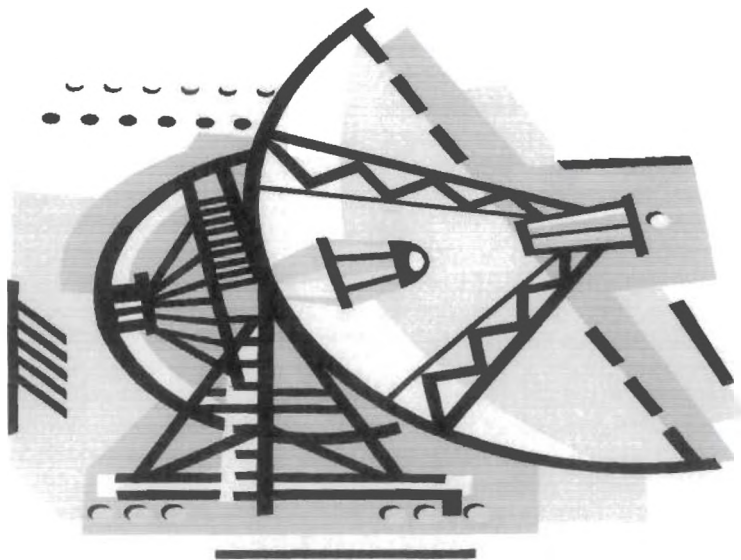


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
«ΤΕΤΡΑ».
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΙ
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ
{DIGITAL MOBILE COMMUNICATIONS AND
THE TETRA SYSTEM}**



Όνομα :Σωτήρης

Επίθετο:Σπανογιαννοπουλος
Α.Μ.:9132

Εισηγητής : . .Λ.Δροσος



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	9
❖ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΥΘΟΥΝ	9
<i>Πρόλογος</i>	9
<i>Προβλήματα</i>	9
<i>Περιορισμένη διέλευση δεδομένων</i>	9
<i>Άκρο της Κάλυψης Ποιότητας Ήχου</i>	10
<i>Συναγωνισμός</i>	10
<i>Αλλαγή Καναλιών με το Χέρι</i>	11
<i>Μη Αποτελεσματική Χρησιμοποίηση Καναλιού</i>	11
<i>Έλλειψη Μυστικότητας</i>	12
<i>Κακομεταχείριση από Χρήστες Ράδιο</i>	12
<i>Περιορισμένη Διέλευση Δεδομένων</i>	12
<i>Προβλήματα που Λύθηκαν</i>	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	15
❖ ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΑΡΤΗΡΙΕΣ;	15
<i>Πρόλογος</i>	15
<i>Προϊστορία</i>	15
<i>Σημείωση:</i>	21
<i>Χρήση Αρτηριών στα Μηνύματα:</i>	21
<i>Χρήση Αρτηριών στη Μετάδοση:</i>	21
<i>Χρήση Αρτηριών στην Ημμετάδοση</i>	21
<i>Προβλήματα που Λύθηκαν</i>	26
<i>Μειονεκτήματα της Χρήσης Αρτηριών</i>	27
<i>Σχετικά Ακριβό</i>	27
<i>Οικονομικά Ασύμφορη για Χαμηλή Ικανότητα</i>	27
<i>Αυξημένη Πολυπλοκότητα</i>	27
<i>Σύνοψη του Γιατί να Χρησιμοποιούνται Αρτηρίες</i>	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	29
❖ ΓΙΑΤΙ ΨΗΦΙΑΚΟ;	29
<i>Πρόλογος:</i>	29
<i>Προϊστορία</i>	29
<i>Ποιότητα της Φωνής</i>	29
<i>Κάλυψη Ραδιοσυχνότητας</i>	31
<i>Σημείωση:</i>	32
<i>Μη Φωνητικές Υπηρεσίες</i>	32
<i>Ασφάλεια</i>	32
<i>Κόστος</i>	33
<i>Οικονομίες Κλίμακας</i>	33
<i>Συναγωνισμός</i>	34
<i>Ωριμότητα Τεχνολογίας</i>	34
<i>Κόστος του Κύκλου Ζωής</i>	35
<i>Σύνοψη</i>	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	36
❖ FDMA, TDMA, ΚΑΙ CDMA	36
<i>Πρόλογος:</i>	36
<i>Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Συχνοτήτων (FDMA)</i>	36
<i>Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χρόνου(TDMA)</i>	38
<i>Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα(CDMA)</i>	39
<i>Απόδοση Φάσματος Ραδιοσυχνότητας</i>	40
<i>Σημείωση 1:</i>	42
<i>Εξοπλισμός Χώρου Σταθμού Βάσης</i>	42
<i>Υβριδικός Συνδυασμός</i>	45
<i>Συνδυασμός Κοιλωμάτων Φίλτρου</i>	46
<i>Κατανάλωση Ενέργειας</i>	47
<i>Σημειώσεις</i>	48
<i>Αξιοπιστία:</i>	49
<i>Απόδοση Εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας</i>	49
<i>Σχέση μεταξύ της ισχύος κορυφής και της μέσης ισχύος Ραδιοσυχνότητας:</i>	50
<i>Απόδοση που περιορίζεται από τον θόρυβο:</i>	50
<i>Απόδοση που περιορίζεται από την Παρενόχληση:</i>	50

Απόδοση που περιορίζεται από την Ικανότητα:	51
Πρόσω Διόρθωση Σφαλμάτων (FEC) και ανίχνευση σφαλμάτων:	52
Συντελεστές Εδάφους:	52
Τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος (PA) Ραδιοσυχνότητας:	53
Καθυστέρηση Διάδοσης Ελεύθερου Χώρου Ραδιοσυχνότητας:	54
Σύνοψη της Απόδοσης Εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας:	55
Υπηρετήσεις, Ευκολίες και Χαρακτηριστικά:	55
Σημειώσεις:	56
Σύνοψη FDMA, TDMA, και CDMA:	57
Σημείωση:	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	59
❖ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ TETRA	59
Πρόλογος:	59
Κομιστής και Τηλεϋπηρεσίες	59
Βασικές Υπηρεσίες:	60
Φωνή:	60
Δεδομένα:	60
Σημαντικές Υπηρεσίες:	61
Προτεραιότητα Πρόσβασης:	62
Άκουσμα Περιβάλλοντος:	62
Επιλογή Περιοχής:	62
Κλήση που Εγκρίνεται από τον Αποστολέα:	62
Διακριτικό Άκουσμα:	63
Δυναμική Εκχώρηση Αριθμού Ομάδας:	63
Καθυστερημένη Είσοδος:	63
Κλήση Προτεραιότητας Γενόμενη εκ Προτιμώσεως:	64
Κλήση Προτεραιότητας:	64
Συμπληρωματικές Υπηρετήσεις:	64
Υπηρετήσεις Ένδειξης Κλήσης:	65
Παρουσίαση της Αναγνώρισης της Γραμμής Κλήσης:	65
Περιορισμός Αναγνώρισης Γραμμής Κλήσης/ Συνδεδεμένης:	65
Παρούσα Αναγνώριση Γραμμής Κλήσης:	66
Αναγνώρισης της Πλευράς που Μιλά:	66
Είδη Κλήσης Τηλεφωνίας:	66
Αποκλεισμός των Εξερχόμενων Κλήσεων:	66
Αποκλεισμός Εισερχόμενων Κλήσεων:	66
Ολοκλήρωση της Κλήσης Χωρίς Απάντηση:	67
Ολοκλήρωση Κλήσης σε Κατελημμένο Συνδρομητή:	67
Πρώθηση Κλήσης όταν δεν υπάρχει απάντηση:	67
Πρώθηση Κλήσης όταν ο Συνδρομητής είναι Κατελημμένος:	67
Πρώθηση Κλήσης Χωρίς Όρους:	67
Έλεγχος Κλήσης:	68
Αναφορά Κλήσης:	68
Αναμονή Κλήσης:	68
Κλήση Ενσωμάτωσης:	68
Κλήση Αναζήτησης σε Κατάλογο:	68
Ονομασία Σύντομου Αριθμού:	68
Διατήρηση Κλήσης:	68
Υπηρετήσεις Δεδομένων	69
Υπηρεσία Σύντομων Δεδομένων (SDS):	69
Υπηρεσία Δεδομένων Τρόπου Κυκλώματος:	70
Υπηρεσία Δεδομένων Τρόπου Πακέτου:	70
Δεδομένα Πολλών Σχισμών:	70
Μη Τοποποιημένες Υπηρεσίες:	71
Προσθήκη Κονσόλας:	71
Συγχώνευση Ομάδας Ομιλίας:	71
Χρήση Αρτηριών σε Τοπικό Χώρο:	72
Δυναμική Εκχώρηση Χώρου:	72
Δυναμική Εκχώρηση Χρήστη:	72
Σύνοψη των Υπηρετήσεων TETRA	73
Σημειώσεις Υπεράσπισης του TETRA:	73

❖ Λειτουργία Άμεσου Τρόπου TETRA (DMO)	75
Πρόλογος:.....	75
DMO	75
Τα Οικονομικά της Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας	75
Τα Οικονομικά του Βαθμού Υπηρετήσης (GoS)	76
Τα Οικονομικά της Αξιοπιστίας	77
Σύνοψη των Οικονομικών Εκτιμήσεων.....	77
Χαρακτηριστικές Εφαρμογές DMO	78
Επικοινωνίες Τοπικής Περιοχής DMO:	78
Επέκταση Εμβέλειας Δικτύου TMO:.....	79
Επικοινωνίες μεταξύ των χρηστών DMO και TMO:	80
Εκπαινεμένη απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO τοπικής περιοχής.....	81
Σύνοψη των Εφαρμογών Χρήστη:	82
Πρόσθετες απαιτήσεις DMO.....	83
Χειριζόμενη DMO:.....	83
Λειτουργία Αποδοτικού Φάσματος.....	84
Ελαστικότητα του Σχεδιασμού Φάσματος	84
Περιορισμοί της Τεχνολογίας	85
Διαμορφώσεις DMO που υποστηρίζονται στο πρότυπο TETRA	85
MS-MS Κανονικό:	86
M-DMO:.....	86
Αποδοτικό για τη Συχνότητα MS-MS:.....	86
Διπλή Παρακολούθηση:.....	86
Αναμεταδότης Τύπου 1A:	87
Αναμεταδότης Τύπου 1B:	87
Αναμεταδότης Τύπου A:	87
Διέξοδος DM:	87
Αναμεταδότης/ Διέξοδος Τύπου 1 A:.....	87
Αναμεταδότης/ Διέξοδος Τύπου 1B:.....	87
Παρατηρήσεις στις Διαμορφώσεις DMO:	88
Υπηρετήσεις και Ευκολίες DMO που Υποστηρίζονται στο Πρότυπο TETRA.....	88
Σημείωση 1:	89
Παρατηρήσεις για τις Υπηρετήσεις και Ευκολίες DMO:	89
Σχεδιασμός Ραδιοσυχνότητας DMO	90
DMO χρησιμοποιώντας ένα μονό Φέρον Ραδιοσυχνότητας:.....	90
DMO που χρησιμοποιεί Δυο Φέροντα Ραδιοσυχνότητας:	91
Πρόβλεψη για τα Κανάλια DMO	93
Γεωγραφική Πυκνότητα του πληθυσμού των χρηστών και σχεδιαγράμματα κυκλοφορίας:	93
Γεωγραφικές Περιοχές όπου η DMO είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί για πρόσθετη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και/ ή ικανότητα:.....	94
Πρόσθετο φάσμα που χρειάζεται έξω από αυτό που έχει εκχωρηθεί για το δίκτυο TMO:.....	94
Παράδειγμα Ανάλυσης Σχεδιασμού Συχνότητας DMO.....	94
Σύνοψη του Σχεδιασμού Ραδιοσυχνότητας DMO.....	96
Πρωτόκολλο και Δομή Σχισμών Χρόνου DMO	97
Πρωτόκολλο MS-MS DMO μονού Φέροντος Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου ...	97
Πρωτόκολλο Αναμεταδότη Τύπου 1 A DMO Μονού Φέροντος Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου:.....	98
Πρωτόκολλο Διέξοδου DMO Μονού Φέροντος Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου	100
Απόδοση Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO	102
Κοντινή/Μακρινή Παρενόχληση:	102
Προδιαγραφές απόδοσης Πομπού και Δέκτη των τερματικών συσκευών:.....	104
Μεταδιδόμενη ισχύς Ραδιοσυχνότητας:	104
Διαχωρισμός Συχνοτήτων μεταξύ των καναλιών DMO:.....	104
Αναλογία προστασία φέροντος προς παρενόχληση:	105
Παρενόχληση Ενδοδιαμόρφωσης Πομπού (IM):.....	105
Σημειώσεις:.....	107
Χαρακτηριστικά Μετάδοσης του TETRA:.....	108
Άλλοι σημαντικοί συντελεστές:.....	108
Σύνοψη της TETRA DMO.....	108
Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:.....	109

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο	110
❖ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ TETRA	110
<i>Πρόλογος:</i>	110
<i>Προϊστορία:</i>	110
<i>Εφαρμογές SDS</i>	111
<i>Αποστολή Μηνυμάτων Κειμένου:</i>	112
<i>Αυτοματική Αποστολή:</i>	113
<i>Σημείωση:</i>	115
<i>Τηλεμετρία:</i>	116
<i>Σύνοψη SDS:</i>	116
<i>Υπηρετήση Δεδομένων Πακέτου</i>	117
<i>Ανάκριση Βάσης Δεδομένων</i>	117
<i>Ασύρματο Γραφείο:</i>	117
<i>Εικονογράφηση:</i>	118
<i>Εικόνα Αρχής Εξερεύνησης</i>	118
<i>Υπηρετήση Δεδομένων Πακέτου Πολλών Σχισμών</i>	118
<i>Δεδομένα Υψηλής Ταχύτητας</i>	118
<i>Σημείωση:</i>	119
<i>Σύνοψη των Εφαρμογών Δεδομένων TETRA</i>	120
<i>Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:</i>	121
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο	122
❖ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	122
<i>Πρόλογος:</i>	122
<i>Η χρήση φόρμουλων κυκλοφορίας Erlang για τον σχεδιασμό ικανότητας</i>	123
<i>Το Μοντέλο Αναφοράς</i>	125
<i>Οι επιδράσεις φορτώματος των ομαδικών κλήσεων</i>	126
<i>Οι επιδράσεις φορτώματος των κλήσεων «ενός προς ένα»</i>	128
<i>Οι επιδράσεις φορτώματος των μηνυμάτων δεδομένων και των μη φωνητικών εφαρμογών</i>	130
<i>Τα απαιτούμενα δεδομένα κυκλοφορίας για τον σχεδιασμό ικανότητας</i>	131
<i>Γεωγραφικά Δεδομένα:</i>	132
<i>Τυποποιημένες ευκολίες TETRA που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα ενός δικτύου</i>	133
<i>Επιλογή Περιοχής:</i>	133
<i>Επίπεδα Προτεραιότητας Χρήστη:</i>	134
<i>Προτιμώμενος Χώρος Λειτουργίας:</i>	135
<i>Κυκλοφορία Δεδομένων σε Αρτηρίες σε συγκεκριμένα κανάλια μόνο για δεδομένα:</i>	135
<i>Μη τυποποιημένες ευκολίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα</i>	135
<i>Δυναμική Εκχώρηση Χώρου:</i>	136
<i>Δυναμική Εκχώρηση Χρήστη:</i>	136
<i>Αλγόριθμοι Χειρισμού Κυκλοφορίας:</i>	136
<i>Η χρήση χώρων κύριων σταθμών βάσης</i>	137
<i>Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα δικτύου</i>	138
<i>Σύνοψη του Σχεδιασμού Ικανότητας Δικτύου</i>	139
<i>Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:</i>	139
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο	140
❖ ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ TETRA	140
<i>Πρόλογος:</i>	140
<i>Σχέδιο Κάλυψης</i>	140
<i>Χρήση Αρτηριών</i>	141
<i>Λειτουργία Πλήρως Ενημερωμένου Δικτύου</i>	141
<i>Παράδοση Κλήσης</i>	146
<i>Μη Ανακοινωμένη επανεκλογή κοπέλης:</i>	146
<i>Δηλωμένη επανεκλογή κοπέλης</i>	146
<i>Υπερκάλυψη Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας:</i>	147
<i>Πρωτόκολλα απόφασης παράδοσης Κυψελών σε ραδιοφωνικά τερματικά:</i>	148
<i>Πιθανότητα μια κλήση να είναι σε εξέλιξη κατά τη διάρκεια μιας παράδοσης κοπέλης:</i>	148
<i>Λειτουργία Ραδιοφώνου Μεταφερόμενου στο Χέρι και Κινητού</i>	149
<i>Σύνοψη Σχεδίου Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας TETRA</i>	151
<i>Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:</i>	151

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο	152
❖ ΣΧΕΔΙΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ TETRA	152
<i>Πρόλογος:</i>	152
<i>Εισαγωγή:</i>	152
<i>Αξιοπιστία Εξοπλισμού:</i>	153
<i>Θεϊκή Παρέμβαση:</i>	153
<i>Παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας:</i>	154
<i>Ανθρώπινοι:</i>	154
<i>Διαθεσιμότητα</i>	154
<i>MTBF</i>	155
<i>MTTR</i>	156
<i>Ακεραιότητα Καναλιού Ελέγχου</i>	157
<i>Χώροι Σταθμών Βάσης</i>	158
<i>Κεραία και Τροφοδότης Κεραίας:</i>	159
<i>Δίκτυο Συνδασμού Κεραίας:</i>	159
<i>Ραδιόφωνα Σταθμών Βάσης:</i>	159
<i>Ελεγκτής Χρήσης Αρτηριών:</i>	160
<i>Μονάδα Τροφοδοσίας Ισχύος:</i>	161
<i>Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν την αξιοπιστία:</i>	161
<i>Σύστημα Ισχύος Ετοιμότητας (σύστημα μπαταρίας και φορτιστής):</i>	162
<i>Κυκλώματα Κομιστών:</i>	162
<i>Τροφοδοσία Ισχύος Δικτύου:</i>	163
<i>Σύστημα Χειρισμού Περιβάλλοντος:</i>	163
<i>Δωμάτιο Εξοπλισμού:</i>	164
<i>Εξοπλισμός Κεντρικού Δικτύου (CNE)</i>	164
<i>Κονσόλες Αποστολέα</i>	164
<i>Διαμόρφωση Δικτύου:</i>	165
<i>Βροχίς:</i>	165
<i>Αστέρας:</i>	166
<i>Δαχτυλίδι:</i>	166
<i>Αλυσίδα Μαργαρίτας:</i>	166
<i>Συνδασμένες διαμορφώσεις:</i>	166
<i>Επικοινωνίες Προσφυγής</i>	167
<i>Σύνοψη Σχεδίου Αξιοπιστίας TETRA</i>	169
<i>Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:</i>	169
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο	170
❖ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ TETRA	170
<i>Πρόλογος:</i>	170
<i>Μελλοντική Επέκταση</i>	170
<i>Μοντέλο Αναφοράς</i>	171
<i>Ανάγκες επικοινωνίας V+D:</i>	172
<i>Ανάγκες Δεδομένων Υψηλής Ταχύτητας:</i>	173
<i>Ανάγκες επικοινωνίας DMO:</i>	173
<i>Ανάγκες Επικοινωνίας EMU:</i>	174
<i>Γενικό Φάσμα Συχνότητας που Απαιτείται:</i>	175
<i>Συνύπαρξη με άλλες Τεχνολογίες</i>	175
<i>Σύνοψη Σχεδιασμού Ραδιοσυχνότητας TETRA</i>	178
<i>Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:</i>	178
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο	179
❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	179

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1	10
ΣΧΗΜΑ 2	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	16
ΣΧΗΜΑ 1	17
ΣΧΗΜΑ 2	18
ΣΧΗΜΑ 3	20
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 3	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 4	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 5	26
ΣΧΗΜΑ 1	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	35
ΣΧΗΜΑ 1	37
ΣΧΗΜΑ 2	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	42
ΣΧΗΜΑ 3	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 3	44
ΣΧΗΜΑ 4	45
ΣΧΗΜΑ 5	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 4	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 5	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 6	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 7	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 8	58
ΣΧΗΜΑ 1	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	65
ΣΧΗΜΑ 2	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 3	71
ΣΧΗΜΑ 1	79
ΣΧΗΜΑ 2	80
ΣΧΗΜΑ 3	81
ΣΧΗΜΑ 4	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	83
ΣΧΗΜΑ 5	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 3	89
ΣΧΗΜΑ 6	90
ΣΧΗΜΑ 7	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 4	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 5	95
ΣΧΗΜΑ 8	98
ΣΧΗΜΑ 9	100
ΣΧΗΜΑ 10	101
ΣΧΗΜΑ 11	103
ΣΧΗΜΑ 12	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 6	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 7	107
ΣΧΕΔΙΟ 1	114

ΣΧΗΜΑ 2	119
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	124
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	125
ΠΙΝΑΚΑΣ 4	129
ΠΙΝΑΚΑΣ 5	135
ΣΧΗΜΑ 1	137
ΠΙΝΑΚΑΣ 6	138
ΣΧΗΜΑ 1	142
ΣΧΗΜΑ 2	143
ΣΧΗΜΑ 3	144
ΣΧΗΜΑ 4	145
ΣΧΗΜΑ 5	149
ΣΧΗΜΑ 6	150
ΣΧΗΜΑ 7	151
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	155
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	157
ΣΧΗΜΑ 1	158
ΣΧΗΜΑ 2	159
ΣΧΗΜΑ 3	165
ΣΧΗΜΑ 4	167
ΣΧΗΜΑ 5	168
ΠΙΝΑΚΑΣ 1	173
ΠΙΝΑΚΑΣ 2	173
ΠΙΝΑΚΑΣ 3	174
ΠΙΝΑΚΑΣ 4	175
ΠΙΝΑΚΑΣ 5	175
ΠΙΝΑΚΑΣ 6	176

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

❖ Προβλήματα Λειτουργίας που πρέπει να λυθούν

Πρόλογος

Αυτό το κεφάλαιο είναι το πρώτο τεσσάρων κεφαλαίων που «επιστρέφουν στα βασικά» και που δίνονται στον αναγνώστη για να καταλάβει τα πολλά προβλήματα λειτουργίας που αντιμετωπίζουν οι παραδοσιακοί χρήστες PMR συμβατικών αναλογικών ασύρματων τεχνολογιών. Αυτές οι πληροφορίες είναι σημαντικές καθώς αποτελούν τον βασικό λόγο για τον οποίο οι ψηφιακές τεχνολογίες όπως το TETRA έχουν εξελιχθεί.

Προβλήματα

Οι συμβατικές επικοινωνίες PMR δίνουν πολλά οφέλη στους οργανισμούς χρηστών αλλά δημιουργούν επίσης πολλά προβλήματα λειτουργίας για τον χρήστη ράδιο. Ακόμη και τα πιο απλά συστήματα που αποτελούνται από ένα σταθμό μιας βάσης που λειτουργεί σε ένα κανάλι Ραδιοσυχνότητας και χρησιμοποιεί μια λειτουργία «πλήρως ενημερωμένου δικτύου» ανοιχτού καναλιού, έχει κάποια ενοχλητικά προβλήματα λειτουργίας. Όταν το μέγεθος ενός συμβατικού συστήματος αυξάνεται και χρησιμοποιεί πολλούς χώρους βασικών σταθμών με περισσότερο από ένα βασικό σταθμό ανά χώρο, τα ενοχλητικά προβλήματα λειτουργίας πολλαπλασιάζονται.

Για παράδειγμα, τα προβλήματα λειτουργίας που έχουν αναφερθεί είναι:

- Άκρο Κάλυψης ποιότητας ήχου
- Συναγωνισμός
- Αλλαγή καναλιών με το χέρι
- Μη αποδοτική χρησιμοποίηση καναλιού
- Έλλειψη ησυχίας
- Κακομεταχείριση από χρήστες ράδιο

Περιορισμένη διέλευση δεδομένων

Μια λεπτομερής περιγραφή που καλύπτει καθένα από αυτά τα προβλήματα λειτουργίας παρέχεται στο ακόλουθο κείμενο.

Άκρο της Κάλυψης Ποιότητας Ήχου

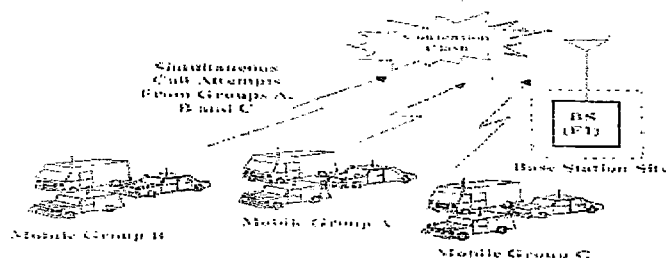
Τα αναλογικά ασύρματα συστήματα είχαν σχεδιαστεί για περιορισμένη έκταση απόδοσης, όπως την ανταλλαγή μεταξύ ποιότητας επικοινωνίας και κόστους υποδομής.

Αυτό το κόστος έναντι της ανταλλαγής της ποιότητας επικοινωνίας δεν ήταν ασυνήθιστο καθώς οι οργανισμοί παραδοσιακά προμηθεύονταν τα δικά τους ιδιωτικά δίκτυα. Για παράδειγμα, οι αστυνομικές δυνάμεις, οι πυροσβεστικές υπηρεσίες, οι υπηρεσίες ασθενοφόρων, οι δήμοι, οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας για εκμετάλλευση της βενζίνης, οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας ηλεκτρισμού, οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας ύδατος και οι οργανισμοί μέσων μαζικής μεταφοράς είχαν συχνά τα δικά τους δίκτυα PMR που κάλυπταν παρόμοιες γεωγραφικές περιοχές, με πολλούς από τους χώρους σταθμών βάσης να μοιράζονται, ώστε να παρέχουν κάλυψη.

Αυτό το κόστος έναντι της ποιότητας των επικοινωνιών σήμαινε πως η ποιότητα της φωνής των περιοχών κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ήταν συχνά χαμηλή, καθώς τα επίπεδα των λαμβανόμενων σημάτων μειώνονταν και τα επίπεδα θορύβου αυξάνονταν. Η χαμηλή ποιότητα που προέκυπτε σήμαινε πως τα μηνύματα συχνά επαναλαμβάνονταν και σε ορισμένες περιπτώσεις χάνονταν. Επίσης, η χαμηλή ποιότητα της φωνής προκαλούσε στους χρήστες ράδιο αυξημένο άγχος προσπαθώντας να «πιάσει το αυτί τους» φωνητικά μηνύματα σε σήματα με θορύβους που ακούγονταν στο βάθος.

Συναγωνισμός

Οι χρήστες ράδιο που ήθελαν να είχαν πρόσβαση στο σύστημα χρειάζονταν να περιμένουν μέχρι το κανάλι να ήταν ελεύθερο από άποψη κυκλοφορίας. Αυτό σήμαινε πως έπρεπε να παρακολουθούν το κανάλι περιμένοντας για τον κατάλληλο χρόνο ώστε να ξεκινήσουν μια κλήση. Κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων πολλοί χρήστες περίμεναν να αποκτήσουν πρόσβαση στο δίκτυο με αποτέλεσμα πολλοί χρήστες να μεταδίδουν ταυτόχρονα όταν το κανάλι ήταν ελεύθερο. Αυτή η ταυτόχρονη μετάδοση συχνά αλλοίωνε τα λαμβανόμενα μηνύματα και είχε ως αποτέλεσμα οι χρήστες να αναγκάζονταν να συναγωνίζονται ο ένας τον άλλο για να αποκτήσουν πρόσβαση στο σύστημα. Κατά συνέπεια, πολλές κλήσεις χαμηλότερης προτεραιότητας δεν έγιναν ποτέ.



ΣΧΗΜΑ 1

Το διάγραμμα στο Σχήμα 1 δείχνει συγκρούσεις λόγω συναγωνισμού μεταξύ τριών ομάδων χρηστών, Α, Β και Γ οι οποίοι προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε ένα μοναδικό Σταθμό Βάσης (BS) που λειτουργεί σε μια συχνότητα F1. Η μεγάλη πιθανότητα για συγκρούσεις λόγω συναγωνισμού κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων προκάλεσε τη δυσφορία των χρηστών και περιορίσε επίσης τον αριθμό των χρηστών ράδιο που θα μπορούσαν να υποστηριχτούν, ο οποίος ήταν συχνά τόσο χαμηλός όσο 15 ως 20 τοις εκατό ανά κανάλι επικοινωνίας.

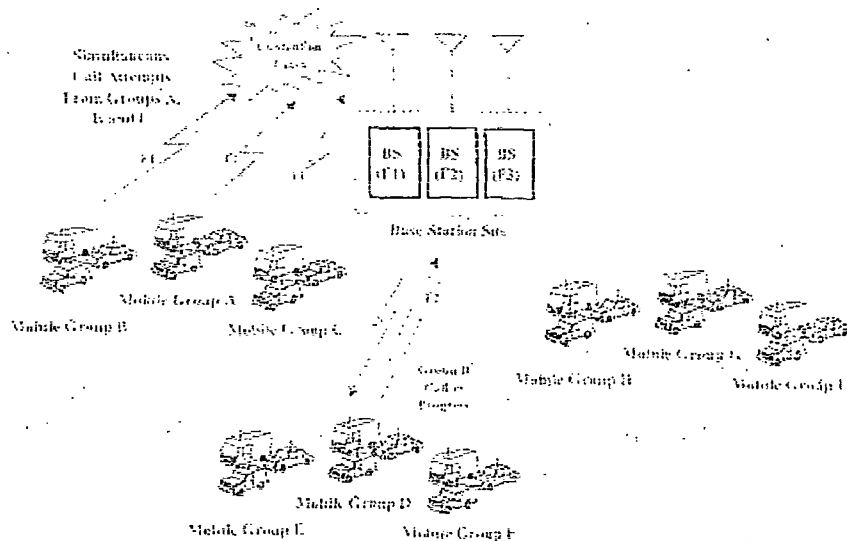
Αλλαγή Καναλιών με το Χέρι

Σε συστήματα με περισσότερο από ένα χώρο σταθμού βάσης για την παροχή κάλυψης σε ευρεία περιοχή, οι χρήστες ράδιο χρειαζόταν να επιλέξουν ένα διαφορετικό κανάλι ράδιο όταν μετακινούνταν από την περιοχή κάλυψης ραδιοσυχνότητας ενός χώρου σταθμού μιας βάσης σε εκείνη ενός άλλου. Αυτή η αλλαγή καναλιών με το χέρι ήταν σχετικά απλή να γίνει αν ο χρήστης ράδιο ήξερε πότε βρισκόταν εκτός κάλυψης ραδιοσυχνότητας και ήξερε επίσης ποιο κανάλι να επιλέξει για υπηρετήση. Αλλά αυτή η ανάγκη επιβάρυνε τους χρήστες ράδιο καθώς έπρεπε να παρακολουθούν μήπως στο κανάλι υπάρχει έλλειψη κάλυψης και μετά να πάρουν την απόφαση για αλλαγή καναλιού. Κατά συνέπεια, οι χρήστες ράδιο συχνά βρισκόνταν εκτός επικοινωνίας χωρίς να το συνειδητοποιήσουν, μέχρι να προσπαθήσουν να ξεκινήσουν μια κλήση.

Μη Αποτελεσματική Χρησιμοποίηση Καναλιού

Όταν υπήρχαν πολλοί χρήστες ράδιο σε ένα σύστημα, παρεχόταν παραπάνω από ένας σταθμός βάσης σε ένα χώρο σταθμού βάσης για να παρέχεται η απαιτούμενη ικανότητα. Εντούτοις, για διευκόλυνση της λειτουργίας και λόγω των περιορισμών της τεχνολογίας, σε χρήστες ράδιο σε διαφορετικούς κλάδους ενός οργανισμού δόθηκε μόνο ένα κανάλι για να χρησιμοποιούν, παρόλο που μόνο ένα κανάλι ήταν διαθέσιμο στον χώρο του βασικού σταθμού.

Το διάγραμμα στο Σχήμα 2 δείχνει τρεις σταθμούς βάσης με τον καθένα να υποστηρίζει τρεις ανεξάρτητες ομάδες χρηστών – τις ομάδες Α, Β, και Γ που λειτουργούν στο BS F1, τις ομάδες Δ, Ε και Ζ που λειτουργούν σε BS F2 και τις ομάδες Η, Θ και Ι που λειτουργούν σε BS F3. Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να δει πως οι ομάδες χρηστών Α, Β, και Γ που προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση στο BS F1 αντιμετωπίζουν συγκρούσεις συναγωνισμού και ως αποτέλεσμα χαμηλό βαθμό υπηρετήσης, ενώ η Ομάδα Δ έχει αποκτήσει πρόσβαση στο BS F2 και έχει υψηλό βαθμό υπηρετήσης. Ο σταθμός βάσης F3 δε χρησιμοποιείται επειδή δεν υπάρχουν ομάδες χρηστών που να χρειάζονται υπηρετήσεις επικοινωνίας σε εκείνη τη χρονική στιγμή.



ΣΧΗΜΑ 2

Αυτό θα σήμαινε πως όταν ένα κανάλι ήταν κατειλημμένο με πολλούς χρήστες να περιμένουν να αποκτήσουν πρόσβαση, άλλα κανάλια θα ήταν κανονικά ελεύθερα από κυκλοφορία και θα μπορούσαν να είχαν χρησιμοποιηθεί για να ελαττώσουν τον φόρτο σε κατειλημμένα ραδιοφωνικά κανάλια. Κατά συνέπεια, οι χρήστες ράδιο αντιμετώπιζαν συχνά άχρηστο συναγωνισμό και ξόδευαν πολύτιμο χρόνο μέσω της μη αποδοτικής χρήσης καναλιού.

Έλλειψη Μυστικότητας

Επειδή ο κάθε χρήστης ράδιο που άκουγε έναν ραδιοφωνικό σταθμό μπορούσε να ακούει ότι έλεγαν όλοι οι άλλοι, όπως μπορεί και ο καθένας με ένα ραδιοφωνικό δέκτη τον οποίο μπορεί να προμηθευτεί εύκολα, η μυστικότητα στις επικοινωνίες ήταν πραγματικά αδύνατη. Αυτή η κατάσταση είχε ιδιαίτερες επιπτώσεις στις υπηρεσίες επειγόντων περιστατικών καθώς και σε κάποιους εμπορικούς οργανισμούς.

Κακομεταχείριση από Χρήστες Ράδιο

Ακόμη και στους οργανισμούς με τη μεγαλύτερη πειθαρχία θα υπάρχουν πάντα άτομα που θα κακομεταχειρίζονται το σύστημα αν καταφέρνουν να μην τιμωρηθούν. Αυτό δυστυχώς ισχύει για τους χρήστες ράδιο. Συνηθισμένα παραδείγματα κακομεταχείρισης από χρήστες ράδιο είναι:

- Να αγνοούν μηνύματα και να λένε πως έπρεπε να ήταν εκτός κάλυψης
- Να λένε πως βρίσκονταν σε μια τοποθεσία ενώ βρίσκονταν σε μια άλλη
- Να μιλούν με υβριστική γλώσσα στο ραδιοφωνικό κανάλι γνωρίζοντας ότι δε θα μπορούσαν να αναγνωριστούν

Περιορισμένη Διέλευση Δεδομένων

Η παραδοσιακή μέθοδος που χρησιμοποιούνταν από ρυθμιστές για να αυξήσουν την αποδοτικότητα του φάσματος και τη χρησιμοποίηση ήταν η διαίρεση των συχνοτήτων. Για παράδειγμα, με την πάροδο του χρόνου κανάλια των 50 kHz αντικαθίσταντο από κανάλια των 25 kHz. Κανάλια των 25 kHz αντικαθίσταντο από κανάλια των 12.5 kHz και κανάλια των 12.5 kHz αντικαθίσταντο από κανάλια των 6.25 kHz. Όσον αφορά το εύρος ζώνης που καταλάμβανε ένα κανάλι, η διαίρεση των καναλιών σε δύο διπλασίαζε με αποτελεσματικό τρόπο τον αριθμό των διαθέσιμων καναλιών για ένα ορισμένο ποσό φάσματος Ραδιοσυχνότητας. Η μείωση του εύρους ζώνης καναλιού για τις φωνητικές επικοινωνίες είχε λίγη επίδραση στην ποιότητα. Εντούτοις, ως συνέπεια για τη χρήση καναλιών στενής ζώνης, η διέλευση των κινητών δεδομένων περιοριζόταν σε σχετικά χαμηλές ταχύτητες. Σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής όσο πιο στενό ήταν το εύρος ζώνης καναλιού, τόσο μικρότερη ήταν η διέλευση των δεδομένων.

Από την άποψη λειτουργίας για ένα χρήστη, αυτός ο περιορισμός στη διέλευση των δεδομένων σήμαινε πως οι πρακτικές εφαρμογές περιορίζονταν σε ενδεικτικά μηνύματα και μηνύματα μικρών δεδομένων. Οι χρήστες ήταν ιδιαίτερα

προβληματισμένοι με την μίξη φωνητικών μηνυμάτων και μηνυμάτων δεδομένων στο ίδιο κανάλι, καθώς τα μηνύματα των δεδομένων μπορούσαν να ακουστούν και ενοχλούσαν τους χρήστες.

Προβλήματα που Λύθηκαν

Ευτυχώς, η αναγνώριση των προβλημάτων είναι ο πρόδρομος των λύσεων που δίνονται. Στις προβληματικές περιοχές που περιγράφηκαν προηγουμένως υπάρχουν λύσεις που έχουν εξελιχθεί για να ξεπεραστούν μερικά από αυτά τα προβλήματα.

Για παράδειγμα, Η Συνεχώς Μόλις Ακουόμενη Φίμωση Κωδικοποιημένου Τόνου (CTCSS), που είναι επίσης γνωστή ως Ιδιωτική Γραμμή (PL), βοήθησε στο να παρέχεται κάποιος βαθμός μυστικότητας μεταξύ των οργανισμών χρηστών ράδιο που λειτουργούν με το ίδιο σύστημα, αλλά όχι για τους ωτακουστές με ραδιοφωνικούς δέκτες.

Η αναστολή Πίεσε για να Μιλήσεις (PTT) που ενεργοποιούνταν αυτόματα όταν το κανάλι ήταν κατειλημμένο, βοηθούσε να ελαχιστοποιηθούν οι συναγωνισμοί μετάδοσης και να μειωθεί ο αριθμός των επαναλαμβανόμενων μηνυμάτων.

Η επιλεκτική σηματοδότηση, όπως η διαδοχή τόνου 5/6, ελάττωνε τη χρήση υβριστικής γλώσσας επειδή οι χρήστες μπορούν να αναγνωριστούν αυτόματα στην αρχή κάθε μετάδοσης. Επίσης, η επιλεκτική σηματοδότηση παρείχε κάποιο βαθμό μυστικότητας για τον χρήστη ατομικά, αλλά πάλι δεν προστάτευε από ωτακουστές με ραδιοφωνικούς πομπούς.

