίνει τα εξής βήματα.

Αποστέλλεται μια αίτηση για προ-ελευθέρωση TCH για μια νέα κλήση ή διαπομπή.

Αυτή η αίτηση προκαλεί Forced Handover για μια άλλη κλήση που εξελίσσεται και η νέα κλήση παίρνει το ελεύθερο TCH.

Εγκαθίσταται η νέα κλήση.

Όσον αφορά την επιλογή του υποψηφίου για Forced Handover τηρούνται οι παρακάτω αρχές.

Η κλήση δεν είναι επείγουσα.

Επιλέγεται η κλήση με τη μικρότερη προτεραιότητα.

Οι απαιτήσεις για το ρυθμό μετάδοσης του TCH κάνει την επιλογή πιο περίπλοκη, ιδιαίτερα αν το BTS έχει TCH και των δύο ρυθμών μετάδοσης.

Δημιουργούνται λοιπόν οι παρακάτω περιπτώσεις.

Το MS χαμηλότερης προτεραιότητας είναι FR κινητό.

Το MS χαμηλότερης προτεραιότητας βρίσκεται σε ημίσεια απασχολούμενο RTSK που υποστηρίζει και τους δύο ρυθμούς μετάδοσης.

Το MS χαμηλότερης προτεραιότητας βρίσκεται σε RTSL τελείως απασχολημένο

Σχεδιασμός δικτύου

Η τεχνική αυτή δεν είναι αποδοτική για GPRS

Παράμετροι

Η διαπομπή μπορεί να είναι συγχρονισμένη ή μη ανάλογα με το αν οι κυψέλες είναι συγχρονισμένες ή όχι. Όταν το BTS είναι σε κατάσταση Locked τότε χρησιμοποιούμε το Forced Handover για να αφαιρέσουμε τις κλήσεις από το BTS χωρίς να τις τερματίσουμε. Ο χειριστής μπορεί επίσης να θέσει ένα χρονικό όριο που ελέγχει το Forced Handover. Αν όχι χρησιμοποιείται μια προκαθορισμένη τιμή.

Περιορισμοί

Ο σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να προβλέπει αρκετή επικάλυψη μεταξύ των κυψελών. Επίσης οι γειτονικές κυψέλες θα πρέπει να έχουν αρκετούς ελεύθερους πόρους. Ο χρόνος κατά τον οποίο το BSC ψάχνει για υποψήφιο BTS πρέπει να έχει ρυθμιστεί προσεκτικά έτσι ώστε να μη δημιουργηθεί συμφόρηση στο Abis και ο αριθμός των τερματισμένων κλήσεων να ελαχιστοποιηθεί

## 6.6 TRX PRIORITIZATION IN TCH ALLOCATION

### Εισαγωγή

Σε πολλές περιπτώσεις ο ρυθμός μη κανονικά τερματισμένων κλήσεων αυξάνεται για λόγους όπως είναι οι παρεμβολές. Καταστάσεις συμφόρησης δημιουργούνται επίσης λόγω της χρήσης πολλών TRX μέσα σε μια κυψέλη. Έχει παρατηρηθεί ότι σε μια κυψέλη οι χρήστες ανατίθενται σε διαφορετικά TRX αφήνοντας έτσι διαθέσιμους πόρους σε κάθε ένα από αυτά. Η χρήση όλων των TRX δημιουργεί προβλήματα ομοδιαυλικής παρεμβολής. Η επιθυμητή λύση είναι η ομαδοποίηση των χρηστών σε ελάχιστο αριθμό TRX μέσα στην κυψέλη και συνεπώς σε ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό κάνει η τεχνική που περιγράφουμε.

### Περιγραφή

Η κατανομή TCH σε συγκεκριμένα προτιμητέα TRX γίνεται με βάση τον κανόνα ότι τα TCH που τοποθετούνται στο ίδιο TRX δεν προκαλούν παρεμβολές το ένα στο άλλο. Κλήσεις που έχουν ανατεθεί σε TCH με μεγάλη παρεμβολή τερματίζονται και αυτά τα TCH χρησιμοποιούνται για άλλες κλήσεις. Αν συγχρόνως με την εφαρμογή της μεθόδου θέσουμε ένα ελάχιστο αποδεκτό λόγο C/I στο uplink έχουμε αρκετή ασφάλεια απέναντι σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η συνήθης πρακτική είναι ότι όταν μια κλήση δεν έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας διαθέτουμε σε αυτή το TCH με την ελάχιστη δυνατή παρεμβολή. Το TRX από το οποίο θα διατεθεί αυτό το TCH καθορίζεται από τον αριθμό των TCH που έχουν τα TRX και από τη διαδοχή που τηρείται στη διάθεση των TCH πόρων. Όταν ζητηθεί TCH με συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας στο uplink δε δίνεται προτεραιότητα σε κανένα TRX.

Μερικές φορές είναι χρήσιμο να ευνοήσουμε το BCCH carrier στην ανάθεση κλήσης. Ένας λόγος για αυτό είναι ότι καθώς το BCCH TRX μεταδίδει σε όλες τις RTSL συνεχώς η διάθεση TCH πρωτίτως από το BCCH carrier δεν αυξάνει την παρεμβολή. Η ποιότητα του BCCH TRX είναι πολύ καλύτερη αυτή των άλλων TRX καθώς οι συχνότητές του δεν επαναχρησιμοποιούνται τόσο αποτελεσματικά.

## Σχεδιασμός δικτύου

Το RF hopping μειώνει τη μέση παρεμβολή στο MS. Δεν μπορεί όμως να εφαρμοστεί στο BCCH carrier και γι' αυτό το λόγο είναι ορισμένες φορές λογικό να δώσουμε προτεραιότητα σε άλλα TRX.

## Παράμετροι

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί προσαρμόζοντας στο BTS την προσδιορίσιμη παράμετρο TrxPriorityInTCHAllocation. Η παράμετρος ελέγχει την προτεραιότητα μεταξύ BCCH TRX και των άλλων TRX κατά τη διάθεση TCH.

Η παράμετρος έχει τρεις καταστάσεις.

Καμιά προτεραιότητα δεν έχει οριστεί μεταξύ των TRX και όλα είναι ισότιμα κατά τη διανομή TCH

Ένα TCH διατίθεται πρωτίστως από το BCCH TRX

Ένα TCH διατίθεται πρωτίστως από τα άλλα TRX

Οι παράμετροι CNThreshold και InterferenceAveragingProcess χρησιμοποιούνται για εκτίμηση της τεχνικής αλλά δεν αλλάζουν με την εφαρμογή της τεχνικής.

Η προτεραιότητα μεταξύ των TRX προσδιορίζεται με δύο τρόπους. Ο προσδιορισμός εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εκτίμηση του μέγιστου επιτρεπόμενου επιπέδου παρεμβολής στο uplink του TCH.

Όταν οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό του ελάχιστου αποδεκτού λόγου C/N στο uplink δε γίνονται από το BSC ή το MSC έχει δέσει τις δικές του απαιτήσεις για το επίπεδο παρεμβολής, τότε η απόφαση για την uplink παρεμβολή του TCH που θα διατεθεί γίνεται με βάση τις BTS-specific idle TCH resource information. Αν ένα κατάλληλο κανάλι δε μπορεί να βρεθεί από την πρώτη ομάδα TRX τότε θα διατεθεί κανάλι από τη δεύτερη ομάδα. Η ποιότητα του TCH που θα διατεθεί καθορίζεται πριν από την επιλογή TRX.

Όταν η εκτίμηση γίνεται από το BSC τότε η απόφαση της ποιότητας του TCH που θα διατεθεί βασίζεται αρχικά στην uplink παρεμβολή του TCH του προτιμητέου TRX. Όταν η επιθυμητή ομάδα TRX έχει ένα TCH με αποδεκτή παρεμβολή τότε αυτό διατίθεται.

## 6.7 FACCH CALL SETUP DUE TO SDCCH CONGESTION

### Εισαγωγή

Όταν η τεχνική αυτή εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια SDCCH συμφόρησης ένα MS μπορεί να ανατεθεί από το CCCH σε TCH με την Immediated Assignment διαδικασία. Έτσι το TCH μπορεί να χρησιμοποιείται για σηματοδότηση. Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε καταστάσεις υπερβολικής SDCCH συμφόρησης. Αν η προσπάθεια να διαθέσουμε ένα SDCCH αποτυγχάνει τότε το BSC προσπαθεί αμέσως να διαθέσει ένα TCH δεδομένου ότι η τεχνική είναι ενεργοποιημένη.

### Περιγραφή

Η απαίτηση ενός SDCCH δεν περιέχει τα συνήθη κριτήρια διάθεσης TCH. Ο τύπος του TCH που θα διατεθεί καθορίζεται αποκλειστικά από τον τύπο πληροφορίας που ζητείται από το SDCCH. Η απαίτηση δηλώνει αν ένα TCH/HR είναι επαρκές για τη δεδομένη κλήση. Αν η κλήση μπορεί να εξυπηρετηθεί και από TCH/HR και TCH/FR τότε γίνεται προσπάθεια να ανατεθεί TCH του πρώτου τύπου. Ένα TCH/FR διατίθεται πάντα για επείγουσες κλήσεις.

### Δίκτυο

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται μόνο σε καταστάσεις πραγματικής SDCCH συμφόρησης και δεν είναι δυνατή πλέον Dynamic SDCCH

### Παράμετροι

Ο χειριστής μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιες από τις παρακάτω παραμέτρους.

1. enable emergency call on FACCH
2. enable answer to paging call on FACCH



3. enable ordinary calls on FACCH

4. enable call re-establishment on FACCH

Περιορισμοί

Δεν επιτρέπεται η δημιουργία ουράς στην απαίτηση εγκατάστασης κλήσης FACCH.

## 6.8 Rx LEVEL

### Περιγραφή

Η μέθοδος αυτή έχει ως σκοπό να μειώσει το προσφερόμενο φορτίο σε μια συμφορισμένη κυψέλη με κατάλληλες τιμές τις παραμέτρου Rx Level. Το Rx Level είναι το ελάχιστο επίπεδο έντασης που ένα MS πρέπει να λαμβάνει πριν του επιτραπεί η πρόσβαση στην κυψέλη. Οι τιμές καθορίζονται από το χειριστή και εξαρτώνται από το ρόλο και τον τύπο της κεραίας.. Έτσι όταν η τιμή μειώνεται ένας αριθμός από MT που δεν πληρούν το κριτήριο δεν αποκτούν πρόσβαση στο δίκτυο.

### Δίκτυο

Η μέθοδος δεν έχει επίδραση σε στοιχεία του δικτύου. Σε περιπτώσεις που πρέπει να μειώσουμε την περιοχή κάλυψης μιας συμφορισμένης κυψέλης είναι πιθανό να έχουμε μείωση του λόγου C/I έως 5dB.

### Παράμετροι

RxLevAm (Rx Level Access minimum) είναι το ελάχιστο επίπεδο σήματος που μπορεί να δέχεται το MS για να χρησιμοποιεί την κυψέλη. Όταν η τιμή της παραμέτρου αυξάνεται κατά A dB τότε η περιοχή κάλυψης σε τετραγωνικές μονάδες μειώνεται κατά  $10^{A/20}$ . Άρα επιλέγουμε το A με στόχο πιθανότητα αποκλεισμού 1% που δίνει καλύτερο utilization για το δίκτυο.

### Περιορισμοί

Η τοπολογία του δικτύου θα πρέπει να σχεδιαστεί με επικαλυπτόμενες περιοχές ανάμεσα στις κυψέλες . Έτσι δε θα υπάρξουν συνδρομητές που θα μείνουν χωρίς κάλυψη.