Η Αυτόματη Τοποθεσία Οχήματος (AVL) που παρέχεται από Το Παγκόσμιο Σύστημα Τοπικότητας (GPS) και άλλες τεχνολογίες τοποθεσίας, έχει συμβάλει πάρα πολύ στην λειτουργική απόδοση πολλών οργανισμών και έχει επίσης εμποδίσει την παροχή εσφαλμένων πληροφοριών τοποθεσίας από τους χρήστες ράδιο.

Από τις πλέον ωφέλιμες λύσεις τεχνολογίας είναι εκείνες της χρήσης αρτηριών και των ψηφιακών ασύρματων επικοινωνιών. Λόγω της σημασίας και της σπουδαιότητας της χρήσης αρτηριών και των ψηφιακών επικοινωνιών στην επίλυση πολλών συμβατικών προβλημάτων λειτουργίας PMR, έχουν δοθεί ξεχωριστά κεφάλαια για να καλύψουν αυτές τις δυο τεχνολογίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

❖ Γιατί να Χρησιμοποιούνται Αρτηρίες;

Πρόλογος

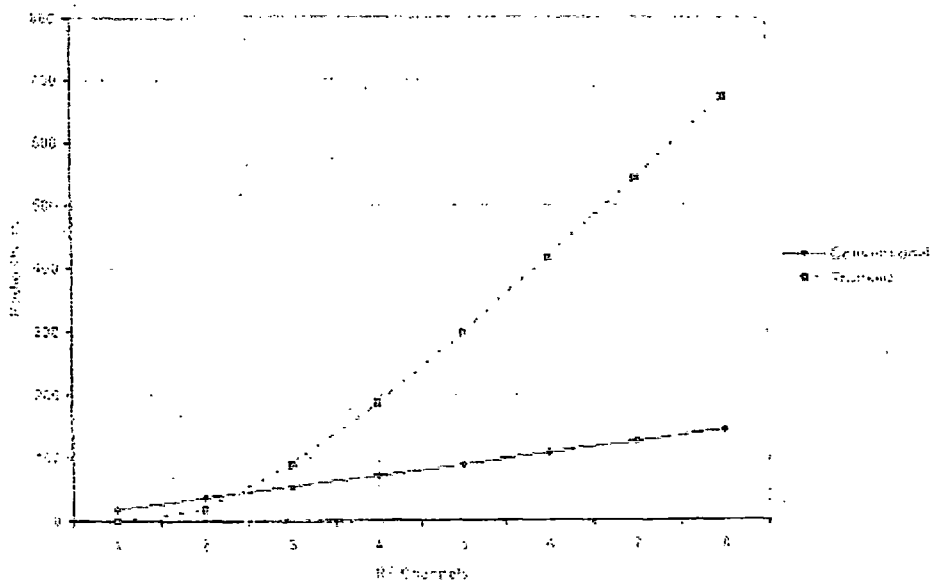
Αυτό είναι το δεύτερο κεφάλαιο «επιστροφής στα βασικά», το οποίο χρησιμοποιείται για να περιγραφούν με λεπτομέρεια τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη λειτουργίας της κατασκευής αρτηριών σε σύγκριση με τα συμβατικά PMR. Αυτή η παραπάνω γνώση θα βοηθήσει τον αναγνώστη να καταλάβει γιατί χρειάζεται η χρήση αρτηριών για να λυθούν τα προβλήματα λειτουργίας συμβατικών επικοινωνιών PMR

όπως αυτές αναγνωρίζονται στο Κεφάλαιο 2. Αυτή η γνώση είναι επίσης σημαντική επειδή η χρήση αρτηριών είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του TETRA και άλλων ψηφιακών τεχνολογιών PMR.

Προϊστορία

Οι τεχνικές χρήσης αρτηριών έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια σε τηλεφωνικά δίκτυα με διακόπτες. Το πρώτο σύστημα κινητών ραδιοφωνικών συστημάτων επικοινωνίας με αρτηρίες αναπτύχθηκε κιάλας από τη δεκαετία του 70' στη Βόρεια Αμερική με πρωτόκολλα ιδιόκτητης σηματοδότησης και λίγο αργότερα στην Ευρώπη, χρησιμοποιώντας το πρότυπο πρωτόκολλο αναλογίας MPT1327.

Το κύριο όφελος της χρήσης αρτηριών θεωρείται συνήθως η παροχή μεγαλύτερης φασματικής απόδοσης σε ένα μεγαλύτερο αριθμό χρηστών ράδιο ανά κανάλι Ραδιοσυχνότητας για ένα δεδομένο Βαθμό Υπηρέτησης (GoS). Η απολαβή της απόδοσης δίνεται από μια αυτόματη και δυναμική εκχώρηση ενός μικρού αριθμού καναλιών επικοινωνίας που μοιράζονται ανάμεσα σε ένα μεγάλο αριθμό χρηστών.



ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ο Πίνακας 1 συγκρίνει τον αριθμό των χρηστών ράδιο που μπορούν να υποστηριχθούν σε συμβατικά (χωρίς αρτηρίες) συστήματα και σε συστήματα με αρτηρίες που χρησιμοποιούν τον ίδιο αριθμό καναλιών Ραδιοσυχνότητας. Οι αριθμοί που παρουσιάζονται βασίζονται σε 1 κλήση ανά χρήστη ράδιο, η καθεμία διάρκειας 20 δευτερολέπτων και ένα Βαθμό Υπηρετήσης 10% χρησιμοποιώντας τη θεωρία κυκλοφορίας Erlang C κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης ώρας. Μια πιο λεπτομερής εξήγηση της Θεωρίας της Κυκλοφορίας για τους σκοπούς του σχεδιασμού δικτύων παρέχεται στο Κεφάλαιο 13 «Σχεδιασμός Ικανότητας Δικτύου».

Στον Πίνακα 1 μπορεί κανείς να δει πως η χρήση αρτηριών αρχίζει να υποστηρίζει περισσότερους χρήστες ράδιο από ότι τα συμβατικά συστήματα όπου χρησιμοποιούνται τρία ή περισσότερα κανάλια Ραδιοσυχνότητας (συμπεριλαμβανομένου ενός καναλιού αφιερωμένου στον έλεγχο). Επειδή τα συστήματα με αρτηρίες υποστηρίζουν περισσότερους χρήστες ράδιο από ότι τα παραδοσιακά συστήματα, η κρατική διοίκηση υποστηρίζει ενεργά την ανάπτυξη συστημάτων με αρτηρίες καθώς αυτή βοηθά στη μείωση της πίεσης για να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις του φάσματος PMR.

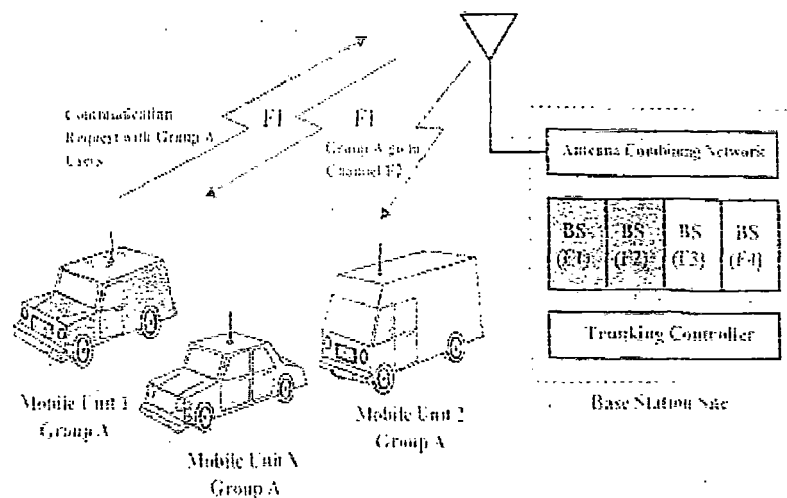
Οι Χειριστές των Αναμεταδοτών της Κοινότητας (COMPRES) υιοθέτησαν τη χρήση αρτηριών καθώς αυτό σήμαινε πως μπορούσαν να έχουν περισσότερους χρήστες που πλήρωναν ανά κανάλι σε σύγκριση με τον ίδιο αριθμό καναλιών σε ένα συμβατικό σύστημα.

Η διαθεσιμότητα μιας ευρείας περιοχής για την τεχνολογία της χρήσης αρτηριών σε πάρα πολλούς χώρους, σε συνδυασμό με την απορρύθμιση, έδωσε επίσης την ώθηση για την παροχή αδειών από τις εθνικές διοικήσεις για τη λειτουργία Κινητών Ραδιοφωνικών Δικτύων Δημόσιας Πρόσβασης (PAMR). Εκτός από την παραγωγή αδειών εσόδων, το βάρος της διοίκησης για τη χορήγηση αδειών PMR και φάσματος σε ατομικούς οργανισμούς χρηστών μειώθηκε επιπλέον. Εντούτοις,

από την άποψη του τελικού χρήστη ράδιο, η απόδοση του φάσματος παρουσιάζει πολύ λίγο ενδιαφέρον. Αυτό που ήθελαν ήταν η εξάλειψη όλων των προβλημάτων λειτουργίας που συνδέονταν με τις συμβατικές PMR, αλλά και να διατηρήσουν την απλότητα της συμβατικής λειτουργίας ενός «πλήρως ενημερωμένου» δικτύου ανοιχτού καναλιού.

Τα βασικά στοιχεία της χρήσης αρτηριών που λύνουν τα προβλήματα λειτουργίας των συμβατικών επικοινωνιών PMR είναι η χρήση της χρηματοδότησης και ενός καναλιού ελέγχου. Τα διαγράμματα στα Σχήματα 1, 2, και 3 έχουν δοθεί για να εξηγήσουν με περισσότερες λεπτομέρειες πώς η σηματοδότηση και το κανάλι ελέγχου συνδυάζονται μαζί για να βοηθήσουν να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα. Πριν να δοθεί αυτή η λεπτομερής εξήγηση, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η κατασκευή αρτηριών έχει καλύτερα αποτελέσματα αν υπάρχουν πολλοί ανεξάρτητοι χρήστες που μοιράζονται τους ίδιους κοινούς πόρους καναλιών Ραδιοσυχνότητας. Επίσης, επειδή η ίδια λειτουργία του «πλήρως ενημερωμένου δικτύου» πρέπει να διατηρηθεί, κάθε ανεξάρτητη ομάδα χρηστών χρειάζεται να χειρίζεται το δίκτυο σε διαφορετικές ομάδες ώστε να υπάρχει αυτονομία στη λειτουργία.

Το Σχήμα 1 δείχνει ένα χώρο σταθμού βάσης τεσσάρων καναλιών με τέσσερις Σταθμούς Βάσης (BS) που λειτουργούν σε ζεύγη άνω ζεύξης και κάτω ζεύξης ραδιοσυχνότητας F1, F2, και F4. Στο ζεύγος της ραδιοσυχνότητας F1 έχει δοθεί ο ρόλος του καναλιού ελέγχου. Ένας ελεγκτής της χρήσης αρτηριών και ένα δίκτυο συνδυασμού κεραίας έχουν συμπεριληφθεί στο σταθμό βάσης για να αναπαραριστούν μια χαρακτηριστική διαμόρφωση COMREP με αρτηρίες. Περιλαμβάνονται επίσης στο διάγραμμα μια κινητή μονάδα ραδιοφώνου που βρίσκεται μέσα στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας του χώρου του βασικού σταθμού.



ΣΧΗΜΑ 1

Όταν ο χρήστης ράδιο για πρώτη φορά ανοίγει την κινητή μονάδα ράδιο, το ράδιο θα ψάξει αυτόματα για μια ραδιοσυχνότητα καναλιού ελέγχου από ένα προ-προγραμματισμένο πίνακα εύρεσης της εμβέλειας των ραδιοσυχνοτήτων. Αφού βρεθεί μια συχνότητα καναλιού ελέγχου, σε αυτήν την περίπτωση F1, η κινητή μονάδα ράδιο θα μεταδώσει ένα σήμα στη συχνότητα καναλιού ελέγχου άνω ζεύξης F1 ζητώντας να καταχωρηθεί στον χώρο του σταθμού βάσης. Αυτό

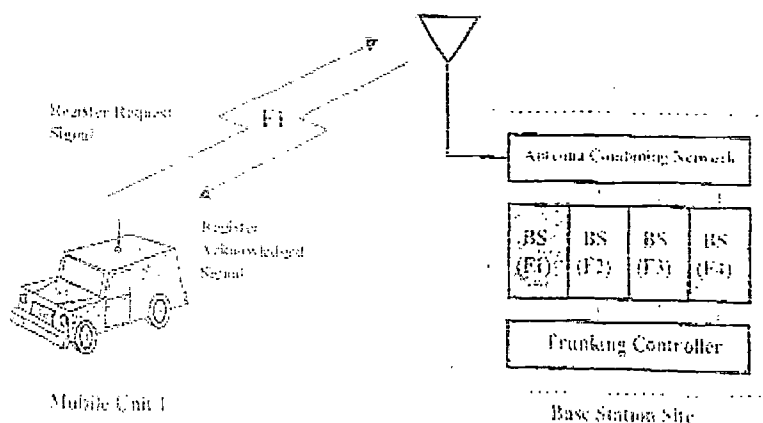
το σήμα θα περιλαμβάνει την ξεχωριστή ταυτότητα της μονάδας ράδιο καθώς και την ταυτότητα της ομιλούσας ομάδας.

Ο δέκτης του BS F1 θα αποκωδικοποιήσει αυτό το σήμα και θα το προωθήσει στον Ελεγκτή της Χρήσης Αρτηριών, που θα αποθηκεύσει την ταυτότητα του χρήστη και θα αναγνωρίσει τη λήψη στέλνοντας ένα σήμα στο BS F1 για μετάδοση στη συχνότητα καναλιού ελέγχου κάτω ζεύξης F1 προς τη μονάδα κινητού ράδιο. Η μονάδα ράδιο, μόλις λάβει το σήμα αναγνώρισης θα παραμείνει στην F1. Η μονάδα κινητού ράδιο είναι τώρα σε θέση να λάβει οδηγίες από τον ελεγκτή χρήσης αρτηριών του χώρου βασικού σταθμού και/ ή να ζητήσει υπηρετήση πληροφοριών όταν αρχίζει από τον χρήστη ράδιο.

Με τον ίδιο τρόπο, όταν ένας χρήστης κλείνει μια μονάδα ράδιο στην πραγματικότητα δεν εξαφανίζεται η ισχύς αμέσως. Με το κλείσιμο, η μονάδα ράδιο στέλνει αυτόματα μια παράκληση για διαγραφή της καταχώρησης στο κανάλι ελέγχου. Μόλις αυτή ληφθεί, ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών αποκρίνεται με μια αναγνώριση που επιτρέπει στη μονάδα ράδιο να κλείσει από μόνη της.

Το σχέδιο στο Σχήμα 2 δείχνει την ίδια διαμόρφωση χώρου σταθμού βάσης αλλά με μια ομάδα κινητών ραδιοφωνικών τερματικών που λειτουργούν στην περιοχή κάλυψης του χώρου του σταθμού βάσης. Ο σκοπός αυτής της εικονογράφησης είναι να γίνει δυνατή η περιγραφή του πώς η σηματοδότηση στο κανάλι ελέγχου, συνδυασμένη με τις οδηγίες από τον ελεγκτή της χρήσης αρτηριών δίνει τη δυνατότητα στην κινητή μονάδα 1 να επικοινωνεί με άλλα κινητά τερματικά ραδιοφώνου στην ίδια ομάδα ομιλίας που έχει ήδη καταχωρηθεί στον χώρο του σταθμού βάσης.

Όταν ο χρήστης της κινητής ραδιοφωνικής μονάδας 1 πιέζει τον διακόπτη Πίεσε για να Μιλήσεις (PTT) στο ακουστικό του μικροφώνου, το ράδιο θα κάνει αυτόματα μια παράκληση για κλήση στη συχνότητα του καναλιού ελέγχου F1 που θα περιλαμβάνει την ξεχωριστή ταυτότητα της ραδιοφωνικής μονάδας και την ταυτότητα της ομάδας ομιλίας, σε αυτήν την περίπτωση τη μονάδα 1 της ομάδας A.



ΣΧΗΜΑ 2

Ο δέκτης του BS F1 θα αποκωδικοποιήσει αυτό το σήμα και θα το προωθήσει στον ελεγκτή της χρήσης αρτηριών, ο οποίος θα σημειώσει την παράκληση για

κλήση, θα ελέγξει τη ραδιοφωνική του ταυτότητα, την ταυτότητα της ομάδας και θα ελέγξει να δει

ποιος BS είναι ελεύθερος για να υποστηρίξει την κυκλοφορία της φωνής. Ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών μετά θα επιλέξει έναν ελεύθερο BS, σε αυτήν την περίπτωση τον BS F2, και θα στείλει ένα σήμα στον BS F1 για μετάδοση στη συχνότητα καναλιού ελέγχου κάτω ζεύξης F1 δίνοντας την εντολή σε όλα τα κινητά τερματικά ραδιοφώνου με ταυτότητα ομάδας A να μετακινηθούν στο κανάλι κυκλοφορίας F2.

Σε μια πολύ σύντομη χρονική περίοδο, χαρακτηριστικά λιγότερη από 300 msec,

όλα τα κινητά τερματικά ραδιοφώνου στην ομάδα A θα γυρίσουν αυτόματα στην F2 με την ενεργοποίηση του μικροφώνου της κινητής μονάδας 1 και με το να δοθεί στο

μεγάφωνο όλων των άλλων κινητών τερματικών ραδιοφώνου η δυνατότητα να λάβει ένα φωνητικό μήνυμα. Οι φωνητικές επικοινωνίες μεταξύ της κινητής μονάδας 1 και της υπόλοιπης ομάδας A των κινητών τερματικών ραδιοφώνου μπορούν τώρα να λάβουν θέση στη συχνότητα F2.

Αφού οι φωνητικές επικοινωνίες ολοκληρωθούν, οποιοσδήποτε χρήστης ράδιο μπορεί να στείλει ένα σήμα για να τελειώσει την κλήση (που συνήθως αρχίζει αυτόματα από τον διακόπτη για κλείσιμο του μικροφώνου) έτσι ώστε ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών να μπορεί να εκχωρήσει πάλι τη BS F2 για να υποστηρίξει άλλες κλήσεις αν χρειαστεί. Αν το σήμα του τέλους κλήσης δε ληφθεί και δεν ανιχνευτεί καμία δραστηριότητα στο κανάλι για μια προκαθορισμένη περίοδο, συνήθως λίγα δευτερόλεπτα, ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών θα θέσει αυτόματα εκτός λειτουργίας την BS F2 και θα την τοποθετήσει στη δεξαμενή των αρτηριών των καναλιών για να υποστηρίξει άλλες κλήσεις όταν χρειαστεί.

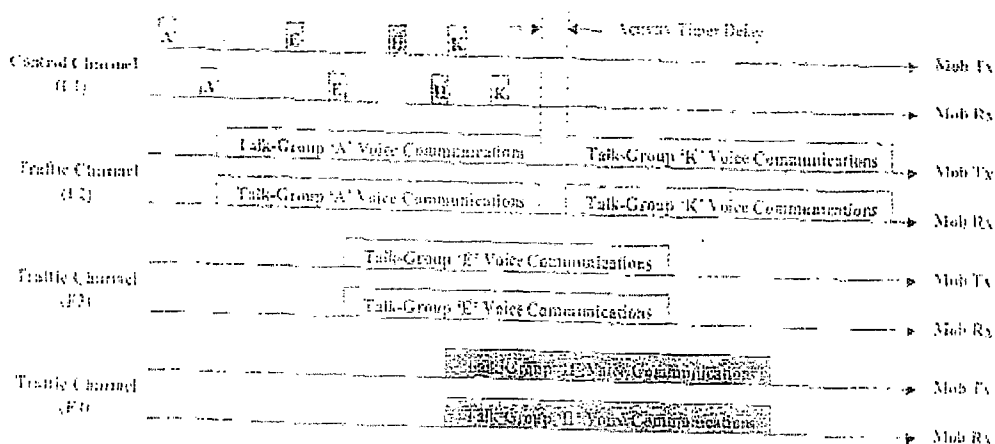
Κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων, όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι για τα κανάλια κυκλοφορίας, οι παρακλήσεις για κλήσεις τοποθετούνται σε μια σειρά από τον ελεγκτή. Για να περιοριστεί η σύγχυση, η πλευρά που καλεί ενημερώνεται αυτόματα ότι το σύστημα είναι κατειλημμένο. Όταν οι πόροι των καναλιών κυκλοφορίας γίνονται διαθέσιμοι, οργανώνονται αυτόματα οι κλήσεις μεταξύ της πλευράς που καλεί και αυτής που καλείται, συνήθως σε μια βάση προτεραιότητας Πρώτος Μέσα Πρώτος Έξω (FIFO).

Η ευκολία της σειράς κλήσεων στη χρήση αρτηριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει διαφορετικούς Βαθμούς Υπηρέτησης (GoS) χρησιμοποιώντας διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας για συγκεκριμένους χρήστες ράδιο. Επίσης, η κατειλημμένη σειρά μπορεί να προγραμματιστεί για να δίνει προτεραιότητα υπηρετήσης σε έναν πρόσφατο χρήστη, διατηρώντας έτσι τη συνέχεια των μηνυμάτων. Κανονικά, αυτό το είδος σχηματισμού σειράς χρησιμοποιείται μόνο στα δίκτυα μετάδοσης με σχηματισμό σειράς, ένα είδος τεχνολογίας χρήσης αρτηριών που θα περιγραφεί αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο. Όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς, η κατειλημμένη σειρά είναι μια ευκολία που παρουσιάζει ποικιλία, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει έναν αριθμό πλεονεκτημάτων για τους χρήστες ράδιο και τους χειριστές δικτύων.

Το Σχήμα 3 έχει δοθεί για να δείξει την ακολουθία των γεγονότων έναντι του χρόνου στο κανάλι ελέγχου και στα κανάλια κυκλοφορίας για ένα COMREP με αρτηρίες που υποστηρίζει ένα σχετικά μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων ομάδων ομιλίας, από το A ως το L. Στο διάγραμμα χρονισμού μπορεί να δει κανείς πως οι ομάδες ομιλίας A, E και H λαμβάνουν κανάλια κυκλοφορίας μόλις γίνει η παράκληση. Εντούτοις, η ομάδα ομιλίας K πρέπει να περιμένει λίγα δευτερόλεπτα μέχρι το κανάλι κυκλοφορίας F2 να εκκενωθεί από την ομάδα ομιλίας A και αφού ο χρονιστής της δραστηριότητας έχει παρέλθει.

Κοιτάζοντας το διάγραμμα χρονισμού μπορεί να δει κανείς πως η ομάδα ομιλίας K δε θα χρειαζόταν να περιμένει για πρόσβαση αν η F1 χρησιμοποιούνταν για σκοπούς κυκλοφορίας και όχι ως ένα κανάλι ελέγχου. Εντούτοις, αν χρησιμοποιούνταν τέσσερις συμβατικοί σταθμοί βάσης για να υποστηρίξουν τις ομάδες ομιλίες A ως L, κάθε κανάλι βασικού σταθμού θα χρειαζόταν να είχε εκχωρηθεί μόνιμα σε τρεις ομάδες ομιλίας.

Αυτή η συμβατική διαμόρφωση θα σήμαινε πως όταν η κυκλοφορία σε ένα σταθμό βάσης είναι πολύ μεγάλη, οι χρήστες θα δοκίμαζαν χαμηλό βαθμό υπηρετήσης ενώ οι χρήστες σε άλλους σταθμούς βάσης με πολύ λίγη κυκλοφορία θα δοκίμαζαν έναν πολύ υψηλό βαθμό υπηρετήσης. Χρησιμοποιώντας αρτηρίες θα παρεχόταν ο ίδιος βαθμός υπηρετήσης σε όλους τους χρήστες.



ΣΧΗΜΑ 3

Το Σχήμα 3 δείχνει πως το κανάλι ελέγχου χρησιμοποιείται σε μικρό βαθμό, καθώς οι παρακλήσεις κλήσεων και τα μηνύματα σηματοδότησης εκχώρησης καναλιών είναι πολύ σύντομης διάρκειας σε σχέση με τα φωνητικά μηνύματα. Παρόλο που χρησιμοποιείται συχνά κάποια ικανότητα για να στείλει συχνά μηνύματα που δίνουν την εντολή «πήγαινε στο κανάλι», που σχετίζονται με κλήσεις σε εξέλιξη, το κανάλι ελέγχου έχει ελεύθερη ικανότητα (ακόμη και κατά τη διάρκεια κατειλημμένων περιόδων) η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με κάποιο τρόπο για την κάνει πιο αποδοτική.

Τα συχνά μηνύματα της εντολής «πήγαινε στο κανάλι» που στέλνονται από το κανάλι ελέγχου, βεβαιώνουν πως όταν οι χρήστες ράδιο ανοίγουν πρώτα τα ραδιοφωνικά τους τερματικά και/ ή βγαίνουν από περιοχές με μικρό σθένος σήματος, οδηγούνται αυτόματα σε μια κλήση ομάδας που θα μπορούσε να

είναι σε εξέλιξη. Αυτή η ευκολία είναι σημαντική καθώς μιμείται τη λειτουργία ενός συμβατικού δικτύου PMR.

Σημείωση:

Οι φωνητικές επικοινωνίες δε θα ήταν συνεχείς στην πραγματικότητα όχι εξαιτίας ημιδιπλής τερματικής λειτουργίας, αλλά επειδή όλες οι μεταδόσεις κινητών ραδιοφώνων κανονικά επαναλαμβάνονται στη συχνότητα κάτω ζεύξης του βασικού σταθμού. Μια ομάδα συνεχούς φωνητικής επικοινωνίας παρουσιάζεται για να διευκολυνθεί η επεξήγηση.

Τα παραδείγματα της χρήσης αρτηριών που περιγράφηκαν ως τώρα βασίζονται στη χρήση αρτηριών ημιμετάδοσης, η οποία είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται από τεχνολογίες PMR με αρτηρίες. Εντούτοις, υπάρχουν τρεις αναγνωρισμένες μέθοδοι της χρήσης αρτηριών που είναι γνωστές ως Χρήση Αρτηριών για Μηνύματα, Χρήση Αρτηριών για Μετάδοση, και Χρήση Αρτηριών για Ημιμετάδοση. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή κάθε μεθόδου:

Χρήση Αρτηριών στα Μηνύματα:

Με αυτή τη μέθοδο ένα κανάλι κυκλοφορίας εκχωρείται και διατηρείται για τη διάρκεια του μηνύματος ή της κλήσης και απελευθερώνεται μόνο όταν ένας χρήστης ράδιο (συνήθως αυτός που ξεκίνησε την κλήση) καθαρίζει το κανάλι.

Χρήση Αρτηριών στη Μετάδοση:

Με αυτή τη μέθοδο ένα κανάλι κυκλοφορίας εκχωρείται για κάθε ξεχωριστή μετάδοση που αποτελεί ένα φωνητικό μήνυμα ή κλήση. Αμέσως μετά από κάθε

μετάδοση το κανάλι κυκλοφορίας τοποθετείται αυτόματα πίσω στη δεξαμενή των αρτηριών. Θεωρητικά, αυτό σημαίνει πως τα κανάλια κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά καθώς τα διαλείμματα μεταξύ κάθε φωνητικής μετάδοσης συσσωρεύονται αποτελεσματικά για να παρέχουν περισσότερη ικανότητα στον χώρο του σταθμού βάσης.

Εντούτοις, εκτός από την πρόνοια για το κανονικό FIFO ή του σχηματισμού σειράς προτεραιότητας χρήστη κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων, μια πρόσφατη σειρά με προτεραιότητα χρήστη (όπως περιγράφηκε προηγουμένως) απαιτείται επίσης για να εξασφαλιστεί η συνέχεια του φωνητικού μηνύματος. Πρακτικά, η αποδεκτή συνέχεια των μηνυμάτων αποκτάται μόνο όταν παρέχεται ένας μεγάλος αριθμός καναλιών κυκλοφορίας στους χώρους βασικού σταθμού.

Χρήση Αρτηριών στην Ημιμετάδοση

Παρόμοια με την χρήση αρτηριών στη μετάδοση, εκχωρείται ένα κανάλι κυκλοφορίας για κάθε μετάδοση που αποτελεί ένα φωνητικό μήνυμα, με την εξαίρεση ότι μετά από κάθε μετάδοση το κανάλι κυκλοφορίας συγκρατείται για

για προκαθορισμένη χρονική περίοδο, συγκρατώντας το κανάλι για ακόλουθες μεταδόσεις. Αν δεν ανιχνευτεί καμία δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκράτησης, το κανάλι κυκλοφορίας τοποθετείται αυτόματα πίσω στη δεξαμενή των αρτηριών.

Η περίοδος συγκράτησης που επιλέγεται είναι συνήθως γύρω στα 2 ή 3 δευτερόλεπτα για να επιτρέψει ακόλουθες φωνητικές μεταδόσεις χρησιμοποιώντας το ίδιο κανάλι

κυκλοφορίας. Τα σχετικά πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθεμιάς από αυτές τις μεθόδους είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 1 από κάτω.

Trunking Method	Advantages	Disadvantages
Message	<ul style="list-style-type: none"> □ Traffic channel kept open independent of radio user traffic 	<ul style="list-style-type: none"> □ Requires radio users to clear down traffic channel after use, which often results in traffic capacity being wasted if the channel is not closed down.
Transmission	<ul style="list-style-type: none"> □ Very spectrum efficient (greater number of users) for base station sites with many channels □ Does not require radio users to clear down traffic channels 	<ul style="list-style-type: none"> □ Poor GoS and message continuity on low capacity networks
Quasi-Transmission	<ul style="list-style-type: none"> □ Good spectrum efficiency independent of number of channels at base station sites □ Does not require radio users to clear down traffic channels 	<ul style="list-style-type: none"> □ Theoretically, a little less efficient in channel utilisation than transmission trunking

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Από τον Πίνακα 1 μπορεί να δει κανείς γιατί η χρήση αρτηριών στην ημιμετάδοση είναι η μέθοδος που προτιμάται για τη διαχείριση της κυκλοφορίας καναλιών από τη βιομηχανία PMR. Επίσης, οι λύσεις της ημιμετάδοσης μπορούν να δώσουν στους χρήστες ράδιο τη δυνατότητα να κλείσουν το κανάλι κυκλοφορίας καθώς και να κλείσουν αυτόματα το κανάλι κυκλοφορίας αφού περάσει η προκαθορισμένη περίοδος αδράνειας. Αρκετά συχνά, ο σχηματισμός σειράς με προτεραιότητα στον πρόσφατο χρήστη παρέχεται επίσης για να εξασφαλίσει τη συνέχεια των μηνυμάτων αν οι περίοδοι συγκράτησης λήξουν μεταξύ των μεταδόσεων.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το κανάλι ελέγχου λειτουργεί ως ένας σύνδεσμος των επικοινωνιών σηματοδότησης μεταξύ του ελεγκτή της χρήσης αρτηριών και όλων των τερματικών κινητού ραδιοφώνου που λειτουργούν στο σύστημα. Αυτό σημαίνει πως ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών γνωρίζει την ένδειξη του συστήματος σε οποιαδήποτε στιγμή στον χρόνο καθώς και την ιστορική του χρήση, που είναι αποθηκευμένη στη μνήμη του.

Για παράδειγμα, ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών γνωρίζει:

- Την ατομική και την ομαδική ταυτότητα όλων των ραδιοφωνικών τερματικών που είναι καταχωρημένες στο σύστημα
- Την ατομική ταυτότητα και τα χρονικά ραδιοφωνικά τερματικά που είναι καταχωρημένα στο σύστημα
- Την ατομική ταυτότητα και τα χρονικά ραδιοφωνικά τερματικά που δεν είναι πια καταχωρημένα στο σύστημα
- Την ατομική και την ομαδική ταυτότητα, τον χρόνο και τη διάρκεια όλων των μηνυμάτων

Με πρόσθετη ευφυΐα και στα ραδιοφωνικά τερματικά και στον ελεγκτή της χρήσης αρτηριών, τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη από την χρήση αρτηριών μπορούν να αυξηθούν ακόμη παραπάνω για να παρέχουν επιπλέον χαρακτηριστικά και ευκολίες. Για παράδειγμα, το μήκος των μηνυμάτων σηματοδότησης του καναλιού ελέγχου μπορεί να αυξηθεί κατά ένα καθορισμένο ποσό για να υποστηρίξει μια ποικιλία νέων υπηρετήσεων και ευκολιών.

Επίσης, ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών μπορεί να προγραμματιστεί για να χειρίζεται κλήσεις με μια ποικιλία τρόπων όπως απαιτείται από τον χειριστή του συστήματος. Η πρόσθετη ευφυΐα στο σύστημα τα κατασκευής αρτηριών μπορεί να παρέχει επαυξημένες υπηρετήσεις και ευκολίες, όπως εκείνες που είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 2.

Feature/Facility	Advantage	Benefit
Busy queuing with automatic call back when a channel is free	The radio user only has to initiate a call request once, knowing that even in busy periods the call will be automatically established once a traffic channel becomes free.	Less user stress and frustration when contending with other users on a busy system resulting in increased productivity and user confidence.
Priority Access	Selected radio users can be assigned different grades of service during system busy periods dependent on their operational importance. For example, front line police officers high priority, traffic wardens low priority.	Systems can be designed to be more cost effective by using lower channels. Similarly, a PAMR operator can tier their subscription fees based on grade of service requirements.
Emergency Calls	Radio users can quickly establish an emergency call even if the system is busy.	Radio user health and safety in problematic environments and overall public safety.
Individual Calls	Allows one-to-one calls such as radio terminal to terminal, fixed telephone to terminal, terminal to fixed telephone.	Increases an organisation's operational effectiveness and productivity as well as providing a degree of privacy between individual users.
Broadcast Calls	Allows permitted radio users to quickly inform everyone on the system of important information.	Increases an organisation's operational effectiveness and productivity.
Dynamic Grouping	Allows a system operator or dispatcher to dynamically assign different radio users into the same talk-group.	Allows an organisation to group together specific radio users to communicate more effectively when addressing an event or incident, thereby increasing operational efficiency.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Οι επαυξημένες υπηρετήσεις και ευκολίες που είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 2 είναι μόνο ένα μικρό δείγμα του τι μπορούν να παρέχουν τα συστήματα χρήσης αρτηριών. Όπως ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών γνωρίζει τον αληθινό χρόνο ένδειξης όλων των ραδιοφωνικών τερματικών στο σύστημα, μπορούν να δοθούν επιπλέον ευκολίες όπως:

- Σηματοδότηση ότι η πλευρά που καλείται είναι κατειλημμένη
- Αυτόματη ανάκληση της πλευράς που καλείται και που καλεί όταν δεν είναι κατειλημμένες
- Σηματοδότηση του αριθμού που δεν μπορεί να ληφθεί
- Σηματοδότηση για το κατειλημμένο σύστημα

Όταν αυτός ο ελεγκτής της χρήσης αρτηριών συνδυάζεται με την ευφυΐα

των ραδιοφωνικών τερματικών, μπορούν να δοθούν πρόσθετες υπηρεσίες σταθερού τηλεφωνικού δικτύου, συμπεριλαμβανόμενων ευκολιών όπως:

- Ένδειξη της Ταυτότητας του Χρήστη Ράδιο που Καλεί (αριθμό και/ή ψευδώνυμο)
- Ένδειξη της Ταυτότητας Ομάδας

Όλες αυτές οι πρόσθετες ευκολίες και οι υπηρετήσεις μπορούν να δοθούν από ένα μονό COMREP σε χώρο με αρτηρίες. Όταν ένα σύστημα χρήσης

αρτηριών επεκτείνεται για να περιλάβει χώρους με πολλούς σταθμούς βάσης, ο αριθμός των υπηρετήσεων και των ευκολιών αυξάνεται ακόμη περισσότερο όπως μπορεί να δει κανείς στον Πίνακα 3.

Feature/Facility	Advantage	Benefit
Cell Hand-over	Radio terminals are automatically handed over to adjacent base station sites as they move from RF coverage on one site to that of another	Maintaining communications integrity independent of a radio user's geographic location
Area Selection	The system operator can assign different geographic coverage (base station site access) to specific radio users and/or talk-groups	System capacity and loading is optimised in accordance with radio user's geographic coverage needs
Efficient Wide Area Group Call	Wide area multiple base station site group calls are only reserved on traffic channels at those base station sites where talk-group users are registered	Improved network capacity and grade of service for wide area group call support.
Preferred base station site operation	Keeps radio terminals operating on a preferred site for as long as signal quality permits	Increases system capacity and loading as multiple base station group calls are reduced

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το κανάλι ελέγχου σε ένα σύστημα χρήσης αρτηριών χρησιμοποιείται σχετικά λίγο σε σύγκριση με τα κανάλια κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων. Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η εφεδρική ικανότητα, τα συστήματα χρήσης αρτηριών είναι συνήθως σχεδιασμένα έτσι ώστε να παρέχουν μη φωνητικές υπηρετήσεις στο κανάλι ελέγχου. Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει σε λίστα ορισμένες από τις μη φωνητικές υπηρετήσεις και τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη τους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως οι μη φωνητικές επικοινωνίες δεν γίνονται ειδικά σε ένα σύστημα χρήσης αρτηριών, αλλά μπορούν επίσης να δοθούν και σε συμβατικά συστήματα PMR, παρόλο που τα συστήματα της χρήσης αρτηριών είναι καλύτερα στο να εξασφαλίζουν πως οι φωνητικές επικοινωνίες έχουν προτεραιότητα. Για εφαρμογές μη φωνητικών επικοινωνιών που απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο μετάδοσης, θα μπορούσε να εκχωρηθεί ένα κανάλι κυκλοφορίας για αυτόν τον σκοπό.

Non-Voice Service	Advantage	Benefit
Status Messaging	<ul style="list-style-type: none"> □ Regular repeated voice messages such as enroute to incident, at incident, returning to base, at base, gone to lunch, unavailable for work, available for work, etc., are replaced by a simple and very short duration coded message □ Status messages can be used for Automatic Vehicle Location (AVL) purposes 	<ul style="list-style-type: none"> □ The operational status of all users can be quickly and easily stored electronically thereby improving an organisation's operational efficiency □ Valuable voice channel resources can be saved thereby increasing a system's overall grade of service □ Knowing the location of mobile fleet members can greatly improve efficiency and reduce costs
Short Data Service	<ul style="list-style-type: none"> □ Dispatch messages containing information such as name, address, nature of work, etc., can be replaced by a short duration alphanumeric message 	<ul style="list-style-type: none"> □ An improvement in an organisation's operational efficiency □ Valuable voice channel resources can be saved thereby increasing a system's overall grade of service

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Προβλήματα που Λύθηκαν

Εξετάζοντας καθένα από τα προβλήματα λειτουργίας που εντοπίστηκαν στο Κεφάλαιο 2, «Προβλήματα που πρέπει να λυθούν», μπορεί να διαπιστωθεί στον Πίνακα 5 πώς η χρήση αρτηριών λύνει αυτά τα προβλήματα.