## 6.9 DIRECTED RETRY

### Εισαγωγή

Σύμφωνα με την τεχνική αυτή όταν έχουμε συμφόρηση στο δίκτυο και κατά την εγκατάσταση κλήσης στο MT διατίθεται ένα TCH που δεν ανήκει στην κυψέλη που το εξυπηρετεί. Η τεχνική εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχουν άλλα ελεύθερα TCH για διάθεση αλλά υπάρχουν SDCCH. Έτσι το BSC που παίρνει από το MT την πληροφορία για το ποια κυψέλη το λαμβάνει ψάχνει στις γειτονικές κυψέλες για ελεύθερα TCH

### Περιγραφή

Η τεχνική επιτρέπει στο συνδρομητή να κάνει μια δεύτερη προσπάθεια για να αποκτήσει πρόσβαση αν η πρώτη αποτύχει λόγω συμφόρησης. Χρησιμοποιώντας την τεχνική είναι πιθανό να αποφύγουμε την απώλεια μιας κλήσης αν η κυψέλη που εξυπηρετεί το MS είναι προσωρινά συμφορισμένη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για κλήση εκκινούμενη από το MS είτε για τερματισμό από κινητό.

Οι Directed Retry διαπομπές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες.

Εσωτερικές του BSC

Εξωτερικές του BSC

Οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την εφαρμογή της τεχνικής είναι οι παρακάτω:

DirectedRetryUsed : δηλώνει αν η τεχνική είναι ενεργοποιημένη ή όχι (Yes/No)

MinTimeLimitDR : καθορίζει το χρόνο αρχίζοντας από την απαίτηση ανάθεσης TCH κατά τον οποίο μια συγκεκριμένη κυψέλη δεν «αξιολογείται» για Directed Retry. Η έναρξη εφαρμογής της τεχνικής αρχίζει μετά το πέρας αυτού του χρόνου.

MaxTimeLimitDR : καθορίζει το χρόνο για τον οποίο η συγκεκριμένη κυψέλη μπορεί να «αξιολογηθεί» για Directed Retry.

## Περιορισμοί

Η τεχνική δε χρησιμοποιείται όταν υπάρχει συμφόρηση σε πόρους SDCCH αλλά μόνο σε TCH συμφόρηση.

## 6.10 BANDWIDTH RESERVATION

### Εισαγωγή

Το Bandwidth Reservation (BR) είναι ένας στοχαστικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται στην ανάθεση TCH μιας κυψέλης. Κύριος σκοπός είναι να επιτρέπει την κοινή χρήση TCH ενός BTS από χρήστες GSM και MCN. Ο αλγόριθμος καθορίζει το βαθμό εξυπηρέτησης για χρήστες διαφορετικών κατηγοριών.

### Περιγραφή

Έπειτα από την πρόσβαση ενός συνδρομητή σε ένα συγκεκριμένο BTS ένα TCH διατίθεται στο MS με βάση την εσωτερική διαδικασία του BSC η οποία δεν εξαρτάται από το BR. Το BR πραγματοποιείται μέσα στο BSC και είναι εξ'ολοκλήρου εσωτερική διαδικασία. Κάθε προσπάθεια πρόσβασης από ένα MS θεωρείται μια από τους τύπους κίνησης που έχουν καθοριστεί στην κυψέλη. Οι τύποι υπηρεσιών καθορίζονται από την εταιρεία βάση των χαρακτηριστικών των συνδρομητών. Ένα «κατώφλι απόφασης» καθορίζεται σαν συνάρτηση του αριθμού των ελεύθερων ραδιοδιαύλων και τους τύπους υπηρεσιών. Όταν ο BR αλγόριθμος εφαρμόζεται, μια τυχαία μεταβλητή  $R$  συγκρίνεται με το κατώφλι και αποφασίζουμε αν ένα TCH μπορεί να διατεθεί στο συνδρομητή που αντιπροσωπεύει ένα τύπο κίνησης.

### Παράμετροι

Η τυχαία μεταβλητή  $R$  είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη μεταξύ 0 και  $randomValueLimit$  και δημιουργείται για κάθε απαίτηση. Πιθανές τιμές ( $X_{ij} = decisionThresholdValues$ ) του  $threshold$  παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

IDLE TCHs	TRAFFIC TYPE		
	1	2	...
1	10	5	X <sub>ij</sub>
2	20	10	
3	30	20	
...	...	...	
Q	XQ	XQ	
	1	2	

Η πρόσβαση επιτρέπεται μόνο όταν το R είναι μικρότερο από το  $X_{ij}$  όπου τα I και j αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των ελεύθερων TCH και τον τύπο της υπηρεσίας αντίστοιχα. Άρα υπάρχει η πιθανότητα να μην επιτραπεί η πρόσβαση ακόμα και αν υπάρχουν ελεύθερα TCH. Αν πάνω από Q κανάλια είναι ελεύθερα freeTchLimit όλες οι προσπάθειες επιτρέπονται.

Οι τύποι κίνησης έχουν κατηγοριοποιηθεί με βάση τα παρακάτω.

1. GSM call set-up
2. GSM handover
3. MCN call set-up
4. MCN handover
5. priority subscriber call set-up
6. priority subscriber handover

Οι συνδρομητές που ανήκουν σε GSM ή MCN δίκτυα χαρακτηρίζονται ως συνδρομητές προτεραιότητας. Οι συνδρομητές προτεραιότητας μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε ένα ορισμένο αριθμό TCH που έχουν διαφυλαχτεί. (nbrTVHForPrioritySubs)

Η διαφύλαξη bandwidth δίνει τη δυνατότητα για δύο διαφορετικούς τρόπους διαφύλαξης, στατικό και δυναμικό.

Στον στατικό τρόπο διαφύλαξης διατίθεται πρώτα TCH στους συνδρομητές προτεραιότητας και τα ελεύθερα κανάλια δίνονται στους άλλους συνδρομητές.

Στη δυναμική διαφύλαξη ο αριθμός των καναλιών για συνδρομητές προτεραιότητας είναι ο αριθμός των TCH που πρέπει να μείνουν ελεύθερα ανεξάρτητα από τον αριθμό των κλήσεων στο BTS. Η επιλογή του τρόπου διαφύλαξης γίνεται σε κάθε κυψέλη χωριστά.

### Περιορισμοί

Ο χειριστής μπορεί να καθορίσει την πιθανότητα να διατεθεί ένα TCH σε μια κατηγορία χρηστών. Στη διαδικασία αυτή δε λαμβάνονται υπόψη τα SDCCH. Άρα αν έχουμε συμφόρηση στα SDCCH και αρκετά ελεύθερα TCH η μέθοδος δε θα επιτύχει στην αντιμετώπιση της συμφόρησης.

## 6.11 ADD-REMOVE FREQUENCIES

### Εισαγωγή

Όταν ένα MS είναι σε idle κατάσταση διαχειρίζεται από τη λίστα συχνοτήτων που μεταδίδονται από το BCCH κανάλι της κυψέλης. Οι BCCH συχνότητες που είναι υποψήφιας για εκλογή ταξινομούνται με βάση τη σύγκριση των C2 τιμών. Έτσι η κυψέλη με τη μεγαλύτερη C2 τιμή μετά την τιμή της κυψέλης που εξυπηρετεί είναι η πρώτη υποψήφια για εκλογή. Η λίστα των BCCH συχνοτήτων μπορεί να περιέχει έως 32 συχνότητες. Αυτή η λίστα μεταδίδεται από το MS μέσω του SACCH κατά τη διάρκεια μιας συνεννόησης με το BTS και κανονίζεται ποια κυψέλη είναι η πρώτη υποψήφια για διαπομπή.

### Περιγραφή

Όταν μια κυψέλη ο χειριστής θα πρέπει να μειώσει το προσφερόμενο φορτίο. Ένας τρόπος να το πετύχει είναι να μειώσει τον αριθμό των εισερχομένων MS που θα «εγκατασταθούν» στην κυψέλη. Ένας αποδοτικός αλγόριθμος για να μην εξυπηρετεί η κυψέλη καινούρια MS είναι ο χειριστής να επέμβει δυναμικά στη λίστα των BCCH συχνοτήτων που μεταδίδονται από τις γειτονικές κυψέλες. Έτσι η προβληματική κυψέλη θα εξαιρεθεί από τη νέα λίστα και δε θα είναι υποψήφια για εκλογή ή διαπομπή. Σαν αποτέλεσμα η προσφερόμενη τηλεπικοινωνιακή κίνηση θα μειωθεί και θα κατανομηθεί στις γειτονικές κυψέλες. Η τεχνική δρα σε μια δυναμική αλλαγή του μεγέθους της κυψέλης μόνο για τους χρήστες που είναι σε κίνηση. Αυτό σημαίνει ότι τα MS που ήδη εξυπηρετούνται από μια συγκεκριμένη κυψέλη θα συνεχίσουν να εξυπηρετούνται από αυτή.

### Δίκτυο

Ο σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να προβλέπει επαρκή επικάλυψη ανάμεσα στις κυψέλες για να μην αυξηθεί ο ρυθμός αποτυχίας των διαπομπών.

## Περιορισμοί

Ο χειριστής θα πρέπει να προσέξει όσον αφορά τις διαδοχικές κυψέλες που «αφαιρεί» καθώς μπορεί να προκληθεί μείωση του λόγου C/I και περιοχές χωρίς επαρκή ραδιοκάλυψη. Έτσι η χρήση της τεχνικής συνίσταται μόνο για παραμέτρους μικρής κλίμακας.



## 6.12 QUEUING

### Εισαγωγή

Ο σκοπός της τεχνικής είναι να αυξήσει τον αριθμό των επιτυχώς ολοκληρωμένων κλήσεων σε καταστάσεις προσωρινής συμφόρησης στο BTS. Η τεχνική συνίσταται στη δημιουργία μιας ουράς από απαιτήσεις ραδιοδιαύλων και όταν ένας κατάλληλος γίνει διαθέσιμος ολοκληρώνεται η εγκατάσταση κλήσης. Η ουρά περιέχει συγκεκριμένα στοιχεία προτεραιότητας.

### Περιγραφή

Η τεχνική χρησιμοποιείται όταν το BSC λαμβάνει μια απαίτηση από το MSC και δεν υπάρχουν ελεύθερα TCH του ζητούμενου είδους ή γενικότερα. Αν δεν επιτρέπεται να προ-ελευθερώσει μια υπάρχουσα κλήση τότε μπορεί να αρχίσει το queing.

### Ανάγνωση ουράς

Όταν ένα TCH ελευθερωθεί τότε η ουρά του BTS διαβάζεται μέχρι να βρεθεί μια απαίτηση υπηρεσίας της οποίας τα χαρακτηριστικά πληροί το TCH. Η ουρά είναι οργανωμένη έτσι ώστε οι απαιτήσεις μεγαλύτερης προτεραιότητας να βρίσκονται στην κορυφή της. Το BSC έχει μια συγκεκριμένη ουρά για κάθε BTS αλλά και τύπους ουράς σε κάθε κυψέλη. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ουρών:

- Ουρά κλήσεων
- Ουρά για επείγουσες διαπομπές
- Ουρά για μη επείγουσες διαπομπές

### Παράμετροι

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της τεχνικής είναι οι παρακάτω:

- Max Queue Length είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος ουράς

- Time Limit Call είναι χρονικό όριο για τη διάρκεια των κλήσεων
- Time Limit Handover είναι χρονικό όριο για την ολοκλήρωση της διαπομπής
- Queuing Priority Call είναι ο αριθμός των κλήσεων προτεραιότητας που μπορούν να μπουν στην ουρά
- Queuing Priority Urgent Handover είναι το μήκος της ουράς για τις επείγουσες διαπομπές
- Queuing Priority Non-Urgent Handover είναι το μήκος της ουράς για τις μη επείγουσες διαπομπές

#### Περιορισμοί

Η δημιουργία της ουράς επιτρέπεται μόνο για τα TCH και όχι για τα SDCCH.

## 6.13 CELL RESOURCE CHANNEL RECONFIGURATION

### Περιγραφή

Η τεχνική αυτή αφορά την μετατροπή TCH σε SDCCH. Μας δίνει όμως τη δυνατότητα να καθορίσουμε πιο ή ποια από τα timeslots του TRX θα χρησιμοποιηθεί με αυτό τον τρόπο

## 7. ΧΡΗΣΗ ECS

Ο ITMU (Interface Traffic Monitoring Unit) παρακολουθεί το δίκτυο και συλλέγει στοιχεία πραγματικού χρόνου που σχετίζονται με τους πόρους και τη χρησιμοποίηση του δικτύου. Αυτά τα στοιχεία αποστέλλονται στον RMU (Resource Management Unit). Ο RMU κάνει αντιστοίχιση αυτών των στοιχείων σε μια βάση δεδομένων που περιέχει και αναγνωρίζει το γεγονός που προκαλεί την συμφόρηση. Έπειτα επιλέγει και εκτελεί την κατάλληλη τεχνική αποσυμφόρησης του δικτύου. Κάποιες φορές όμως που το σύστημα αποτυγχάνει να αναγνωρίσει την πραγματική κατάσταση κάνουμε χρήση του ECS (Emergency Call Server).

### 7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο Emergency call server είναι ένα στοιχείο το οποίο παρέχει τη δυνατότητα σε ένα χρήστη να εφαρμόσει μια τεχνική αποσυμφόρησης δικτύου σε ορισμένες κυψέλες γρήγορα και αποτελεσματικά. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε έκτακτες καταστάσεις όπως ατυχήματα, σεισμοί και άλλες καταστροφές. Ο χρήστης αυτός θα έχει αντίληψη της δεδομένης κατάστασης που έχει δημιουργήσει το πρόβλημα κυρίως από την ειδησιογραφία και λιγότερο από την παρακολούθηση του δικτύου καθώς έτσι θα χρειαζόμασταν περισσότερο χρόνο για αναγνώριση της κατάστασης. Ο χειριστής του ECS μπορεί να επιλέξει το BCS και BTS όπου θα εφαρμόσει την κατάλληλη τεχνική αποσυμφόρησης και να στείλει με κατάλληλο τρόπο την εντολή.

Επιπρόσθετα ο ECS είναι ικανός να στείλει επείγοντα μηνύματα χρησιμοποιώντας το CBCH (Cell Broadcast Channel.). Αυτά τα μηνύματα θα στέλνονται σε συνδρομητές στις κυψέλες όπου παρουσιάζεται το πρόβλημα και θα τους συμβουλεύουν για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Επίσης αν οι συνδρομητές αυτοί βρίσκονται σε κίνδυνο και δεν μπορούν να εκτελέσουν κλήση ο ECS θα μπορεί να εγκαθιστά κλήση με δική του πρωτοβουλία.

Η χρήση του ECS γίνεται μέσω μιας διεπαφής χρήστη (GUI) και όταν η συμφόρηση φτάσει σε αποδεκτά πλαίσια μπορεί να γίνει η ακύρωση της τεχνικής. Η δημιουργία του ECS έγινε με χρήση του πακέτου Borland C++ Builder 5.

Ο ECS όσον αφορά τη σύνδεσή του με ITMU και RMU έχει το ρόλο του πελάτη (client) και μπορεί να στείλει αλλά και να λάβει δεδομένα από τα δυο αυτά στοιχεία.

Η ανταλλαγή μηνυμάτων γίνεται με φόρμες XML σε ένα συγκεκριμένο συντακτικό. Σε περίπτωση ανάγκης ο ECS στέλνει στον RMU μια εντολή με την τεχνική που πρέπει να εφαρμοστεί. Η εντολή αυτή έχει την παρακάτω μορφή.

```
<?xml version="1.0"?>
<ecs_command>
<bsc_id> 34588 </bsc_id>
<cell_id> 1234 </cell_id>
<rmt_id> rmt_4 </rmt_id>
<rmt1> 12 </rmt1>
<rmt2> 43.2 </rmt2>
<rmt3> 5 </rmt3>
<rmt4> 0.4 </rmt4>
<rmt5> 11 </rmt5>
<rmt6> 24,5</rmt6>
...
<rmtx> 23 </rmtx>
</ecs_command >
```

Έπειτα ο ECS θα στείλει την εντολή αποκατάστασης του συστήματος με μια εντολή της μορφής

```
<?xml version="1.0"?>
<return2normal>
<normal_mode> rel </normal_mode>
</return2normal>
```

Ο RMU ειδοποιεί τον ECS ότι η επιλεγμένη τεχνική αποσυμφόρησης έχει εφαρμοστεί. Αν ο ECS δεν πάρει αυτή την ειδοποίηση μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα τότε θα ξαναστείλει την εντολή. Η ειδοποίηση αυτή έχει τη μορφή

```
<?xml version="1.0"?>
<acknowledgement>
<exec_ack> 1 </exec_ack>
</acknowledgement>
```

Ο ITMU παρακολουθεί το σύστημα και στέλνει μηνύματα για ασυνήθιστη κίνηση ή όταν ο αριθμός των κλήσεων που δεν διακόπηκαν κανονικά αυξάνει ασυνήθιστα. Ο ECS μπορεί να ζητήσει επιπρόσθετα στοιχεία για συγκεκριμένες κυψέλες. Τέλος ο ECS παίρνει αναφορά από τον ITMU ότι το πρόβλημα έχει λυθεί. Τα μηνύματα που παίρνει ο ECS από τον ITMU έχουν την ακόλουθη μορφή.

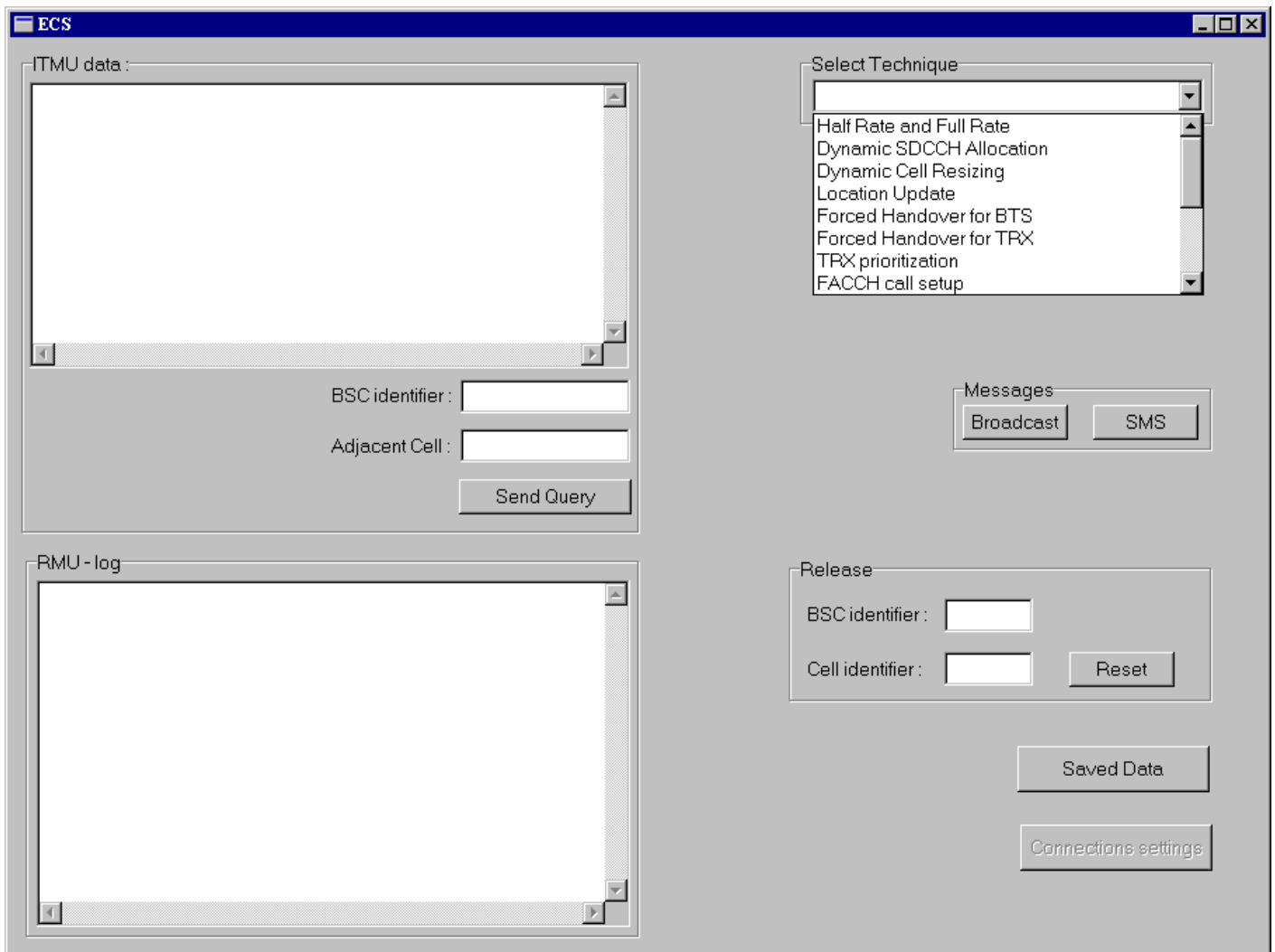
```
<?xml version="1.0"?>
<alarm>
<alarm_type> AL | RX | CLC | NCI </alarm_type>
<cell_id> 4312 </cell_id>
<bsc_id> 34588 </bsc_id>
<time_stamp> 12:03:47 </time_stamp>
<sdccch_utilization> 41 </sdccch_utilization>
<tch_utilization> 73 </tch_utilization>
<rach_utilization> 28 </rach_utilization>
<pch_utilization> 3 </pch_utilization>
<agch_utilization> 2 </agch_utilization>
<tch_blocking> 34 </tch_blocking>
<sdccch_blocking> 54 </sdccch_blocking>
</alarm>
```

ενώ η αναζήτηση επιπρόσθετων στοιχείων γίνεται με τη φόρμα

```
<?xml version="1.0"?>
<add_info>
<cell_id> 4312 </cell_id>
<bsc_id> 34588 </bsc_id>
</add_info>
```

## 7.2 GUI

Παρουσιάζουμε τώρα το περιβάλλον μέσα από το οποίο μπορούμε να χειριστούμε τον ECS. Η πρώτη φόρμα που παρουσιάζεται όταν εκτελούμε το πρόγραμμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και περιέχει όλα τα εργαλεία για χρήση του ECS.



Σχήμα 7-1

Το πεδίο **“ITMU-data”** είναι ο χώρος στον οποίο εμφανίζονται οι πληροφορίες που συλλέγονται από τον ITMU. Περιέχει επίσης τα πεδία **“BCS identifier”** και **“Adjacent cell”** όπου ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα αναγνωριστικά του BSC και κυψέλης για τα οποία θέλει να συλλέξει περισσότερες πληροφορίες με το **“Send Query”**. Στο πεδίο **“RMU-log”** παρουσιάζονται οι εντολές που ο ECS στέλνει στον RMU και οι αναφορές που λαμβάνει για επιτυχείς εφαρμογές τεχνικών. Η κεντρική φόρμα του ECS επίσης περιλαμβάνει ένα πεδίο από όπου επιλέγεται η επιθυμητή τεχνική αποσυμφόρησης. Στο πεδίο **“Release”** ο χειριστής μπορεί να αποκαταστήσει τις συνήθεις ρυθμίσεις για τις επιλεγμένες κυψέλες μέσω του **“Reset”**. Ένα ακόμα πεδίο της κεντρικής φόρμας είναι το **“messages”**. Παρέχει τη δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων σε συγκεκριμένους συνδρομητές είτε σε ένα ολόκληρο BTS.