Conventional PMR Problem	Trunking Solution
Contention	All call requests are handled on the control channel for immediate call processing or in order of queue priority if the system is busy
Manual Switching of Channels	Automatic call hand-over takes away the need for manual channel selection
Inefficient Channel Utilisation	The automatic and dynamic assignment of a small number of communication channels shared amongst a relatively large number of users ensures an equal grade of service for all radio users on the system
Lack of Privacy	The dynamic and random allocation of channels makes it more difficult for a casual eavesdropper to monitor conversations
Radio User Abuse	Abuse is minimised as the identity of all radio users and the time and duration of messages are known and can therefore be easily traced to the abuser

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η απλότητα λειτουργίας μιας συμβατικής λειτουργίας ομάδας ομιλίας ενός «πλήρως ενημερωμένου δικτύου» PMR διατηρείται ακόμη.

Μειονεκτήματα της Χρήσης Αρτηριών

Μέχρι τώρα, έχουν υπογραμμιστεί μόνο τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη της χρήσης αρτηριών σε σχέση με ένα συμβατικό PMR. Για να εξασφαλιστεί γενική και ισορροπημένη εκτίμηση θα ωφελούσε τον αναγνώστη να καταλάβει επίσης τα κύρια μειονεκτήματα της χρήσης αρτηριών.

Σχετικά Ακριβό

Το πιο σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης αρτηριών είναι πως είναι πιο ακριβό από ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί έναν αντίστοιχο αριθμό καναλιών Ραδιοσυχνότητας και χώρων σταθμού βάσης. Αυτό συμβαίνει επειδή η ευφυΐα που χρειάζεται σε ένα σύστημα χρήσης αρτηριών απαιτεί την πρόσθετη χρήση μικροεπεξεργαστών σε τερματικά καθώς και υπολογιστές και στους ελεγκτές της χρήσης αρτηριών και στους ελεγκτές του συστήματος. Επίσης, τα προγράμματα λογισμικού που χρειάζονται για να λειτουργήσει ένα σύστημα χρήσης αρτηριών απαιτούν εκτεταμένη προσπάθεια ανάπτυξης, ένα κόστος το οποίο πρέπει να αντισταθμιστεί με την αγορά του εξοπλισμού.

Από την άλλη πλευρά, ένα δίκτυο με αρτηρίες μπορεί να υποστηρίξει ένα μεγαλύτερο αριθμό χρηστών για έναν αντίστοιχο αριθμό σταθμών βάσης, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη οικονομία για τα μεγάλα δίκτυα.

Από την άλλη πλευρά, ένα δίκτυο με αρτηρίες μπορεί να υποστηρίξει ένα μεγαλύτερο αριθμό χρηστών για ένα αντίστοιχο αριθμό σταθμών βάσης, που θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη οικονομία για τα μεγάλα δίκτυα.

Οικονομικά Ασύμφορη για Χαμηλή Ικανότητα

Εφόσον με τη χρήση αρτηριών γίνεται η αυτόματη και δυναμική εκχώρηση ενός μικρού αριθμού καναλιών επικοινωνίας που μοιράζονται μεταξύ ενός σχετικά μεγάλου αριθμού χρηστών, η χρήση αρτηριών είναι μόνο κατάλληλη για δίκτυα σχετικά μεγάλης ικανότητας που απαιτούν κατά μέσον όρο τρία ή περισσότερα κανάλια σε κάθε χώρο βασικού σταθμού. Αυτό σημαίνει πως η χρήση αρτηριών δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, και επίσης είναι πολυδάπανη για το φάσμα

συχνοτήτων, για συστήματα που υποστηρίζουν ένα σχετικά μικρό αριθμό χρηστών ράδιο.

Αυξημένη Πολυπλοκότητα

Επειδή οι μικροεπεξεργαστές και οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται σε συστήματα χρήσης αρτηριών, η μεγάλη γκάμα των ευκολιών και των υπηρετήσεων που μπορούν να είναι διαθέσιμες συχνά αυξάνουν την πολυπλοκότητα της λειτουργίας των τερματικών σε σχέση με τα συμβατικά

PMR, παρόλο που τα μειονεκτήματα λειτουργίας του συμβατικού PMR έχουν ληφθεί.

Σύνοψη του Γιατί να Χρησιμοποιούνται Αρτηρίες

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί σε αυτό το κεφάλαιο, τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη της τεχνολογίας της χρήσης αρτηριών λύνουν ουσιαστικά όλα τα προβλήματα λειτουργίας που αντιμετωπίζουν οι συμβατικοί χρήστες PMR. Εντούτοις, κατά την εκτίμηση της ανάγκης για χρήση αρτηριών, οι πιθανοί οργανισμοί χρηστών θα ήταν καλό να κάνουν μια δική τους εκτίμηση για να αποφασίσουν αν η χρήση αρτηριών ταιριάζει καλύτερα στις δικές τους απαιτήσεις λειτουργίας έναντι του χρηματικού κόστους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

❖ Γιατί Ψηφιακό;

Πρόλογος:

Αυτό είναι το τρίτο κεφάλαιο «επιστροφής στα βασικά» που δίνεται για τον αναγνώστη προκειμένου να καταλάβει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη της λειτουργίας των ψηφιακών ασύρματων επικοινωνιών σε σύγκριση με τις αναλογικές ασύρματες επικοινωνίες.

Προϊστορία

Στις μέρες μας, ουσιαστικά οτιδήποτε ηλεκτρονικό χρησιμοποιεί την ψηφιακή τεχνολογία και οι ασύρματες επικοινωνίες δεν είναι εξαίρεση. Παρόλο που οι αναλογικές επικοινωνίες FM PMR θα παραμείνουν μια πιθανή επιλογή για πολλά χρόνια, η κίνηση προς το ψηφιακό PMR ξεκίνησε σχεδόν πριν από μια δεκαετία και η τάση αυξάνεται ακόμη ραγδαία. Γιατί λοιπόν ο κόσμος των επικοινωνιών PMR κινείται από το αναλογικό προς το ψηφιακό; Ο τρόπος για να απαντηθεί αυτή η ερώτηση είναι να συγκριθούν τα σχετικά πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αναλογικού και του ψηφιακού σε σημαντικές πλευρές της απόδοσης όπως:

- Ποιότητα Φωνής
- Κάλυψη Ραδιοσυχνότητας
- Μη φωνητικές Υπηρετήσεις
- Ασφάλεια
- Κόστος

Η σύγκριση καθεμιάς από αυτές τις πλευρές θα κάνει δυνατή μια γενική εκτίμηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων.

Ποιότητα της Φωνής

Τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται γενικά για να εκτιμηθεί η ποιότητα της φωνής είναι η διαύγεια, η παραμόρφωση, ο θόρυβος και η

καθυστερήση μετάδοσης από άκρο σε άκρο. Επειδή το ψηφιακό PMR είναι ασύρματη τεχνολογία στενής ζώνης, χρησιμοποιούνται φωνητικοί κωδικογράφοι/ αποκωδικοποιητές χαμηλού ρυθμού μπιτ (κοντέκ) που λειτουργούν γύρω στα 4 κιλομπιτ για να μετατρέψουν τα φωνητικά σήματα σε έναν κώδικα για μετάδοση. Στον δέκτη, ο ψηφιακός κώδικας μεταλλάσσεται (αποκωδικοποιείται) σε μια αναπαράσταση του αρχικού φωνητικού σήματος.

Ως γενικός κανόνας, όλοι οι κώδικες θα παρέχουν φωνητικές επικοινωνίες σταθερής καλής ποιότητας σε όλη την περιοχή κάλυψης ανεξάρτητα από το σθένος του σήματος Ραδιοσυχνότητας, απλά επειδή το ψηφιακό είτε δουλεύει είτε δε δουλεύει. Μόλις ένα ψηφιακό σήμα υποστεί αλλοίωση, τέτοια όπως εκείνη που προκαλείται από σοβαρή διάλειαση της Ραδιοσυχνότητας, η ποιότητα της φωνής χειροτερεύει απότομα.

Επειδή τα φωνητικά σήματα στα ψηφιακά συστήματα μεταφράζονται σε ένα ψηφιακό κωδικοποιημένο σήμα που αντιπροσωπεύει καλύτερα το δείγμα της φωνής στον πίνακα αναφοράς κοντέκ, οι θόρυβοι που ακούγονται στο βάθος που δεν έχουν αναγνωρίσιμα φωνητικά χαρακτηριστικά ~~δεν κωδικοποιούνται συνήθως. Αυτό το φωνητικό χαρακτηριστικό κοντέκ σημαίνει πως οι ψηφιακές μεταδόσεις που χρησιμοποιούν φωνητικά κοντέκ χαμηλού ρυθμού μπιτ συχνά δεν επηρεάζονται από θορύβους που ακούγονται στο βάθος. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό μπορεί να είναι πλεονέκτημα, όπως όταν η λειτουργία γίνεται σε περιβάλλοντα με δυνατούς θορύβους.~~

Εντούτοις, σε ορισμένα σενάρια λειτουργίας η ικανότητα ενός χρήστη ράδιο που λαμβάνει να ακούει θορύβους στο βάθος που δεν είναι φωνή θεωρείται πλεονέκτημα. Καθώς αυτό είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό του κοντέκ, η πραγματική απόρριψη του θορύβου που ακούγεται στο βάθος θα ποικίλλει ανάλογα με το είδος του κοντέκ που χρησιμοποιείται. Επίσης, το πραγματικό ακουστικό σχέδιο των ραδιοφωνικών τερματικών, καθώς και των εξαρτημάτων, θα προκαλέσει διαφορές στην απόδοση ανεξάρτητα από το είδος κοντέκ που χρησιμοποιείται.

Παρόλο που δε σχετίζεται άμεσα με την απόδοση κοντέκ, ένας άλλος συντελεστής που επηρεάζει την ποιότητα της φωνής είναι τα κυκλώματα κομιστών. Σε ένα μεγάλο εθνικό δίκτυο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πολλά χμ. κυκλωμάτων κομιστών για να συνδέουν τους σταθμούς βάσης με διακόπτες καθώς και μεταξύ των διακοπών.

Σε ορισμένες χώρες χρησιμοποιούνται ακόμη κυκλώματα αναλογικών κομιστών, που σημαίνει πως οι επικοινωνίες μεταξύ των χρηστών που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση θα μπορούσαν να έχουν κακή ποιότητα φωνής που προκαλείται από τον πρόσθετο θόρυβο, τις αποκλίσεις στο πλάτος του σήματος και στην παραμόρφωση της απόκρισης συχνότητας. Όταν όλα τα κυκλώματα κομιστών είναι ψηφιακά, οι χρήστες που επικοινωνούν μεταξύ τους από αντίθετα άκρα του δικτύου θα έχουν

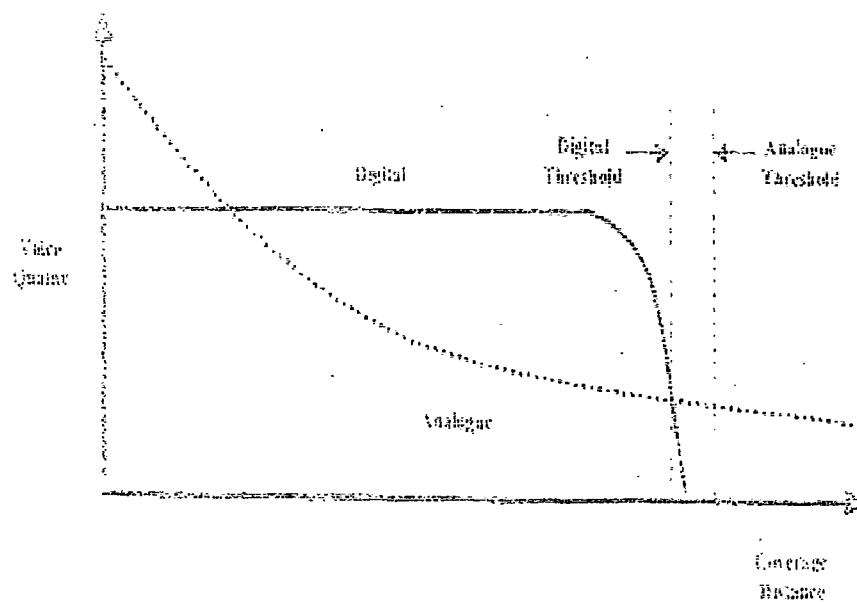
την ίδια ποιότητα ήχου που γίνεται αντιληπτή, με τους χρήστες που επικοινωνούν μεταξύ τους στον ίδιο τοπικό σταθμό βάσης.

Κάλυψη Ραδιοσυχνότητας

Ο βαθμός της κάλυψης καθορίζεται κυρίως από τη μεταδιδόμενη ισχύ Ραδιοσυχνότητας και από την ευαισθησία του δέκτη, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά διάδοσης της ραδιοσυχνότητας που χρησιμοποιείται. Υποθέτοντας πως αυτοί οι καθοριστικοί συντελεστές είναι ίδιοι μεταξύ του αναλογικού και του ψηφιακού, η διαφορά στην απόδοση της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας θα έπρεπε να είναι ελάχιστη.

Εντούτοις, ο τρόπος με τον οποίο καθορίζεται η ευαισθησία του δέκτη στο αναλογικό σύστημα είναι διαφορετικός από εκείνο για το ψηφιακό σύστημα. Για παράδειγμα, η αποδεκτή μέθοδος για τον καθορισμό της ευαισθησίας του αναλογικού δέκτη είναι το επίπεδο σήματος Ραδιοσυχνότητας που απαιτείται για να παραχθεί μια αναλογία σήματος προς θόρυβο 20 dB, ενώ με το ψηφιακό σύστημα είναι το επίπεδο σήματος Ραδιοσυχνότητας στο οποίο παρουσιάζεται ένας συγκεκριμένος Ρυθμός Σφαλμάτων σε Μπιτ (BER).

Η σχέση μεταξύ BER και απόδοσης της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας (ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα φωνής) είναι μια λειτουργία της Πρόσω Διόρθωσης Σφαλμάτων (FEC) και του αλγόριθμου της ανίχνευσης σφαλμάτων που χρησιμοποιείται για να προστατευθεί η ακεραιότητα του κοντέκ φωνής. Μια αναπαράσταση σε εικόνα που συγκρίνει την αναλογική και την ψηφιακή κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μπορεί να δει κανείς στον Χάρτη 1.



ΣΧΗΜΑ 1

Σημείωση:

Οι διαφορές που παρουσιάζονται στο Χάρτη 1 δεν είναι αντιπροσωπευτικές καμιάς συγκεκριμένης ψηφιακής τεχνολογίας και έχουν δοθεί για σκοπούς γενικής επεξήγησης μόνο.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας είναι η ικανότητα της χρησιμοποίησης κεραίας ποικιλίας χώρων σε χώρους σταθμών βάσης, η άδεια χώρου ιστού, της βελτίωσης της εντός ορίων (από το τερματικό ράδιο ως τον δέκτη του σταθμού βάσης) απόδοσης κλίμακας. Παρόλο που η ποικιλία χώρου κεραίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις αναλογικές τεχνολογίες, οι ψηφιακές ραδιοεπικοινωνίες κάνουν αυτήν την τεχνική πιο οικονομική και πρακτική.

Μη Φωνητικές Υπηρεσίες

Η μετάδοση των ψηφιακών πληροφοριών στα αναλογικά συστήματα γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας διαμόρφωση υπο-φέροντος. Για παράδειγμα, σε MPT1327 ο Σχηματισμός Αλλαγής της Γρήγορης Συχνότητας (FFSK) χρησιμοποιείται για να δοθεί ένας μικτός ρυθμός δεδομένων των 1200 μπιτ που οδηγεί σε ένα καθαρό ρυθμό δεδομένων γύρω στα 600 μπιτ μετά από μια διόρθωση σφάλματος και ανίχνευση. Ένα χαρακτηριστικό ψηφιακό σύστημα έχει ένα μικτό ρυθμό δεδομένων γύρω στα 8,000 μπιτ και ένα καθαρό ρυθμό χρήστη γύρω στα 4,800 μπιτ μετά από FEC και ανίχνευση σφαλμάτων.

Γενικά, για το ίδιο κατειλημμένο εύρος ζώνης, τα ψηφιακά συστήματα προσφέρουν μια υψηλότερη διέλευση δεδομένων απ' ό,τι τα αναλογικά συστήματα που είναι κυρίως σχεδιασμένα να φέρουν φωνητικές επικοινωνίες. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή τα ψηφιακά συστήματα είναι σχεδιασμένα μόνο για τη μετάδοση ψηφιακών πληροφοριών, που θα μπορούσαν να είναι φωνή και/ή δεδομένα, χωρίς διαφοροποίηση.

Ασφάλεια

Η καλύτερη μορφή φωνητικής ασφάλειας κατά των ωτακουστών είναι εκείνη που παρέχεται χρησιμοποιώντας ψηφιακά κωδικοποιημένους αλγορίθμους φωνητικής κρυπτογράφησης, οι οποίοι λόγω της ψηφιακής τους φύσης είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν σε αναλογικά συστήματα. Καθώς τα ψηφιακά συστήματα είναι σχεδιασμένα μόνο για τη μετάδοση ψηφιακών πληροφοριών, τα στοιχεία φωνητικών πληροφοριών αυτών των μεταδόσεων μπορούν να κρυπτογραφηθούν ψηφιακά πιο εύκολα. Μια άλλη μέθοδος για την προστασία και από ωτακουστές και την κακομεταχείριση είναι η αναγνώριση των χρηστών, η οποία είναι διαθέσιμη στα περισσότερα ψηφιακά συστήματα.

Κόστος

Το κόστος συστατικών για να κατασκευαστεί ένα αναλογικό ραδιόφωνο και ένα ψηφιακό ραδιόφωνο με την ίδια λειτουργικότητα είναι περίπου το ίδιο. Οι κύριες διαφορές που επηρεάζουν το κόστος, που δε σχετίζονται με την τεχνολογία, είναι:

- Οικονομίες της Κλίμακας
- Συναγωνισμός
- Ωριμότητα της Τεχνολογίας
- Κόστος του Κύκλου ζωής

Οικονομίες Κλίμακας

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις οικονομίες κλίμακας είναι το μέγεθος της αγοράς και πόσο καλή αρμονία υπάρχει σε εκείνη την αγορά και στην τεχνολογία και στις ζώνες συχνότητας. Για παράδειγμα, αν υπήρχε μια πολύ μεγάλη αγορά για ένα

είδος τεχνολογίας που λειτουργεί σε μια ζώνη συχνότητας παγκόσμιας αρμονίας, οι οικονομίες της κλίμακας θα ήταν πολύ μεγάλες. Αν, εντούτοις, η αγορά ήταν πολύ

μεγάλη αλλά υπήρχαν πολλές επιλογές τεχνολογίας και πολλές ζώνες συχνότητας να υποστηριχθούν, οι οικονομίες κλίμακας θα ήταν σχετικά χαμηλές.

Στην περίπτωση του αναλογικού PMR η αγορά μειώνεται σε μέγεθος αλλά εξακολουθεί να είναι πολύ μεγάλη. Εντούτοις, ο αριθμός των διαθέσιμων επιλογών αναλογικής τεχνολογίας και ο αριθμός των ζωνών συχνότητας που πρέπει να υποστηριχθούν είναι μεγάλος με αποτέλεσμα χαμηλότερες οικονομίες κλίμακας, σε σύγκριση με το ψηφιακό PMR, για το οποίο υπάρχει μεγάλη αύξηση στην αγορά προς μια εξίσου μεγάλη αγορά, αλλά με λιγότερες επιλογές τεχνολογίας και ζώνες συχνότητας. Αναμένεται πως το μέγεθος της ψηφιακής αγοράς θα ξεπεράσει σύντομα εκείνο της αναλογικής αγοράς.

Συναγωνισμός

Όσο μεγαλύτερη είναι η αγορά τόσο περισσότεροι προμηθευτές συναγωνίζονται στο εμπόριο, με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος για τον χρήστη. Στην περίπτωση του ψηφιακού συστήματος, υπάρχουν πολλοί κατασκευαστές που συναγωνίζονται ο ένας τον άλλο και αναζητούν δουλειά, κάτι που έχει συνέπεια τη σημαντική πτώση των τιμών τερματικών τα τελευταία λίγα χρόνια, μια τάση που είναι πιθανόν να συνεχιστεί καθώς η αγορά μεγαλώνει.

Στην περίπτωση του αναλογικού συστήματος, ιδιαίτερα σε τεχνολογίες όπως MPT1327, ο αριθμός των κατασκευαστών που συναγωνίζονται μεταξύ τους γίνεται μικρότερος ενώ η αγορά αρχίζει να μειώνεται. Πολλοί κατασκευαστές δεν παράγουν πια νέα αναλογικά προϊόντα καθώς χρησιμοποιούνται πόροι ανάπτυξης για ψηφιακές τεχνολογίες. Ως συνέπεια, ο αριθμός των κατασκευαστών που υπηρετούν την αναλογική αγορά θα μειωθεί καταλήγοντας σε αυξήσεις των τιμών, μέχρι να παραμείνει μόνο ένας· σε αυτό το σημείο ο τελευταίος κατασκευαστής θα έχει μια μικρή αιχμάλωτη αγορά και μπορεί να απαιτήσει όποια τιμή θέλει για τα προϊόντα μέχρι η αναλογική αγορά να εξαφανιστεί πραγματικά.

Ωριμότητα Τεχνολογίας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι περισσότεροι κατασκευαστές δεν παράγουν πλέον αναλογικά προϊόντα και τα έσοδα των πωλήσεων που έχουν ήδη λάβει από τα υπάρχοντα αναλογικά προϊόντα έχουν ήδη καλύψει τη αναπτυξιακή τους επένδυση. Αυτό σημαίνει πως οι αναλογικές πωλήσεις προϊόντων δε χρειάζεται πλέον να θεωρούνται ως ανάκτηση επενδύσεων και μπορούν επομένως να προσφέρονται σε χαμηλότερες τιμές αλλά και να δίνουν ένα αποδεκτό κέρδος.

Στην περίπτωση του ψηφιακού συστήματος, οι εξελίξεις των προϊόντων συνεχίζουν ακόμη και είναι πιθανόν να συνεχιστούν για τουλάχιστον λίγα ακόμη χρόνια μέχρι να είναι διαθέσιμος ένας πλήρης χαρτοφύλακας ευκολιών και υπηρετήσεων. Αυτό σημαίνει πως οι τιμές των προϊόντων πώλησης χρειάζεται να περιλαμβάνουν ένα σημαντικό μέρος για την επένδυση και την ανάκτηση κόστους, παρόλο που το ολικό κόστος επένδυσης συνήθως εντάσσεται σε χρεωλύσιο για τον προβεβλημένο όγκο

πωλήσεων για τα προϊόντα. Ως αποτέλεσμα, τα ψηφιακά προϊόντα είναι συνήθως πιο ακριβά από τα αναλογικά προϊόντα. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως αυτό ισχύει μόνο αν οι όγκοι πωλήσεων είναι ίδιοι και για τα ψηφιακά και για τα αναλογικά προϊόντα. Ενώ οι όγκοι των αναλογικών πωλήσεων μειώνονται το πραγματικό κόστος

κατασκευής ανά προϊόν θα αυξηθεί επειδή το σταθερό γενικό κόστος κατασκευής θα χρειάζεται να διανεμηθεί έναντι των πραγματικών όγκων των προϊόντων.

Κόστος του Κύκλου Ζωής

Χαρακτηριστικά, ένα δίκτυο PMR αναμένεται να έχει έναν κύκλο ζωής γύρω στα 15 ως 20 χρόνια πριν την αντικατάσταση. Επομένως, η επένδυση σε μια τεχνολογία που έχει μεγάλη μακροβιότητα θα περιορίσει το κόστος της αντικατάστασης του προϊόντος και/ή την επέκταση στο μέλλον.

Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο έχει αναγνωριστεί πως το ψηφιακό σύστημα, ακόμη και σήμερα, έχει πιο πολλά πλεονεκτήματα από το αναλογικό. Στο κοντινό μέλλον, σχεδόν όλα τα πλεονεκτήματα του αναλογικού συστήματος θα χαθούν με την εξαίρεση ότι το αναλογικό σύστημα θα παρουσιάζει ακόμη ελαφρώς καλύτερη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και θα παραμένει λιγότερο ακριβό από το ψηφιακό λόγω της μικρής πολυπλοκότητάς του και της ανάκτησης του αναπτυξιακού κόστους.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει σε λίστα τα σχετικά πλεονεκτήματα των ψηφιακών τεχνολογιών με αρτηρίες σε σύγκριση με τις αναλογικές.

Performance Factor	Advantage
Voice Quality	Constant throughout RF coverage area Good immunity to background noise
Non-Voice Services	High data throughput
Security	Easily adapted to support digital voice encryption

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

❖ FDMA, TDMA, και CDMA

Πρόλογος:

Αυτό είναι το τέταρτο κεφάλαιο «επιστροφής στα βασικά» που δίνεται στον αναγνώστη για κατανοήσει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της FDMA, της TDMA, και CDMA για παραδοσιακές επικοινωνίες PMR και PAMR. Οι περιοχές που καλύπτονται για σκοπούς σύγκρισης είναι:

Απόδοση Φάσματος Ραδιοσυχνότητας

Εξοπλισμός Χώρου Σταθμού Βάσης

Απόδοση Εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας

Υπηρετήσεις, Ευκολίες και Χαρακτηριστικά

Κόστος

Οι πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το κεφάλαιο θα χρησιμοποιηθούν για σκοπούς αναφοράς σε μετέπειτα κεφάλαια όταν συγκρίνονται συγκεκριμένες τεχνολογίες FDMA και TDMA.

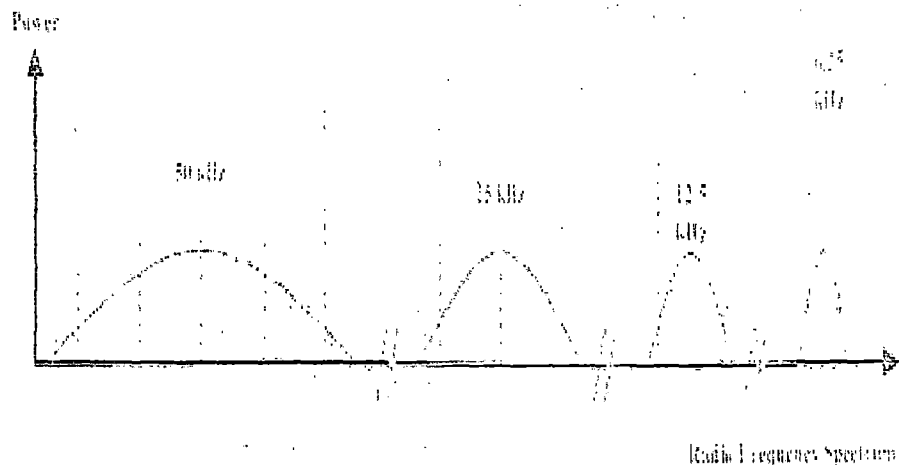
Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Συχνοτήτων (FDMA)

Η πιο κοινή και παλιότερη μέθοδος της πολλαπλής πρόσβασης ραδιοφωνικών επικοινωνιών είναι η FDMA για το παραδοσιακό PMR, παρόλο που ο αριθμός των ανεπτυγμένων τερματικών GSM της Πολλαπλής Πρόσβασης Διαίρεσης Χρόνου (TDMA) ήδη ξεπερνά την εγκατεστημένη βάση για PMR. Με την αναλογική FDMA, ένα φέρον ραδιοσυχνότητας διαμορφώνεται με το φωνητικό σήμα χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, Διαμόρφωση Πλάτους (AM) ή Διαμόρφωση Συχνότητας (FM): το FM είναι το πιο συνηθισμένο χρησιμοποιημένο μέσο διαμόρφωσης

σε συμβατικό αναλογικό PMR. Σε ψηφιακές τεχνολογίες FDMA χρησιμοποιείται μια ποικιλία μεθόδων ψηφιακής διαμόρφωσης.

Ως αποτέλεσμα της διαμόρφωσης, τα σήματα παράγονται γύρω από το φέρον ραδιοσυχνότητας, που χρειάζεται να αποδιαμορφωθεί στον ραδιοφωνικό δέκτη για να παράγει το αρχικό φωνητικό σήμα. Αυτό το διαμορφωμένο φέρον καταλαμβάνει επίσης ορισμένη ποσότητα φάσματος, που αναφέρεται συνήθως ως το εύρος ζώνης καναλιού. Η FDMA απλά ξεχωρίζει τα ξεχωριστά κανάλια χρησιμοποιώντας διαφορετικές συχνότητες φερόντων για κάθε κανάλι.

Στη δεκαετία του 50' οι ταλαντωτές αναφοράς που χρησιμοποιούνταν για να παραχθούν φέροντα ραδιοσυχνότητας ήταν σχετικά ασταθείς σε σύγκριση με τη σημερινή τεχνολογία Ραδιοσυχνότητας. Αυτό σήμαινε πως μόνο το φάσμα ραδιοσυχνότητας VHF εκχωρούνταν για να υποστηρίξει επικοινωνίες PMR και αυτό υποδιαιρούνταν σε κανάλια 50 kHz για να εμποδιστεί η παρενόχληση διπλανού καναλιού που προκαλείται από τη μετακίνηση ραδιοσυχνότητας. Καθώς αυξανόταν η ζήτηση για PMR και η τεχνολογία βελτιωνόταν, έγινε καθιερωμένη πρακτική για τους ρυθμιστές φάσματος να διαιρούν το διαθέσιμο φάσμα στα δύο, διπλασιάζοντας έτσι το ποσό των διαθέσιμων καναλιών για επικοινωνίες PMR, κάθε φορά που γινόταν αυτή η διαίρεση. Οι βελτιώσεις της τεχνολογίας και η αυξημένη σταθερότητα σήμαινε επίσης πως οι ζώνες υψηλότερης ραδιοσυχνότητας όπως η UHF θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Το διάγραμμα στο Σχήμα 1 από κάτω δείχνει πώς αυτή η διαίρεση στα δύο, ξανά και ξανά, δημιουργεί περισσότερα κανάλια επικοινωνίας PMR.



ΣΧΗΜΑ 1

Μπορεί να διαπιστωθεί πως με τη διαίρεση του φάσματος σε στενότερα κανάλια ραδιοφωνικής επικοινωνίας, η χρήση του φάσματος που εκχωρείται για επικοινωνίες

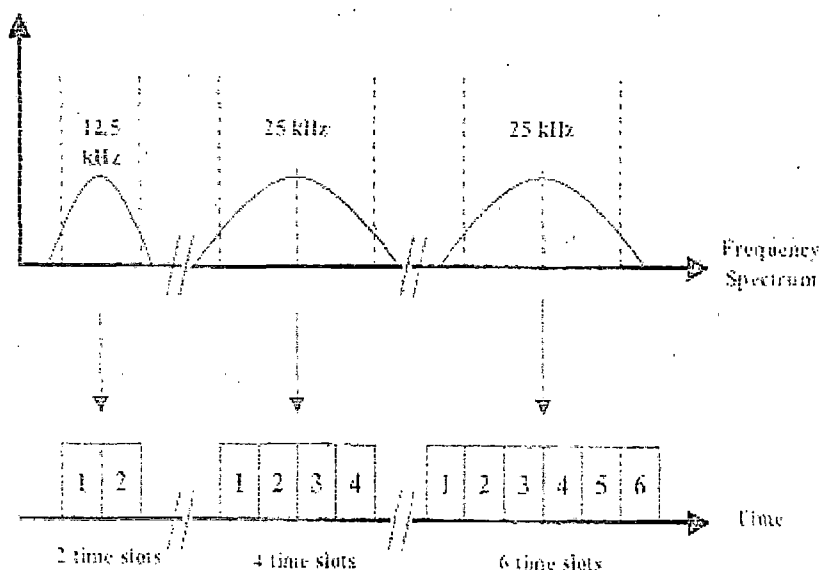
PMR μπορεί να γίνει πιο αποδοτική. Για παράδειγμα, η μετακίνηση από κανάλια των 50 kHz κάτω προς κανάλια των 6.25 kHz παρέχει μια βελτίωση 8

φορές στη χρησιμοποίηση φάσματος. Παρόλο που υπάρχουν διαθέσιμες τεχνολογίες PMR FDMA σήμερα, που μπορούν να λειτουργούν σε κανάλια των 6.25 kHz, η πιο συνηθισμένη εκχώρηση καναλιού για PMR είναι 12.5 kHz. Παρόλο που η υποδιαίρεση φάσματος FDMA φαίνεται μια ιδανική λύση για να βελτιωθεί η χρησιμοποίηση φάσματος, πρακτικά μπορεί να παρουσιαστούν προβλήματα με τη μεγιστοποίηση της χρησιμοποίησης φάσματος ως αποτέλεσμα της παρενόχλησης που προκαλείται από προϊόντα Ενδοδιαμόρφωσης (IM). Για παράδειγμα, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων φερόντων Ραδιοσυχνότητας, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα παρενόχλησης IM.

Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χρόνου(TDMA)

Η τεχνική της διαίρεσης χρόνου για την υποστήριξη ανεξάρτητων καναλιών επικοινωνίας υπήρχε για πολλά χρόνια, για παράδειγμα, Η Διαμόρφωση Κώδικα Παλμού (PCM) στο Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο με Διακόπτες (PSTN). Με τη

βελτίωση των τεχνικών ψηφιακής διαμόρφωσης η χρήση της διαίρεσης χρόνου εφαρμόστηκε στις ασύρματες επικοινωνίες στα τέλη της δεκαετίας του 80'. Η βασική αρχή της TDMA είναι να διαμορφώνει ψηφιακά ένα μονό φέρον ραδιοσυχνότητας και να αυξάνει τον αριθμό των ανεξάρτητων καναλιών επικοινωνίας χρησιμοποιώντας τη διαίρεση χρόνου του φέροντος. Το διάγραμμα στο Σχήμα 2 δείχνει μια δομή 2, 4 και 6 σχισμών χρόνου και εύρος ζώνης καναλιού για υπάρχουσες και/ή σχεδιασμένες τεχνολογίες PMR.



ΣΧΗΜΑ 2

Από το Σχήμα 2 μπορεί να δει κανείς πως κάθε κανάλι Ραδιοσυχνότητας υποδιαιρείται στον χρόνο ανάλογα με την τεχνολογία TDMA που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, στην περίπτωση TDMA δυο σχισμών χρησιμοποιείται ένα κανάλι FDMA 12.5 kHz για να υποστηρίξει δυο ανεξάρτητες διαδρομές επικοινωνίας, που παρέχει την ίδια χρησιμοποίηση φάσματος όπως ένα κανάλι επικοινωνίας FDMA των 6.25 kHz.

Στην περίπτωση TDMA 4 και 6 σχισμών χρησιμοποιείται ένα κανάλι FDMA των 25 kHz, που παρέχει την ίδια χρησιμοποίηση φάσματος όπως ένα κανάλι επικοινωνίας σχισμών FDMA των 6.25 kHz για 4 σχισμές, και λιγότερη από ότι ένα κανάλι επικοινωνίας χρησιμοποίησης για 6 σχισμές FDMA των 5 kHz. Αυτό σημαίνει ότι η θεωρητική χρησιμοποίηση φάσματος μιας TDMA 2 και 4 σχισμών είναι ίδια για επικοινωνίες PMR, ενώ οι 6 σχισμές έχουν ένα πλεονέκτημα χρησιμοποίησης φάσματος 50%.

Στην περίπτωση μιας TDMA 6 σχισμών, η χρησιμοποίηση φάσματος είναι κανονικά 6 σχισμές για επικοινωνίες ομάδας/ αποστολής και 3 σχισμές για ασύρματες επικοινωνίες τηλεφωνίας. Αυτό σημαίνει πως η πραγματική γενική χρησιμοποίηση φάσματος θα ποικίλλει ανάλογα με την αναλογία κυκλοφορίας μεταξύ της ομάδας/ αποστολής και των ασύρματων επικοινωνιών τηλεφωνίας στο σύστημα. Αυτό είναι αντίθετο με τις 2 σχισμές και τις 4 σχισμές, που δε κάνουν διάκριση μεταξύ των επικοινωνιών ομάδας/ αποστολής και τηλεφωνίας.

Πολλαπλή Πρόσβαση Διάρθρωσης Κώδικα(CDMA)

Η CDMA είναι μια τεχνική για τη χρήση διανομής και συχνοτήτων και χρόνου που απλώνεται σε ένα αφιερωμένο ποσό φάσματος συχνότητας για να υποστηρίξουν πολλά ανεξάρτητα κανάλια επικοινωνίας. Λόγω των τεχνικών του απλωμένου φάσματος και της στατικής πιθανότητας συγκρούσεων σήματος που προκαλούν παρενόχληση, η ικανότητα του καναλιού επικοινωνίας της CDMA περιορίζεται από παρενοχλήσεις.

Καθώς τα συστήματα CDMA απαιτούν εκχωρήσεις φάσματος συχνοτήτων παραπάνω από 1 MHz ανά χώρο σταθμού βάσης, η μέθοδος πρόσβασης δε θεωρείται πρακτική για τις παραδοσιακές επικοινωνίες PMR. Αυτό οφείλεται στο ότι η σχετικά μικρή ποσότητα φάσματος ραδιοσυχνότητας που έχει ήδη εκχωρηθεί και

χρησιμοποιείται για επικοινωνίες PMR πρέπει να είναι ικανή να υποστηρίξει πολλά ανεξάρτητα ιδιωτικά δίκτυα, που συχνά χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες, στο ίδιο εύρος ζώνης.

Επιπλέον, οι ζώνες διαφύλαξης που απαιτούνται μεταξύ τεχνολογιών CDMA και PMR στενής ζώνης θεωρούνται ως υπερβολικές και πολυδάπανες και επομένως είναι βασικά λάθος να τοποθετείται η CDMA στο φάσμα, ή δίπλα στο φάσμα, που χρησιμοποιείται για εφαρμογές PMR.

Εξαιτίας του μεγάλου ποσού φάσματος που απαιτείται για ένα δίκτυο CDMA, και του περιορισμένου ποσού του διαθέσιμου φάσματος σε ζώνες PMR, είναι πολύ απίθανο να μπορούν να υποστηριχθούν ανταγωνιστικά δίκτυα CDMA για εφαρμογές PAMR, αντίθετα με τη στενή ζώνη ή το TDMA. Για αυτούς τους λόγους η CDMA δεν εξετάζεται επιπλέον σε αυτό το κεφάλαιο.