SMS Notification

Subscriber number

SMS text

SEND

Σχήμα 7-2

Broadcast SMS

BSC identifier

ALYSIDA

BTS identifier

Broadcast text

SEND

Σχήμα 7-3

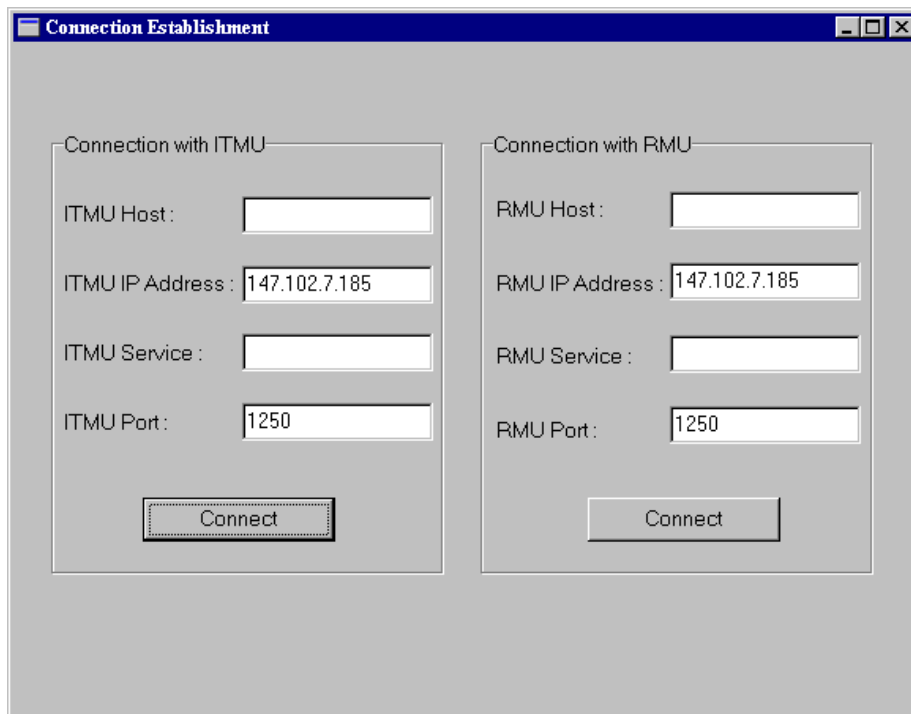
Τέλος από το πεδίο **“Saved Data”** μπορούμε να δούμε ένα αρχείο με όλες τις ενέργειες που έχουν γίνει μέσω του ECS



Date	Time	BSC	BTS	Applied Technique	Parameters
13/11/2002	17:20:06	ALYSIDA	4	Dynamic Cell Resizing	Cell resellection offset: 126 dB , Temporary off
18/11/2002	13:28:59	ALYSIDA	3	Rx Level	rxlev access min: -60 dBm
18/11/2002	13:47:54	ALYSIDA	1	Forced Handover for BTS	Time Limit: 10 sec
18/11/2002	13:49:00	ALYSIDA	1	Rx Level	rxlev access min: -105 dBm

Σχήμα 7-4

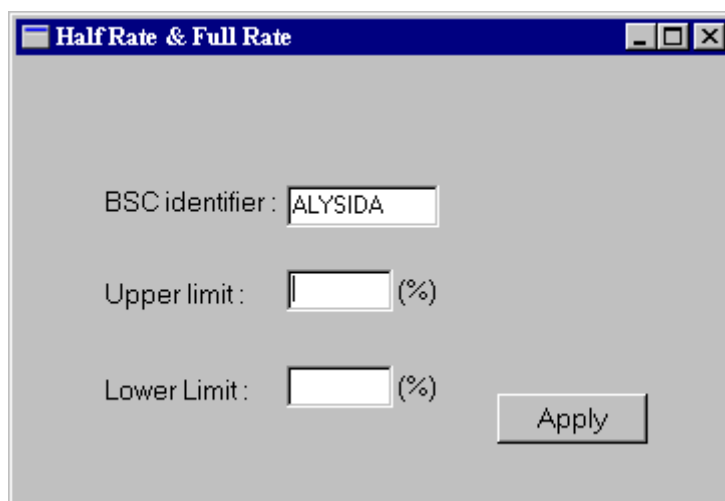
Το τελευταίο πεδίο είναι το “**Connections settings**”. Είναι το μοναδικό που είναι ενεργοποιημένο και με την επιλογή του εμφανίζεται η παρακάτω φόρμα



Σχήμα 7-5

Στο αριστερό τμήμα εισάγουμε τις παραμέτρους για σύνδεση με τον ITMU ενώ στο δεξιό τις παραμέτρους για σύνδεση με τον RMU. Όταν η σύνδεση επιτυγχάνεται επιστρέφουμε στην αρχική φόρμα με όλα τα πεδία ενεργοποιημένα. Θα αναφερθούμε τώρα στις φόρμες που εμφανίζονται έπειτα από την επιλογή μιας τεχνικής.

- Halfrate and Full Rate

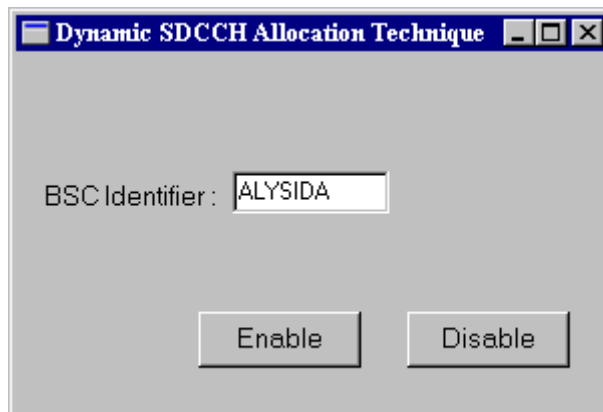


Σχήμα 7-6

Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται σε ένα συγκεκριμένο BSC. Έτσι ο χειριστής εισάγει το αναγνωριστικό του BSC και τις τιμές για το ανώτερο και κατώτερο κατώφλι. Οι τιμές κυμαίνονται από 0 έως 100. Με χρήση του “Apply” ο ECS παράγει την

κατάλληλη εντολή σε XML και την αποστέλλει στον RMU. Συγχρόνως αποθηκεύει σε ένα αρχείο την εκτέλεση της εντολής. Τέλος επιστρέφουμε στην αρχική φόρμα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την εκτέλεση όλων των τεχνικών και δε θα την επαναλαμβάνουμε κάθε φορά.

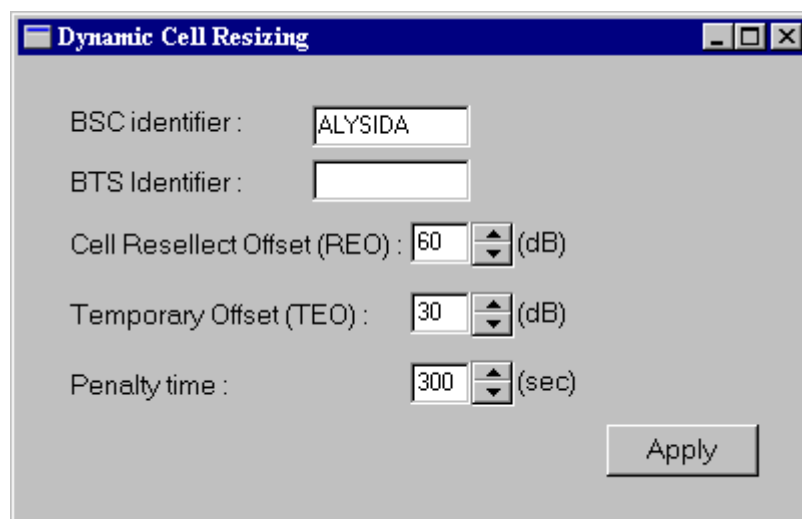
- Dynamic SDCCH Allocation



Σχήμα 7-7

Η περιοχή εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι επίσης ένα ολόκληρο BSC. Η μόνη παράμετρος που ο χειριστής καλείται να προσδιορίσει είναι το αναγνωριστικό του και να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει την τεχνική.

- Dynamic cell resizing

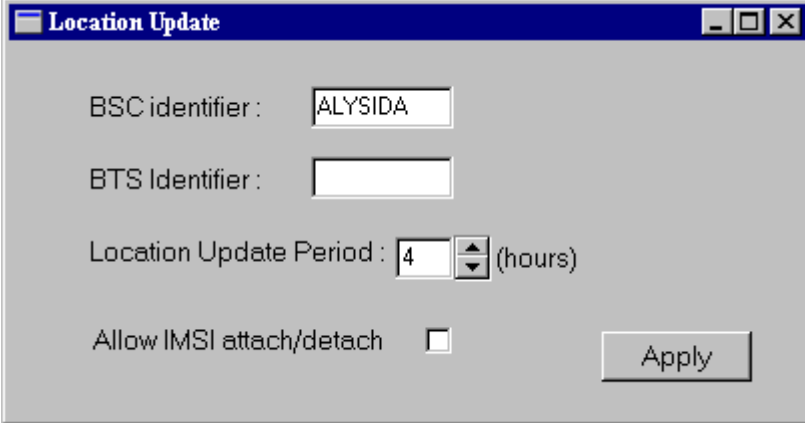


Σχήμα 7-8

Η συγκεκριμένη τεχνική εφαρμόζεται σε μια ή περισσότερες κυψέλες. Ο χειριστής εισάγει τα αναγνωριστικά των BSC ή BTS. Στο πεδίο “Cell Reselect Offset (REO)” η τιμή που εισάγουμε είναι από 0 dB έως 126 dB με βήμα 2 dB. Στο πεδίο “Temporary Offset

(TEO)” από 0 dB έως 70 dB με βήμα 10dB. Τέλος στο “PenALy time” από 20 sec έως 640 sec με βήμα 20sec. Οι αρχικές τιμές είναι 60dB,20 dB και 300 sec αντίστοιχα.

- Location update

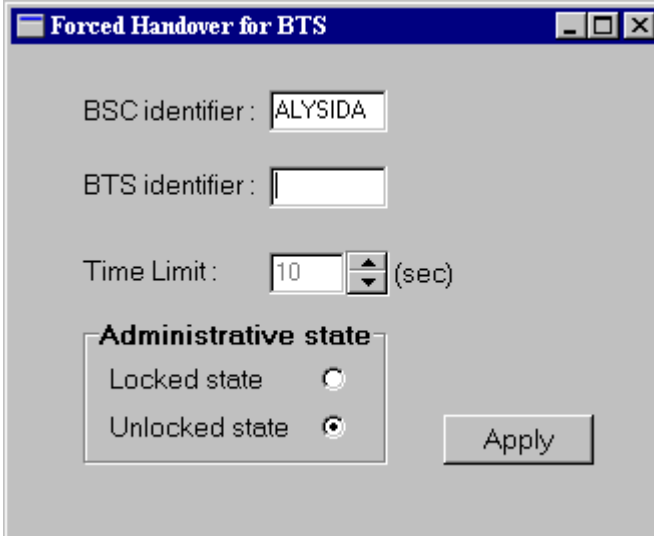


The screenshot shows a dialog box titled "Location Update". It has a blue title bar with standard window controls. The main area is light gray and contains the following elements:  
- "BSC identifier:" followed by a text box containing "ALYSIDA".  
- "BTS Identifier:" followed by an empty text box.  
- "Location Update Period:" followed by a spin box set to "4" and the text "(hours)".  
- "Allow IMSI attach/detach" followed by an unchecked checkbox.  
- An "Apply" button in the bottom right corner.

Σχήμα 7-9

Η τεχνική εφαρμόζεται σε μια ή περισσότερες κυψέλες. Ο χειριστής εισάγει τα αναγνωριστικά των BSC και BTS. Καθορίζει το “Location Update Period” σε ώρες. Οι τιμές ποικίλουν από 0 έως 25,5 h με βήμα 0,5h. Η αρχική τιμή είναι 4 h. Επίσης καθορίζουμε το “Allow IMSI attach/detach”.

- Forced handover for whole BTS

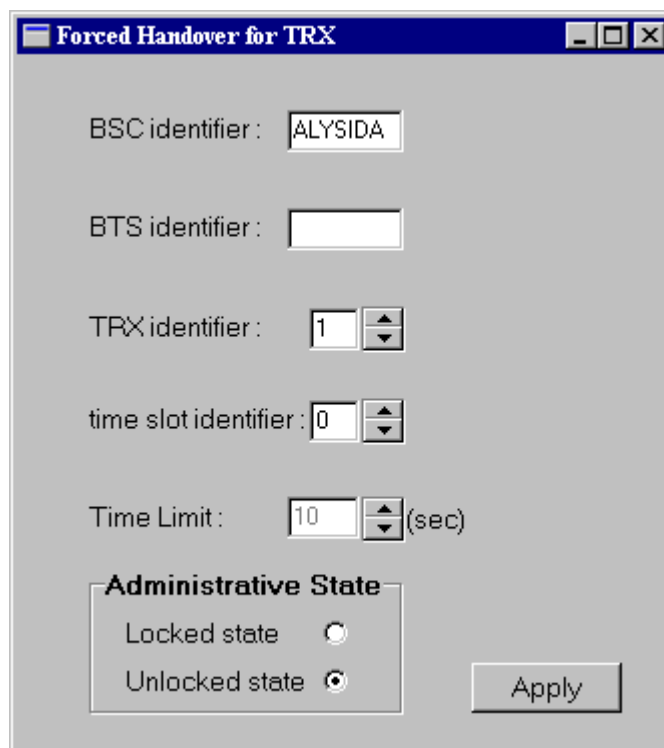


The screenshot shows a dialog box titled "Forced Handover for BTS". It has a blue title bar with standard window controls. The main area is light gray and contains the following elements:  
- "BSC identifier:" followed by a text box containing "ALYSIDA".  
- "BTS identifier:" followed by an empty text box.  
- "Time Limit:" followed by a spin box set to "10" and the text "(sec)".  
- A section titled "Administrative state" containing two radio buttons: "Locked state" (unchecked) and "Unlocked state" (checked).  
- An "Apply" button in the bottom right corner.

Σχήμα 7-10

Αρχικά καθορίζουμε τα αναγνωριστικά BSC και BTS. Η τιμή του “Time Limit” ποικίλει από 1 sec έως 500 sec με αρχική τιμή τα 300 sec. Έπειτα από τον καθορισμό αυτών των δυο παραμέτρων αλλάζουμε την administrative state από “Unlocked” σε “Locked” και εφαρμόζουμε την τεχνική με χρήση του “Apply”.

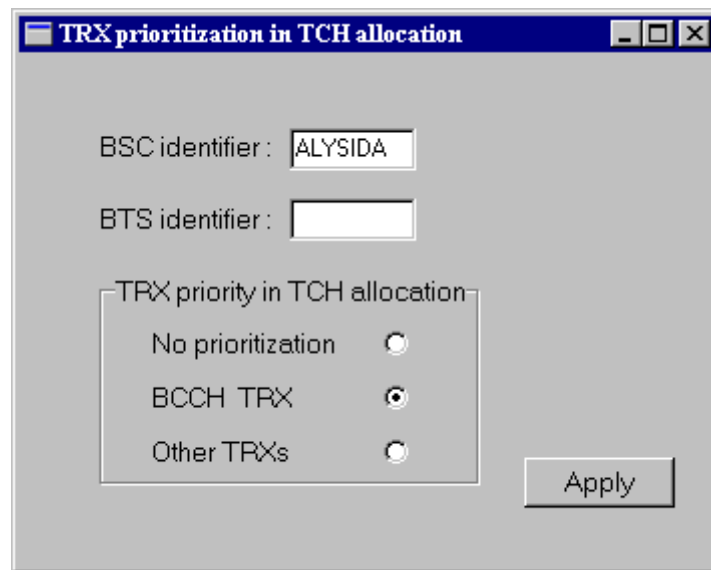
- Forced handover for TRX



Σχήμα 7-11

Η τεχνική αυτή μοιάζει με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι εφαρμόζεται σε ένα ή περισσότερα TRX. Άρα η διαφορά της προηγούμενης φόρμας με τη φόρμα της προηγούμενης τεχνικής είναι το αναγνωριστικό του TRX. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει τιμή έως 16 που είναι ο μέγιστος αριθμός TRX που μια BTS μπορεί να περιέχει. Για το time slot μπορεί να επιλέξει τιμή από 0 έως 7.

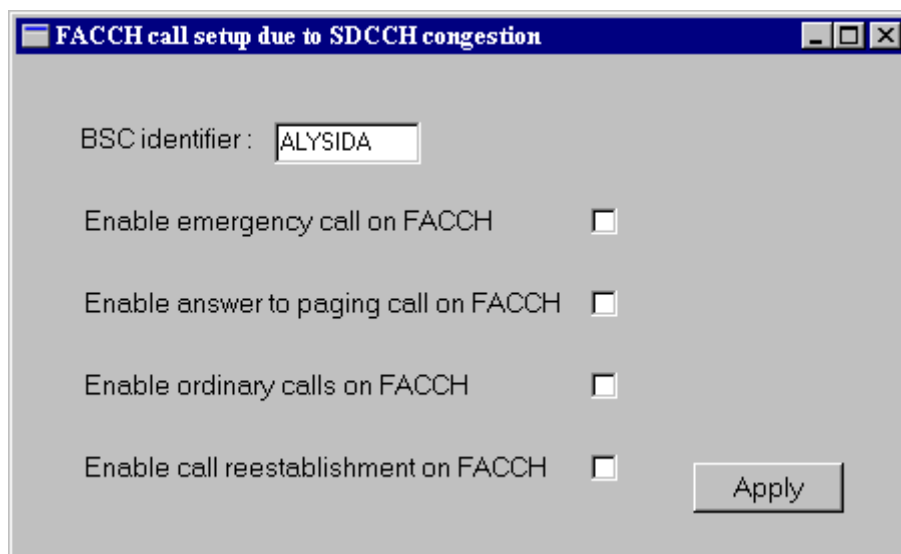
- TRX prioritization in TCH allocation



Σχήμα 7-12

Εκτός από τα αναγνωριστικά BTS και BSC μπορούμε να καθορίσουμε το TRX prioritization in TCH allocation με αρχική τιμή το "BCCH TRX".

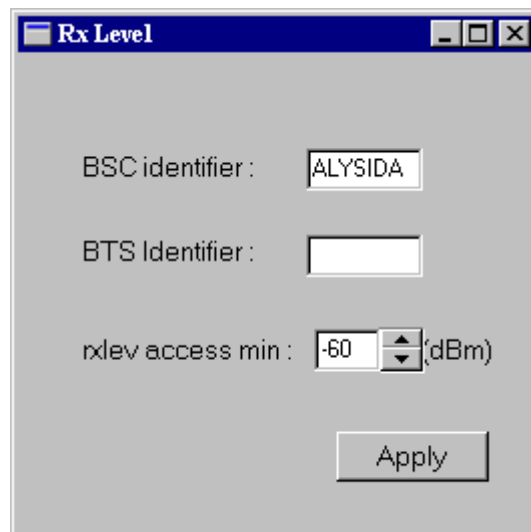
- FACCH call setup due to SDCCH congestion



Σχήμα 7-13

Το πεδίο εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι μια ολόκληρη BSC. Εκτός από τον καθορισμό του BSC μπορούμε να καθορίσουμε τις υπόλοιπες τέσσερις παραμέτρους που φαίνονται στην παραπάνω φόρμα.

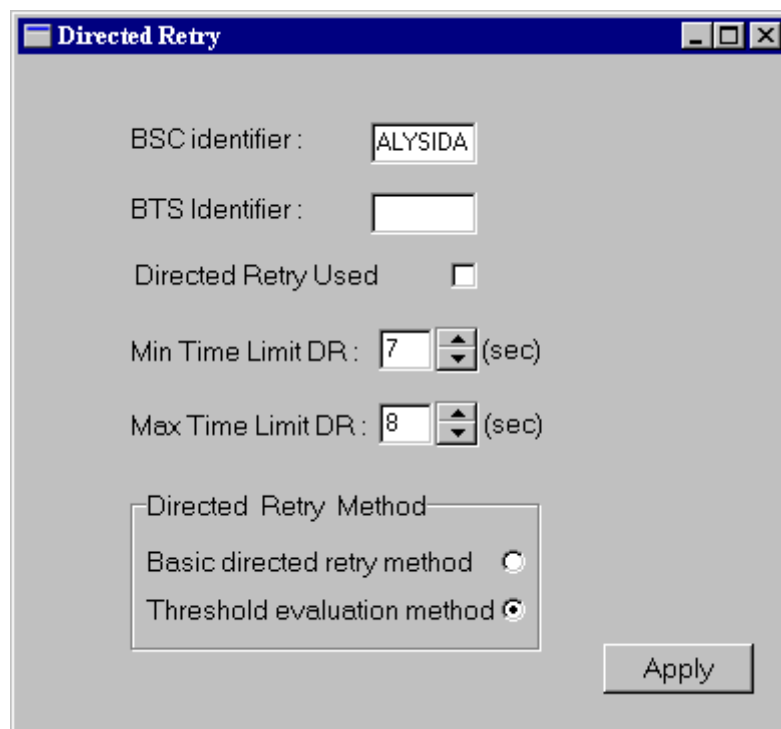
- Rx Level



Σχήμα 7-14

Οι τιμές που εισάγουμε στο πεδίο “rxlev access min” μπορούν να ποικίλουν από  $-110\text{dB}$  έως  $-47\text{dB}$  με βήμα  $1\text{ dB}$ . Η αρχική τιμή είναι τα  $60\text{dB}$ . Η βασική διαφορά αυτής της τεχνικής με την Dynamic cell resizing είναι ότι εδώ έχουμε μια σταθερή τιμή του PenALy time” στα  $640\text{ sec}$ .

- Directed Retry



Σχήμα 7-15

Η τεχνική αυτή γίνεται εφαρμόσιμη μέσω του πεδίου Directed Retry Used”. Οι τιμές που μπορεί να πάρει το πεδίο “Min Time Limit DR είναι από 0 sec έως 14sec. Αντίστοιχα για το πεδίο Max Time Limit DR” από 0 sec έως 15 sec. Επίσης μέσω της φόρμας μπορούμε να επιλέξουμε μια από τις δυο βασικές μεθόδους επανάληψης.