Απόδοση Φάσματος Ραδιοσυχνότητας

Η απόδοση φάσματος Ραδιοσυχνότητας είναι ένας συνδυασμός τριών κύριων παραγόντων, οι οποίοι είναι το κατειλημμένο εύρος ζώνης ανά κανάλι επικοινωνίας, ο συντελεστής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας που καθορίζεται από την αναλογία προστασίας Φέροντος προς Παρενόχληση (C/I) σε ντεσιμπέλ (dB) και την τεχνολογία χρήσης αρτηριών που χρησιμοποιείται. Για σκοπούς σύγκρισης, μόνο το κατειλημμένο εύρος ζώνης (B/W) και ο συντελεστής επαναχρησιμοποίησης Συχνότητας (N) θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της σχετικής απόδοσης φάσματος.

Παραδοσιακά, η κάλυψη κλήσης σε μεγάλα δίκτυα ευρείας περιοχής προσεγγίζεται από μια εξαγωγική περιοχή κάλυψης και «N» κυψέλες που συγκεντρώνονται μαζί για να σχηματίσουν μια ομάδα. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται σε μια ομάδα ξαναχρησιμοποιούνται στην επόμενη ομάδα. Ο αριθμός των κυψελών σε μια ομάδα είναι επομένως ένα μέτρο του βαθμού της δυνατής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας και επομένως η απόδοση φάσματος μπορεί να οριστεί ως:

$$\text{Απόδοση Φάσματος} = \frac{\text{Αριθμός των Ανεξάρτητων Καναλιών Επικοινωνίας}}{\text{Κατειλημμένο Εύρος Ζώνης} \times N}$$

Η ελάχιστη απόσταση επαναχρησιμοποίησης για ένα τέλει επίπεδο έδαφος μπορεί να σχετίζεται με το C/I μέσω της ακόλουθης προσέγγισης (υποθέτοντας μια αντίστροφη σχέση διάδοσης απόστασης τέταρτης ισχύος):

$$C/I \sim 1.5 N^2$$

Υποθέτοντας πως και τα έξι κανάλια παρενόχλησης βρίσκονται στην ίδια απόσταση, το

N μπορεί να έχει μόνο ορισμένες τιμές, που είναι 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21, 27, 28, κτλ. Οι αντίστοιχες τιμές συγκαταληκτικής παρενόχλησης που παράγονται από αυτά τα σχεδιαγράμματα επαναχρησιμοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

N	3	4	7	9	12	13	16	19	21	27	28
C/I(dB)	11.3	13.8	18.7	20.8	23.3	24.0	25.8	27.3	28.2	30.4	30.7

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το C/I εξαρτάται από τη συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται και από την ευαισθησία της στην συγκαταληκτική παρενόχληση. Ως γενικός κανόνας, όσο περισσότερο σύνθετο είναι το σχέδιο διαμόρφωσης και όσο

μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μπιτ ανά Χερτζ, τόσο μεγαλύτερος πρέπει να είναι ο αριθμός C/I για να προφυλάσσει από την συγκαταληκή παρενόχληση.

Για σκοπούς σύγκρισης της απόδοσης φάσματος, έχουν χρησιμοποιηθεί οι ακόλουθοι αντιπροσωπευτικοί αριθμοί C/I που χρησιμοποιούνται για FDMA και TDMA.

FDMA 6.25 kHz:	15 dB (Σχήμα διαμόρφωσης που απαιτεί Τεχνολογία γραμμικού Ενισχυτή Ισχύος (PA) Ραδιοσυχνότητας)
FDMA 12.5 kHz:	10 dB
TDMA 2 σχισμών 12.5 kHz:	15 dB (είναι θεωρητικά πιθανόν να μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα σχέδιο διαμόρφωσης μικρής πολυπλοκότητας)
TDMA 4 σχισμών 25 kHz: γραμμική	15 dB (Σχήμα διαμόρφωσης που απαιτεί τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας)
TDMA 6 σχισμών 25 kHz: γραμμική	15 dB (Σχήμα Διαμόρφωσης που απαιτεί τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας)

Ο Πίνακας 2 από κάτω συγκρίνει τη γενική απόδοση φάσματος της FDMA με κανάλια των 6.25 και 12.5 kHz και TDMA 2, 4 και 6 σχισμών με κανάλια των 25 kHz για τους αριθμούς C/I που είναι γραμμένοι σε λίστα από πάνω, με ένα πρόσθετο περιθώριο των 10 dB για να υπάρχει προφύλαξη από τη διάλειψη στις άκρες των κυβελών. Οι αντίστοιχες τιμές «N» που προέρχονται από τον Πίνακα 1 έχουν χρησιμοποιηθεί για να καθιερωθούν ικανότητες επαναχρησιμοποίησης συχνότητας ως μέρος της σύγκρισης της γενικής φασματικής απόδοσης.

Number of independent communication channels to be supported by the base station	FDMA 6.25 kHz	FDMA 12.5 kHz	2 Slot TDMA	4 Slot TDMA	6 Slot TDMA
RF Channel BW (kHz)	6.25	12.5	12.5	25	25
Number of Communications Channels per RF Carrier	1	1	2	4	6
Equivalent Channel BW per Communication Channel (kHz)	6.25	12.5	6.25	6.25	4.16/8.33 (Note 1)
C/I (dB) Faded	25	20	25	25	20
Cell Re-use Pattern (N)	16	9	16	16	21
Spectrum Efficiency	0.010	0.009	0.010	0.010	0.011/0.006

Σημείωση 1:

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν 6 σχισμές χρόνων στα 25 kHz συχνά συνδυάζουν 2 σχισμές χρόνων για επικοινωνίες αποστολής PMR. Αυτό σημαίνει πως η γενική απόδοση φάσματος θα εξαρτάται από τον αριθμό της αποστολής ομάδας και των κλήσεων ασύρματης τηλεφωνίας που υποστηρίζονται στο δίκτυο. Οι δυο αριθμοί για την απόδοση φάσματος αντιπροσωπεύουν τις κλήσεις ομάδας/αποστολής μόνο (χαμηλότερο αντίστοιχο

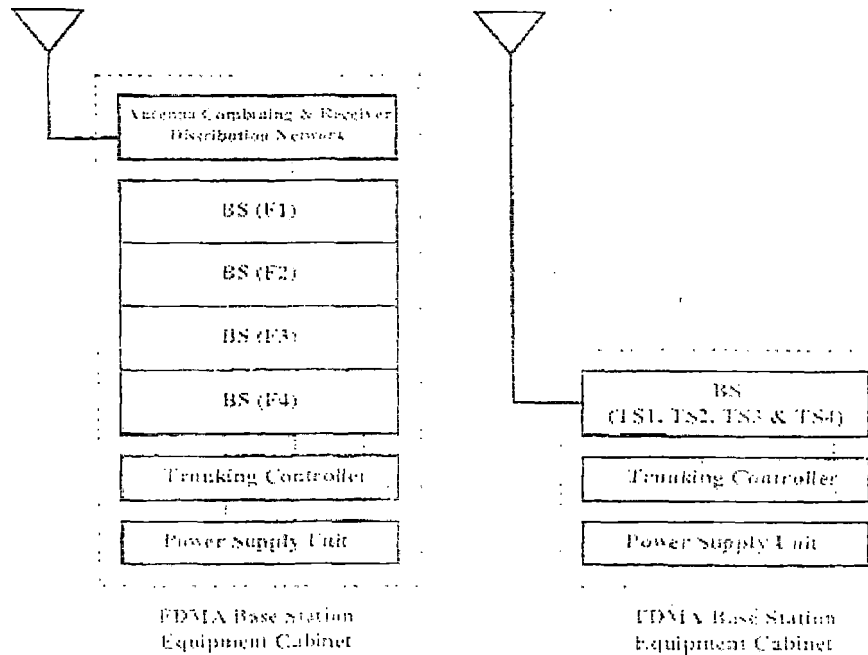
B/W ανά κανάλι) και τις κλήσεις τηλεφωνίας μόνο (υψηλότερο αντίστοιχο B/W ανά κανάλι) αντίστοιχα.

Από τον Πίνακα 2 μπορεί να δει κανείς πως μια TDMA 6 σχισμών για κλήσεις ομάδας/ αποστολής είναι το πιο αποδοτικό για το φάσμα, αλλά είναι το λιγότερο αποδοτικό για το φάσμα όταν χρησιμοποιούνται 3 σχισμές για εφαρμογές τηλεφωνίας. Είναι ενδιαφέρον πως η FDMA των 6.25 kHz, η TDMA δυο σχισμών και η TDMA 4 σχισμών έχουν την ίδια απόδοση φάσματος. Αναφορικά με τις πιο συχνά ανεπτυγμένες τεχνολογίες PMR, η TDMA 4 σχισμών είναι λίγο περισσότερο αποδοτικό από τη FDMA 12.5 kHz. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η FDMA στενής ζώνης των 6.25 kHz δεν είναι ευρέως ανεπτυγμένο και η TDMA 2 σχισμών είναι στο στάδιο σχεδιασμού. Αφού έγινε αναφορά σε αυτά, σημειώνεται ότι οι αριθμοί C/I που χρησιμοποιούνται στους πάνω υπολογισμούς είναι κατά προσέγγιση και επομένως οι δημοσιευμένοι αριθμοί C/I μαζί με οποιαδήποτε προσαρμογή στα περιθώρια διάδοσης χρειάζεται να εξεταστούν όταν συγκρίνονται συγκεκριμένες τεχνολογίες.

Εξοπλισμός Χώρου Σταθμού Βάσης

Υπάρχουν έμφυτα χαρακτηριστικά και της FDMA και της TDMA που χρειάζεται να εξεταστούν στη γενική σύγκριση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων. Για παράδειγμα, με την FDMA απαιτείται ένας πομποδέκτης σταθμού βάσης για κάθε ανεξάρτητο σύνδεσμο ραδιοφωνικής επικοινωνίας, ενώ με τη TDMA μπορεί να υποστηριχθεί παραπάνω από ένας ανεξάρτητος σύνδεσμος επικοινωνίας σε ένα μονό πομποδέκτη σταθμού βάσης. Το Σχήμα 3 από κάτω περιλαμβάνει μια διαμόρφωση FDMA του καναλιού 4 κατάλληλη για ένα COMREP με αρτηρίες και

μια αντίστοιχη διαμόρφωση σταθμού βάσης TDMA 4 σχισμών χρόνου, με την καθεμιά να παρέχει 1 κανάλι ελέγχου και 3 κανάλια κυκλοφορίας.



ΣΧΗΜΑ 3

Από τη διαμόρφωση εξοπλισμού του σταθμού βάσης στο Σχήμα 3 μπορεί να δει κανείς πως η λύση FDMA απαιτεί 4 ξεχωριστούς πομποδέκτες, ενώ η λύση TDMA απαιτεί μόνο 1 πομποδέκτη. Συνεπώς, η λύση FDMA απαιτεί ένα δίκτυο συνδυασμού κεραίας πομπού και διαχωρισμού δέκτη για να κάνει δυνατή τη λειτουργία μονής κεραίας μετάδοσης και λήψης. Επίσης, η έξοδος ισχύος Ραδιοσυχνότητας των πομπών FDMA θα πρέπει να είναι υψηλότερη για να αντισταθμίσει τις απώλειες μετάδοσης στο δίκτυο συνδυασμού της κεραίας μετάδοσης. Επειδή η TDMA 4 σχισμών ήδη υποστηρίζει τέσσερις ανεξάρτητες διαδρομές επικοινωνίας, δεν απαιτείται κανένας εξοπλισμός συνδυασμού κεραίας· έτσι εξοικονομείται χώρος καθώς και κόστος. Παρόλο που αυτό το παράδειγμα συγκρίνει μόνο τη FDMA με FDMA 4 σχισμών, τα ίδια πλεονεκτήματα εξακολουθούν να ισχύουν σε ένα μικρότερο και μεγαλύτερο βαθμό με TDMA 2 σχισμών και 6 σχισμών.

Ο Πίνακας 3 αναλύει με περισσότερες λεπτομέρειες την επίδραση που έχει η TDMA στον εξοπλισμό συνδυασμού κεραίας πομπού που απαιτείται για λειτουργία μονής κεραίας. Όπως μπορεί να δει κανείς από τον Πίνακα 3, και οι διαμορφώσεις εξοπλισμού σταθμού βάσης και FDMA και TDMA απαιτούν μια θύρα συνδυασμού κεραίας πομπού για κάθε πομποδέκτη σταθμού βάσης. Εντούτοις, για το παράδειγμα της μέγιστης ικανότητας χώρου των 32 καναλιών, η TDMA 2 σχισμών απαιτεί τις μισές θύρες συνδυασμού της κεραίας πομπού από ότι η FDMA, και η TDMA 4 σχισμών απαιτεί τον μισό αριθμό των θυρών από ότι η TDMA 2 σχισμών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η TDMA 6 σχισμών απαιτεί περίπου ένα πέμπτο των θυρών που απαιτούνται από την FDMA. Αυτή η μειωμένη απαίτηση

για τον εξοπλισμό συνδυασμού της κεραίας λήψης σημαίνει πως και ο χώρος και το κόστος μπορούν να μειωθούν στους χώρους σταθμών βάσης σε σύγκριση με την FDMA. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία όταν αναπτύσσονται

σταθμοί βάσης σε πόλεις και πολιτείες όπου οι κατάλληλοι χώροι είναι συνήθως περιορισμένοι.

Number of independent communication channels to be supported by the base station	Number of transmitter antenna combining ports required to support independent communication channels			
	FDMA	2 Slot TDMA	4 Slot TDMA	6 Slot TDMA
2 Channels	2	0	0	0
3 Channels	3	2	0	0
4 Channels	4	2	0	0
5 Channels	5	3	2	0
6 Channels	6	3	2	0
7 Channels	7	4	2	2
8 Channels	8	4	2	2
9 Channels	9	5	3	2
10 Channels	10	5	3	2
11 Channels	11	6	3	2
12 Channels	12	6	3	2
13 Channels	13	7	4	3
14 Channels	14	7	4	3
15 Channels	15	8	4	3
16 Channels	16	8	4	3
17 Channels	17	9	5	3
18 Channels	18	9	5	3
19 Channels	19	10	5	4
20 Channels	20	10	5	4
21 Channels	21	11	6	4
22 Channels	22	11	6	4
23 Channels	23	12	6	4
24 Channels	24	12	6	4
25 Channels	25	13	7	5
26 Channels	26	13	7	5
27 Channels	27	14	7	5
28 Channels	28	14	7	5
29 Channels	29	15	8	5
30 Channels	30	15	8	5
31 Channels	31	16	8	5
32 Channels	32	16	8	5

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

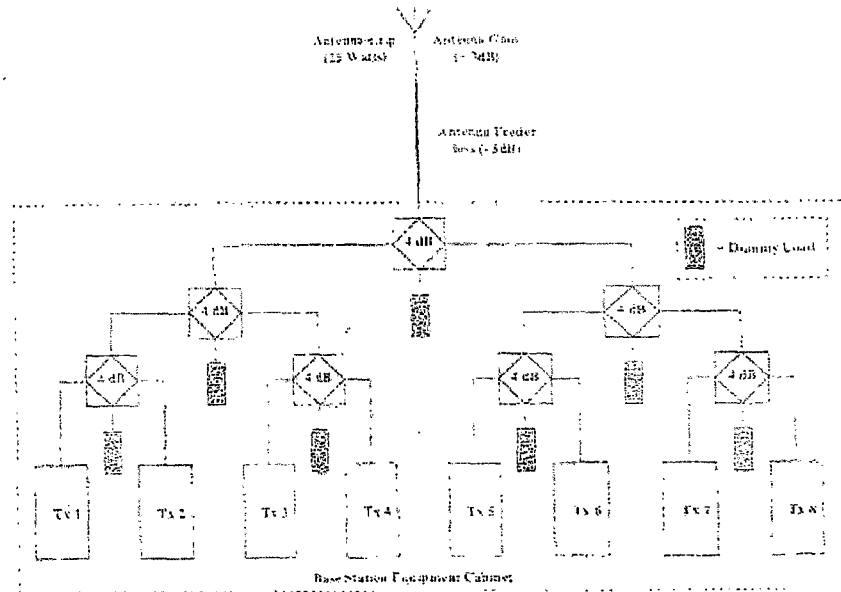
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η χρήση του εξοπλισμού συνδυασμού κεραίας πομπού εισάγει επίσης μια απώλεια μετάδοσης στη διαδρομή της κεραίας πομπού. Επομένως, αυτή η απώλεια θα χρειαστεί να αντισταθμιστεί είτε αυξάνοντας την ισχύ Ραδιοσυχνότητας των ξεχωριστών πομπών σταθμού βάσης ή χρησιμοποιώντας πιο ακριβούς τροφοδότες κεραίας χαμηλότερης απώλειας και/ή κεραίες μεγαλύτερης απολαβής. Η πραγματική απώλεια θα ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των θυρών συνδυασμού κεραίας πομπού και με το αν χρησιμοποιούνται φίλτρα κοιλωμάτων ή υβριδικές μέθοδοι συνδυασμού.

Η επιλογή μεταξύ του υβριδικού συνδυασμού ή του συνδυασμού φίλτρου κοιλώματος εξαρτάται από τις εκχωρήσεις συχνότητων. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός του φίλτρου κοιλώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν οι συχνότητες του σταθμού βάσης μπορούν να έχουν χαρακτηριστικό διάστημα μεταξύ τους 150 kHz ως 200 kHz. Αν εκχωρηθεί μια παρακείμενη ομάδα ραδιοσυχνοτήτων, τότε ο

υβριδικός συνδυασμός είναι η μόνη πρακτική λύση, εκτός από το να υπάρχει μια ξεχωριστή κεραία για κάθε σταθμό βάσης, κάτι το οποίο δεν είναι πρακτικό για τις περισσότερες κατασκευές ιστών λόγω του χώρου, της φόρτωσης και της ανάγκης να προσαρμοστούν τα σχεδιαγράμματα κάλυψης Ραδιοσυχνότητας.

Υβριδικός Συνδυασμός

Το διάγραμμα στο Σχήμα 4 δείχνει τη χρήση του υβριδικού συνδυασμού που επιτρέπει τη λειτουργία μονής κεραίας για οχτώ πομπούς σταθμού βάσης, οι οποίοι θα μπορούσαν να είναι FDMA ή TDMA.



ΣΧΗΜΑ 4

Από το Σχήμα 4 μπορεί να διαπιστωθεί πως απαιτείται μια μονή υβριδική συσκευή για να συνδυαστούν δυο πομποί, το οποίο σημαίνει πως χρειάζεται ένα σύνολο επτά υβριδικών συσκευών στο δίκτυο συνδυασμού για να επιτρέψουν τη λειτουργία μονής κεραίας. Καθώς η υβριδική συσκευή χωρίζει την ισχύ Ραδιοσυχνότητας εξίσου σε δυο κατευθύνσεις και επίσης εισάγει κάποια πρόσθετη εξασθένηση σήματος, η γενική απώλεια μέσω της υβριδικής συσκευής είναι περίπου 4 dB. Αυτό σημαίνει πως ένα σύνολο τριών υβριδικών συσκευών είναι συνδεδεμένες σειριακά μεταξύ οποίωνδήποτε από τους οχτώ πομπούς σταθμού

βάσης πριν να συνδεθούν με τον τροφοδότη της κεραίας. Ως αποτέλεσμα, εισάγεται μια γενική απώλεια μετάδοσης περίπου των 12 dB στο δίκτυο συνδυασμού.

Για να εξηγηθεί η επίδραση αυτής της απώλειας μετάδοσης, το διάγραμμα στο Σχήμα 4 έχει σχεδιαστεί για να δείξει πως η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς από την κεραία πομπού είναι 25 βατ ανά κανάλι. Η κεραία φαίνεται πως έχει μια απολαβή των 3 dB και ο τροφοδότης μια απώλεια μετάδοσης των 3 dB, που σημαίνει πως κάθε πομπός σταθμού βάσης χρειάζεται να διαβιβάζει 25 βατ ισχύος Ραδιοσυχνότητας στον συνδεδετήρα τροφοδότη κεραίας στο ερμάριο του εξοπλισμού του σταθμού βάσης.

Επομένως, η πραγματική ισχύς Ραδιοσυχνότητας που διαβιβάζεται στο δίκτυο συνδυασμού της κεραίας από κάθε πομπό σταθμού βάσης χρειάζεται να είναι 400 βατ (12 dB περισσότερο από 25 βατ). Όχι μόνο σπαταλά αυτό ενέργεια, αλλά οι πομποί των 400 βατ είναι αναμφισβήτητα μεγαλύτεροι και πιο ακριβοί από τους πομπούς των 25 βατ.

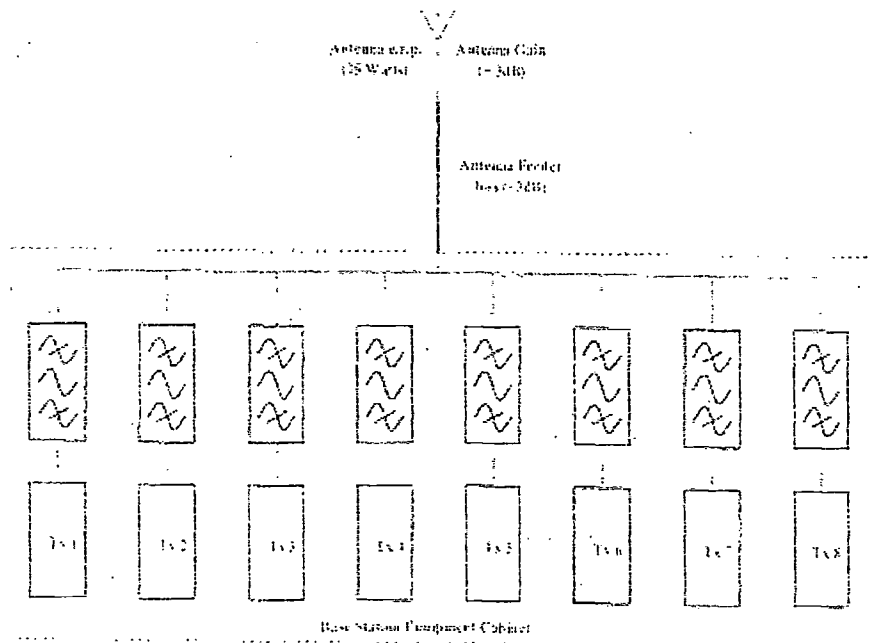
Επειδή η ισχύς Ραδιοσυχνότητας είναι αποτελεσματικά χωρισμένη σε δυο κατευθύνσεις από μια υβριδική συσκευή συνδυασμού, η μισή από την ισχύ Ραδιοσυχνότητας χρειάζεται να καταναλωθεί σε ένα εικονικό φορτίο. Κατά συνέπεια, τα εικονικά φορτία που είναι συνδεδεμένα με κάθε υβριδικό κυκλοφορητή θα χρειάζεται να καταναλώσουν 400 βατ ισχύος Ραδιοσυχνότητας, με αποτέλεσμα να δαπανηθούν 2,800 βατ ($7 * 400$ βατ) ενέργειας και να καταναλωθούν στο ερμάριο του εξοπλισμού σταθμού βάσης. Επίσης, το μέγεθος των εικονικών φορτίων καθώς και η κυκλοφορία του αέρα για την κατανάλωση της θερμότητας θα αυξήσουν τον χώρο και το κόστος. Λόγω αυτών των προβλημάτων μεγάλης ενέργειας και κατανάλωσης θερμότητας, ο υβριδικός συνδυασμός χρησιμοποιείται κανονικά μόνο για χαμηλή ικανότητα και/ή εφαρμογές του σταθμού βάσης χαμηλής Ραδιοσυχνότητας. Η πιο κοινή μορφή συνδυασμού κεραίας πομπού είναι εκείνη ενός συνδυασμού φίλτρου κοιλώματος, που παρουσιάζει λιγότερη απώλεια μετάδοσης και μπορεί να ενσωματώνει ένα μεγαλύτερο αριθμό πομπών σταθμού βάσης για τη λειτουργία χώρου σταθμού βάσης μεγάλης ικανότητας καναλιών.

Συνδυασμός Κοιλωμάτων Φίλτρου

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα φίλτρα κοιλωμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για τον συνδυασμό πομπού αν ο διαχωρισμός των συχνοτήτων μεταξύ κάθε πομπού είναι παραπάνω από 150 kHz. Με αυτό το δεδομένο, ο συνδυασμός φίλτρου κοιλώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαχωρισμούς καναλιών μικρότερους από 150 kHz αν η απόκριση συχνότητας του φίλτρου είναι πολύ στενή και προσφέρει καλή εξασθένηση στις διπλανές συχνότητες μετάδοσης του σταθμού βάσης. Δυστυχώς, τα φίλτρα υψηλής απόκρισης στενής ζώνης παρουσιάζουν μια σχετικά μεγάλη απώλεια παρεμβολής, που θα απαιτεί από το φίλτρο να καταναλώσει όποια ενέργεια παράγεται. Για αυτόν τον λόγο, το βέλτιστο διάστημα μεταξύ των φίλτρων κοιλωμάτων είναι συνήθως 250 kHz, που παρέχει μια απώλεια παρεμβολής περίπου 1.5 dB ισορροπημένο με καλή εξασθένηση διπλανού καναλιού.

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι εκείνος των εξόδων από καθένα από τα φίλτρα κοιλώματος που είναι άμεσα συνδεδεμένα μαζί παράλληλα χρησιμοποιώντας ένα «μήκος κύματος» που σχετίζεται με το μήκος τροφοδότη για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη προσαρμογή με την ελάχιστη απώλεια μετάδοσης για την καθορισμένη κλίμακα λειτουργίας των ραδιοσυχνοτήτων. Αυτή η παράλληλη σύνδεση εισάγει μια πρόσθετη απώλεια γύρω στο 1.5 dB, προκαλώντας μια συνολική απώλεια περίπου 3 dB για κάθε τροφοδοσία πομπού σταθμού βάσης. Για να εξηγηθεί η επίδραση αυτής της απώλειας μετάδοσης των 3 dB, το διάγραμμα του χώρου του σταθμού βάσης στο Σχήμα 5 έχει σχεδιαστεί για να δείξει ότι η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς από την κεραία πομπού είναι 25 βατ ανά

κανάλι. Η κεραία φαίνεται, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, πως έχει μια απολαβή 3 dB και ο τροφοδότης μια απώλεια μετάδοσης των 3 dB.



ΣΧΗΜΑ 5

Για να εξασφαλιστεί μια ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς των 25 βατ, η πραγματική ισχύς Ραδιοσυχνότητας που διαβιβάζεται στο δίκτυο συνδυασμού κεραίας από κάθε πομπό σταθμού βάσης χρειάζεται να είναι μόνο 50 βατ σε σύγκριση με τα 400 βατ που απαιτούνται από το υβριδικό δίκτυο συνδυασμού που περιγράφηκε προηγουμένως. Εντούτοις, το μεγάλο μέγεθος των φίλτρων των κοιλωμάτων μπορεί να σημαίνει πως δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος στον χώρο του σταθμού βάσης και επομένως σε κάποιες περιπτώσεις ο υβριδικός συνδυασμός μπορεί να είναι η λύση που πρέπει να προτιμηθεί.

Κατανάλωση Ενέργειας

Η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός στην κεραία του πομπού έχει επίσης μια επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας. Ο Πίνακας 4 από κάτω συγκρίνει την κατανάλωση ενέργειας των πομπών του σταθμού βάσης που απαιτείται σε ένα χώρο σταθμού βάσης οχτώ καναλιών με αρτηρίες που χρησιμοποιούν είτε τον υβριδικό συνδυασμό κεραίας πομπού είτε τον συνδυασμό κεραίας πομπού με φίλτρο κοιλωμάτων. Αυτή η σύγκριση είναι μεταξύ της FDMA και TDMA 2 σχισμών και 4 σχισμών για διαφορετικά επίπεδα φόρτωσης κυκλοφορίας χωρίς να λαμβάνονται υπόψη στοιχεία όπως οδηγητές πομπών, δέκτες, ελεγκτές αρτηριών και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

Parameters	FDMA		2 Slot TDMA		4 Slot TDMA	
	Hybrid	Cavity	Hybrid	Cavity	Hybrid	Cavity
Independent Communication Channels	8		8		8	
Number of Base Station Transmitters	8		4		2	
Effective radiated power (e.r.p.) in Watts	25		25		25	
Antenna Gain (dBi)	3		3		3	
Antenna Feeder Loss (dB)	-3		-3		-3	
Transmitter RF PA Efficiency (%)	75 (1)		75 (1)		40 (1)	
Transmitter Idle Power Consumption (W)	24		n/a		n/a	
Transmitter Antenna Combining Loss (dB)	12	3	8	3	4	3
Base Station Transmitter Output Power (W)	400	50	130	50	65	50
Total Power Consumption (W) No Traffic	701	235	693 (2)	267 (2)	325 (2)	250 (2)
Total Power Consumption (W) 50% Traffic	2,229	363	693 (2)	267 (2)	325 (2)	250 (2)
Total Power Consumption (W) 100% Traffic	4,267	533	693 (2)	267 (2)	325 (2)	250 (2)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Σημειώσεις

1. Καθώς η τεχνολογία TDMA συνήθως χρησιμοποιεί Γραμμικούς Ενισχυτές Ισχύος (PA) Ραδιοσυχνότητας η απόδοση είναι γύρω στο 40% σε σύγκριση με τους μη γραμμικούς πομπούς FDMA που είναι συνήθως κατά 75% αποδοτικοί. (υποτίθεται πως η μη γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για TDMA 2 σχισμών).
2. Ένας αριθμός του 100% του φορτώματος κυκλοφορίας χρησιμοποιείται για τη σύγκριση TDMA επειδή όλοι οι πομποί συνήθως λειτουργούν συνεχώς, ανεξάρτητα από τη φόρτωση κυκλοφορίας. Παρόλο που είναι πιθανόν να ανοιχτούν ή να κλειστούν οι πομποί TDMA δυναμικά, για να προσαρμόζουν την απαίτηση κυκλοφορίας, αυτός ο παράγοντας δεν έχει ληφθεί υπόψη.

Από τον Πίνακα 4 μπορεί να δει κανείς πως η κατανάλωση ισχύος της FDMA ξεπερνά εκείνη της TDMA όταν χρησιμοποιείται υβριδικός συνδυασμός. Ακόμη και όταν χρησιμοποιείται συνδυασμός φίλτρου κοιλωμάτων, η TDMA χρησιμοποιεί λιγότερη ισχύ, εκτός από όταν δεν υπάρχει κυκλοφορία στον χώρο και μεταδίδει μόνο ο σταθμός βάσης του καναλιού ελέγχου. Εντούτοις, χρησιμοποιώντας ένα πολύ συντηρητικό αριθμό του 50% για τη μέση φόρτωση κυκλοφορίας, η FDMA απαιτεί περίπου 40% περισσότερη ισχύ για τον συνδυασμό των φίλτρων κοιλωμάτων και 650% περισσότερο για τον υβριδικό συνδυασμό.

Αυτό σημαίνει πως εκτός από το αυξημένο κόστος ενέργειας, ο εξοπλισμός που χρειάζεται για να διαβιβάσει την απαιτούμενη επιπλέον ισχύ για FDMA είναι πιο ογκώδης και ακριβός από την TDMA. Επιπλέον, το μέγεθος και το κόστος των συστημάτων ισχύος ετοιμότητας για σταθμούς βάσης FDMA με αρτηρίες είναι μεγαλύτερο από εκείνο που απαιτείται για TDMA. Ενδιαφέρον είναι ότι το κόστος ενέργειας που συνδέεται με τα μεγάλα εθνικά δίκτυα δεν εκτιμάται πάντα και ως αποτέλεσμα σπάνια

λαμβάνεται υπόψη όταν δίνονται συμβόλαια. Εντούτοις, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η κατανάλωση ισχύος των συμβατικών σταθμών βάσης FDMA χαμηλής ικανότητας, με τη χρήση συνδυασμού κοιλωμάτων, είναι πολύ λιγότερη από ότι στην TDMA.

Αξιοπιστία:

Κοιτάζοντας κανείς το διάγραμμα του χώρου σταθμού βάσης στο Σχήμα 3 που παρουσιάστηκε προηγουμένως, μπορεί να διαπιστώσει ότι αν ο πομποδέκτης TDMA παρουσίαζε βλάβη, θα χάνονταν όλες οι επικοινωνίες, ενώ αν ένας

πομποδέκτης TDMA παρουσίαζε βλάβη, θα εξακολουθούσαν να παρέχονται επικοινωνίες, αν και με ένα μειωμένο Βαθμό Υπηρέτησης (Gos) κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων.

Για να δοθεί η ίδια έμφυτη αξιοπιστία όπως στον χώρο σταθμού βάσης FDMA, θα απαιτούνταν ένας επιπλέον πομποδέκτης TDMA σε κάθε κύρια διαμόρφωση/ διαμόρφωση ετοιμότητας χρησιμοποιώντας το ίδιο ζεύγος ραδιοσυχνότητας, ή ως μια διαμόρφωση 8 σχισμών χρόνου χρησιμοποιώντας ένα πρόσθετο ζεύγος ραδιοσυχνότητας αν το φάσμα είναι διαθέσιμο. Εντούτοις, αν χρησιμοποιείται η διαμόρφωση 8 σχισμών χρόνου, θα απαιτείται ένα δίκτυο συνδυασμού κεραίας

πομπού με 2 θύρες, που θα αυξήσει το μέγεθος και το κόστος του εξοπλισμού. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη, οι σταθμοί βάσης TDMA με μόνο 4 σχισμές χρόνου αναπτύσσονται συνήθως σε αγροτικές περιοχές χαμηλής ικανότητας, που δε προκαλούσαν προβλήματα με τη λήψη πρόσθετου φάσματος συχνότητας, ή με την επαναχρησιμοποίηση του φάσματος μέσα στο δίκτυο, ώστε ένας δεύτερος πομποδέκτης να αποκομίσει τα οφέλη μιας διαμόρφωσης 8 σχισμών χρόνου.

Απόδοση Ευβέλειας Ραδιοσυχνότητας

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της ευβέλειας Ραδιοσυχνότητας της TDMA σε σύγκριση με την FDMA, οι οποίοι είναι:

Η σχέση μεταξύ της ισχύος κορυφής και της μέσης ισχύος Ραδιοσυχνότητας

Η απόδοση που περιορίζεται από θόρυβο

Η απόδοση που περιορίζεται από παρενόχληση

Η απόδοση που περιορίζεται από τη δυνατότητα

Πρόσω διόρθωση σφαλμάτων (FEC) και ανίχνευση σφαλμάτων

Συντελεστές εδάφους

Τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας (PA)

Καθυστέρηση Διάδοσης Ελεύθερου Χώρου

Σχέση μεταξύ της ισχύος κορυφής και της μέσης ισχύος

Ραδιοσυχνότητας:

Θεωρώντας ως δεδομένη την ίδια απόδοση δέκτη και την ίδια μέση ισχύ Ραδιοσυχνότητας θα υπήρχε λίγη διαφορά στην απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας μεταξύ της TDMA και της FDMA. Ένα άλλο σημείο που πρέπει

να εξεταστεί είναι πως δεν υπάρχει διαφορά στην απόδοση εμβέλειας μεταξύ της ψηφιακής FDMA και της TDMA αν η ενέργεια ανά μπιτ είναι ίδια.

Εντούτοις, αν οι εθνικοί ρυθμιστές διευκρινίζουν την μέγιστη ενεργό ακτινοβολούμενη ισχύ σε ισχύ κορυφής για τη ραδιοφωνική μετάδοση, η θεωρητική απόδοση εμβέλειας της FDMA είναι καλύτερη από ότι της TDMA.

Απόδοση που περιορίζεται από τον θόρυβο:

Η μέγιστη απόδοση εμβέλειας επιτυγχανόταν παραδοσιακά σχεδιάζοντας δίκτυα στα όρια της απόδοσης δέκτη που κυριαρχείται από τον θόρυβο, είτε αυτός ήταν ανθρώπινος είτε συνέβαινε στον χώρο. Για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση εμβέλειας, δε θα χρησιμοποιούνταν η επαναχρησιμοποίηση των ραδιοσυχνοτήτων για μεγάλη κάλυψη δικτύου που απαιτεί χώρους πολλών σταθμών βάσης.

Κανονικά, το σχέδιο κάλυψης που περιορίζεται από τον θόρυβο χρησιμοποιείται για δίκτυα πολύ χαμηλής δυνατότητας που χρησιμοποιούν ένα χώρο μονού σταθμού βάσης ή χώρους πολλών σταθμών βάσης όταν η ανάγκη να είναι αποδοτικοί για το φάσμα δεν αποτελεί απαίτηση, για παράδειγμα, τα δίκτυα σε

απομακρυσμένες περιοχές με μικρή πυκνότητα πληθυσμού. Για αυτές τις εφαρμογές, η FDMA συνήθως παρέχει καλύτερη απόδοση εμβέλειας.

Απόδοση που περιορίζεται από την Παρενόχληση:

Για κάποια δίκτυα κάλυψης ευρείας περιοχής που απαιτούν χώρους πολλών σταθμών βάσης, η επαναχρησιμοποίηση των ραδιοσυχνοτήτων είναι απαραίτητη για να βελτιστοποιηθεί η γενική απόδοση σφάλματος. Αυτό σημαίνει πως η απόδοση κλίμακας περιορίζεται στην απόδοση Φέροντος προς Παρενόχληση (C/I) των ραδιοφωνικών δεκτών που χρησιμοποιούνται. Με άλλα λόγια, στην ικανότητα του δέκτη να αποκωδικοποιεί το επιθυμητό σήμα στην παρουσία ανεπιθύμητων σημάτων.

Όπως αναφέρθηκε στο τμήμα της απόδοσης φάσματος αυτού του κεφαλαίου, ο κύριος παράγοντας που κυριαρχεί στην απόδοση C/I ενός δέκτη είναι η πολυπλοκότητα του σχήματος διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται. Καθώς η TDMA έχει συνήθως ένα μεγαλύτερο αριθμό μπιτ ανά Χερτζ σε σύγκριση με την FDMA, τόσο μεγαλύτερος πρέπει να είναι ο αριθμός C/I για να προφυλάσσει από συγκαταληκή παρενόχληση. Εξαιτίας αυτού του μεγαλύτερου αριθμού C/I, η απόδοση της κλίμακας της TDMA είναι λιγότερη από ότι της FDMA.