- Bandwidth Reservation

Free TCHs	UserGroup A	UserGroup B	UserGroup C	UserGroup D	UserGroup E	UserGroup F
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Levels of Usergroup A:

Levels of Usergroup B:

Levels of Usergroup C:

Levels of Usergroup D:

Levels of Usergroup E:

Levels of Usergroup F:

BSC identifier:

BTS identifier:

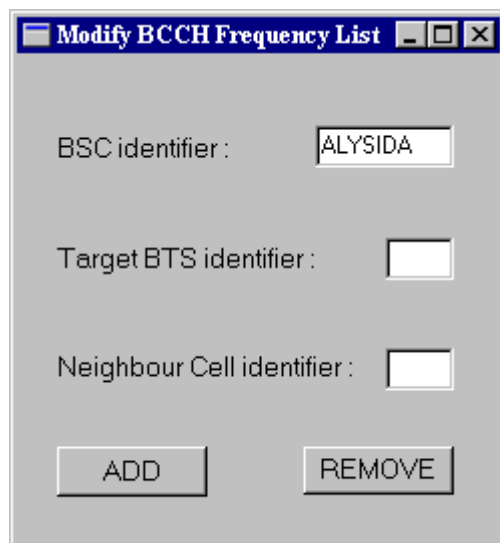
Apply

Σχήμα 7-16

Η φόρμα αυτή περιέχει ένα πίνακα όπου εμφανίζονται έξι ομάδες συνδρομητών στην κάθε μια από την οποία αντιστοιχεί ένα από τα τέσσερα διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας. Έτσι ο χειριστής μπορεί να εφαρμόσει την τεχνική για μια συγκεκριμένη ομάδα. Σε κάθε στήλη εμφανίζεται το ποσοστό των ελεύθερων TCH για κάθε ομάδα.

- Add-Remove frequencies





Σχήμα 7-17

Στη φόρμα αυτή απλά καθορίζουμε το πεδίο εφαρμογής της τεχνικής.

- Queuing

Σχήμα 7-18

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε μια ή περισσότερες κυψέλες. Αρχικά θέτουμε τα αναγνωριστικά BSC και BTS στη φόρμα. Έπειτα καθορίζουμε τις υπόλοιπες παραμέτρους με πεδία τιμών που φαίνονται παρακάτω.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ	ΒΗΜΑ
Max Queue Length (MQL)	0%-100%	1%
Time Limit Call (TLC)	0-15sec	1sec
Time Limit Handover (TLH)	0-10sec	1sec
Queuing Priority Call (QPC)	1 ΕΩΣ 14	
Queuing Priority Urgent Handover (QPH)	1 ΕΩΣ 14	
Queuing Priority Non-Urgent Handover (QPN)	1 ΕΩΣ 14	

Πίνακας 7-1

- Cell resource Channel Reconfiguration

The screenshot shows a window titled "Channel Reconfiguration". It has three input fields: "BSC identifier" with the text "ALYSIDA", "BTS identifier" which is empty, and "TRX identifier" with a spinner box showing the number "1". Below these is a section titled "Channel reconfiguration at SDCCH" containing a list of "timeslot 0" through "timeslot 7", each followed by an unchecked checkbox. At the bottom right of the window is an "Apply" button.

Σχήμα 7-19

Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ή περισσότερα TRX. Άρα εισάγουμε το αναγνωριστικό του TRX (1-16). Μπορούμε επίσης να επιλέξουμε τη χρονοσχισμή που θα επαναπροσδιορίσουμε στο SDCCH.

- Modify Handover Thresholds

Σχήμα 7-20

Τα πεδία τιμών των παραμέτρων που μπορούμε να προσδιορίσουμε στην τεχνική αυτή φαίνονται παρακάτω.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ	ΒΗΜΑ
Threshold level downlink Rx level (LDR)	(-110)-(-47)dBm	1dBm
Threshold level uplink Rx level (LUR)	(-110)-(-47)dBm	1dBm

Πίνακας 7-2

- GPRS recourse management

**GPRS Resource Management**

BSC identifier:

BTS identifier:

GPRS Techniques

GPRS RMT

Default GPRS channels  (%)

Dedicated GPRS channels  (%)

TPX identifier:

Locked

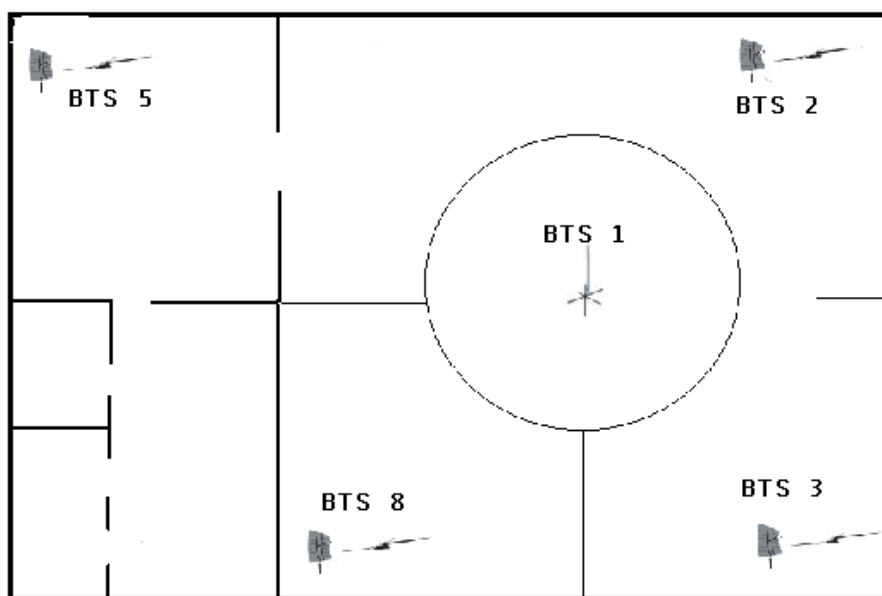
Unlocked

Apply

Σχήμα 7-21

## 8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στα πλαίσια αξιολόγησης του συστήματος και της εφαρμογής των τεχνικών πραγματοποιήθηκαν κάποιες δοκιμές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο χώρος στον οποίο πραγματοποιήθηκαν αυτές οι δοκιμές. Όλες οι κεραίες που τοποθετήθηκαν στα σημεία που φαίνονται στο σχήμα λειτουργούσαν στη συχνότητα των 1800 Mhz.



Σχήμα 8-1

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις δοκιμές, δύο σε σύστημα GSM και δύο σε GPRS. Σε αυτές τις δοκιμές δημιουργήσαμε κατάσταση συμφόρησης. Έπειτα έγινε εφαρμογή τεχνικών για αντιμετώπισή της.

### Δοκιμή GSM 1.

Όπως βλέπουμε στον πίνακα που ακολουθεί είχαμε ενεργοποιημένα τέσσερα BTS. Αυτά ήταν τα BTS 2,3,5 και 8. Το BTS 2 είχε 6 TCH ελεύθερα, τα BTS 3 και 5 είχαν 7 TCH ενώ το BTS 8 είχε 8 TCH 5 εκ των οποίων ήταν κανάλια φωνής και 2 για GPRS. Κάθε ένα από τα 4 BTS είχε επίσης 12 SDCCH, 4 AGCH και 27 RACH. Στις δοκιμές ενεργοποιήσαμε 3 ομάδες κινητών κάθε μια από τις οποίες είχε 4 MT. Δύο από αυτές τις ομάδες «ανήκαν» στο BTS 2 ενώ τα υπόλοιπα 4 MT στο BTS 3.

<b>Channels Configuration</b>						
<b>BTS_id</b>	<b>Cell_id</b>	<b>Frequency</b>	<b>SDCCH</b>	<b>TCH</b>	<b>GP</b>	<b>Locked MT</b>
<b>1</b>	<b>26FF</b>	<b>761</b>				
<b>2</b>	<b>2701</b>	<b>871</b>	<b>12</b>	<b>6</b>		<b>1,2,3,4,9,10,11,12</b>
<b>3</b>	<b>2705</b>	<b>770</b>	<b>12</b>	<b>7</b>		<b>5, 6, 7, 8</b>
<b>5</b>	<b>D900</b>	<b>829</b>	<b>12</b>	<b>7</b>		
<b>8</b>	<b>2702</b>	<b>765</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	
<b>Groups Configuration</b>						
<b>Group 1</b>		<b>Group 2</b>		<b>Group 3</b>		<b>Group 4</b>
<b>5, 6, 7, 8</b>		<b>1, 2, 3,4</b>		<b>9, 10, 11,12</b>		<b>13, 14, 15, 16</b>

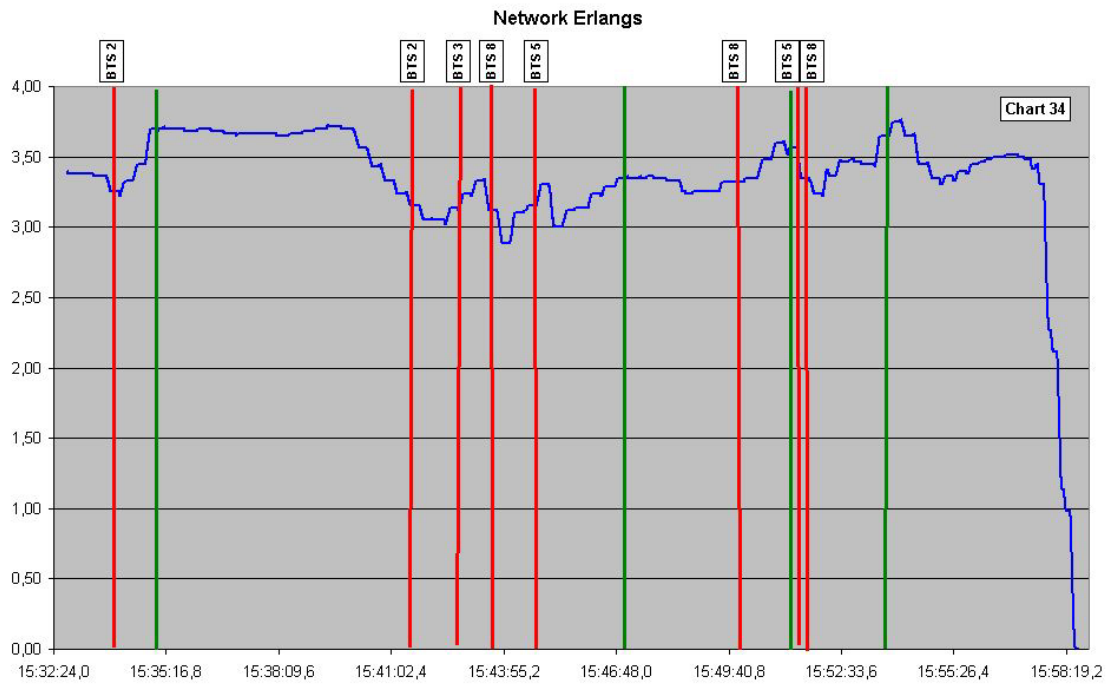
Πίνακας 8-1

Η κίνηση που δημιούργησε το TGP ακολουθούσε κατανομή Poisson. Ο ρυθμός άφιξης ήταν 65 κλήσεις /ώρα και η μέση διάρκεια ήταν 9 sec. Η μέγιστη ένταση είχε καθοριστεί για κάθε BTS. Για το BTS 2 ήταν -26 dB , για το BTS 8 ήταν -30 dB όπως και για τα BTS 3 και 5. Η C2 τιμή για το BTS 5 είχε ρυθμιστεί στα 20 dB.

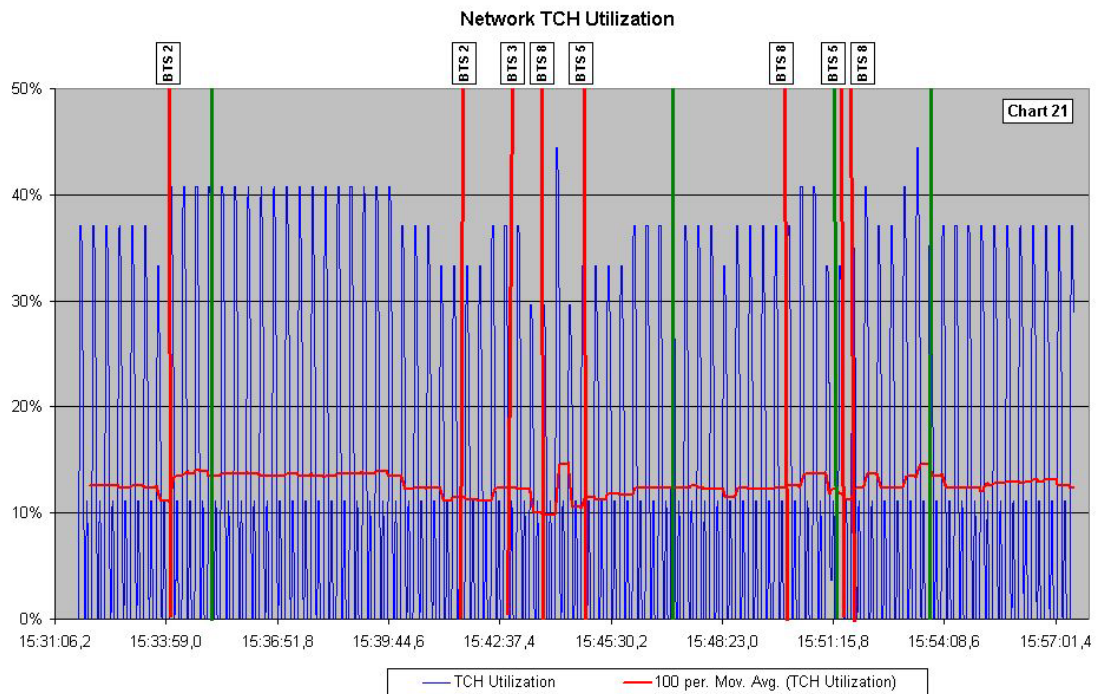
Το κατώφλι για το utilization ήταν (80,60) και για το ρυθμό αποκλεισμού (30,20). Αυτό σημαίνει ότι όταν το utilization ξεπερνούσε το 80% ή ο ρυθμός αποκλεισμού το 30% τότε άρχιζε η εφαρμογή των τεχνικών για αποσυμφόρηση. Η εφαρμογή της τεχνικής σταματούσε όταν το utilization έπεφτε στο 60% και ο ρυθμός αποκλεισμού στο 20%.

Όταν το TGP άρχισε να δημιουργεί κίνηση μετά από μικρό χρονικό διάστημα είχαμε συμφόρηση στο BTS 2. Έτσι εφαρμόστηκε η τεχνική Cell Resizing για το αυτό το BTS. Το offset ορίστηκε στην τιμή 24. Μετά την εφαρμογή της τεχνικής ορισμένα από τα MT του BTS 2 «έφυγαν» για τις γειτονικές κυψέλες. Για λίγο το πρόβλημα της συμφόρησης μετακινήθηκε στα BTS 5 και 8. Εφαρμόστηκε και σε αυτά η τεχνική και το πρόβλημα αποκαταστάθηκε σε όλα τα BTS.

Παρουσιάζουμε με διαγράμματα για όλο το δίκτυο τη συμπεριφορά του.

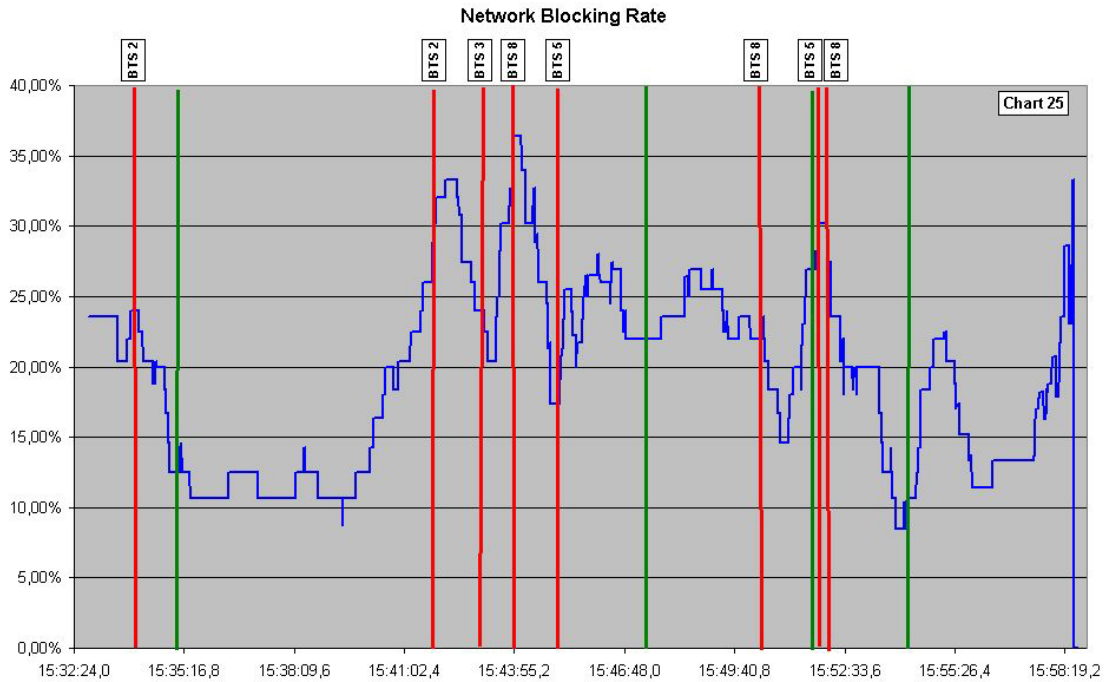


Σχήμα 8-2



Σχήμα 8-3





Σχήμα 8-4

## Δοκιμή GSM 2.

Ανάλογα με την πρώτη δοκιμή τα χαρακτηριστικά του δικτύου που χρησιμοποιήσαμε στη δεύτερη δοκιμή είναι

- Ενεργοποιημένα BTS: 1,2,3,5,8
  - Αριθμός TCH : BTS 1→4, BTS 2→5, BTS 3,5→7, BTS 8→7 ( 5 φωνής και 2 GPRS)
- Τα BTS είχαν επίσης : 12 SDCCH, 4 AGCH, 27 RACH.

Είχαμε ενεργοποιημένες επίσης 4 ομάδες κινητών με 4 MT η κάθε μια. Δύο από αυτές τις ομάδες ήταν στο BTS 2 και τα υπόλοιπα MT στο BTS 3. Ο ρυθμός αφίξεων ήταν 85 κλήσεις/ώρα με μέση διάρκεια κλήσεων 12 sec.

Η μέγιστη ένταση για κάθε BTS ήταν

BTS 1→-30dB

BTS 2→-26 dB

BTS 8→-22 dB

BTS 3,5→-30 dB

Η C2 τιμή για το BTS5 ήταν -20 dB

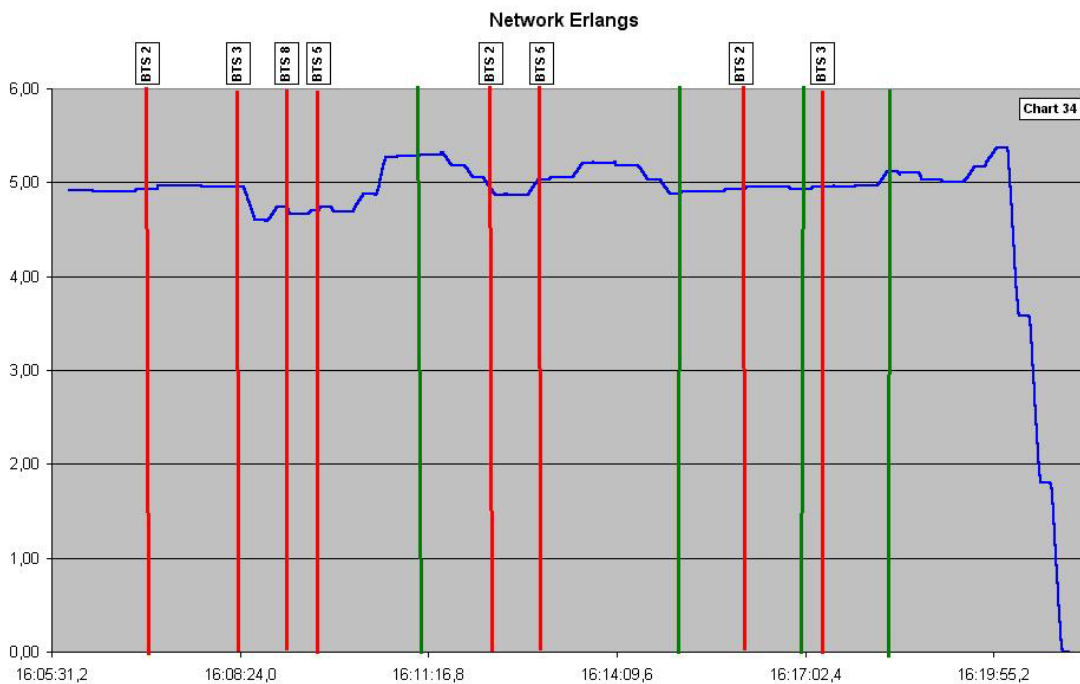
Utilization (80,60)

Ρυθμός αποκλεισμού (30,20)

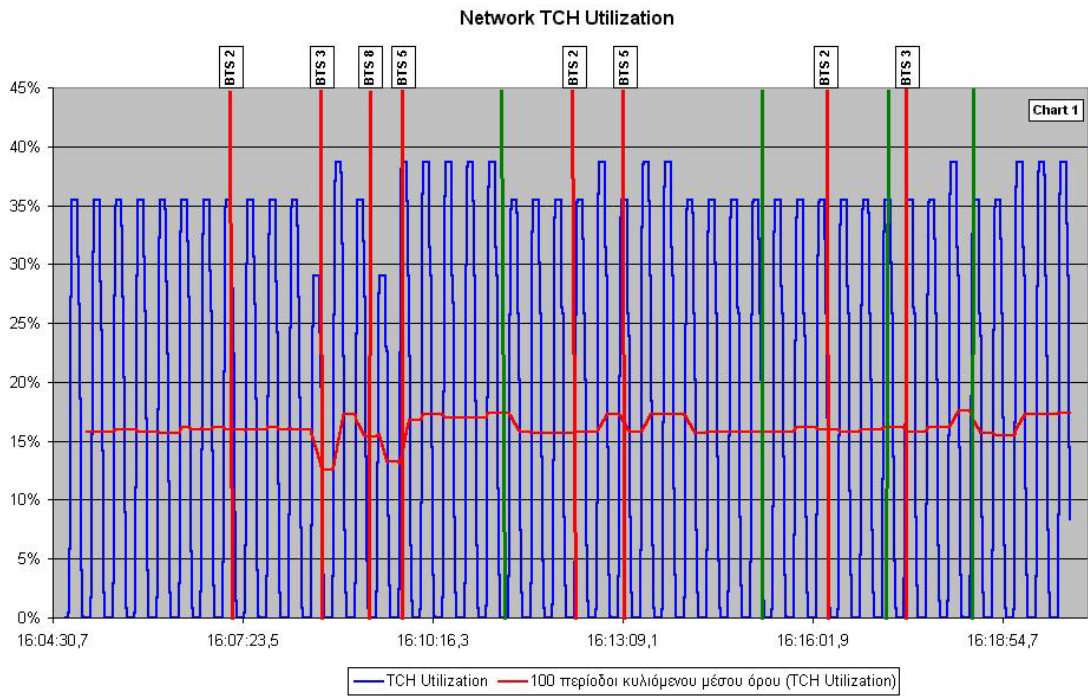
Αρχικά είχαμε συμφόρηση στο BTS2. Έπειτα από εφαρμογή Cell Resizing με offset 24 κάποια MT «έφυγαν» για τα BTS 1,3,5,8. Έτσι η συμφόρηση μεταφέρθηκε για λίγο στα BTS 1,5,8 η οποία αντιμετωπίστηκε γρήγορα με εφαρμογή της τεχνικής.