Απόδοση που περιορίζεται από την Ικανότητα:

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η απόδοση εμβέλειας είναι συνήθως περιορισμένη από θόρυβο ή παρενόχληση σε δίκτυα χαμηλής ικανότητας, ενώ σε δίκτυα υψηλής ικανότητας η απόδοση της εμβέλειας περιορίζεται συνήθως από τον αριθμό των καναλιών με αρτηρίες και/ ή την ικανότητα του ραδιοφωνικού τερματικού που μπορεί να υποστηριχθεί ανά χώρο σταθμού βάσης. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε μια ίση διανομή χρηστών 20,000 ραδιοφωνικών τερματικών σε μια μεγάλη πόλη που καλύπτεται από 12 χώρους σταθμών βάσης TDMA και 10 χώρους σταθμών βάσης FDMA (πλεονέκτημα απόδοσης κλίμακας Ραδιοσυχνότητας 20% που χρησιμοποιείται για FDMA), ο αριθμός των ραδιοφωνικών τερματικών που θα υποστηριχθεί ανά χώρο σταθμού βάσης είναι:

TDMA = 1,667 Τερματικά

FDMA = 2,000 Τερματικά

Αν υποθέσουμε επίσης πως ένα κανάλι επικοινωνίας μπορεί να υποστηρίξει 52 τερματικά (αγνοώντας την απολαβή από τη χρήση αρτηριών και το κανάλι ελέγχου) για την απαιτούμενη κυκλοφορία και τον Βαθμό Υπηρέτησης (GoS), ο

αριθμός των λογικών καναλιών που απαιτούνται ανά χώρο σταθμού βάσης (θεωρώντας ως δεδομένο TDMA 4 σχισμών χρόνου) είναι:

TDMA = 32 λογικά κανάλια (8 κανάλια Ραδιοσυχνότητας)

FDMA = 38 λογικά κανάλια (38 κανάλια Ραδιοσυχνότητας)

Ο Πίνακας 5 από κάτω παρουσιάζει σε λίστα αυτούς τους αριθμούς που χρησιμοποιούνται στο παράδειγμα του δικτύου για σκοπούς αναφοράς.

Factor	FDMA	TDMA
Total Radio Terminal Population	20,000	20,000
RF Range Advantage Factor	1.2	1
Number of Base Station Sites	10	12
Number of Radio Terminals per Base Station Site	2,000	1,667
Number of Terminals per Communication Channel	52	52
Number of Logical Channels Required per Base Station Site	38	32

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Επειδή μια δυνατότητα καναλιού χώρου σταθμού βάσης PMR με αρτηρίες είναι συνήθως περιορισμένη σε ένα μέγιστο 32 καναλιών, το πλεονέκτημα της κλίμακας της FDMA έναντι της TDMA αφαιρείται αποτελεσματικά καθώς η δυνατότητα ανά χώρο σταθμού βάσης είναι τώρα ο περιοριστικός παράγοντας, ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις είναι ανάλογος με τον κατασκευαστή και δεν εξαρτάται από την τεχνολογία.

Για παράδειγμα, η λύση FDMA στον Πίνακα 5 θα απαιτούσε 2 πρόσθετους χώρους σταθμού βάσης για να παρέχει την απαιτούμενη ικανότητα, η οποία είναι ίδια με τη λύση TDMA, αφαιρώντας έτσι κάθε πλεονέκτημα της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας.

Πρόσω Διόρθωση Σφαλμάτων (FEC) και ανίχνευση σφαλμάτων:

Το επίπεδο της διάλειψης του σήματος Ραδιοσυχνότητας που προκαλείται από την πολλαπλή διαδρομή μπορεί να περιορίσει σημαντικά την απόδοση της εμβέλειας. Αυτό η διάλειψη του επιπέδου σήματος είναι πολύ προβληματική σε δίκτυα ψηφιακών επικοινωνιών επειδή τα μπιτ πληροφοριών στις ψηφιακές μεταδόσεις συχνά αλλοιώνονται προκαλώντας σφάλματα στην έξοδο του κοντέκ του δέκτη.

Για να μπορέσει να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιούνται οι αλγόριθμοι FEC και ανίχνευσης σφαλμάτων στα ψηφιακά ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών. Ο αριθμός των μπιτ που μπορεί να εκχωρηθεί για τη FEC και την ανίχνευση σφαλμάτων είναι ο αριθμός των μπιτ που απαιτούνται για αποδεκτές επικοινωνίες (καθαρός ρυθμός δεδομένων) που αφαιρείται από τον μικτό ρυθμό μπιτ που είναι διαθέσιμος στο κανάλι επικοινωνίας. Όσο πιο πολλά μπιτ είναι διαθέσιμα, τόσο πιο ισχυροί είναι οι αλγόριθμοι FEC και ανίχνευσης σφαλμάτων.

Η ισχύς αυτών των αλγορίθμων FEC και ανίχνευσης σφαλμάτων εκφράζεται από την ικανότητά τους να αντιμετωπίζουν σφάλματα σε μπιτ χωρίς να αλλοιώνουν την έξοδο του δέκτη είτε είναι φωνή είτε δεδομένα. Ο όρος που χρησιμοποιείται συχνά είναι Ο Ρυθμός Σφαλμάτων Μπιτ (BER) που εκφράζεται ως ένας αριθμός ποσοστού επί τοις εκατό για ένα συγκεκριμένο σθένος λαμβανόμενου σήματος Ραδιοσυχνότητας.

Προφανώς, όσο πιο ισχυρός είναι ο αλγόριθμος FEC και ανίχνευσης σφαλμάτων, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σφαλμάτων μπιτ που μπορεί να γίνει ανεκτός στη διαδρομή σήματος για να διατηρηθεί η αποδεκτή ποιότητα φωνής κοντέκ, αυξάνοντας έτσι την απόδοση της εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας. Η επίδραση της απόδοσης εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας που έχει αυτό στις τεχνολογίες TDMA

και FDMA καθορίζεται από τα είδος των κοντέκ και τους αλγορίθμους FEC και ανίχνευσης σφαλμάτων που χρησιμοποιούνται. Για αυτούς τους λόγους δεν είναι δυνατή μια σύγκριση των ειδών TDMA και FDMA, καθώς θα χρειάζεται να εκτιμηθούν οι ακριβείς λεπτομέρειες αυτών των στοιχείων.

Συντελεστές Εδάφους:

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην πραγματική απόδοση εμβέλειας πρακτικά είναι το είδος του εδάφους που θα καλυφθεί. Για παράδειγμα, σε ένα επίπεδο έδαφος χωρίς εμπόδια όπως μια έρημος, η απόδοση της εμβέλειας FDMA θα έτεινε να πλησιάζει τη θεωρητική της απόδοση.

Εντούτοις, σε μια πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή με πολλά μεγάλα κτίρια ή σε μια περιοχή με πολλούς λόφους και κοιλάδες, οι επιδράσεις των σκιών και των πολλαπλών διαδρομών θα ελάττωναν σημαντικά το πλεονέκτημα εμβέλειας του FDMA. Επίσης, η παρουσία του ηλεκτρικού θορύβου σε συγκεκριμένες τοποθεσίες χρειάζεται να ληφθεί υπόψη, καθώς αυτή θα περιορίσει την απόδοση της εμβέλειας. Παρόλο που έχει αναγνωριστεί σε πολύ μεγάλο βαθμό ότι η FDMA έχει ένα πλεονέκτημα εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας έναντι της TDMA για την ίδια ισχύ κορυφής, πρακτικά αυτό το πλεονέκτημα μειώνεται κατά μέσο όρο μεταξύ του 15% και 25%.

Τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος (PA) Ραδιοσυχνότητας

Οι γραμμικοί Ενισχυτές Ισχύος Ραδιοσυχνότητας χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν σε τεχνολογίες TDMA στενής ζώνης που χρησιμοποιούν σύνθετα σχέδια διαμόρφωσης, όπως εκείνα με συστατικά πλάτους και φάσης, ώστε να περιορίσουν

τα ανεπιθύμητα σήματα στα διπλανά κανάλια. Εντούτοις, αν χρησιμοποιούνται σχήματα διαμόρφωσης συνεχούς περιβάλλουσας, είναι θεωρητικά πιθανόν να χρησιμοποιηθεί μη γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας αλλά και να διατηρηθούν τα καλά χαρακτηριστικά της στενής ζώνης.

Ομοίως, αν οι προδιαγραφές για την Ισχύ Γειτονικού Καναλιού χαλαρώσουν, είναι επίσης πιθανόν να χρησιμοποιηθεί μη γραμμική τεχνολογία ενισχυτή ισχύος ραδιοσυχνότητας. Ουσιαστικά όλες οι τεχνολογίες FDMA, με την εξαίρεση των τεχνολογιών καναλιών των 6.25 kHz σε χώρο στενών ζωνών, χρησιμοποιούν μη γραμμικούς Ενισχυτές Ισχύος Ραδιοσυχνότητας.

Το μειονέκτημα της χρήσης γραμμικών Ενισχυτών Ισχύος Ραδιοσυχνότητας είναι πως είναι πολύ λίγο αποδοτικοί και δαπανούν πολλή ισχύ σε σύγκριση με τις μη γραμμικές συσκευές. Αυτή η έλλειψη απόδοσης ελαττώνει τη ζωή της μπαταρίας σε φορητά στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά που και απαιτεί καλή κατανάλωση θερμότητας σε κινητά ραδιοφωνικά τερματικά μεγαλύτερης ισχύος σε σύγκριση με συγκρίσιμα ραδιοφωνικά τερματικά FDMA. Παρόλο που οι μεταδόσεις TDMA γίνονται μόνο κατά τη διάρκεια κάθε σχισμής χρόνου, οι γραμμικοί ενισχυτές ισχύος ραδιοσυχνότητας συνήθως κρατούνται ενεργοί για να εξασφαλίσουν μέγιστη γραμμικότητα.

Ως συνέπεια του ότι χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας, οι τερματικές συσκευές συνήθως έχουν

μια μέγιστη ισχύ ραδιοσυχνότητας των 2 βατ για μεταφερόμενα στο χέρι τερματικά σε σύγκριση με τα 5 βατ για μη γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας. Ομοίως,

τα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά που χρησιμοποιούν γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας συνήθως έχουν μια μέγιστη ισχύ Ραδιοσυχνότητας των 10 βατ σε σύγκριση με τα 25 βατ για μη γραμμική τεχνολογία Ενισχυτή Ισχύος Ραδιοσυχνότητας. Αυτό σημαίνει πως οι τεχνολογίες επικοινωνίας στενής ζώνης που χρησιμοποιούν μη γραμμικούς Ενισχυτές Ισχύος Ραδιοσυχνότητας μπορούν να υποστηρίξουν εξόδους υψηλότερης Ισχύος Ραδιοσυχνότητας από εκείνες που χρησιμοποιούν γραμμικούς Ενισχυτές Ισχύος Ραδιοσυχνότητας, με αποτέλεσμα αυξημένη απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας. Με αυτό το δεδομένο, οι συσκευές μετάδοσης χαμηλότερης ισχύος γίνονται ο κανόνας για όλους τους τύπους των ασύρματων τεχνολογιών, για λόγους υγείας και ασφάλειας και Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC).

Καθυστέρηση Διάδοσης Ελεύθερου Χώρου Ραδιοσυχνότητας:

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας TDMA είναι η ανοχή των σχισμών χρόνου που επιτρέπεται για να συντηρηθεί ο συγχρονισμός σχισμών χρόνου άνω ζεύξης των ραδιοφωνικών τερματικών με ένα σταθμό βάσης. Καθώς χρειάζεται κάποιος χρόνος για να ταξιδέψουν τα ραδιοφωνικά σήματα μέσω του αέρα, υπάρχει μια καθυστέρηση μεταξύ του ραδιοφωνικού πομπού της πηγής και της συσκευής λήψης.

Λόγω καθυστέρησης της διάδοσης και στη μετάδοση του σταθμού βάσης κάτω ζεύξης και της αντίστοιχης μετάδοσης σχισμών χρόνου άνω ζεύξης κινητής ραδιοφωνικής μονάδας, ο δέκτης του σταθμού βάσης χρειάζεται να έχει ένα

παράθυρο ανοχής καθυστέρησης χρόνου για την υποδοχή των σχισμών χρόνου. Αυτό σημαίνει πως οι τεχνολογίες TDMA με χαμηλές ανοχές σχισμών χρόνου είναι πιο περιορισμένες στην απόδοση εμβέλειας από τις τεχνολογίες TDMA με υψηλές ανοχές σχισμών χρόνου. Ο Πίνακας 6 από κάτω δείχνει τις ελάχιστες ανοχές σχισμών χρόνου που απαιτούνται για διαφορετικές αποστάσεις απόδοσης εμβέλειας ραδιοσυχνότητας.

RF Range (km)	Propagation Delay (ms)	Required Downlink/Uplink Time Slot Tolerance (ms)
24	0.08	0.16
27	0.09	0.18
30	0.10	0.20
33	0.11	0.22
36	0.12	0.24
39	0.13	0.26
42	0.14	0.28
45	0.15	0.30
48	0.16	0.32
51	0.17	0.34
54	0.18	0.36
57	0.19	0.38
60	0.20	0.40

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Επειδή τα ραδιοφωνικά τερματικά FDMA δεν χρειάζεται να συγχρονιστούν με ένα σταθμό βάσης για μεταδόσεις άνω ζεύξης, η καθυστέρηση διάδοσης δε χρειάζεται να επηρεάσει την απόδοση της εμβέλειας της Ραδιοσυχνότητάς τους.

Σύνοψη της Απόδοσης Εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, η απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας της ψηφιακής ασύρματης τεχνολογίας δεν καθορίζεται μόνο από τη σχέση μεταξύ του της ισχύος πομπού Ραδιοσυχνότητας και της ευαισθησίας του δέκτη, αλλά περιλαμβάνει πολλούς άλλους παράγοντες που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη. Για αυτούς τους λόγους, δεν είναι δυνατή μια σύγκριση μεταξύ των ειδών TDMA και FDMA, καθώς θα χρειάζεται να εκτιμηθούν οι λεπτομέρειες των προδιαγραφών του C/I, της φωνητικής απόδοσης κοντέκ, της FEC και της ανίχνευσης σφαλμάτων, που σε πολλές περιπτώσεις εξαρτώνται από τον κατασκευαστή και όχι μόνο από την τεχνολογία.

Υπηρετήσεις, Ευκολίες και Χαρακτηριστικά

Ο Πίνακας 7 συγκρίνει τις έμφυτες υπηρετήσεις, τις ευκολίες και τα χαρακτηριστικά της TDMA σε σύγκριση με τη FDMA.

Services, Facilities and Features	FDMA	TDMA	Notes
Maximum Not protected Data Rate per frequency carrier (kb/s)	4.8	> 9.6	(1)
Not Data Rate in poor RF propagation conditions	Poor	Good	(2)
Bandwidth on Demand	No	Yes	(3)
Concurrent Voice + Data	No	Yes	(4)
Full Duplex Voice communications	Yes	Yes	(5)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Σημειώσεις:

1. Οι νόμοι της φυσικής περιορίζουν το μέγιστο ρυθμό δεδομένων σε ένα δεδομένο εύρος ζώνης. Θεωρώντας ως δεδομένο το ίδιο σχέδιο διαμόρφωσης, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός δεδομένων. Επειδή η TDMA χρησιμοποιεί ευρύτερα κανάλια από την FDMA, ο συνδυασμένος ρυθμός δεδομένων σε ένα μονό φέρον Ραδιοσυχνότητας είναι μεγαλύτερος.
2. Ο καθαρός ρυθμός δεδομένων στην TDMA είναι καλύτερος από την FDMA σε κακές συνθήκες διάδοσης Ραδιοσυχνότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή απαιτούνται Παρακλήσεις Αυτόματης Επανάληψης (ARQ) όταν τα λαμβανόμενα δεδομένα αλλοιώνονται ως αποτέλεσμα της διάλειψης Ραδιοσυχνότητας. Καθώς οι τερματικές συσκευές TDMA λειτουργούν αποτελεσματικά σε πλήρη διπλό τρόπο, οι Παρακλήσεις Αυτόματης Επανάληψης μπορούν να σταλούν αποτελεσματικά μετά από μετάδοση κάθε σχισμής χρόνου αν χρειαστεί. Καθώς τα τερματικά FDMA λειτουργούν κυρίως απλά (είτε για μετάδοση είτε για λήψη), κάθε σχέδιο Παράκλησης Αυτόματης Επανάληψης που χρησιμοποιείται θα απαιτεί μια διακοπή της μετάδοσης για να επιτρέψει να ληφθεί η Παράκληση Αυτόματης Επανάληψης, η οποία, ανάλογα με τον αριθμό των διακοπών που χρησιμοποιούνται, μπορεί να είναι πολύ αναποτελεσματική.
3. Στην TDMA οποιοσδήποτε αριθμός σχισμών χρόνου μέχρι το μέγιστο όριο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται μπορεί να συνδυαστεί για να αυξήσει τη διέλευση δεδομένων όπως απαιτείται για συγκεκριμένες εφαρμογές.
4. Λόγω της δομής των σχισμών χρόνου TDMA είναι πιθανό να εκχωρηθεί μια σχισμή χρόνου για να υποστηρίξει τη φωνή και η επόμενη σχισμή χρόνου για να υποστηρίξει δεδομένα σε μια μετάδοση δυο σχισμών από ραδιοφωνικά

τερματικά. Αυτή η ικανότητα επιτρέπει αποτελεσματικά σε ένα μονό ραδιοφωνικό τερματικό να μεταδίδει συγχρόνως φωνή μετάδοσης ή λήψης και δεδομένα.

5. Οι πλήρεις διπλές φωνητικές επικοινωνίες μπορούν να υποστηριχτούν από συστήματα FDMA αλλά λόγω της ανάγκης για διπλή λειτουργία το σχέδιο ραδιοφώνου πρέπει να λάβει υπόψη την προφύλαξη της Ραδιοσυχνότητας μεταξύ του πομπού και του δέκτη και επίσης να ενσωματώσει έναν διπλέκτη για να επιτρέψει τη λειτουργία μόνης κεραίας. Εξαιτίας αυτού, τα διπλά ραδιοφωνικά τερματικά είναι συνήθως πιο ογκώδη και πιο ακριβά στην παραγωγή από τα τερματικά TDMA, τα οποία δε χρειάζονται προφύλαξη Ραδιοσυχνότητας ή διπλέκτες κεραίων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερα μεταφερόμενα στο χέρι και κινητά ραδιοφωνικά τερματικά, κάνοντας τη χρήση τους λιγότερο πρακτική και στην περίπτωση των κινητών ραδιοφωνικών τερματικών πιο δύσκολο να τοποθετηθούν σε μέσα με περιορισμένο χώρο.

Σύνοψη FDMA, TDMA, και CDMA

Από τις πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το κεφάλαιο υπάρχει μια ποικιλία παραγόντων που χρειάζεται να εξεταστεί όταν εκτιμώνται τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της FDMA, της TDMA, και της CDMA.

Λόγω της μεγάλης ποσότητας φάσματος που απαιτείται για τα δίκτυα CDMA και τις συνδεδεμένες ζώνες προφύλαξης λόγω της συνύπαρξης με άλλες τεχνολογίες, είναι πολύ απίθανο τα δίκτυα CDMA να αναπτυχθούν σε ζώνες PMR, αντίθετα με τις τεχνολογίες στενής ζώνης FDMA ή CDMA, απλά λόγω της περιορισμένης ποσότητας του διαθέσιμου φάσματος. Για αυτούς τους λόγους το CDMA έχει αποκλειστεί από τη συνοπτική σύγκριση στον Πίνακα 8.

Στον Πίνακα 8 μπορεί να διαπιστωθεί πως στην TDMA έχουν δοθεί περισσότερα σημεία επαίνου (πλεονεκτημάτων) από ότι στην FDMA. Η ανάλυση των σχετικών πλεονεκτημάτων δείχνει πως η FDMA θα ήταν πιο οικονομική στην παροχή συμβατικών επικοινωνιών PMR (χωρίς αρτηρίες) χαμηλής ικανότητας επειδή το πλεονέκτημα της εμβέλειας συνδυάζεται με τη μικρή ανάγκη (αν υπάρχει κάποια) για τον εξοπλισμό της κεραίας πομπού όταν συγκρίνεται με το TDMA.

Εντούτοις, όταν απαιτείται κάλυψη υψηλής ικανότητας, από οικονομική άποψη η TDMA παρουσιάζει σημαντικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με την FDMA επειδή απαιτούνται λιγότεροι πομποδέκτες σταθμού βάσης και εξοπλισμός συνδυασμού κεραίας. Επίσης, λόγω των έμφυτων χαρακτηριστικών της TDMA, μπορούν να παρέχονται περισσότερες υπηρετήσεις και ευκολίες από την FDMA.

Assessment Factors	Advantage	
	FDMA	TDMA
Spectrum Efficiency		
Occupied bandwidth per communication channel		✓
Frequency reuse (C/I)	✓	
Base Station Equipment		
Number of Base Station Transceivers		✓
Cavity Filter Antenna Combining		✓
Hybrid Antenna Combining		✓
Equipment Size and Weight		✓
RF Range Performance		
Peak RF Power Regulation	✓	
C/I	✓	
Capacity Limitation		✓
RF Power Amplifier Technology	✓	
RF Propagation Delay Synchronisation	✓	
Services, Facilities and Features		
Data Throughput		✓
Bandwidth on Demand		✓
Concurrent Voice + Data		✓
Full Duplex voice communications		✓
Tick Totals	5	10

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Σημείωση:

Οι δυνατότητες άξιες επαίνου έχουν χρησιμοποιηθεί μόνο ως παραδείγματα και οι δυνατότητες θα είναι διαφορετικές για κάθε χρήστη ανάλογα με τη σημασία των απαιτήσεων τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

❖ Υπηρεσίες TETRA

Πρόλογος:

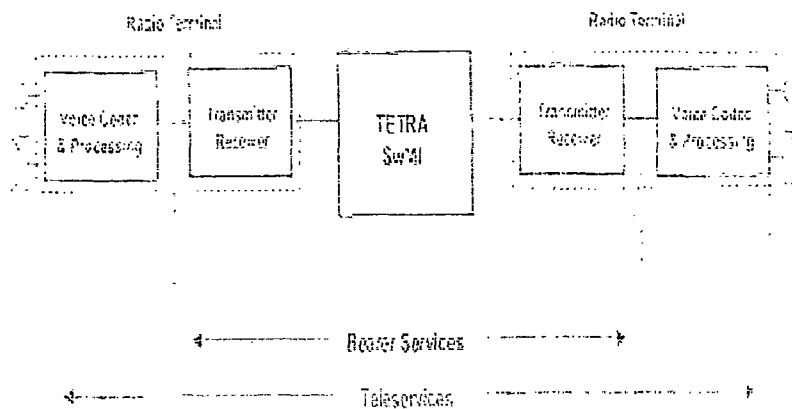
Αυτό το κεφάλαιο παρέχει λεπτομέρειες για τις υπηρεσίες που υποστηρίζονται στις πρώτες τρεις φάσεις του πρότυπου TETRA, που είναι γνωστό ως Απελευθέρωση 1 TETRA. Λεπτομέρειες αυτών των υπηρεσιών καλύπτονται σε τμήματα:

- Υπηρεσίες Κομιστή και Τηλεϋπηρεσίες
- Βασικές Υπηρεσίες
- Σημαντικές Υπηρεσίες
- Συμπληρωματικές Υπηρεσίες
- Υπηρεσίες Δεδομένων

Εκτός από αυτές τις υπηρεσίες TETRA, παρέχονται λεπτομέρειες μη καθιερωμένων υπηρεσιών και ευκολιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα δίκτυο TETRA χωρίς να γίνεται συμβιβασμός στα οφέλη ενός ανοιχτού προτύπου. Οι πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το κεφάλαιο θα χρησιμοποιηθούν επίσης για σκοπούς σύγκρισης με άλλες τεχνολογίες σε μετέπειτα κεφάλαια. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η Λειτουργία Άμεσου Τρόπου (DMO), παρόλο που ταξινομείται στις υπηρετήσεις, θα καλυφθεί σε ένα ξεχωριστό κεφάλαιο λόγω της ειδικευμένης φύσης της.

Κομιστής και Τηλεϋπηρεσίες

Χρησιμοποιώντας βασικούς όρους, το TETRA είναι μια ψηφιακή ασύρματη τεχνολογία για τη μεταφορά πληροφοριών που μπορεί να συνδυάζονται με φωνή και/ ή δεδομένα. Το Σχήμα 1 το εξηγεί με περισσότερες λεπτομέρειες.



ΣΧΗΜΑ 1

Οι υπηρεσίες κομιστών είναι συστήματα βασικής μετάδοσης ψηφιακών πληροφοριών. Οι τηλευπηρεσίες χρησιμοποιούν υπηρετήσεις κομιστών για να παρέχουν μια ποικιλία τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιων, κυρίως εκείνες που σχετίζονται με τη φωνή. Παρόλο που το διάγραμμα στο Σχήμα 1 δείχνει μόνο τα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά που συνδέονται μεταξύ τους μέσω του SwMI, οι τερματικές συσκευές μπορεί να είναι κονσόλες αποστολής ή μηχανισμός που συνδέεται μέσω ενός δικτύου PABX PTSN ISDN.

Βασικές Υπηρεσίες

Οι βασικές υπηρεσίες Φωνής και Δεδομένων (V+D) της Απελευθέρωσης 1 TETRA είναι:

Φωνή:

- Ομαδική Κλήση (συνήθως αποκαλείται «πλήρως ενημερωμένο δίκτυο» και κλήση «ομάδας ομιλίας»)
- Ατομική Κλήση (συχνά αναφέρεται ως κλήση «ενός προς ένα»)
- Αναγνωρισμένη Ομαδική Κλήση
- Κλήση Μετάδοσης
- Καθαροί ή κρυπτογραφημένοι τρόποι

Δεδομένα:

- Υπηρεσία Σύντομων Δεδομένων (SDS) μέχρι 256 ψηφιολέξεις
- Δεδομένα Τρόπου Κυκλώματος
- Δεδομένα Τρόπου Πακέτου

Σημαντικές Υπηρεσίες

Παρόλο που αυτές οι υπηρεσίες είναι συμπληρωματικές υπηρετήσεις, ήταν αρχικά στη κατηγορία των «σημαντικών» καθώς ήταν οι υπηρετήσεις που θεωρούνταν ειδικά οι πιο σημαντικές από τους παραδοσιακούς χρήστες PMR, ιδιαίτερα η Δημόσια Ασφάλεια. Οι υπηρετήσεις που θεωρούνται σημαντικές για αυτούς τους τύπους χρήστη είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 1. Έχουν γίνει ομαδοποιήσεις σε κατηγορίες και οι συντομογραφίες TETRA του Σχεδίου ETSI έχουν δοθεί για κάθε υπηρετήση.

Essential Service	Abbreviation
Simulated Conventional PMR Services	
Area Selection	AS
Discreet Listening	DL
Late Entry	LE
Already Provided on Other Technologies	
Ambience Listening	AL
Call Authorised by Dispatcher	CAD
Dynamic Group Number Assignment	DGNA
Pre-emptive Priority Call	PPC
Priority Call	PC
Overcome Identified Trunking Problem	
Access Priority	AP

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Αυτές οι υπηρετήσεις προέρχονταν από την ανάγκη να διατηρηθούν τα πλεονεκτήματα του συμβατικού PMR όταν μετακινούμαστε στην τεχνολογία της χρήσης αρτηριών, για να προστεθούν υπηρετήσεις που είναι ήδη διαθέσιμες σε άλλες τεχνολογίες και για να ξεπεραστούν προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε κάποιες αναλογικές τεχνολογίες χρήσης αρτηριών. Για παράδειγμα, η Επιλογή Περιοχής, το Διακριτικό Άκουσμα και η Καθυστερημένη Είσοδος προέκυψαν από την ανάγκη να γίνει απομίμηση της λειτουργίας των συμβατικών δικτύων PMR που δεν έχουν αρτηρίες.

Το άκουσμα του περιβάλλοντος, η Κλήση που Εγκρίνεται από τον Αποστολέα, Η Δυναμική Εκχώρηση Αριθμού Ομάδας, η Κλήση Προτεραιότητας ήταν ήδη διαθέσιμες

σε κάποιες αναλογικές συμβατικές τεχνολογίες και τεχνολογίες με αρτηρίες και θεωρούνταν σημαντικές υπηρετήσεις που έπρεπε να διατηρηθούν. Η Προτεραιότητα Πρόσβασης θεωρούνταν μια σημαντική απαίτηση για να ξεπεραστεί ένα πρόβλημα που εντοπιζόταν σε ορισμένες αναλογικές τεχνολογίες χρήσης αρτηριών.

Παρέχεται μια περιγραφή αυτών των υπηρετήσεων σε αλφαβητική σειρά ως ακολούθως.

Προτεραιότητα Πρόσβασης:

Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό διεπιφάνειας που εμποδίζει την απώλεια της ακεραιότητας του καναλιού ελέγχου κατά τη διάρκεια της υπέρμετρης δραστηριότητας παράκλησης για κλήση άνω ζεύξης, όπως όλες οι ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ένα μηχανισμό καναλιού ελέγχου έχουν ένα υλικό όριο στον αριθμό των παρακλήσεων για κλήση που μπορούν να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου.

Η προτεραιότητα πρόσβασης άνω ζεύξης ενός ραδιοφωνικού τερματικού ελέγχεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της συμφόρησης. Κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων της υπέρμετρης δραστηριότητας, οι χρήστες τερματικών χαμηλότερης προτεραιότητας εμποδίζονται δυναμικά από το να κάνουν παρακλήσεις για κλήσεις. Ακόμη και χωρίς αυτό το χαρακτηριστικό, ο μηχανισμός άνω ζεύξης του καναλιού ελέγχου του TETRA είναι εξαιρετικά ανεκτικός κατά τη διάρκεια των υπερβολικά κατειλημμένων περιόδων.

Άκουσμα Περιβάλλοντος

Ένας αποστολέας μπορεί να τοποθετήσει ένα ραδιοφωνικό τερματικό σε έναν τρόπο Ακούσματος Περιβάλλοντος χωρίς να παρέχεται κάποια ένδειξη στον χρήστη ραδιοφωνικού τερματικού. Αυτή η δράση τηλεχειρισμού επιτρέπει στον αποστολέα να ακούσει θορύβους που ακούγονται στο βάθος και συνομιλίες μέσα σε μια εμβέλεια του μικροφώνου του ραδιοφωνικού τερματικού. Αυτή είναι μια σημαντική υπηρεσία που χρησιμοποιείται από εκείνα τα άτομα που μεταφέρουν σημαντικό, πολύτιμο ή ευαίσθητο υλικό που θα μπορούσε να είναι στόχος «πειρατείας». Ομοίως, αυτή είναι μια χρήσιμη υπηρεσία που μπορεί να εφαρμοστεί σε οχήματα δημόσιων υπηρεσιών σε περίπτωση που η υγεία του οδηγού και η ασφάλεια θα μπορούσαν να βρίσκονται σε κίνδυνο. Ο αριθμός των εφαρμογών χρήστη για την υπηρεσία του Ακούσματος Περιβάλλοντος είναι μεγάλες και σε πολλές περιπτώσεις ειδικές ανάλογα με την εφαρμογή. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως πολλοί χρήστες αισθάνονται πως αυτή η υπηρεσία εισβάλλει στην προσωπική ζωή ενός ατόμου και για αυτόν τον λόγο μόνο σε χρήστες που χρειάζονται το Άκουσμα Περιβάλλοντος ως μέρος της δουλειάς του θα έπρεπε να δίνεται αυτή η υπηρεσία.

Επιλογή Περιοχής:

Αυτή η υπηρεσία ορίζει περιοχές λειτουργίας για τους χρήστες. Οι περιοχές μπορούν να επιλεγούν σε μια βάση «κλήσης με κλήση». Αυτή η υπηρεσία βασικά μιμείται την ικανότητα ενός αποστολέα να επιλέγει διαφορετικούς σταθμούς βάσης για να κάνει μια κλήση όπως ήταν πιθανό σε συμβατικά δίκτυα. Αυτή η υπηρεσία επίσης βοηθά να βελτιωθεί η φόρτωση του δικτύου και η γενική απόδοση φάσματος περιορίζοντας την περιοχή λειτουργίας για μια επιλεγμένη ομάδα κλήσεων.

Κλήση που Εγκρίνεται από τον Αποστολέα:

Ο αποστολέας εξακριβώνει τις παρακλήσεις κλήσεων πριν επιτραπεί να γίνουν οι κλήσεις. Αυτή είναι μια χρήσιμη υπηρεσία όταν χρειάζεται να διατηρηθεί η πειθαρχία του ραδιοφωνικού χρήστη. Αυτή η υπηρεσία επίσης

μειώνει την ποσότητα της ραδιοφωνικής κυκλοφορίας σε ένα δίκτυο καθώς επιτρέπονται μόνο σημαντικές κλήσεις που σχετίζονται με την εργασία. Εντούτοις, η συχνή ανάγκη για πλήρως ενημερωμένες επικοινωνίες καθαρής ομάδας μεταξύ των χρηστών τερματικών και της

καθυστερήσης χρόνου που αντιμετωπίζει κανείς εγκρίνοντας κλήσεις μπορεί να κάνει αυτήν την υπηρεσία μη αποδεκτή για κάποιους οργανισμούς χρηστών.

Διακριτικό Άκουσμα:

Ένας εγκεκριμένος χρήστης ραδιοφωνικού τερματικού μπορεί να παρακολουθήσει οποιαδήποτε επικοινωνία χωρίς να αναγνωριστεί. Αυτή είναι μια υπηρεσία που μιμείται ό,τι υπάρχει ήδη σε συμβατικά δίκτυα PMR. Για παράδειγμα, σε ένα συμβατικό δίκτυο οι περισσότεροι χρήστες κινητού ραδιοφώνου και/ ή οι αποστολείς μπορούν να επιλέξουν όποιο ραδιοφωνικό κανάλι θέλουν να παρακολουθήσουν χωρίς οι χρήστες στο ίδιο ραδιοφωνικό κανάλι να γνωρίζουν την παρουσία τους.

Δυναμική Εκχώρηση Αριθμού Ομάδας:

Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει επίσης τη δημιουργία μοναδικών ομάδων χρηστών για να αντιμετωπιστούν διαφορετικές ανάγκες επικοινωνίας και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συμμετέχοντες ομάδες σε μια κλήση σε εξέλιξη. Αυτή η υπηρεσία θεωρείται από πολλούς οργανισμούς δημόσιας ασφάλειας πως είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την οργάνωση μιας κοινής ομάδας ομιλίας για προσπίπτουσες επικοινωνίες. Για παράδειγμα, επιλεγμένοι χρήστες από την Αστυνομία, την Πυροσβεστική και τα Ασθενοφόρα θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν για να χειριστούν

ένα ιδιαίτερα επείγον περιστατικό όπου απαιτείται στενός συντονισμός μεταξύ των τριών υπηρετήσεων επειγόντων περιστατικών. Ομοίως, το DGNA θεωρείται επίσης χρήσιμο για τον χειρισμό περιστατικών από άλλους οργανισμούς χρηστών όπως τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας και τις Μεταφορές.

Καθυστερημένη Είσοδος:

Αυτή η υπηρεσία παρέχει συνεχείς ενημερώσεις κλήσεων σε εξέλιξη για να επιτρέψει σε αυτούς που ήρθαν αργά να μπουν σε ένα κανάλι επικοινωνίας. Αυτή δεν είναι μια υπηρεσία αλλά ένα χαρακτηριστικό διεπιφάνειας που επιτρέπει σε ένα ραδιοφωνικό τερματικό με αρτηρίες να συμπεριφέρεται με έναν τρόπο όμοιο με τα συμβατικά τερματικά PMR. Για παράδειγμα, αν ένας χρήστης ανοίγει το τερματικό του TETRA το κανάλι ελέγχου θα οδηγήσει αυτόματα το τερματικό του χρήστη προς μια κλήση ομάδας ομιλίας, αν μια κλήση είναι ήδη σε εξέλιξη.

Ομοίως, αν το τερματικό του χρήστη βρισκόταν έξω από τη ραδιοφωνική κάλυψη, για παράδειγμα σε ένα τούνελ, το κανάλι ελέγχου επίσης θα εκτρέψει το τερματικό του χρήστη προς μια κλήση ομάδας ομιλίας υποθέτοντας πως μια κλήση είναι ήδη σε εξέλιξη.

Κλήση Προτεραιότητας Γενόμενη εκ Προτιμήσεως:

Αυτή η υπηρεσία κλήσης, που είναι συνήθως γνωστή ως επείγουσες κλήσεις, παρέχει την μεγαλύτερη προτεραιότητα άνω ζεύξης και την πρόσβαση μεγαλύτερης προτεραιότητας σε πόρους του δικτύου. Αν ένα δίκτυο είναι κατειλημμένο, η επικοινωνία μικρότερης προτεραιότητας διακόπτεται για να αντιμετωπιστεί η επείγουσα κλήση. Αντίθετα με τις επείγουσες κλήσεις του εθνικού δικτύου που γίνονται ξεκινώντας κλήσεις στο 911, 112, ή 999 (που μπορεί επίσης να υποστηριχθεί στο TETRA) η επείγουσα κλήση TETRA μπορεί να ξεκινήσει χρησιμοποιώντας έναν ειδικό διακόπτη που βρίσκεται στο τερματικό. Η ενεργοποίηση της επείγουσας κλήσης μπορεί αυτόματα να θέσει σε επιφυλακή τους αποστολείς του χώρου συνδεόμενου

ελέγχου και άλλους χρήστες τερματικών σε εκείνη την ομάδα ομιλίας του ατόμου, αν απαιτείται.

Κλήση Προτεραιότητας:

Κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων του δικτύου, αυτή η υπηρεσία επιτρέπει πρόσβαση στους πόρους του δικτύου στη σειρά της θέσης προτεραιότητας της κλήσης του τερματικού του χρήστη. Καθώς υπάρχουν 16 επίπεδα προτεραιότητας στο TETRA, αυτή η υπηρεσία είναι πολύ χρήσιμη επειδή παρέχει διαφορετικά επίπεδα Βαθμού Υπηρετήσεως (GoS) (και δομές διατιμήσεων) κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων. Για παράδειγμα, στους αστυνομικούς της πρώτης γραμμής θα παρέχονταν τα υψηλότερα επίπεδα προτεραιότητας σε ένα δίκτυο Δημόσιας Ασφάλειας για να διατηρηθεί το υψηλότερο επίπεδο πρόσβασης υπηρετήσεως ενώ στους συνηθισμένους χρήστες θα παρέχονταν χαμηλότερα επίπεδα προτεραιότητας.

Συμπληρωματικές Υπηρετήσεις

Το TETRA επίσης υποστηρίζει ένα περιεκτικό σύνολο συμπληρωματικών υπηρετήσεων του τύπου που συχνά υποστηρίζεται σε μια σύγχρονη τηλεφωνική

επικοινωνία και σε κάποιο βαθμό σε κυψελωτά δίκτυα. Οι συμπληρωματικές υπηρετήσεις που υποστηρίζονται στην Απελευθέρωση 1 TETRA είναι γραμμένες σε κατάλογο στον Πίνακα 2 χρησιμοποιώντας ομαδοποιήσεις σε κατηγορίες μαζί με τις συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται από το Σχέδιο ETSI του TETRA.