Channels Configuration						
BTS_id	Cell_id	Frequency	SDCCH	TCH	GP	Locked MT
1	26FF	761	12	4		
2	2701	871	12	5		1,2,3,4,9,10,11,12
3	2705	770	12	7		5, 6, 7, 8
5	D900	829	12	7		
8	2702	765	12	5	2	
Groups Configuration						
Group 1		Group 2		Group 3		Group 4
5, 6, 7, 8		1, 2, 3,4		9, 10, 11,12		13, 14, 15, 16

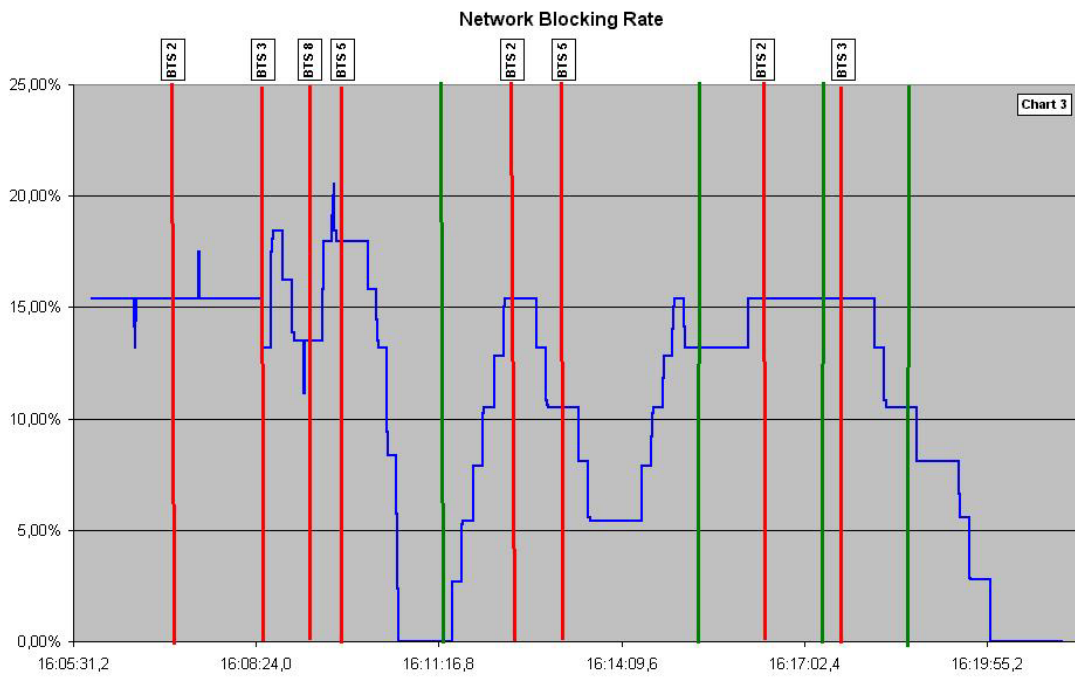
Πίνακας 8-2



Σχήμα 8-5



Σχήμα 8-6



Σχήμα 8-7

## ΔΟΚΙΜΕΣ GPRS

Οι δύο δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για GPRS είχαν τις ίδιες ρυθμίσεις και τοπολογία. Η μόνη διαφορά τους ήταν ο τρόπος που επιλέχτηκε για να αντιμετωπιστεί η συμφόρηση.

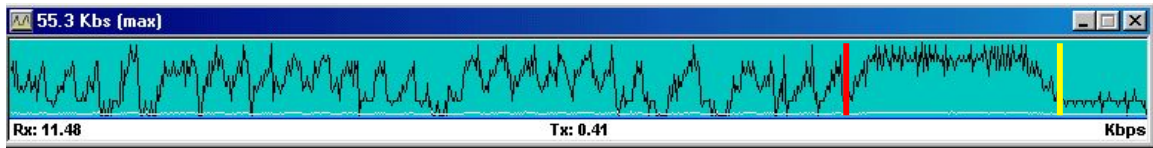
Όπως μπορούμε να δούμε και στον παρακάτω πίνακα στη δοκιμή χρησιμοποιήσαμε μόνο 2 BTS ,τα 3 και 8. Το BTS 3 είχε 7 TCH ενώ το BTS 8 είχε 6 TCH 3 εκ των οποίων ήταν κανάλια φωνής και 3 για GPRS. Ενεργοποιήσαμε μια ομάδα MT τα οποία λειτουργούσαν με κάλυψη από το BTS 8. Ο ρυθμός άφιξης ήταν 65 κλήσεις/ώρα , η μέση διάρκειά τους 9 sec , η μέγιστη ενέργεια του BTS 3 ήταν -30 dB και του BTS 8 ήταν -18 dB. Το utilization είχε οριστεί (80,60) και ο ρυθμός αποκλεισμού (30,20).

<b>Channels Configuration</b>						
<b>BTS_id</b>	<b>Cell_id</b>	<b>Frequency</b>	<b>SDCCH</b>	<b>TCH</b>	<b>GP</b>	<b>Locked MT</b>
1	26FF	761				
2	2701	871				
3	2705	770	12	7		
5	D900	829				
8	2702	765	8	3	3	9, 10, 11, 12
<b>Groups Configuration</b>						
<b>Group 1</b>		<b>Group 2</b>		<b>Group 3</b>		<b>Group 4</b>
5, 6, 7, 8		1, 2, 3,4		9, 10, 11,12		13, 14, 15, 16

Πίνακας 8-3

### Direct Δοκιμή

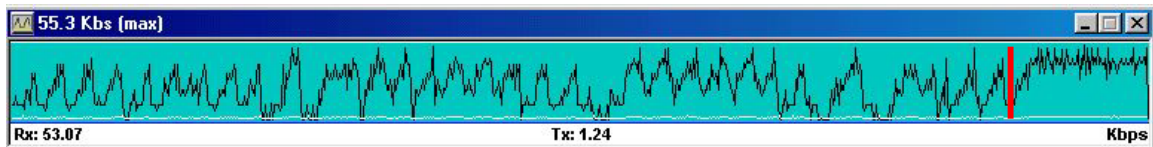
Το TGP δημιούργησε κίνηση μέσω των τεσσάρων κινητών που βρισκόταν στο BTS 8. Συγχρόνως ο χειριστής χρησιμοποίησε το GPRS μέσω άλλου κινητού επίσης στο BTS8. Έτσι δημιουργήθηκε συμφόρηση στο BTS8 και ο χειριστής εφάρμοσε μέσω του ECS την τεχνική GPRS recourse management. Η τεχνική αναγνώρισε τα TCH του BTS8 και τα ανάγκασε να πάνε στο γειτονικό BTS3. Το αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης τεχνικής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Εικονίζει το bit rate του GPRS. Μπορούμε να δούμε ότι μέχρι την εφαρμογή της τεχνικής ( κόκκινη γραμμή) το bit rate δεν ήταν ικανοποιητικό. Η εφαρμογή της τεχνικής όμως είχε σαν αποτέλεσμα ρυθμό μετάδοσης σταθερά πάνω από 50 kbps.



Σχήμα 8-8

### Indirect Δοκιμή

Σε αυτή την περίπτωση η τεχνική που εφαρμόστηκε ήταν η cell resizing για το BTS 8 και το offset ήταν ορισμένο στο 26. Μετά την εφαρμογή της τεχνικής τα MS του BTS8 έφυγαν για το γειτονικό BTS3. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα η εφαρμογή της τεχνικής επέφερε ρυθμό μετάδοσης πάνω από 50kbps



Σχήμα 8-9

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ.Ε. Θεολόγου: Δίκτυα κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, Εκδόσεις ΕΜΠ
2. Gunnar Heine: GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, Artech House Publishers
3. S. Kyriazakos, G. Karetsos, E. Gkroustiotis, C. Kechagias, P. Fournogerakis “ Congestion Study and Resource Management in Cellular Networks of present and Future Generation”, IST Mobile Summit 2001, September 2001, Barcelona, Spain
4. S. Kyriazakos, G. Karetsos, V. Gkroustiotis, K. Vlahodimitropoulos “ Congestion Control Algorithms for efficient Resource Management and Cellular Network Optimization”, VTC 2001 Fall, October 2001, Atlantic City, United States
5. Γεωργόπουλος Παναγιώτης, Τσακίρης Χρήστος : Αξιοποίηση αναφορών κυψελωτού Συστήματος για την αναπαράσταση σε πραγματικό χρόνο της χρησιμοποίησης των δικτυακών πόρων του συστήματος.

## 10. ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ABIPRB	Abis Interface Program Block
ABCSEB	Abis Interface Services
AIBSEB	A Interface Applications in BSC
AIVPRB	A interface Signaling Program Block in the BSC
AGCH	Access Grant Channel
BFHFIL	BTS Forced Handover Data Structure
BCCH	Broadcast Control CHannel
BCH	Broadcast CHannels
BSC	Base Station Controller
BSDATA	BSS radio network configuration DATAbase
BSTAFI	BTS State Data Structure
BTS	Base Transceiver Station
CB	Cell Broadcast
CBC	Cell Broadcast Center
CBCH	Cell Broadcast Message
CBFILE	Cell Broadcast message FILE
CCCH	Common Control CHannels
COTS	Connection-Oriented Transport Service
CS	Circuit Switched
CSS R	Call Setup Success Rate
DCS	Digital Cellular System
DRX	Discontinuous Reception
EBNF	Extended Backus-Naur Format
EFR	Enhanced Full Rate
eMLPP	Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-Emption
FACCH	Fast Associated Control Channel
FR	Full Rate
GOS	Grade Of Service
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HASPRB	Handover Attempt Supervisor Program Block
HO	HandOver

	High Speed Circuit Switched Data
HSCSD	
HR	Half Rate
HSUSEB	Handover Supervision
ISDN	Integrated Services Digital Network
LA	Location Area
LAPD	Link Access Procedure on the D-Channel
LU	Location Update
MCN	Micro Cellular Network
MMI	Man-Machine Interface
MML	Man-Machine Language
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MT	Mobile Terminal
NMT	Nordic Mobile Telephone Network
O&M	Operations & Maintenance
OEAPPL	OSI Environment Application Data Handling MML
OSI	Open System Interconnection
PC	Power Control
PS	Packet Switched
PCH	Paging Channel
PCM	Pulse Code Modulation
PDTCH	Packet Data Traffic CHannel
PLMN	Public Land Mobile Network
QoS	Quality of Service
RACH	Random Access CHannel
RCSPRB	Radio Connection Supervision Program Block
RDNSEB	Radio Network Management Services
RF	Radio Frequency
RM	Resource Management
RMT	Resource Management Technique
RRMPRB	Radio Resource Management Program Block
RTSL	Radio Time SLOt
RX	Receiver



RXLEV	Received Signal Level
RXQUAL	Received Signal Quality
SACCH	Slow Associated Control CHannel
SCCH	Signaling Control CHannel
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control CHannel
SMS	Short Message Service
SMSCB	Short Message Service Cell Broadcast
TCH	Traffic Channel
TPU	Transport Pipe User
TR	Trunk Reservation
TRAU	Transcoding and Rate Adaptation Unit
TRX	Transceiver
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VLR	Visitor Location Register