Supplementary Service	Abbreviation
Call Indicator Services	
Calling Line Identification Presentation	CLIP
Calling/Connected Line Identification Restriction	CLIR
Connected Line Identification Present	COLP
Talking Party Identification	TPI
Telephony Call Types	
Barring of Incoming Calls	BIC
Barring of Outgoing Calls	BOC
Call Completion on No Reply	CCNR
Call Completion to Busy Subscriber	CCBS
Call Forward on no reply	CFNRy
Call Forwarding on Mobile Subscriber Not Reachable	CFNRc
Call Forwarding on Subscriber Busy	CFB
Call Forwarding Unconditional	CFU
Call Hold	CH
Call Report	CR
Call Waiting	CW
Include Call	IC
List Search Call	LSC
Short Number Addressing	SNA
Special Services	
Call Retention	CRT

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Υπηρετήσεις Ένδειξης Κλήσης:

Παρουσίαση της Αναγνώρισης της Γραμμής Κλήσης:

Η ταυτότητα μονάδας του ραδιοφωνικού τερματικού της ομάδας κλήσης επιδεικνύεται στο ραδιοφωνικό τερματικό της πλευράς που καλείται με την έναρξη μιας ατομικής κλήσης «ενός προς ένα». Αυτή η υπηρετήση μπορεί να προσαρμοστεί για να παρέχει ταυτότητες με «ψευδώνυμο». Από την πλευρά του χρήστη αυτή η υπηρετήση θεωρείται χρήσιμη, καθώς αυτοί που λαμβάνουν την κλήση γνωρίζουν αυτόματα ποιος καλεί, κάτι το οποίο ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να διώξει την ανάγκη να δηλώσουν την ταυτότητά τους αυτοί που καλούν μέσω της φωνής, ελαττώνοντας έτσι τον χρόνο στον αέρα. Αυτή η υπηρετήση από τη χρήση της βοηθά να ελαττωθεί η κακή χρήση και η κακομεταχείριση από τους χρήστες ράδιο, καθώς η ταυτότητα του ραδιοφώνου τους είναι γνωστή. Επίσης, αυτός που λαμβάνει την κλήση, γνωρίζοντας την ταυτότητα αυτού που καλεί, μπορεί αν θέλει να αγνοήσει την κλήση και να μην απαντήσει.

Περιορισμός Αναγνώρισης Γραμμής Κλήσης/ Συνδεδεμένης:

Ο χρήστης ραδιοφωνικού τερματικού μπορεί να εμποδίσει να φανεί η τερματική του ταυτότητα σε ραδιοφωνικά τερματικά που καλούνται. Παρόλο

που αυτή η υπηρετήση χρησιμοποιείται συχνά στο PTSN, η χρήση του στο TETRA για εφαρμογές PMR αναμένεται να είναι χαμηλή.

Παρούσα Αναγνώριση Γραμμής Κλήσης:

Αυτή η υπηρετήση παρέχει την ταυτότητα του ραδιοφωνικού τερματικού που καλείται στην επίδειξη του ραδιοφωνικού τερματικού κλήσης. Αυτή είχε αναπτυχθεί αρχικά για τους χρήστες όταν ο συνδεδεμένος αριθμός διαφέρει από τον αριθμό που

καλείται, για παράδειγμα, λόγω προώθησης κλήσης. Αυτό είναι χρήσιμο για να υπενθυμίζει στους χρήστες ποιους καλούν.

Αναγνώρισης της Πλευράς που Μιλά:

Η ταυτότητα του ραδιοφωνικού τερματικού που μεταδίδει σε μια ομαδική κλήση επιδεικνύεται αυτόματα σε όλα τα άλλα ραδιοφωνικά τερματικά που λαμβάνουν την ομαδική κλήση. Όπως το CLIP, η Αναγνώριση της Πλευράς που Μιλά μπορεί να ελαττώσει τον χρόνο στον αέρα και επίσης να βοηθήσει να μειωθεί η κακή χρήση και η κακομεταχείριση από τους χρήστες ράδιο στο δίκτυο.

Είδη Κλήσης Τηλεφωνίας:

Αποκλεισμός των Εξερχόμενων Κλήσεων:

Αυτή η υπηρετήση επιτρέπει στον διαχειριστή του δικτύου να αποκλείσει τις εξερχόμενες κλήσεις από μια λίστα ραδιοφωνικών τερματικών ταυτοτήτων που «καθορίζονται από τον χρήστη». Αναμένεται πως αυτή η υπηρετήση θα χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς PMR για να εμποδιστούν επιλεγμένοι χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών να κάνουν ιδιωτικές κλήσεις, ιδιαίτερα διεθνείς κλήσεις, μέσω του PTSN και επίσης να εμποδίσει να γίνουν κλήσεις σε επιλεγμένους χρήστες ράδιο στο δίκτυο.

Αποκλεισμός Εισερχόμενων Κλήσεων:

Όπως και με το BOC, ο αποκλεισμός των εισερχόμενων κλήσεων από μια λίστα ταυτοτήτων ραδιοφωνικών τερματικών που «καθορίζονται από τον χρήστη» θα δώσει τη δυνατότητα σε ένα διαχειριστή δικτύου να εμποδίσει να γίνουν επιλεγμένες κλήσεις σε συγκεκριμένους αποστολείς και/ ή σε χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών.

Ολοκλήρωση της Κλήσης Χωρίς Απάντηση:

Με αυτήν την υπηρεσία, ο χρήστης του ραδιοφωνικού τερματικού κλήσης θα ανακληθεί όταν ο επιθυμητός χρήστης ραδιοφωνικού τερματικού γίνει ενεργός στο δίκτυο. Για παράδειγμα, αν η πλευρά που καλείται, για οποιονδήποτε λόγο δεν απαντά στο τηλέφωνο, το δίκτυο αυτόματα θα «ψάξει» τότε αυτός ο χρήστης θα κάνει μια κλήση. Μόλις αυτή η δραστηριότητα ανιχνευτεί και ο χρήστης ολοκληρώσει αυτή την κλήση, θα κανονιστεί μια κλήση μεταξύ της πλευράς που καλεί και της πλευράς που καλείται που τώρα είναι ενεργή.

Ολοκλήρωση Κλήσης σε Κατειλημμένο Συνδρομητή:

Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει μια κλήση σε ένα κατειλημμένο ραδιοφωνικό τερματικό να τοποθετηθεί σε σειρά αναμονής μέχρι το ραδιοφωνικό τερματικό που καλείται να μην είναι πια κατειλημμένο, στο οποίο σημείο θα ξεκινήσει η κλήση στην σειρά αναμονής.

Πρώθηση Κλήσης όταν δεν υπάρχει απάντηση:

Με αυτήν την υπηρεσία η κλήση χρήστη ραδιοφωνικού τερματικού προωθείται σε μια άλλη ταυτότητα ραδιοφωνικού τερματικού όταν δεν μπορεί να υπάρξει επαφή με το ραδιοφωνικό τερματικό που καλείται, για παράδειγμα, σε κάλυψη εκτός ραδιοφώνου.

Πρώθηση Κλήσης όταν ο Συνδρομητής είναι Κατειλημμένος:

Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει στις κλήσεις των χρηστών ραδιοφωνικών τερματικών να προωθηθούν σε μια άλλη ταυτότητα ραδιοφωνικού τερματικού όταν είναι απασχολημένοι με μια κλήση. Αυτή θεωρείται μια χρήσιμη υπηρεσία όταν αυτός ο χρήστης ραδιοφώνου είναι μέρος μιας ομάδας που εκτελεί τις ίδιες εργασίες στην ίδια τοποθεσία.

Πρώθηση Κλήσης Χωρίς Όρους:

Αυτό επιτρέπει σε ένα χρήστη ραδιοφωνικού τερματικού να προωθήσει τις κλήσεις του σε μια άλλη ταυτότητα ραδιοφωνικού τερματικού, ανεξάρτητα από το αν το ραδιοφωνικό τερματικό είναι κατειλημμένο, δεν απαντά, δεν είναι στο δίκτυο ή δεν μπορεί να προσεγγιστεί. Αυτό είναι χρήσιμο για εκείνο το προσωπικό που,

για παράδειγμα, χρειάζεται να ταξιδέψει προσωρινά σε ένα άλλο όχημα που είναι ήδη εξοπλισμένο με ένα κινητό ραδιοφωνικό τερματικό.

Έλεγχος Κλήσης:

Με αυτήν την υπηρεσία ένας χρήστης μπορεί να διακόψει μια υπάρχουσα κλήση, να χειριστεί μια άλλη κλήση και να στηρίξει ξανά την αρχική κλήση αν χρειαστεί.

Αναφορά Κλήσης:

Αυτή επιτρέπει στην ταυτότητα ενός ραδιοφωνικού τερματικού κλήσης να αφηθεί με ένα κατειλημμένο ραδιοφωνικό τερματικό. Μόλις ο χρήστης του ραδιοφωνικού τερματικού που καλείται είναι ελεύθερος, μπορεί να καλέσει το άτομο που έκανε την κλήση.

Αναμονή Κλήσης:

Αυτή ενημερώνει ένα χρήστη κατειλημμένου ραδιοφωνικού τερματικού για μια εισερχόμενη κλήση που περιμένει να συνδεθεί.

Κλήση Ενσωμάτωσης:

Αυτή επιτρέπει σε ένα χρήστη ραδιοφωνικού τερματικού να ενσωματώσει έναν άλλο χρήστη ραδιοφωνικού τερματικού σε μια υπάρχουσα κλήση. Αυτό επίσης επιτρέπει σε έναν χρήστη να ενσωματωθεί σε μια ομαδική κλήση στην οποία κανονικά δεν είναι μέλος.

Κλήση Αναζήτησης σε Κατάλογο:

Όταν εφαρμόζεται, μια εισερχόμενη κλήση μπορεί να τοποθετηθεί σε σειρά μέσα σε μια λίστα «καθορισμένη από τον χρήστη» ταυτοτήτων κονσόλας τερματικών και/ ή αποστολέα, μέχρι να απαντηθεί η κλήση. Αυτή η υπηρεσία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για να εξασφαλίζει πως μια εισερχόμενη κλήση πάντα απαντάται.

Ονομασία Σύντομου Αριθμού:

Αυτή η υπηρεσία είναι βασικά η ευκολία που εκτελεί κλήσεις σύντομων αριθμών από το πληκτρολόγιο ή τη λίστα χρήστη σε ένα ραδιοφωνικό τερματικό και χρησιμοποιείται συχνά σε όλα τα είδη δικτύων επικοινωνίας.

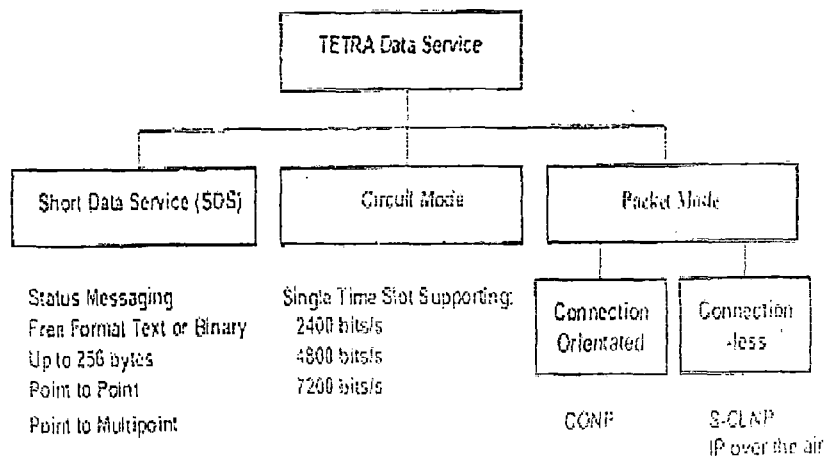
Διατήρηση Κλήσης:

Αυτή η υπηρετηση προστατεύει επιλεγμένους χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών από το να διωχτούν από το δίκτυο ως αποτέλεσμα των γενόμενων εκ προτιμώσεως κλήσεων (επείγοντων κλήσεων) κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων. Όταν υποστηρίζονται επείγουσες κλήσεις σε ένα δίκτυο, είναι σημαντικό σε ένα μόνο μικρό αριθμό χρηστών ραδιοφωνικών τερματικών να παρέχεται αυτή η ευκολία έτσι ώστε να μην χαθεί ο στόχος της διατήρησης σημαντικών κλήσεων κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων.

Υπηρετήσεις Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι βασικές υπηρετήσεις δεδομένων του TETRA περιλαμβάνουν μια Υπηρετηση Σύντομων Δεδομένων (SDS), μια υπηρετηση τρόπου κυκλώματος και μια υπηρετηση τρόπου πακέτου. Παρόλο που είναι ταξινομημένες ως βασικές, αυτές οι υπηρετήσεις παρέχουν ένα περιεκτικό σύνολο υπηρετήσεων δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια μεγάλη ποικιλία

εφαρμογών. Παρόλο που το TETRA είναι μια τεχνολογία PMR στενής ζώνης, ο μικτός του ρυθμός μπιτ των 36 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο σημαίνει πως οι καθαροί ρυθμοί δεδομένων μέχρι και 28.8 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο μπορούν να υποστηριχτούν για κάποιες μη φωνητικές εφαρμογές. Το Σχήμα 2 δείχνει τις διαθέσιμες υπηρετήσεις δεδομένων σε μια Απελευθέρωση 1 TETRA.



ΣΧΗΜΑ 2

Υπηρετηση Σύντομων Δεδομένων (SDS):

Η Υπηρετηση Σύντομων Δεδομένων μπορεί να παρέχει μέχρι και 256 ψηφιολέξεις δεδομένων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές ενδεικτικών μηνυμάτων και κειμένων ελεύθερης μορφής σε διαμορφώσεις ρύθμισης κλήσεων είτε «από σύνδεση σε σύνδεση» είτε «από σύνδεση σε πολλαπλή σύνδεση». Εξαιτίας της σχετικά μικρής διάρκειας κάθε μηνύματος δεδομένων, αυτή η υπηρετηση υποστηρίζεται στη σχισμή χρόνου του καναλιού ελέγχου TETRA. Για βελτιωμένη απόδοση, υποστηρίζονται τέσσερα είδη

μεταφοράς δεδομένων, τα οποία είναι 16 μπιτ, 32 μπιτ, 64 μπιτ, και 2,039 μπιτ (256 ψηφιολέξεις).

Υπηρεσία Δεδομένων Τρόπου Κυκλώματος:

Η υπηρεσία δεδομένων τρόπου κυκλώματος για το TETRA παρέχει τρία επίπεδα προστασίας των ρυθμών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα κανάλι επικοινωνίας μονής «σχισμής χρόνου». Αυτά είναι ένας πολύ προστατευμένος ρυθμός δεδομένων των 2400 μπιτ/δευτερόλεπτο, ένας προστατευμένος ρυθμός δεδομένων των 4800 μπιτ/δευτερόλεπτο και ένα μη προστατευμένος ρυθμός δεδομένων των 7200 μπιτ/δευτερόλεπτο. Η χρήση της λέξης «προστατευμένος» σημαίνει την προστασία από δεδομένα που αλλοιώνονται από τον θόρυβο και τη διάλειψη της πολλαπλής διαδρομής, που συχνά αντιμετωπίζει κανείς σε ένα περιβάλλον κινητού ραδιοφώνου.

Αυτά τα είδη προστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν υποστήριξη των εφαρμογών όπου η υψηλή ακρίβεια των λαμβανόμενων δεδομένων είναι πολύ σημαντική, για παράδειγμα στις συναλλαγές με εμπορικές κάρτες, ως και εκείνες όπου η απώλεια κάποιων δεδομένων μπορεί να μην είναι τόσο σημαντική, για παράδειγμα, σε αργή εξερεύνηση εικόνας.

Υπηρεσία Δεδομένων Τρόπου Πακέτου:

Το TETRA υποστηρίζει επίσης τη μεταφορά πληροφοριών χρησιμοποιώντας δεδομένα σε πακέτο σε διαμορφώσεις είτε «Προσανατολισμένες σε Σύνδεση» είτε «Χωρίς Σύνδεση». Με τις προσανατολισμένες σε σύνδεση διαμορφώσεις, τα δεδομένα δε στέλνονται μέχρι να δημιουργηθεί μια σύνδεση μεταξύ των πλευρών αποστολής και λήψης, όπως και με τον τρόπο κυκλώματος. Με τις διαμορφώσεις χωρίς σύνδεση, η

πλευρά αποστολής στέλνει τις πληροφορίες δεδομένων πριν να δημιουργηθεί ένας σύνδεσμος μεταξύ των πλευρών λήψης, και εξαρτάται από το δίκτυο η προώθηση των δεδομένων όταν είναι διαθέσιμοι οι πόροι επικοινωνίας.

Δεδομένα Πολλών Σχισμών:

Για να αυξηθεί ο ρυθμός δεδομένων και οι ικανότητες εφαρμογής του TETRA, οι πολλές σχισμές χρόνου μπορούν να συνδυαστούν μαζί για να μεταφέρουν δεδομένα μέσω του αέρα. Ο Πίνακας 3 δείχνει την ελαστικότητα του ρυθμού δεδομένων που μπορούν να δίνουν οι πολλές σχισμές.

Number of 'Time Slots'	Data Rate (bits)		
	Highly Protected	Protected	Not Protected
1	2400	4800	7200
2	4800	9600	14400
3	7200	14400	21600
4	9600	19200	28800

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Μη Τυποποιημένες Υπηρεσίες:

Επειδή το πρότυπο TETRA δεν ορίζει τις διεπιφάνειες που σχετίζονται με τον έλεγχο του ραδιοφωνικού σταθμού βάσης, οι κοινότητες αποστολέα τηλεχειρισμού και τα συστήματα διαχείρισης δικτύου, οι κατασκευαστές των TETRA έχουν την ελευθερία να προσθέτουν άλλες υπηρετήσεις και ευκολίες στις προσφορές των προϊόντων τους. Αυτές οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε δεν επηρεάζονται τα οφέλη ενός ανοιχτού προτύπου. Μερικά παραδείγματα αυτών των υπηρετήσεων και των ευκολιών είναι:

- Προσθήκη Κοινότητας
- Συγχώνευση Ομάδας Ομιλίας
- Χρήση Αρτηριών σε Τοπικό Χώρο
- Δυναμική Εκχώρηση Χώρου
- Δυναμική Εκχώρηση Χρήστη

Προσθήκη Κοινότητας:

Αυτή η υπηρεσία παρέχεται σε κοινότητες ελέγχου για να επιτραπεί σε έναν αποστολέα να διασταυρώσει με το χέρι επικοινωνίες μεταξύ ενός χρήστη ράδιο TETRA (ή ομάδας χρηστών ράδιο) και ένα άλλο κανάλι επικοινωνίας. Για παράδειγμα, αυτή η υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει την μετακίνηση από το αναλογικό σύστημα στο ψηφιακό σύστημα προσθέτοντας αναλογικά κανάλια σε ομάδες ομιλίας TETRA όταν χρειαστεί. Ομοίως, αυτή η υπηρεσία μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για να διευκολυνθεί μια τηλεφωνική ενδοσύνδεση μεταξύ ενός χρήστη ράδιο και του PTSN, όταν ένας αποστολέας χρειάζεται να περιορίσει και/ ή να χειριστεί τηλεφωνικές κλήσεις προς και από το δίκτυο TETRA.

Συγχώνευση Ομάδας Ομιλίας:

Αυτή είναι μια υπηρεσία κοινότητας ελέγχου όμοια με την προσθήκη κοινότητας, που επιτρέπει σε έναν αποστολέα να επιλέξει με το χέρι και να

συγχωνεύσει διαφορετικές ομάδες ομιλίας μαζί ως μια ομάδα ομιλίας. Παρόλο που δεν είναι αποδοτική για το φάσμα (υπάρχει ξεχωριστό κανάλι για κάθε ομάδα ομιλίας), αυτή η υπηρετήση παρέχει λύση για σύντομες τυχαίες επικοινωνίες όταν χρειάζεται να συντονιστούν δραστηριότητες μεταξύ διαφορετικών οργανισμών χρηστών. Μια άλλη χρήση είναι οι ανακοινώσεις εκπομπών σύντομης διάρκειας από τον αποστολέα, που γίνονται δυνατές με τη συγχώνευση των διαδρομών μετάδοσης κάτω ζεύξης πολλών ομάδων ομιλίας.

Χρήση Αρτηριών σε Τοπικό Χώρο:

Η χρήση αρτηριών σε τοπικό χώρο είναι μια υπηρετήση του σταθμού βάσης που διατηρεί επικοινωνίες με αρτηρίες στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας του χώρου του Σταθμού Βάσης, αν, για παράδειγμα, παρουσιαστεί βλάβη στο κύκλωμα κομιστή μεταξύ του χώρου του σταθμού βάσης και του Εξοπλισμού Κεντρικού Δικτύου.

Δυναμική Εκχώρηση Χώρου:

Βασικά, αυτή η υπηρετήση είναι μια ευκολία του δικτύου που χρησιμοποιείται για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κλήσεων ομάδων ομιλίας πολλαπλού χώρου ευρείας περιοχής. Για παράδειγμα, το δίκτυο γνωρίζει πάντοτε ποιοι χρήστες έχουν καταχωρηθεί σε καθένα από τους χώρους σταθμού βάσης. Αρκετά συχνά κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων μια κλήση ομάδας ομιλίας ευρείας περιοχής δεν μπορεί να προχωρήσει αμέσως επειδή οι πόροι των καναλιών κυκλοφορίας μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι σε έναν ή περισσότερους χώρους που χρησιμοποιούνται για να υπηρετήσουν αυτή τη συγκεκριμένη ομάδα ομιλίας.

Αντί να τοποθετηθεί μια κλήση ομάδας ομιλίας σε μια σειρά μέχρι οι πόροι να είναι διαθέσιμοι, λαμβάνεται μια απόφαση από το δίκτυο να προχωρήσει η κλήση στους χώρους των σταθμών βάσης που έχουν διαθέσιμους πόρους καναλιών κυκλοφορίας, με την προϋπόθεση ότι μπορεί να υπηρετηθεί ένας προκαθορισμένος αριθμός χρηστών σε εκείνη την ομάδα ομιλίας. Αυτή η υπηρετήση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μεγάλες ομάδες ομιλίας που μπορούν να κατανεμηθούν σε μια ευρεία περιοχή.

Δυναμική Εκχώρηση Χρήστη:

Αυτή η υπηρετήση είναι όμοια με μια εκχώρηση δυναμικού χώρου με την εξαίρεση ότι τα κριτήρια απόφασης μέσα στο δίκτυο ορίζονται από την ταυτότητα συγκεκριμένων χρηστών μέσα στην ομάδα ομιλίας στόχου που πρέπει να περιληφθούν σε όλες τις κλήσεις των ομάδων ομιλίας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως εκτός από τις εξειδικευμένες υπηρετήσεις που ήδη αναφέρθηκαν, κάθε κατασκευαστής TETRA έχει τη δική του ομάδα υπηρετήσεων και ευκολιών για τη διαχείριση και βελτιστοποίηση ενός δικτύου που επαυξάνουν την απόδοση του TETRA χωρίς να επηρεάζονται αρνητικά τα πλεονεκτήματα ενός ανοικτού προτύπου. Το ίδιο μπορεί να υποστηριχτεί αναφορικά με άλλες εξειδικευμένες υπηρετήσεις και ευκολίες που προσφέρονται ως μέρος του εξοπλισμού κονσόλας του κέντρου ελέγχου και/ή των συστημάτων.

Εντούτοις, ο αριθμός και το είδος των εξειδικευμένων υπηρετήσεων θα είναι διαφορετικά μεταξύ των κατασκευαστών TETRA και των ονομάτων που χρησιμοποιούνται για να περιγραφούν αυτές οι υπηρετήσεις μπορεί επίσης να είναι διαφορετικά, παρόλο που η υπηρετήση που παρέχεται προσφέρει τα ίδια οφέλη λειτουργίας.

Σύνοψη των Υπηρετήσεων TETRA

Δεν υπάρχει αμφιβολία πως ένας περιεκτικός κατάλογος των υπηρετήσεων που υποστηρίζονται από το πρότυπο Απελευθέρωσης 1 TETRA δίνει τη δυνατότητα στο

TETRA να καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία αναγκών οργάνωσης του παραδοσιακού χρήστη PMR. Επίσης, για να επαυξηθούν επιπλέον οι ικανότητες του TETRA, οι κατασκευαστές έχουν ένα σύνολο εξειδικευμένων υπηρετήσεων και ευκολιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Με αυτό το δεδομένο, υπάρχει μια διαφορά μεταξύ του τι υποστηρίζεται στο πρότυπο TETRA και τι μπορεί να δοθεί από τους ξεχωριστούς κατασκευαστές TETRA. Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό πιθανοί οργανισμοί χρηστών να υποστηρίξουν ποιες υπηρετήσεις και ευκολίες είναι στον τρέχοντα χρόνο διαθέσιμες καθώς και εκείνες τις υπηρετήσεις που έχουν πάγια σχέδια ανάπτυξης για διαβίβαση στο κοντινό μέλλον.

Επίσης, πρέπει να ληφθεί μέριμνα από τους οργανισμούς χρηστών για να εξασφαλιστεί πως με τις εξειδικευμένες υπηρετήσεις που προσφέρονται δε γίνεται συμβιβασμός αναφορικά με τα οφέλη του ανοιχτού προτύπου TETRA.

Από τις υπηρετήσεις που ήδη αναφέρθηκαν, η πιο σημαντική πλευρά του TETRA είναι ότι ενσωματώνει την ασύρματη τηλεφωνία, τις παραδοσιακές υπηρετήσεις φωνητικής αποστολής και επικοινωνιών δεδομένων σε ένα δίκτυο. Αυτή η ευκολία των συνδυασμένων υπηρετήσεων επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα ραδιοφωνικό τερματικό για όλες τις υπηρετήσεις, αντί να υποχρεώνονται οι χρήστες ράδιο να χρησιμοποιούν πολλαπλά ραδιοφωνικά τερματικά.

Σημειώσεις Υπεράσπισης του TETRA:

- 1. Το TETRA ενσωματώνει την αποστολή φωνής, την τηλεφωνία δεδομένων και την ασύρματη τηλεφωνία σε ένα δίκτυο επικοινωνιών.**
- 2. Οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες του TETRA ήταν ειδικά επιλεγμένες για να καλύπτουν τις παραδοσιακές απαιτήσεις του χρήστη PMR καθώς και εκείνες που αναμένεται να υπάρχουν στο μέλλον.**
- 3. Οι επιλεγμένες υπηρετήσεις και οι ευκολίες επιλέχθηκαν για να παρέχουν τα οφέλη λειτουργίας του συμβατικού PMR χωρίς αρτηρίες ενώ λειτουργούν σε ένα δίκτυο με αρτηρίες.**
- 4. Παρόλο που το TETRA παρέχει ένα περιεκτικό χαρτοφύλακα υπηρετήσεων και ευκολιών, αυτές μπορούν να επαυξηθούν**

Επιπλέον από ειδικές υπηρετήσεις και ευκολίες ανάλογα με τον κατασκευαστή, με τις οποίες δε γίνεται συμβιβασμός των πλεονεκτημάτων ενός ανοικτού προτύπου.

Κεφάλαιο 6°

❖ Λειτουργία Άμεσου Τρόπου TETRA (DMO)

Πρόλογος:

Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει την απαίτηση χρήστη για DMO, τις υπηρετήσεις και τις ευκολίες που παρέχονται και τις επιλογές διαμόρφωσης που

είναι διαθέσιμες για να γίνουν συγκεκριμένες εφαρμογές του χρήστη. Παρέχονται επίσης περιγραφές των δομών των σχισμών χρόνου TDMA που χρησιμοποιούνται για κάθε διαμόρφωση DMO και τα σχετικά τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επιπλέον, ερευνώνται με λεπτομέρεια οι πιο σημαντικές πλευρές της απόδοσης DMO.

DMO

Η Λειτουργία Άμεσου Τρόπου (DMO) είναι ο όρος που χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία TETRA για να περιγραφεί η ικανότητα των ραδιοφωνικών τερματικών TETRA να επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους, όπως τα «Γουόκι- Τόκι», ανεξάρτητα από τη λειτουργία του δικτύου του Τρόπου με Αρτηρίες (TMO). Η DMO δεν είναι καινούρια και ήταν μια ευκολία υποχρεωτική και χρησιμοποιούνταν από πολλούς παραδοσιακούς οργανισμών χρηστών PMR για πολλές δεκαετίες. Ο κύριος λόγος της απαίτησης της DMO προήλθε από την ανάγκη να εξισορροπηθεί η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας, ο Βαθμός Υπηρετήσης (GoS) και η αξιοπιστία ενός δικτύου με εκείνη του γενικού κόστους του δικτύου. Παρέχεται μια λεπτομερής εξήγηση αυτών των οδηγών κόστους (οικονομικών) στο κείμενο από κάτω.

Τα Οικονομικά της Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας

Όπως θα αναφερθεί στο Κεφάλαιο 17, «η Απαίτηση του Χρήστη», οι επικοινωνίες απαιτούνται κυρίως μεταξύ προσωπικού που είτε κινείται (λειτουργεί στο πεδίο) ή είναι στάσιμο (που βρίσκεται στο γραφείο, το σπίτι, και/

ή το δωμάτιο ελέγχου). Αυτό σημαίνει πως το προσωπικό λειτουργίας στο πεδίο θα μπορούσε να βρίσκεται σε οχήματα ή να προχωρά με τα πόδια. Επομένως, για να εξασφαλιστούν επαρκείς επικοινωνίες με το προσωπικό λειτουργίας στο πεδίο, η Λειτουργία Τρόπου με Αρτηρίες (TMO) θα έπρεπε να είναι σχεδιασμένη

έτσι ώστε να παρέχει κάλυψη από άτομο σε άτομο (μεταφερόμενη στο χέρι) σε όλη την περιοχή λειτουργίας.

Σε περιοχές κάλυψης όπου ο πληθυσμός των χρηστών ράδιο είναι σχετικά υψηλός, όπως σε πόλεις, μεγάλα αεροδρόμια και βιομηχανικά συγκροτήματα, το οικονομικό κόστος της παροχής γενικής κάλυψης μεταφερόμενης στο χέρι μπορεί κανονικά να δικαιολογηθεί καθώς το κόστος ανά χρήστη είναι σχετικά χαμηλό. Εντούτοις, όταν ο πληθυσμός των χρηστών ράδιο είναι σχετικά μικρός, όπως σε αγροτικές περιοχές, το κόστος της παροχής κάλυψης μεταφερόμενης στο χέρι ανά χρήστη είναι σχετικά υψηλό.

Σε περιοχές μικρών πληθυσμών, οι οργανισμοί χρηστών συνήθως σχεδιάζουν τα δίκτυά τους ΤΜΟ για να παρέχουν μόνο κάλυψη για οχήματα που είναι

εξοπλισμένα με κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Επειδή τα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά που μεταφέρονται σε οχήματα είναι ικανά να παρέχουν υψηλότερη ισχύ ραδιοσυχνότητας και έχουν βελτιωμένη απόδοση κεραίας σε σύγκριση με μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά χαμηλότερης ισχύος Ραδιοσυχνότητας που φοριούνται στο σώμα, ο αριθμός των χώρων σταθμών βάσης που απαιτείται για να παρέχουν την κάλυψη κινητού ραδιοφώνου μειώνεται σημαντικά, καταλήγοντας σε βελτίωση στα οικονομικά του δικτύου. Εντούτοις, ως αποτέλεσμα αυτής της συναλλαγής στην κάλυψη, απαιτείται κάποιο μέσο

διατήρησης των επικοινωνιών όταν το προσωπικό του πεδίου φεύγει από τα οχήματά του.

Επιπλέον, η κάλυψη από την ΤΜΟ δεν παρέχεται συνήθως σε μη κατοικημένες περιοχές όπως βράχους και περιοχές κάτω από την επιφάνεια όπως τούνελ και σπηλιές. Σε τέτοιο απαιτητικό περιβάλλον η ΔΜΟ είναι συνήθως η μόνη λύση που παρέχει σημαντικές ευκολίες επικοινωνίας.

Τα Οικονομικά του Βαθμού Υπηρετήσης (GoS)

Ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας που παρέχεται σε ένα χώρο σταθμού βάσης καθορίζεται από τον αριθμό των χρηστών ράδιο, τα συνδεδεμένα προφίλ κυκλοφορίας τους και τον απαιτούμενο Βαθμό Υπηρετήσης που πρέπει να υποστηριχτεί στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας εκείνου του χώρου κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης περιόδου. Για δίκτυα κάλυψης τοπικής περιοχής ενός χώρου μπορεί να καθιερωθεί με ακρίβεια ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας.

Εντούτοις, για δίκτυα μεγάλων περιοχών που απαιτούν χώρους πολλών σταθμών βάσης για να παρέχουν κάλυψη ευρείας περιοχής, ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας που χρειάζονται σε κάθε σταθμό βάσης εξαρτάται κυρίως από την κίνηση των χρηστών ράδιο μεταξύ των χώρων σταθμών βάσης. Αυτή η κίνηση δυσκολεύει τους σχεδιαστές δικτύου να ορίσουν με ακρίβεια τον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται σε κάθε χώρο σταθμού βάσης, ιδιαίτερα όταν ένα σημαντικό συμβάν και/ή γεγονός θα μπορούσε να οδηγήσει πολλούς χρήστες ράδιο να συγκλίνουν σε μια τοπική περιοχή λειτουργίας.

Παρόλο που είναι πιθανό να σχεδιαστεί ένα δίκτυο ΤΜΟ για το χειρότερο πιθανό σενάριο στη φόρτωση κυκλοφορίας, η συνέπεια θα ήταν πως ο κάθε

χώρος όλων των σταθμών βάσης θα χρειαζόταν να έχει τον ίδιο μεγάλο αριθμό καναλιών κυκλοφορίας. Αυτή η πρόνοια για τη μεγάλη ικανότητα καναλιού κυκλοφορίας σε κάθε χώρο σταθμού βάσης, εκτός από το ότι απαιτεί πρόσθετους χώρους φάσματος

ραδιοσυχνότητας, θα αύξανε σημαντικά το κόστος του δικτύου TMO. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα θα ήταν ένα αεροπορικό δυστύχημα ή δυστύχημα

τρένου σε μια απομακρυσμένη περιοχή όπου θα παρεχόταν μόνο περιορισμένη ικανότητα.

Αναγνωρίζοντας αυτό, οι περισσότεροι οργανισμοί χρηστών είναι πρόθυμοι να κάνουν συμβιβασμό και διαπραγμάτευση σε ό,τι αφορά τις ανάγκες τους για ικανότητα κυκλοφορίας για να αποκομίσουν τα οικονομικά οφέλη από το μειωμένο κόστος δικτύου, με την προϋπόθεση ότι κάποια μέσα πρόσθετης ικανότητας κυκλοφορίας μπορούν να γίνουν γρήγορα διαθέσιμα έξω από το δίκτυο TMO.

Τα Οικονομικά της Αξιοπιστίας

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους η αξιοπιστία ενός δικτύου μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Για παράδειγμα, ο εξοπλισμός που βρίσκεται σε χώρους σταθμών βάσης και κέντρα ελέγχου μπορεί να αντιγραφεί για να παρέχει αυτόματη λειτουργία θερμής επιφυλακής. Ομοίως, τα κυκλώματα κομιστών που συνδέουν τους χώρους σταθμών βάσης και τα δωμάτια ελέγχου μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να παρέχουν ποικιλία διαδρομών. Επιπλέον αξιοπιστία μπορεί επίσης να

δοθεί αυξάνοντας την υπερκάλυψη μεταξύ των χώρων σταθμών βάσης καθώς και παρέχοντας ξεχωριστές τοποθεσίες για τον διπλό εξοπλισμό κεντρικού δικτύου όπως τους διακόπτες και τα δωμάτια ελέγχου.

Εντούτοις, παρόλο που η πρόνοια για αξιοπιστία 100% μπορεί να σχεδιαστεί και να οργανωθεί, το κόστος για να γίνει κάτι τέτοιο είναι συχνά απαγορευτικό για οργανισμούς χρηστών, ειδικά για δίκτυα ευρείας περιοχής που ενσωματώνουν πολλούς χώρους σταθμών βάσης και δωμάτια ελέγχου.

Κατανοώντας αυτό, οι περισσότεροι οργανισμοί χρηστών είναι πρόθυμοι να κάνουν συμβιβασμό και διαπραγμάτευση αναφορικά με τις ανάγκες αξιοπιστίας του δικτύου τους για να αποκομίσουν τα οικονομικά οφέλη του μειωμένου κόστους δικτύου, με την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμα κάποια μέσα για τη συντήρηση των επικοινωνιών αν το δίκτυό τους TMO παρουσίαζε βλάβη.

Σύνοψη των Οικονομικών Εκτιμήσεων

Από τις παραπάνω οικονομικές εκτιμήσεις, η DMO είναι η συμβιβαστική λύση για να ελαττωθεί το γενικό κόστος ενός δικτύου TETRA. Για παράδειγμα, οι χρήστες δε θα απαιτούσαν τη DMO αν το κύριο δίκτυο TMO παρείχε επαρκή κάλυψη Ραδιοσυχνότητας, Βαθμό Υπηρέτησης (GoS) και

Αξιοπιστία. Από την άποψη ενός τελικού χρήστη, απαιτούνται οι ίδιες υπηρετήσεις και ευκολίες είτε το ραδιοφωνικό τερματικό λειτουργεί στην TMO ή στη DMO.

Επειδή η DMO είναι βασικά μια συμβιβαστική λύση, δεν μπορούν να παρέχονται στη DMO όλες οι υπηρετήσεις και ευκολίες που είναι διαθέσιμες στη TMO. Με αυτό το δεδομένο, οι υπηρετήσεις και ευκολίες DMO που είναι διαθέσιμες ικανοποιούν πράγματι σημαντικές απαιτήσεις χρηστών και οδήγησαν στο να γίνει η DMO η πρακτική οικονομική λύση που προτιμάται για το δίκτυο.

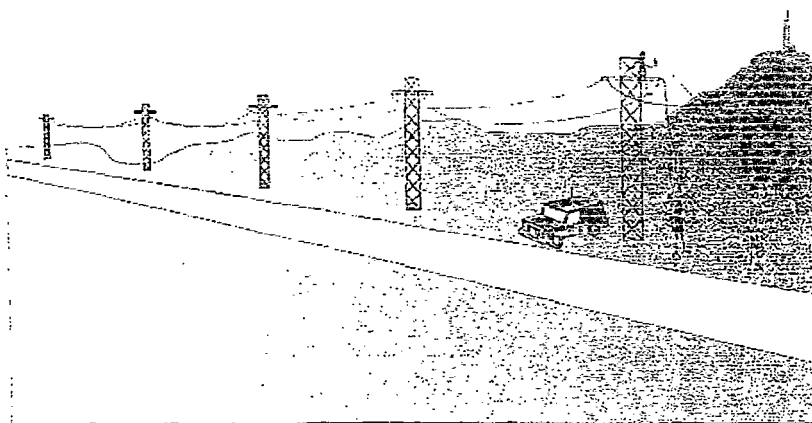
Χαρακτηριστικές Εφαρμογές DMO

Από τις προηγούμενες οικονομικές απαιτήσεις οι χαρακτηριστικές εφαρμογές για DMO είναι επικοινωνίες τοπικής περιοχής έξω από το δίκτυο TMO και επέκταση της εμβέλειας του δικτύου TMO. Για να βελτιωθούν οι ικανότητες επικοινωνίας όταν χρησιμοποιούνται αυτές οι εφαρμογές, παρέχονται υπηρετήσεις για να επιτρέπουν στους χρήστες DMO να προσεγγίζονται από χρήστες του δικτύου TMO όταν λειτουργούν έξω από το δίκτυο, καθώς και ευκολίες για να επαυξηθεί η απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO της τοπικής περιοχής.

Επικοινωνίες Τοπικής Περιοχής DMO:

Η DMO τοπικής περιοχής χρησιμοποιείται κυρίως για να παρέχει πρόσθετη ικανότητα έξω από το δίκτυο TMO για τοπικές δραστηριότητες εργασίας, σημαντικά περιστατικά και ή περιοδικά γεγονότα. Σε ένα μικρότερο βαθμό, η επικοινωνία τοπικής περιοχής DMO χρησιμοποιείται επίσης σε περιοχές κακής κάλυψης Ραδιοσυχνότητας TMO και/ ή όταν χαθεί η υπηρετήση από έναν τοπικό σταθμό βάσης.

Για να δοθεί αυτή η ικανότητα επικοινωνίας τοπικής περιοχής, ουσιαστικά όλα τα τερματικά TETRA, είτε κινητά είτε μεταφερόμενα στο χέρι κινητά, είναι εξοπλισμένα με ευκολίες και TMO και DMO.



ΣΧΗΜΑ 1

Το Σχήμα 1 δείχνει μια ομάδα εργατών της Υπηρεσίας Ηλεκτρισμού που επισκευάζουν ένα κατεστραμμένο καλώδιο γενικής ισχύος, που είναι μια χαρακτηριστική εφαρμογή για επικοινωνίες DMO τοπικής περιοχής. Λόγω της περιορισμένης φύσης της εργασίας, δε χρειάζεται να φορτωθεί το κύριο δίκτυο TMO με την περιορισμένη κυκλοφορία φωνής. Για αυτό τον λόγο, η ομάδα έλαβε την απόφαση να λειτουργεί στη DMO.

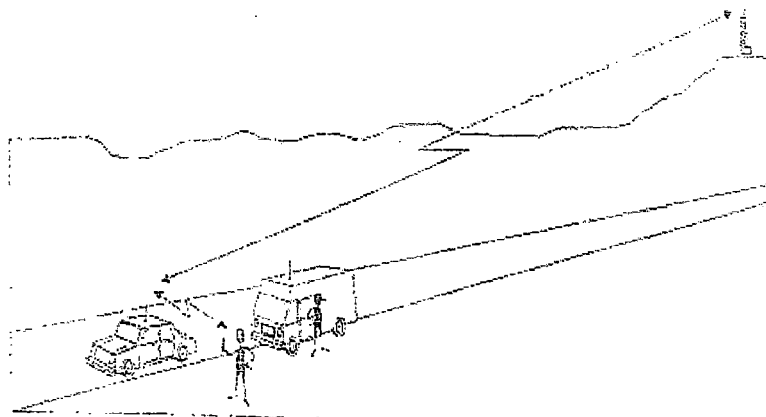
Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει σε αυτή την απόφαση είναι πώς η ομάδα δε θέλει να αντιμετωπίσει προβλήματα πρόσβασης Βαθμού Υπηρετήσης όταν το δίκτυο TMO είναι κατελημμένο. Θα μπορούσε επίσης να είναι πιθανό η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας από τον χώρο του τοπικού σταθμού βάσης να μην μπορεί να υποστηρίξει τη μεταφερόμενη στο χέρι λειτουργία και επομένως η DMO θα ήταν η μόνη μορφή επικοινωνίας.

Για αυτό το είδος εφαρμογών τοπικών επικοινωνιών θεωρείται περισσότερο αποδεκτή μια απόδοση εμβέλειας κάλυψης ραδιοσυχνότητας περίπου 250 μέτρων.

Επέκταση Εμβέλειας Δικτύου TMO:

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη εφαρμογή DMO είναι να παρέχεται μια επέκταση εμβέλειας δικτύου TMO που επιτρέπει τις μεταφερόμενες στο χέρι επικοινωνίες σε περιοχές ενός δικτύου TETRA όπου υποστηρίζεται μόνο κάλυψη κινητού ραδιοφώνου. Για να δοθεί αυτή η ευκολία εμβέλειας δικτύου TMO απαιτείται ένα όχημα τοποθετημένο σε κινητό ραδιοφωνικό τερματικό TETRA με λειτουργία «διεξόδου» για να συνδέει μεταφερόμενα στο χέρι ή κινητά ραδιοφωνικά τερματικά που λειτουργούν σε DMO μαζί με το δίκτυο TMO.

Το σχήμα 2 δείχνει μια χαρακτηριστική εφαρμογή της αστυνομίας για την επέκταση της εμβέλειας του δικτύου TMO.



ΣΧΗΜΑ 2

Στο Σχέδιο 2 μπορεί κανείς να δει πως ένας αστυνομικός έχει σταματήσει ένα όχημα με αγαθά σε ένα κύριο δημόσιο δρόμο διασχίζοντας την επαρχία, όπου υποστηρίζονται μόνο κινητές επικοινωνίες. Σε αυτό το παράδειγμα, ο αστυνομικός χρειάζεται να εξακριβώσει την καταχώρηση του οχήματος, την άδεια οδήγησης, και τη φύση των αγαθών που μεταφέρονται.

Για αυτόν τον σκοπό είναι πιο αποτελεσματικό ο αστυνομικός να χρησιμοποιήσει ένα μεταφερόμενο στο χέρι ραδιοφωνικό τερματικό για επικοινωνίες με το κέντρο ελέγχου της αστυνομίας από ότι να περπατά μπρος και πίσω μεταξύ του οχήματος με τα αγαθά και το αυτοκίνητο περιπολίας. Επίσης, το να έχει άμεση πρόσβαση σε επικοινωνίες όταν βρίσκεται μακριά από το αμάξι περιπολίας είναι σημαντικό για την υγεία και την ασφάλεια του αστυνομικού.

Και πάλι, για αυτό το είδος εφαρμογής των τοπικών επικοινωνιών θεωρείται πιο αποδεκτή μια απόδοση εμβέλειας κάλυψης Ραδιοσυχνότητας περίπου των 250 μέτρων.

Επικοινωνίες μεταξύ των χρηστών DMO και TMO:

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι επικοινωνίες μεταξύ χρηστών DMO και TMO μπορούν να δίνονται χρησιμοποιώντας Διεξόδους DMO. Παρόλο που οι Διέοδοι

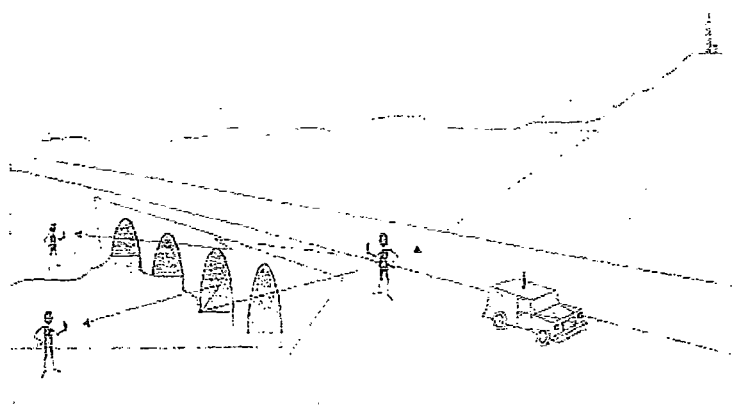
χρησιμοποιούνται συνήθως για να επεκτείνουν την κάλυψη δικτύου TMO, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να συνδέουν τα δίκτυα επικοινωνίας DMO τοπικής περιοχής στο δίκτυο TMO όταν απαιτείται. Αυτό το είδος σύνδεσης με Διέοδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από το είδος της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας που παρέχεται από το δίκτυο TMO.

Μια άλλη μορφή παροχής επικοινωνιών μεταξύ χρηστών που χειρίζονται DMO και χρήστες που χειρίζονται TMO είναι η χρήση μιας ευκολίας που ονομάζεται «Διπλή Παρακολούθηση», η οποία, όταν επιτραπεί, περιοδικά ακούει προσεκτικά για κλήσεις είτε στη DMO είτε στην TMO ανάλογα με τον τρόπο που επιλέχτηκε. Για παράδειγμα, αν ο τρόπος λειτουργίας ήταν DMO, το ραδιοφωνικό τερματικό θα άκουγε προσεκτικά για κλήσεις στη DMO και αντίστροφα, αν ο τρόπος λειτουργίας ήταν TMO. Το Σχήμα 3 δείχνει μια χαρακτηριστική εφαρμογή Διπλής Παρακολούθησης.

Στο Σχήμα 3 μπορεί να δει κανείς ότι μια ομάδα εργατών της Αρχής Ποταμών κάνουν μια επιθεώρηση ρουτίνας σε μια όχθη του ποταμού δίπλα σε μια γέφυρα. Παρόλο που η κύρια μορφή επικοινωνίας είναι DMO, ο επιθεωρητής στην κορυφή

της γέφυρας επέτρεψε τη Διπλή Παρακολούθηση στο μεταφερόμενο στο χέρι ραδιόφωνο έτσι ώστε να μπορεί το προσωπικό του δωματίου ελέγχου που χειρίζεται το δίκτυο TMO να έρθει σε επαφή μαζί του, αν χρειαστεί.

Αυτή η ευκολία Διπλής Παρακολούθησης μπορεί να δοθεί και σε μεταφερόμενα στο χέρι και σε κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Προφανώς, για να λειτουργήσει η Διπλή Παρακολούθηση σε μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά, η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας θα απαιτούνταν από το δίκτυο ΤΜΟ.

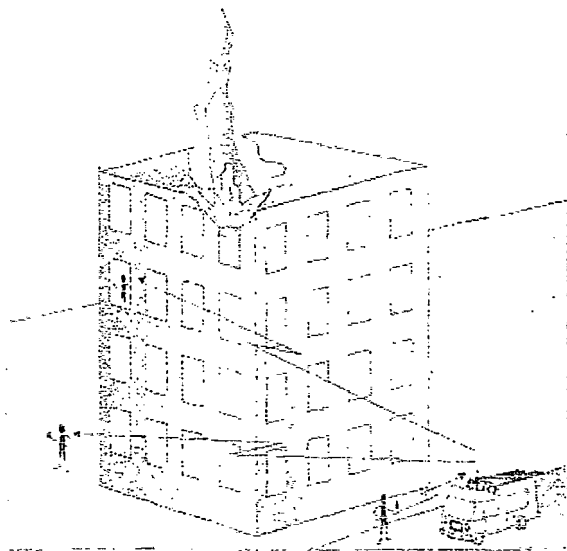


ΣΧΗΜΑ 3

Επαυξημένη απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO τοπικής περιοχής

Παρόλο που η απόδοσή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO είναι κάτι παραπάνω από επαρκής για τις περισσότερες εφαρμογές, υπάρχουν παραδείγματα όπου η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας χρειάζεται να επαυξηθεί, για παράδειγμα, σε περιορισμένες περιοχές όπου υπάρχει μια σημαντική ποσότητα διασκορπισμένων κτιρίων σε μια σχετικά

μεγάλη περιοχή που προκαλεί ανεπιθύμητες απώλειες σημάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μπορεί να δοθεί μια επαυξημένη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας από μια ευκολία «Αναμεταδότη» που είναι ενσωματωμένη σε ένα όχημα που είναι τοποθετημένο σε ένα κινητό ραδιοφωνικό τερματικό TETRA, ή μια φορητή ραδιοφωνική μονάδα, κατάλληλα τοποθετημένη ώστε να παρέχει την απαιτούμενη κάλυψη περιοχής.



ΣΧΗΜΑ 4

Στο Σχήμα 4 μπορεί να διαπιστωθεί πως μια ομάδα προσωπικού πυροσβεστικής έχει αποφασίσει να χρησιμοποιήσει λειτουργία επανάληψης DMO για αυξημένη διείσδυση σε επίπεδο σήματος για τους πυροσβέστες μέσα στο κτίριο και/ ή που εργάζονται στη σκιά του κτιρίου. Για πρακτικούς λόγους, αυτή η ευκολία «Αναμεταδότη» είναι διαθέσιμη μόνο σε κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Επίσης, Αναμεταδότες μπορεί να προβλεφθεί να δοθούν με μια ευκολία Διεξόδου για να συνδεθούν οι επικοινωνίες DMO και TMO όταν είναι απαραίτητο.

Σύνοψη των Εφαρμογών Χρήστη:

Από τα παραδείγματα εφαρμογών που δόθηκαν μπορεί να διαπιστωθεί πως πολλοί παραδοσιακοί οργανισμοί χρηστών PMR θα αποκομίσουν οικονομικά οφέλη χρησιμοποιώντας τη DMO χωρίς να κάνουν σοβαρό συμβιβασμό στην κάλυψη Ραδιοσυχνότητας, τον Βαθμό Υπηρετήσης και τις απαιτήσεις αξιοπιστίας του δικτύου. Από την πρακτική εμπειρία, η μέγιστη απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας που απαιτείται για τη DMO είναι περίπου 250 μέτρα για τις περισσότερες περιορισμένες εφαρμογές επικοινωνιών και 1 χμ. για τα σημαντικά περιστατικά.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει σε λίστα τις ευκολίες DMO μαζί με τα σχετικά παραδείγματα εφαρμογών.

DMO Facility	User Application
Back to Back	Localised communications independent of the TMO network to: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Compensate for poor network coverage <input type="checkbox"/> Provide additional capacity for incidents, events, etc <input type="checkbox"/> Provide 'Fall-Back' communications in case of base station and/or network failure <input type="checkbox"/> Permit groups of users who want guaranteed privacy from users on the TMO network during sensitive operations
Gateway	Range extension of TMO network to: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Allow handportable radio terminals to be used in mobile coverage areas <input type="checkbox"/> Link DMO nets into the TMO network
Dual Watch	Maintain communications independent of operating mode <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Watch for TMO calls when operating in DMO <input type="checkbox"/> Watch for DMO calls when operating in TMO
Repeater	Enhanced RF coverage and communication reliability when operating in DMO
Repeater/Gateway	Combined applications of Gateway and Repeater

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Από τη λίστα των υπηρετήσεων DMO στον Πίνακα 1, θα φαινόταν πως ο αριθμός των διαθέσιμων διαμορφώσεων για τερματικά TETRA θα ήταν σχετικά μικρός. Δυστυχώς, αυτό δεν ισχύει καθώς υπάρχουν άλλες πλευρές που πρέπει να ληφθούν υπόψη, που είναι εντελώς ανεξάρτητες από τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη.

Πρόσθετες απαιτήσεις DMO

Άλλες απαιτήσεις DMO έχουν εντοπιστεί από τους χειριστές δικτύων, τους ρυθμιστές και σε κάποιο βαθμό από τις προωθητικές δραστηριότητες των ανταγωνιστών του TETRA. Οι πρόσθετες απαιτήσεις DMO σχετίζονται με την ανάγκη για Χειριζόμενο DMO, Αποδοτική Λειτουργία Φάσματος, Ελαστικότητα του Σχεδιασμού Φάσματος και Περιορισμούς Τεχνολογίας.

Χειριζόμενη DMO:

Η ανάγκη για Χειριζόμενη DMO είχε αναγνωριστεί από τους λειτουργούς Κινητού Ραδιοφώνου Δημόσιας Πρόσβασης (PAMR) για δυο κύριους λόγους, οι οποίοι είναι:

- Να εξασφαλιστεί πως η DMO χρησιμοποιούνται μόνο στην περιοχή κάλυψης ραδιοσυχνότητας του δικτύου TETRA του χειριστή εμποδίζοντας έτσι την πιθανότητα της παρενόχλησης Ραδιοσυχνότητας σε χρήστες ράδιο σε άλλες περιοχές ή χώρες γυρίζοντας ελεύθερα τη χρήση DMO, που δε θα επιτρεπόταν από τους ρυθμιστές.
- Να παρέχουν τα μέσα για να χρεώνουν τους πελάτες για τη χρήση της DMO.

Το πρότυπο TETRA δεν παρέχει μια λύση για τη χειριζόμενο DMO. Εντούτοις, δεν είναι πιθανό οι κατασκευαστές να δημιουργήσουν αυτήν την ευκολία μέχρι να υπάρχει σημαντική ζήτηση από τους χειριστές PAMR.

Λειτουργία Αποδοτικού Φάσματος

Σε κάποιο βαθμό η απαίτηση για DMO αποδοτικού φάσματος προέκυψε συγκρίνοντας το κατειλημμένο εύρος ζώνης που απαιτείται από τις ψηφιακές τεχνολογίες FDMA με εκείνο του TETRA. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες FDMA όπως το Σχέδιο 25 του Βορειοαμερικανικού προτύπου από τον Σύνδεσμο των Αξιωματούχων Επικοινωνιών Δημόσιας Ασφάλειας (APCO 25) και η μονοπωλιακή τεχνολογία Tetrapol θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ένα κανάλι επικοινωνίας DMO στα 12.5 kHz σε σύγκριση με την αρχική προσφορά της TETRA ενός καναλιού DMO στα 25 kHz. Αυτό το προφανώς βήμα προς τα πίσω στην απόδοση φάσματος έγινε αντικείμενο εκμετάλλευσης από τους ανταγωνιστές του TETRA και κατέληξε στο να δημιουργήσει η κοινότητα TETRA ένα πρότυπο που θα μπορούσε να υποστηρίξει δυο ανεξάρτητα κανάλια DMO στα 25 kHz, προσαρμόζοντας την απόδοση φάσματος του κατειλημμένου εύρους ζώνης της FDMA.

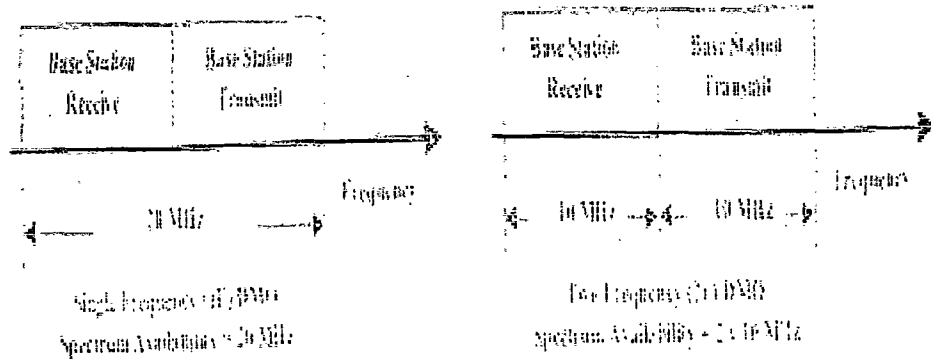
Παρόλο που η απόδοση φάσματος FDMA είναι σημαντική, η γενική απόδοση φάσματος ενός δικτύου PMR είναι αναμφίβολα η πιο σημαντική. Καθώς η χρήση DMO είναι συνήθως μικρή σε σύγκριση με την κυκλοφορία στο κύριο δίκτυο, η γενική απόδοση φάσματος ενός δικτύου TETRA είναι ανώτερη από εκείνη οποιουδήποτε δικτύου με αρτηρίες FDMA μέσης ως υψηλής ικανότητας. Περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με την απόδοση φάσματος του TETRA σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες μπορούν να βρεθούν στο Κεφάλαιο 5 «FDMA, TDMA και CDMA».

Ελαστικότητα του Σχεδιασμού Φάσματος

Υπάρχουν αποδεδειγμένες στην πράξη μέθοδοι και εργαλεία για τον καθορισμό των απαιτήσεων φάσματος και των σχετικών εκχωρήσεων καναλιών για ένα δίκτυο TETRA. Επίσης, οι διαθέσιμες ζώνες Ραδιοσυχνότητας για το TETRA είναι καλά καθορισμένες από τις περισσότερες εθνικές διοικήσεις και δείχνουν ποιες υπο-ζώνες χρησιμοποιούνται για μετάδοση και λήψη σταθμού βάσης καθώς και τον διαχωρισμό συχνοτήτων που απαιτείται μεταξύ εκχωρήσεων καναλιών δύο συχνοτήτων. Στην περίπτωση του σχεδιασμού ραδιοσυχνότητας DMO δεν υπάρχουν καθορισμένοι

κανόνες και κατά συνέπεια τα τερματικά TETRA είναι σχεδιασμένα για να επιτρέπουν να υποστηρίζεται η DMO οπουδήποτε μέσα στην καθορισμένη ζώνη συχνότητας που χρησιμοποιείται για το TETRA.

Το Σχήμα 5 δείχνει τις πιθανότητες εκχώρησης καναλιού για τις διαφορετικές ευκολίες DMO και τις εφαρμογές που είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 1 για μια χαρακτηριστική ζώνη συχνότητας TETRA.



ΣΧΗΜΑ 5

Το Σχήμα 5 δείχνει πως η DM0 μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε μια μονή συχνότητα (1F) σε οποιοδήποτε μέρος του φάσματος των 20 MHz ή ένα κανάλι δυο συχνοτήτων (2F) (με μια συχνότητα σε κάθε υπο-ζώνη των 10 MHz) για επικοινωνίες. Αυτή η ικανότητα εκχώρησης καναλιού DM0 παρέχει μέγιστη ελαστικότητα για τους σκοπούς του σχεδιασμού συχνότητας. Προσέξτε ότι η DM0 δυο συχνοτήτων θα ήταν πιθανός μόνο για υπηρετήσεις περιορισμένης ομάδας αν χρησιμοποιούνταν ένας Αναμεταδότης δυο συχνοτήτων.

Παρόλο που δεν υπάρχουν καθορισμένοι κανόνες για τον σχεδιασμό ραδιοσυχνότητας DM0 υπάρχουν κάποιες πλευρές που πρέπει να εξεταστούν όταν εκχωρείται φάσμα για να μεγιστοποιηθεί η γενική απόδοση φάσματος του δικτύου και η απόδοση.

Περιορισμοί της Τεχνολογίας

Οι περιορισμοί της τεχνολογίας που θέτουν πρόσθετες απαιτήσεις στη DM0 συνδέονται με τη λειτουργία μιας μονής κεραίας, την καθυστέρηση των σχισμών χρόνου και το κόστος. Για παράδειγμα, από την κύρια απαίτηση χρήστη, τους λογιστικούς λόγους και τα οικονομικά της κλίμακας θα ήταν ωφέλιμο για τη βιομηχανία TETRA να τυποποιήσει μια διαμόρφωση DM0, η οποία είναι ο Αναμεταδότης/Διέξοδος. Δυστυχώς, λόγω της ανάγκης για ελαστικότητα του σχεδιασμού συχνότητας και του υψηλότερου κόστους μιας τέτοιας διαμόρφωσης (σε σύγκριση με ένα κινητό ραδιοφωνικό τερματικό διαμορφωμένο είτε ως ένας Αναμεταδότης είτε μια Διέξοδος) απαιτούνται ανεξάρτητοι Αναμεταδότες, Διέξοδοι και Αναμεταδότες/Διέξοδοι.

Διαμορφώσεις DM0 που υποστηρίζονται στο πρότυπο TETRA

Οι ευκολίες DM0 και οι εφαρμογές χρήστη που είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 1, σε συνδυασμό με τις πρόσθετες απαιτήσεις DM0 όπως είναι αναγνωρισμένες από τη βιομηχανία ως σύνολο, κατέληξαν στις ακόλουθες διαμορφώσεις DM0 (που είναι γραμμένες σε λίστα στον Πίνακα 2), οι οποίες υποστηρίζονται στο πρότυπο TETRA.

DMO Configuration	No. of DMO RF Carriers	No. of Voice Channels
Handportable & Mobile Radio Terminals		
MS-MS Normal	1	1
M-DMO (Managed DMO)	1	1
MS-MS Frequency Efficient	1	2
Dual Watch	1	NA
Mobile Radio Terminals Only		
Repeater Type 1A	1	1
Repeater Type 1B	2	1
Repeater Type 2	2	2
DMO Gateway	1	1
Type 1A Repeater Gateway	1	1
Type 1B Repeater Gateway	2	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Ακολουθεί παρακάτω μια σύντομη περιγραφή της διαμόρφωσης DMO που υποστηρίζεται στο πρότυπο TETRA.

MS-MS Κανονικό:

Το MS είναι η συντομογραφία που χρησιμοποιείται για τον Κινητό Σταθμό που αντιπροσωπεύει και τα μεταφερόμενα στο χέρι και τα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Το MS-MS δείχνει τις άμεσες επικοινωνίες «όπισθεν προς όπισθεν», με άλλα λόγια τη Λειτουργία Άμεσου Τρόπου. Η λέξη «κανονικό» χρησιμοποιείται για να δείξει την υποστήριξη ενός καναλιού επικοινωνίας σε μια εκχώρηση καναλιού Ραδιοσυχνότητας 25 kHz.

M-DMO:

Το M-DMO είναι η συντομογραφία για τη Χειριζόμενη Λειτουργία Άμεσου Τρόπου, που μπορεί να υποστηριχθεί και στα μεταφερόμενα στο χέρι και στα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η Χειριζόμενη DMO εξασφαλίζει πως οι χρήστες MS μπορούν να χρησιμοποιήσουν DMO μόνο στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας του δικτύου τους TETRA.

Αποδοτικό για τη Συχνότητα MS-MS:

Αυτή είναι μια διαμόρφωση που επιτρέπει σε δυο ανεξάρτητες επικοινωνίες MS προς MS να γίνουν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας την ίδια εκχώρηση καναλιού Ραδιοσυχνότητας των 25 kHz.

Διπλή Παρακολούθηση:

Η διπλή παρακολούθηση είναι μια ευκολία που επιτρέπει στα MS να «ακούσουν προσεκτικά» κατά περιοδικά διαστήματα αν υπάρχουν κλήσεις είτε στον

DMO είτε στην TMO ανεξάρτητα από τον τρόπο λειτουργίας. Για παράδειγμα, αν τρόπος λειτουργίας ήταν DMO το ραδιοφωνικό τερματικό θα άκουγε προσεκτικά αν υπάρξουν κλήσεις στην TMO και αντίστροφα, αν ο τρόπος λειτουργίας ήταν TMO.

Αναμεταδότης Τύπου 1A:

Η ονομασία Τύπου 1 A αναφέρεται στην υποστήριξη ενός καναλιού επικοινωνίας DMO σε ένα μονό φέρον συχνότητας. Η χρήση διαφορετικών σχισμών χρόνου στη δομή TDMA του TETRA επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα μονό φέρον Ραδιοσυχνότητας για τη λειτουργία Αναμεταδότη DMO.

Αναμεταδότης Τύπου 1B:

Η ονομασία Τύπου 1 B αναφέρεται στην υποστήριξη ενός καναλιού επικοινωνίας DMO σε ένα ζεύγος φερόντων δυο ραδιοσυχνοτήτων. Η χρήση δυο φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων (άνω ζεύξης και κάτω ζεύξης) επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ο παραδοσιακός τρόπος της λειτουργίας αναμεταδότη.

Αναμεταδότης Τύπου A:

Η ονομασία Τύπου 2 αναφέρεται στην υποστήριξη δυο ταυτόχρονων καναλιών επικοινωνίας DMO σε ένα ζεύγος φερόντων δυο ραδιοσυχνοτήτων. Η χρήση διαφορετικών σχισμών χρόνου στη δομή TDMA του TETRA, σε συνδυασμό με τη χρήση δυο φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων (άνω ζεύξης και κάτω ζεύξης) επιτρέπει στον παραδοσιακό τρόπο της λειτουργίας Αναμεταδότη να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη δυο ταυτόχρονων επικοινωνιών DMO.

Διέξοδος DM:

Η συντομογραφία DM αναφέρεται στον Άμεσο Τρόπο. Η διέξοδος συνδέει περιορισμένες επικοινωνίες DMO με χρήστες που λειτουργούν στο δίκτυο DMO. Μια διέξοδος DM επιτρέπει μόνο τη σύνδεση ενός καναλιού επικοινωνίας DMO με το δίκτυο TMO. Εξαιτίας της ανάγκης να υποστηριχτούν οι επικοινωνίες περιορισμένης ομάδας (πλήρως ενημερωμένου δικτύου), μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ένα μονό φέρον Ραδιοσυχνότητας για DMO.

Αναμεταδότης/ Διέξοδος Τύπου 1 A:

Αυτή η διαμόρφωση Αναμεταδότη/ Διεξόδου υποστηρίζει ένα κανάλι επικοινωνίας DMO σε ένα μονό φέρον ραδιοσυχνότητας για τη λειτουργία του Αναμεταδότη και ταυτόχρονα συνδέει τις περιορισμένες επικοινωνίες DMO με χρήστες που λειτουργούν στο δίκτυο TMO.

Αναμεταδότης/ Διέξοδος Τύπου 1B:

Αυτή η διαμόρφωση Αναμεταδότη υποστηρίζει ένα κανάλι επικοινωνίας DMO σε ένα ζεύγος φερόντων δυο ραδιοσυχνοτήτων για τη λειτουργία του

Αναμεταδότη και ταυτόχρονα συνδέει τις περιορισμένες επικοινωνίες DMO με χρήστες που λειτουργούν στο δίκτυο TMO.

Παρατηρήσεις στις Διαμορφώσεις DMO:

Οι διαμορφώσεις Αναμεταδότη και Διεξόδου υποστηρίζονται μόνο σε κινητά ραδιοφωνικά τερματικά. Αυτό οφείλεται στο ότι απαιτούνται συνήθως υψηλότερη ισχύς Ραδιοσυχνότητας και υψηλότεροι κύκλοι καθηκόντων για να επιτελέσουν εφαρμογές Διεξόδου και Αναμεταδότη. Με αυτό το δεδομένο, δεν υπάρχει τεχνικός

λόγος για τον οποίο τα μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά θα μπορούσαν να διαμορφωθούν για να λειτουργούν ως μια Διέξοδος ή Αναμεταδότης για εξειδικευμένες εφαρμογές χρηστών, όπως εκείνους που υποστηρίζονται χρησιμοποιώντας μια φορητή Διέξοδο ή Αναμεταδότη σε μορφή «Βαλίτσας». Εντούτοις, οι χρήστες που απαιτούν εξειδικευμένα προϊόντα θα χρειαζόταν να αναζητήσουν υποστήριξη από τους ενδιαφερόμενους κατασκευαστές.

Από την αντίληψη του TETRA έχει γίνει προφανές ότι ο Κανονικός τρόπος MS-MS έχει γίνει ο τρόπος λειτουργίας που προτιμάται. Παρόλο που ο Αποδοτικός τρόπος για τη Συχνότητα MS-MS φαίνεται μια χρήσιμη διαμόρφωση για τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού συχνότητας και απόδοσης της συχνότητας, κανένας χρήστης δεν έχει ακόμη θεωρήσει την Απόδοση Συχνότητας MS-MS ως υποχρεωτική διαμόρφωση για τα δίκτυά τους. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι δεν έχει παραχθεί κανένα πρότυπο DMO για να επιτρέψει τη διαμόρφωση ενός Αναμεταδότη/Διεξόδου Τύπου 2. Αυτή η παρατήρηση σε κάποιο βαθμό υποστηρίζει το γεγονός ότι το Αποδοτικό για τη Συχνότητα DMO δεν είναι απαραίτητο στην πράξη, αλλά έχει τυποποιηθεί από την κοινότητα της TETRA για ολοκλήρωση.

Υπηρετήσεις και Ευκολίες DMO που Υποστηρίζονται στο Πρότυπο

TETRA

Από την άποψη ενός χρήστη όλες οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες που είναι διαθέσιμες στην TMO θα έπρεπε να είναι επίσης διαθέσιμες στη DMO. Εντούτοις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως λόγω των περιορισμών της τεχνολογίας, δεν μπορούν να παρέχονται όλες οι υπηρετήσεις και ευκολίες TMO στη DMO. Για παράδειγμα, ένας συνδυασμός λειτουργίας μονής συχνότητας και έλλειψης καναλιού ελέγχου «σχισμών χρόνου» στη DMO σημαίνει ότι δεν υποστηρίζονται υπηρετήσεις και ευκολίες όπως πλήρης διπλή φωνή, δεδομένα πακέτου και δεδομένα πακέτου πολλών σχισμών και Επανασχηματισμός Μέσω του Αέρα (OTAR) για κρυπτογράφηση.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η DMO είναι ένας συμβιβασμός που υπαγορεύεται από την ανάγκη για την εξοικονόμηση στο γενικό δίκτυο και επομένως μπορεί να αναμένεται κάποιος συμβιβασμός στις υπηρετήσεις και τις ευκολίες. Η λίστα στον Πίνακα 3, εντούτοις, αντιπροσωπεύει μια σημαντική βελτίωση στις υπηρετήσεις που συνήθως συνδέονται με αυτό το είδος ευκολίας επικοινωνίας.

DMO Services and Facilities	Between DMO Users	Via TMO/DMO Gateway
Group Call	Yes	Yes
Individual Call	Yes	No
Pre-emptive Priority Call	Yes	Yes
Status Messaging	Yes	Yes
Short Data Service	Yes	No
Circuit Mode Data	Yes	No
Talking Party Identification	Yes	Yes
Transmit Times	Yes	N/A
Voice Encryption	Yes	Yes (Note 1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Σημείωση 1:

Η κρυπτογράφηση μεταξύ των χρηστών TMO και DMO είναι πιθανή μόνο αν τα πλήκτρα και για τα δυο δίκτυα είναι ίδια, ανεξάρτητα αν ο κρυπτογραφημένος τρόπος

λειτουργίας είναι Μέσω του Αέρα ή από Άκρο σε Άκρο. Ο μόνος τρόπος να ληφθούν νέα πλήκτρα είναι μέσω του Επανασχηματισμού Μέσω του Αέρα (OTAR) όταν η λειτουργία γίνεται στην TMO ή μέσω άμεσου προγραμματισμού του ραδιοφωνικού τερματικού χρησιμοποιώντας ένα φορτωτή πλήκτρων ή μια παρόμοια συσκευή.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι, ενώ οι επικοινωνίες DMO γίνονται άμεσα μεταξύ ραδιοφωνικών τερματικών, ο τρόπος κρυπτογράφησης είναι αποτελεσματικά από Άκρο σε Άκρο, ακόμη και αν χρησιμοποιούνται οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης «Μέσω του Αέρα».

Παρατηρήσεις για τις Υπηρετήσεις και Ευκολίες DMO:

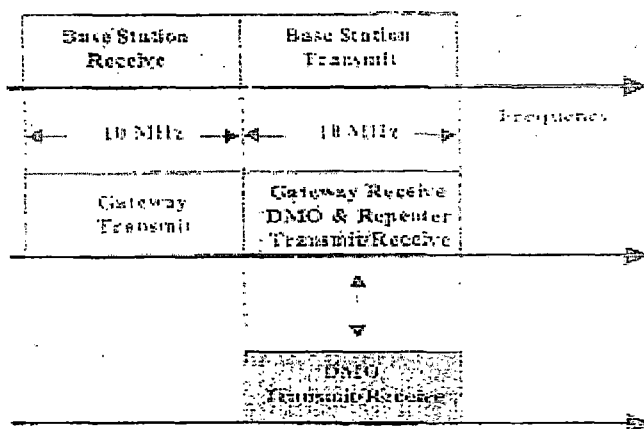
Οι πιο σημαντικές υπηρεσίες φωνητικών επικοινωνιών και υπηρετήσεων παρέχονται μεταξύ της TMO και του DMO. Παρόλο που είναι τεχνικά εφικτό να γίνουν οι υπηρετήσεις δεδομένων του TETRA πλήρως διαφανείς μεταξύ της TMO και της DMO χρησιμοποιώντας κατάλληλες εφαρμογές λογισμικού μέσα στις Διεξόδους, δεν έχει υπάρξει πραγματική απαίτηση από χρήστες για αυτήν την ευκολία. Αυτό οφείλεται στο ότι τα μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά DMO χρησιμοποιούνται κυρίως από προσωπικό για φωνητικές επικοινωνίες τοπικής περιοχής «πλήρως ενημερωμένου δικτύου», με τις ανάγκες τους για εφαρμογές δεδομένων να υποστηρίζονται από κινητά ραδιοφωνικά τερματικά και περιφερειακά τοποθετημένα στα οχήματά τους που συνήθως βρίσκονται κοντά. Καθώς η DMO συνήθως δε θα χρησιμοποιείται απομονωμένο για μακρές περιόδους χρόνου χωρίς να γίνεται επαναφορά στη λειτουργία TMO, είναι απίθανο ο χειρισμός πλήκτρων κρυπτογράφησης να είναι πρόβλημα.

Σχεδιασμός Ραδιοσυχνότητας DMO

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η DMO μπορεί να λειτουργεί χρησιμοποιώντας μονά φέροντα Ραδιοσυχνότητας ή δυο φέροντα Ραδιοσυχνότητας για να παρέχεται μέγιστη ελαστικότητα όταν σχεδιάζονται οι απαιτήσεις φάσματος ραδιοσυχνότητας για ένα δίκτυο TETRA. Εντούτοις, υπάρχουν κάποιοι πρακτικοί κανόνες που πρέπει να παρατηρηθούν όταν καθορίζονται οι εκχωρήσεις καναλιών για τη DMO για να ελαχιστοποιηθεί η παρενόχληση με τους χρήστες TMO και για να μεγιστοποιηθεί η γενική απόδοση φάσματος.

DMO χρησιμοποιώντας ένα μονό Φέρον Ραδιοσυχνότητας:

Αυτή είναι η μέθοδος που προτιμάται για την εκχώρηση καναλιών DMO καθώς μπορούν να γίνουν από την ίδια δεξαμενή ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από το δίκτυο TMO, με την προϋπόθεση ότι παρατηρούνται περιορισμοί στην απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Αυτή η μέθοδος εκχώρησης παρέχει πολύ καλή γενική απόδοση φάσματος αλλά δε σημαίνει ότι οι χρήστες θα χρειάζεται να επιλέξουν με το χέρι τα κατάλληλα κανάλια DMO για να εμποδίσουν την παρενόχληση με τους χρήστες δικτύου TMO. Εντούτοις, αν ο αριθμός των ανεξάρτητων καναλιών DMO που απαιτείται σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής κάλυψης του δικτύου ξεπερνά τον αριθμό των διαθέσιμων συχνοτήτων σταθμού βάσης TMO (παρατηρώντας τις αποστάσεις επαναχρησιμοποίησης συχνότητας) τότε θα απαιτείται πρόσθετο φάσμα. Παρόλο που τα κανάλια DMO μόνης ραδιοσυχνότητας μπορούν να εκχωρηθούν από τις υπο-ζώνες και του πομπού και του δέκτη σταθμού βάσης, η εκχώρηση που προτιμάται είναι από την υπο-ζώνη του πομπού του σταθμού βάσης, καθώς έτσι περιορίζεται η παρενόχληση στους χρήστες δικτύου TMO.



ΣΧΗΜΑ 6

Το Σχήμα 6 δείχνει την εκχώρηση που προτιμάται για κανάλια DMO μόνης συχνότητας για επικοινωνίες όπισθεν προς όπισθεν, τη λειτουργία Τύπου 1 Α Διεξόδου και Αναμεταδότη. Ο λόγος που οι εκχωρήσεις καναλιών DMO στις υπο-ζώνες πομπού του σταθμού βάσης περιορίζουν την παρενόχληση δικτύου TMO,

είναι επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα παρενόχλησης με οποιονδήποτε δέκτη σταθμού βάσης TETRA, υποθέτοντας ότι υπάρχει μέριμνα με τις εκχωρήσεις υπο-ζωνών στις άκρες των ζωνών.

Η μόνη πιθανότητα για παρενόχληση είναι με τους χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών TMO που λειτουργούν σε περιορισμένες περιοχές κάλυψης. Σε αυτήν την περίπτωση οι επιδράσεις είναι ελάχιστες καθώς τα ραδιοφωνικά τερματικά TMO θα κλειδωθούν στο κοντινότερο χώρο σταθμού βάσης (ή πιθανόν σε ένα διπλανό χώρο σταθμού βάσης σε κάποιες περιπτώσεις) με την περιορισμένη ραδιοσυχνότητα DMO να είναι εκχωρημένη πολύ μακριά από το επιθυμητό σήμα TMO.

Για λειτουργικά αποδεκτές αποστάσεις που κρατούνται μεταξύ των χρηστών ραδιοφωνικών τερματικών DMO και TMO, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας ελάχιστος διαχωρισμός συχνοτήτων των 100 kHz στα δίκτυα TMO που είναι σχεδιασμένα με καλή επαναχρησιμοποίηση συχνότητας, προστασία C/I και υπερκάλυψη περιοχής κάλυψης Ραδιοσυχνότητας σταθμού βάσης, που συνήθως ισχύει για το TETRA. Αυτό ισχύει επίσης με τις Διεξόδους, τους ανεξάρτητους Αναμεταδότες Τύπου 1 Α και τους Αναμεταδότες/Διεξόδους Τύπου 1 Α. Εντούτοις, θα χρειάζεται μεγαλύτερος διαχωρισμός συχνοτήτων σε δίκτυα που είναι σχεδιασμένα για απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας σταθμού βάσης «περιορισμένης από θόρυβο», εξαιτίας των επιδράσεων του αποκλεισμού του θορύβου ευρείας ζώνης του πομπού και για τη λειτουργία DMO όπισθεν προς όπισθεν και τη λειτουργία Αναμεταδότη Τύπου 1 Α.

Από την άποψη σχεδίου του προϊόντος, οι DMO που χρησιμοποιούν μονές ραδιοσυχνότητες απαιτούν τερματικά TETRA για να είναι ικανοί για λειτουργία πομπού ευρείας ζώνης σε όλη την καθορισμένη ζώνη συχνότητας. Ευτυχώς, αυτό δεν είναι πρόβλημα με τις ζώνες των 380-400, 410-430 και 450-470 MHz, αλλά μπορεί να είναι πρόβλημα με κάποια σχέδια προϊόντων για τις ζώνες των 806-870 και 870-921 MHz, όπου απαιτούνται διαχωρισμοί πομπού δέκτη των 45 MHz.

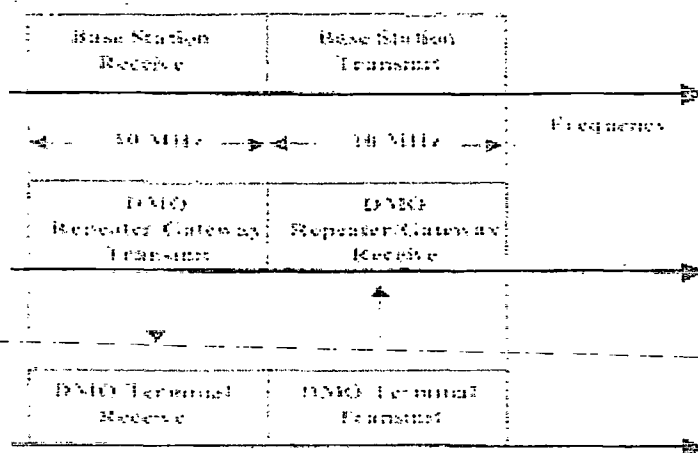
DMO που χρησιμοποιεί Δυο Φέροντα Ραδιοσυχνότητας:

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η DMO που χρησιμοποιεί δυο φέροντα θα χρησιμοποιούνταν μόνο όπου απαιτούνται Αναμεταδότες Τύπου 1 Β DMO για να επαυξήσουν την απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας περιορισμένων επικοινωνιών

«πλήρως ενημερωμένου δικτύου». Η μέθοδος που προτιμάται για την εκχώρηση συχνότητας είναι να εκχωρείται η συχνότητα μετάδοσης του Αναμεταδότη DMO από

την υπο-ζώνη δέκτη του σταθμού βάσης και τη συχνότητα λήψης από την υπο-ζώνη του πομπού του σταθμού βάσης. Αυτό φαίνεται αντίθετο με την υπο-ζώνη που προτιμάται για μονή συχνότητα DMO, που δε χρησιμοποιεί συχνότητες δέκτη σταθμού βάσης για μεταδόσεις DMO. Εντούτοις, επειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ένας Αναμεταδότης DMO για κάθε περιορισμένη ομάδα ομιλίας πλήρως ενημερωμένου δικτύου, σε σύγκριση με πολλούς χρήστες DMO που πιθανόν μοιράζονται την ομάδα ομιλίας, υπάρχει μόνο μια πηγή παρενόχλησης δέκτη σταθμού βάσης, η οποία είναι ο ίδιος ο Αναμεταδότης DMO.

Αυτή η μοναδική πηγή πιθανής παρενόχλησης από μια στατική τοποθεσία (Οι Αναμεταδότες DMO είναι συνήθως ακίνητοι για να παρέχουν βέλτιστη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας) θεωρείται λιγότερο καταστρεπτική από την πιθανότητα παρενόχλησης από πολλούς χρήστες DMO που κινούνται γύρω από την περιορισμένη περιοχή επικοινωνίας. Με αυτό το δεδομένο, πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιπλέον προστασία επαναχρησιμοποίησης συχνότητας για να προστατευτούν οι δέκτες του σταθμού βάσης από τους πομπούς Αναμεταδότη DMO



ΣΧΗΜΑ 7

Το Σχήμα 7 δείχνει τις εκχωρήσεις συχνότητας που προτιμώνται για τους Αναμεταδότες DMO και τον Αναμεταδότη/ Διεξόδοι που χρησιμοποιούν δυο φέροντα Ραδιοσυχνότητας.

Η πιθανότητα παρενόχλησης σε χρήστες TMO που βρίσκονται κοντά σε περιορισμένους χρήστες DMO περιορίζεται στις επιδράσεις των μεταδόσεων DMO ανά μονή συχνότητα DMO και επομένως θα έπρεπε να τηρηθούν οι ίδιες προφυλάξεις όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Καθώς οι κινητές ραδιοφωνικές μεταδόσεις είναι στη ίδια υπο-ζώνη όπως οι τερματικοί δέκτες DMO, υπάρχει η πιθανότητα για παρενόχληση σε χρήστες τερματικών DMO. Πρακτικά αυτό δε θεωρείται πρόβλημα αν χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες προφυλάξεις διαχωρισμού συχνότητων.

Από την πλευρά του σχεδίου προϊόντος, η DMO που χρησιμοποιεί δυο φέροντα Ραδιοσυχνότητων απαιτεί τα τερματικά TETRA να είναι ικανά για λειτουργία πομπού και δέκτη σε όλη την καθορισμένη ζώνη συχνότητων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αυτό δεν είναι πρόβλημα με τις ζώνες των 380-400, 410-430, και 450-

470 MHz αλλά μπορεί να είναι πρόβλημα με κάποια τωρινά σχέδια προϊόντων για τις ζώνες των 806-870 και 870-921 MHz, όπου απαιτούνται διαχωρισμοί πομπού δέκτη των 45 MHz.

Πρόβλεψη για τα Κανάλια DMO

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η χρήση της DMO είναι ένας οικονομικός συμβιβασμός μεταξύ κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, ικανότητας και αξιοπιστίας. Επομένως, για να καθοριστεί ο αριθμός των απαιτούμενων καναλιών DMO, και πού να εκχωρηθούν στο διαθέσιμο φάσμα συχνότητας, χρειάζεται να συγκεντρωθούν πληροφορίες καθώς και να εξεταστούν πολλοί παράγοντες, οι οποίοι είναι:

- Ο αριθμός δύο ζευγών φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο TMO και στην επαναχρησιμοποίηση συχνότητας
- Η γεωγραφική πυκνότητα του πληθυσμού και τα σχεδιαγράμματα κυκλοφορίας
- Οι γεωγραφικές περιοχές όπου η DMO είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθεί για πρόσθετη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και /ή ικανότητα
- Το πρόσθετο φάσμα που χρειάζεται έξω από αυτό που έχει εκχωρηθεί για το δίκτυο TMO

Η σημασία και η σπουδαιότητα αυτής της συγκέντρωσης πληροφοριών και των παραγόντων που πρέπει να εξεταστούν αναλύεται ως ακολούθως.

Αριθμός δυο ζευγών φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο TMO και στην επαναχρησιμοποίηση συχνότητας:

Το πρώτο βήμα είναι να καθοριστεί το φάσμα που απαιτείται για κανονική καθημερινή λειτουργία του δικτύου TMO λαμβάνοντας υπόψη τους κατάλληλους συντελεστές επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Μόλις καθοριστούν, θα φανεί ο αριθμός των ζευγών φερόντων Ραδιοσυχνότητας που είναι διαθέσιμοι για επικοινωνίες DMO σε μια βάση μη παρενόχλησης.

Γεωγραφική Πυκνότητα του πληθυσμού των χρηστών και σχεδιαγράμματα κυκλοφορίας:

Ο καθορισμός του πληθυσμού των χρηστών και των σχεδιαγραμμάτων κυκλοφορίας για κανονική καθημερινή λειτουργία είναι σχετικά εύκολος σε σύγκριση με τον καθορισμό του πληθυσμού χρηστών και των σχεδιαγραμμάτων κυκλοφορίας ανά γεωγραφική περιοχή για σημαντικά περιστατικά (αν αυτά χρειάζεται να υποστηριχτούν στο δίκτυο). Ευτυχώς, οι περισσότεροι οργανισμοί που απαιτούν επικοινωνίες απρόοπτων για σημαντικά περιστατικά γνωρίζουν ήδη το είδος της απόκρισης που θα χρειαζόταν να παρέχουν για κάθε είδος περιστατικού και συνήθως θα σχεδίαζαν μια επαρκή ικανότητα επικοινωνιών για να καλύψουν αυτήν την ανάγκη στα δίκτυά τους. Αν δεν έχει σχεδιαστεί επαρκής ικανότητα στο κύριο δίκτυο για οικονομικούς λόγους, τότε οι γεωγραφικές τοποθεσίες αυτών των πιθανών περιοχών όπου μπορούν να

σημειωθούν περιστατικά είναι ως επί το πλείστον ήδη γνωστές, με την πιθανή εξαίρεση των αντικειμένων που πέφτουν από τον ουρανό και των θεικών παρεμβάσεων.

Γεωγραφικές Περιοχές όπου η DMO είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί για πρόσθετη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και/ ή ικανότητα:

Το επόμενο βήμα είναι να εντοπιστούν γεωγραφικές περιοχές στο δίκτυο TMO όπου η κάλυψη DMO μπορεί να χρειαστεί να παρέχει μεταφερόμενες στο χέρι ραδιοφωνικές τερματικές επικοινωνίες μέσω διεξόδων, να αντισταθμιστεί η κακή κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και να δοθεί πρόσθετη ικανότητα έξω από το δίκτυο TMO. Στην ιδανική περίπτωση, οι απαιτήσεις πρόσθετης κάλυψης και ικανότητας για κάθε χώρο σταθμού βάσης στο δίκτυο TMO πρέπει να καθιερωθεί.

Πρόσθετο φάσμα που χρειάζεται έξω από αυτό που έχει εκχωρηθεί για το δίκτυο TMO:

Μόλις γίνουν τα προηγούμενα βήματα, οι σχεδιαστές δικτύων θα έπρεπε να είναι ικανοί να υπολογίσουν πόσα ανεξάρτητα κανάλια επικοινωνιών DMO χρειάζονται έξω από το δίκτυο TMO για την περιοχή κάλυψης κάθε χώρου σταθμού βάσης. Επιπλέον, οι σχεδιαστές θα είναι σε θέση να ορίσουν πόσα από αυτά τα κανάλια DMO μπορούν να χρησιμοποιηθούν επαναχρησιμοποιώντας συχνότητες σταθμού βάσης σε μια γεωγραφική βάση μη παρενόχλησης και πόσα περισσότερα κανάλια DMO χρειάζεται να υποστηριχτούν με την παροχή του πρόσθετου φάσματος, αν κάτι τέτοιο είναι εφαρμόσιμο. Προφανώς, οι σχεδιαστές δικτύου χρειάζεται να καθορίσουν αν ο τρόπος DMO που προτιμούν είναι ένα ή δύο φέροντα Ραδιοσυχνότητας, καθώς αυτό θα επηρέαζε τις απαιτήσεις φάσματος.

Παράδειγμα Ανάλυσης Σχεδιασμού Συχνότητας DMO

Το παρακάτω παράδειγμα που αναλύεται είναι ένα δίκτυο TETRA κοινής δημόσιας ασφάλειας που χρησιμοποιεί 21 χώρους σταθμών βάσης για να παρέχει μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη μιας μεγάλης πόλης και των προαστίων της. Ο πληθυσμός χρηστών των τερματικών κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης περιόδου θεωρείται πως είναι 20,000 χρήστες, που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι στην απαιτούμενη περιοχή

κάλυψης. Η ανάγκη για 20 κανάλια DMO μονών φερόντων Ραδιοσυχνότητας έχει καθιερωθεί για να παρέχει πρόσθετη ικανότητα και επικοινωνίες περιορισμένης

κάλυψης για σημαντικά περιστατικά σε οποιοδήποτε μέρος της περιοχής κάλυψης του δικτύου. Από τον Πίνακα 4 μπορεί να διαπιστωθεί ότι απαιτείται φάσμα συχνότητας των $2 * 2.625$ MHz για να υποστηρίξει 20,000 τερματικούς χρήστες που λειτουργούν στο δίκτυο TMO.

TMO Network Parameters	Number
Equivalent Occupied Bandwidth per Communication Channel (kHz)	6.25
Actual Occupied channel Bandwidth per RF Carrier pair (kHz)	25
Cellular Re-use pattern	21
Total number of Network Mobile Users	20,000
Number of Base station sites required to provide coverage	21
Number of Mobile Users per base station site	952
Number of communication channels per base station site for required CoS	19
Number of 2F RF channels per base station site	5
Total Number of 2F RF channels in TMO Network	105
Total TMO Network Spectrum required (2 x MHz)	2.625

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Μπορεί επίσης να διαπιστωθεί ότι είναι διαθέσιμο ένα σύνολο 105 ζευγών φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων στο δίκτυο TMO για να υποστηρίξουν τη DMO μονού φέροντος Ραδιοσυχνότητας σε μια βάση μη παρενόχλησης. Παρόλο που έχει χρησιμοποιηθεί ένας κύμειωτός συντελεστής επαναχρησιμοποίησης του 21 στο δίκτυο TMO, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής επαναχρησιμοποίησης του 7 για επικοινωνίες DMO καθώς η απόδοση της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας για επικοινωνίες «όπισθεν προς όπισθεν» μεταξύ πεζών χρηστών ραδιοφώνων μεταφερόμενων στο χέρι, είναι σημαντικά λιγότερη από εκείνη για επικοινωνίες TMO.

Region-Wide DMO Parameters	Number
Total number of 2F RF channels in TMO Network	105
Number of 2F RF channels per base station site	5
TMO base station transmitter frequency cellular reuse factor for DMO	7
Number of base station transmitter frequencies that cannot be used per base station site	35
Number of DMO channels available per base station site	70
Number of DMO channels required per base station site (network wide)	20
Surplus of available DMO Channels	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Η χρήση ενός συντελεστή επαναχρησιμοποίησης συχνότητας σημαίνει ότι δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν 35 συχνότητες σταθμών βάσης για DMO όταν γίνεται λειτουργία στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας οποιουδήποτε χώρου σταθμού βάσης. Προφανώς, αυτή η ομάδα των 35 συχνοτήτων σταθμών βάσης θα είναι διαφορετική ανάλογα με τη γεωγραφική τοποθεσία. Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν τον παράγοντα, μπορεί να διαπιστωθεί από τον

Πίνακα 5 ότι μπορεί να υποστηριχτεί ένα σύνολο 70 καναλιών DMO στο δίκτυο επαναχρησιμοποιώντας τις συχνότητες σταθμού βάσης TMO, ικανοποιώντας έτσι εύκολα την απαίτηση για 20 κανάλια DMO.

Για σχεδιαστές δικτύου που απαιτούν μεγαλύτερα περιθώρια επαναχρησιμοποίησης, τα κυψελωτά σχεδιαγράμματα επαναχρησιμοποίησης των 12, 13 και 16 θα εξακολουθούσαν να παρέχουν υποστήριξη 20 καναλιών DMO στο παράδειγμα που αναλύεται.

Σύνοψη του Σχεδιασμού Ραδιοσυχνότητας DMO

Παρόλο που η παραδοσιακή λειτουργία αναμεταδότη χρησιμοποιεί δύο φέροντα Ραδιοσυχνότητας (ένα για άνω ζεύξη και ένα για κάτω ζεύξη), δε χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί αυτό το είδος λειτουργίας με το TETRA, καθώς η ίδια απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μπορεί να αποκτηθεί χρησιμοποιώντας μια μονή ραδιοσυχνότητα με αθροιστικές σχισμές χρόνου TDMA. Επίσης, η χρήση μιας μονής συχνότητας DMO είναι πιο αποδοτική για το φάσμα σε σύγκριση με DMO 2 φερόντων. Επιπλέον, οι Αναμεταδότες DMO Τύπου 1 Α μονής συχνότητας είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσουν παρενόχληση με χρήστες του δικτύου TMO επειδή δε χρησιμοποιούνται συνήθως συχνότητες δέκτη σταθμού βάσης. Για αυτούς τους λόγους, προτιμάται συνήθως η χρήση DMO ενός μονού φέροντος Ραδιοσυχνότητας.

Η μόνη εφαρμογή χρήστη που θα μπορούσε να επωφεληθεί από τη DMO δυο φερόντων Ραδιοσυχνότητας είναι όταν υπάρχουν πολλοί χρήστες DMO που λειτουργούν σε πολλά ανεξάρτητα κανάλια DMO στην ίδια περιορισμένη περιοχή και το διαθέσιμο φάσμα συχνότητας δε θα επιτρέψει στα κανάλια DMO να έχουν αρκετή απόσταση μεταξύ τους για να περιορίζεται η παρενόχληση από διπλανά κανάλια.

Αυτή η ανάγκη για DMO δυο φερόντων Ραδιοσυχνοτήτων θεωρείται πως είναι απίθανη, καθώς οι επικοινωνίες DMO μονού φέροντος Ραδιοσυχνότητας απαιτούν μόνο ένα διαχωρισμό 50 kHz μεταξύ των καναλιών DMO σε ανοιχτό έδαφος, και 100 kHz σε αστικά περιβάλλοντα με ακαταστασία, για να μειωθούν οι επιδράσεις της παρενόχλησης διπλανού καναλιού σε ένα λειτουργικά αποδεκτό επίπεδο. Επίσης, μπορεί να διαπιστωθεί από το παράδειγμα που αναλύεται στον Πίνακα 5, ότι μπορούν να παρέχονται επαρκή κανάλια DMO επαναχρησιμοποιώντας τις συχνότητες σταθμού βάσης TMO σε μεγάλα δίκτυα.

Εντούτοις, κάποιοι οργανισμοί μπορεί να απαιτούν να γυρίζουν οι χρήστες DMO οπουδήποτε μέσα στο δίκτυό τους χωρίς να χρειαστεί να αλλάξουν κανάλια (ως συνέπεια της επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων του σταθμού βάσης TMO) ή μπορεί να χρειάζεται να συντονίσουν τα κανάλια DMO με άλλα δίκτυα για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Σε αυτές τις περιπτώσεις θα χρειαστεί πρόσθετο φάσμα έξω από το δίκτυο TMO. Επειδή αυτό το φάσμα είναι μόνο για DMO, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα δυο φέροντα ενός ζεύγους δυο συχνοτήτων για να παρέχουν δυο ανεξάρτητα κανάλια DMO. Ακόμη και με την πρόνοια για αποκλειστικό φάσμα για DMO, η γενική

απόδοση φάσματος ενός δικτύου TETRA μέτριας ως υψηλής ικανότητας εξακολουθεί να είναι ανώτερη από εκείνη ενός αντίστοιχου δικτύου FDMA, είτε αναλογικού είτε ψηφιακού.

Πρωτόκολλο και Δομή Σχισμών Χρόνου DMO

Το πρωτόκολλο και η δομή των σχισμών χρόνου για DMO είναι σχετικά σύνθετα αλλά έχουν απλοποιηθεί σε αυτό το βιβλίο για να παρουσιάσουν πλευρές κλειδιά της λειτουργίας για MS προς MS μονού φέροντος Ραδιοσυχνότητας, Αναμεταδότες Τύπου

1 A και Διεξόδους Τύπου 1 A, οι οποίες είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιημένες διαμορφώσεις. Μια πιο περιεκτική περιγραφή του πρωτοκόλλου DMO και της δομής σχισμών χρόνου για όλες τις διαμορφώσεις DMO μπορεί να βρεθεί στην Τεχνική Αναφορά (RT) 102 300-3, τον Οδηγό του Σχεδιαστή Μέρος 3: Λειτουργία Άμεσου Τρόπου, που είναι ένα δημοσιευμένο έγγραφο διαθέσιμο από το ETSI.

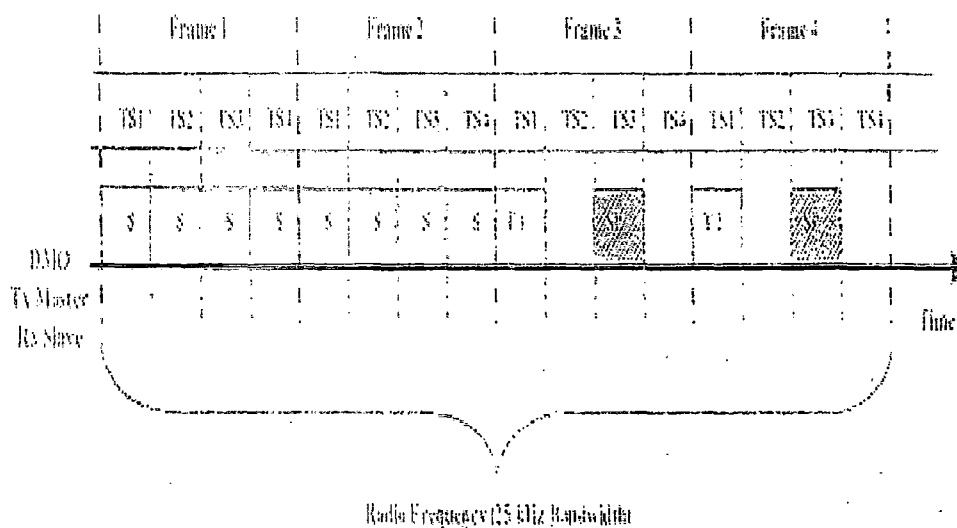
Πρωτόκολλο MS-MS DMO μονού Φέροντος Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου

Το απλοποιημένο πρωτόκολλο και η δομή σχισμών χρόνου για DMO μονού φέροντος Ραδιοσυχνότητας για MS-MS παρουσιάζεται στο Σχήμα 8. Βασικά, όταν ένας χρήστης DMO μεταδίδει, το ραδιοφωνικό τερματικό στέλνει μια έξαρση οχτώ συνεχόμενων σχισμών χρόνου (δύο πλαίσια).

Αυτή η έξαρση μετάδοσης διάρκειας περίπου 114 millisecond επιτρέπει σε ραδιοφωνικά τερματικά άλλων χρηστών DMO στο ίδιο κανάλι να συγχρονιστούν με τη δομή σχισμών χρόνου για να λάβουν το πρώτο φωνητικό μήνυμα σχισμής χρόνου, το οποίο στέλνεται αμέσως μετά τον τελευταίο συγχρονισμό σχισμών χρόνου, και των ακόλουθων σχισμών χρόνου, οι οποίες είναι όλες στη σχισμή χρόνου 1. Αυτή η μετάδοση έξαρσης περιλαμβάνει επίσης την αρίθμηση πληροφοριών σε πλαίσια και σχισμές χρόνου καθώς και την ταυτότητα της ομάδας και άλλες σχετικές πληροφορίες σηματοδότησης.

Για εφαρμογές όπου μπορεί να απαιτείται βελτιωμένη αξιοπιστία υποδοχής, η έξαρση συγχρονισμού μπορεί να επεκταθεί σε 4 πλαίσια, διάρκειας περίπου 228 millisecond. Η μόνη συνέπεια του εκτεταμένου συγχρονισμού είναι η πρόσθετη καθυστέρηση οργάνωσης κλήσης για κάθε μετάδοση DMO. Εντούτοις, μόλις η κλήση γίνει, δεν υπάρχει διαφορά στην καθυστέρηση χρόνου στις σχισμές χρόνου των φωνητικών μηνυμάτων μεταξύ του τερματικού DMO μετάδοσης (βασικού) και των τερματικών DMO λήψης (υπηρετών).

Αν για κάποιο λόγο η αρχική έξαρση συγχρονισμού δε ληφθεί, για παράδειγμα λόγω κακής κάλυψης Ραδιοσυχνότητας και/ ή κλεισμένου ραδιοφώνου, το βασικό εισάγει περιοδικά επιπλέον σχισμές χρόνου «καθυστερημένης εισόδου» για να επιτρέψει στους χρήστες ράδιο να συμμετέχουν στην κλήση κατά τη διάρκεια της μετάδοσης DMO.



ΣΧΗΜΑ 8

Στο σχεδιάγραμμα χρονισμού παρουσιάζεται επίσης μια Ειδική (SP) σχισμή χρόνου στο TS3, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλούς σκοπούς σηματοδότησης από χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών στο κανάλι DMO. Η πιο συνηθισμένη χρήση για

αυτή τη σχισμή χρόνου SP είναι για την κλήση τη γενόμενη εκ προτιμήσεως, για παράδειγμα για να παρέχεται μια ευκολία επείγουσών κλήσεων. Στο τέλος κάθε μετάδοσης DMO, το ραδιοφωνικό τερματικό στέλνει αυτόματα ένα σήμα τέλους του μηνύματος (που δε φαίνεται στο σχεδιάγραμμα χρονισμού).

Επειδή οι μεταδόσεις DMO δεν είναι συγχρονισμένες με το δίκτυο TMO και οι υπηρέτες συγχρονίζονται κάθε φορά που υπάρχει μια μετάδοση DMO, το όριο στην απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας που προκαλείται από την καθυστέρηση στη μετάδοση των σχισμών χρόνου, που επηρεάζει τα ραδιοφωνικά τερματικά που λειτουργούν σε ένα δίκτυο TMO, δεν ισχύει πλέον.

Ο μόνος περιορισμός στην απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας για MS-MS DMO είναι εκείνος που επιβάλλεται από το λαμβανόμενο σθένος σήματος. Αυτό το χαρακτηριστικό διάδοσης DMO αρχίζει πολλές εφαρμογές DMO, από τις οποίες μια σημαντική εφαρμογή είναι οι επικοινωνίες «Αέρα/Εδάφους».

Πρωτόκολλο Αναμεταδότη Τύπου 1 A DMO Μονού Φέροντος

Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου:

Το απλοποιημένο πρωτόκολλο και η δομή σχισμών χρόνου για έναν Αναμεταδότη Τύπου 1 A παρουσιάζεται στο Σχήμα 9. Το σχεδιάγραμμα χρονισμού είναι σχεδιασμένο για να δείξει την ακολουθία χρόνου των γεγονότων από την αρχή ως το τέλος καλύπτοντας μια βασική μετάδοση τερματικού DMO και την αντίστοιχη βασική μετάδοση Αναμεταδότη DMO στους υπηρέτες DMO. Καθώς χρησιμοποιείται ένα μονό φέρον Ραδιοσυχνότητας, δεν είναι απαραίτητο να παρουσιαστούν ακολουθίες ξεχωριστού χρονισμού για τους δέκτες DMO.

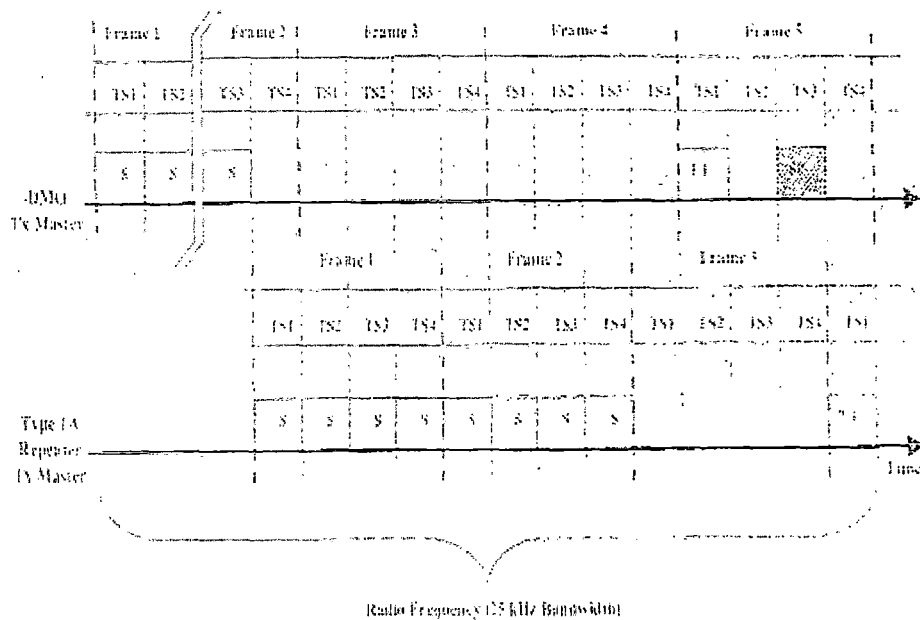
Βασικά, αυτός ο Αναμεταδότης Τύπου 1 A λειτουργεί ως ένας υπηρέτης DMO και χρησιμοποιεί την έξαρση συγχρονισμού από τον υπηρέτη DMO για να θέσει μια διαφορετική δομή πλαισίων για τον πομπό Αναμεταδότη, που ουσιαστικά λειτουργεί επίσης ως ένα βασικό DMO. Επειδή ένας Αναμεταδότης Τύπου 1 A λειτουργεί στο ίδιο

φέρον Ραδιοσυχνότητας όπως το βασικό DMO και οι υπηρέτες DMO, η μετάδοση από τον Αναμεταδότη για τα φωνητικά μηνύματα χρησιμοποιεί διαφορετικές σχισμές χρόνου.

Οι υπηρέτες DMO θα λάβουν αρχικά (ανεξάρτητα από την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας) τη βασική μετάδοση DMO που ακολουθείται από τη βασική μετάδοση από τον αναμεταδότη. Αυτό θα φανεί στους υπηρέτες DMO ως μια έξαρση συνεχούς συγχρονισμού περίπου 4 πλαισίων. Εντούτοις, τα δυο τελευταία πλαίσια της έξαρσης του συγχρονισμού είναι εκείνα που θα ρυθμίσουν τη δομή σχισμών χρόνου, για να ληφθεί η πρώτη σχισμή χρόνου φωνητικού μηνύματος, που σε αυτήν την περίπτωση ακολουθεί ύστερα από τρεις σχισμές χρόνου.

Η καθυστέρηση στέλνει τη φωνητική σχισμή χρόνου για να επιτρέψει στο βασικό DMO να ελέγξει αν ο αναμεταδότης έχει συγχρονιστεί με τη μετάδοσή του και να αθροίσει τις φωνητικές σχισμές χρόνου έτσι ώστε να μη γίνουν συγκρούσεις. Η μόνη διαφορά μεταξύ της λειτουργίας MS-MS και του Αναμεταδότη είναι ότι ο υπηρέτης TMO στέλνει μόνο 7 σχισμές χρόνου συγχρονισμού. Καθώς η λειτουργία Αναμεταδότη Τύπου 1 A χρησιμοποιεί αποτελεσματικά μια έξαρση εκτεταμένου συγχρονισμού και μια φωνητική σχισμή χρόνου, ο χρόνος ρύθμισης κλήσεων για επικοινωνίες μεταξύ χρηστών DMO είναι περίπου 269 millisecond.

Αν θεωρηθεί απαραίτητο να βελτιωθεί η αξιοπιστία των επικοινωνιών, οι εξάρσεις εκτεταμένου συγχρονισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά αυτό θα αυξήσει τους χρόνους ρύθμισης κλήσεων σε περίπου 496 millisecond. Εντούτοις, η διαφορά καθυστέρησης χρόνου στις σχισμές χρόνου φωνητικών μηνυμάτων μεταξύ του βασικού DMO και των υπηρετών DMO, μόλις γίνει η κλήση, είναι μόνο γύρω στα 42 millisecond. Όπως η λειτουργία MS-MS, υπάρχει πρόνοια μέσα στη δομή χρονισμού για τη σχισμή χρόνου SP που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έναν αριθμό σκοπών σηματοδότησης από χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών στο κανάλι DMO.



ΣΧΗΜΑ 9

Πρωτόκολλο Διεξόδου DMO Μονού Φέροντος Ραδιοσυχνότητας και Δομή Σχισμών Χρόνου

Το απλοποιημένο πρωτόκολλο και η δομή σχισμών χρόνου που παρουσιάζονται στο Σχήμα 10 έχουν σχεδιαστεί για να δείξουν τη χρονική ακολουθία των γεγονότων «από την κορυφή ως το πάτο» που καλύπτει ένα χρήστη κινητού ραδιοφώνου TMO που κάνει μια ομαδική κλήση σε χρήστες DMO μέσω μιας Διεξόδου.

Η κλήση ξεκινά από το κινητό TMO στην άνω ζεύξη στο σταθμό βάσης όπως φαίνεται από τη σχισμή χρόνου 1 «Κλήση» στο πλαίσιο 1. Ο σταθμός βάσης TMO, μόλις λάβει αυτήν την κλήση, μέσω επεξεργασίας στο SwMI, στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης που από τη σχισμή χρόνου «CON» του πλαισίου 1. Αυτό το μήνυμα σύνδεσης περιέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες «πήγαινε στο κανάλι» και τις σχετικές πληροφορίες σηματοδότησης.

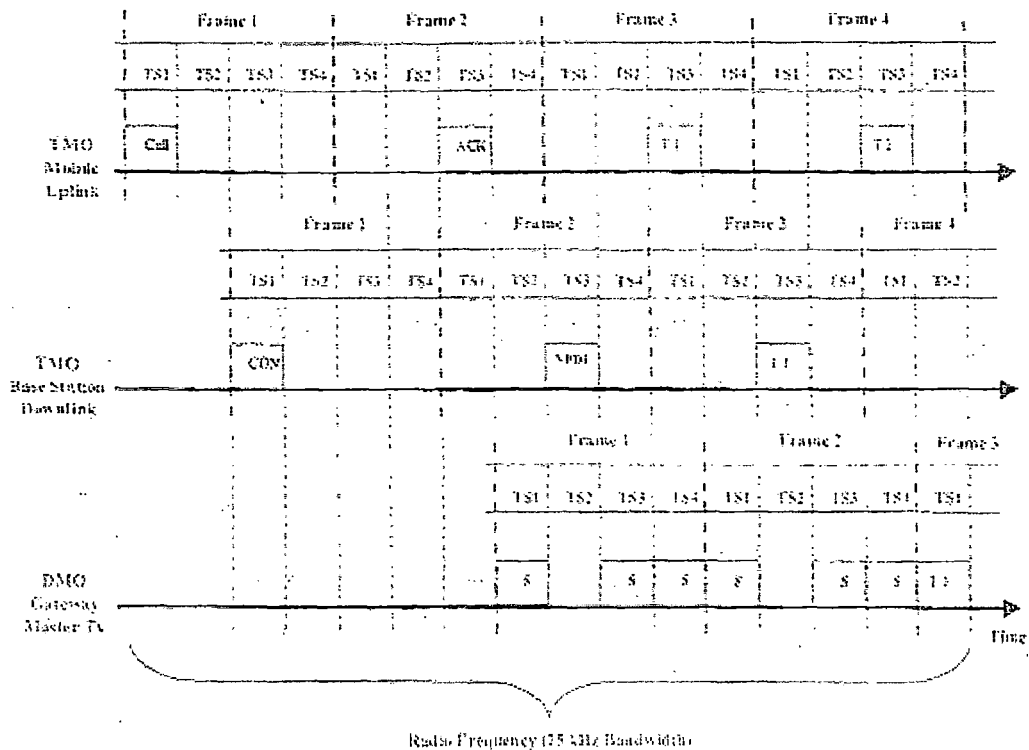
Καθώς η Διέξοδος είναι μια ραδιοφωνική μονάδα TMO κλειδωμένη σε ένα τοπικό χώρο σταθμού βάσης TMO, θα λαμβάνει επίσης αυτό το μήνυμα σύνδεσης. Αναγνωρίζοντας ότι αυτό είναι ένα μήνυμα ομαδικής κλήσης για τη συνδεόμενη ομάδα του και την ομάδα ομιλίας DMO, η Διέξοδος θα ετοιμαστεί να ξεκινήσει τη βασική ακολουθία μετάδοσης DMO σε συγχρονισμό με τον χρονισμό σχισμών χρόνου (αλλά όχι τη δομή χρόνου) του δικτύου TMO.

Όπως το βασικό DMO MS-MS, η Διέξοδος μεταδίδει 8 σχισμές χρόνου συγχρονισμό στα πρώτα δύο πλαίσια, με την εξαίρεση ότι δε στέλνονται εξάρσεις συγχρονισμού στο TS2 των πλαισίων 1 και 2 όπως παρουσιάζεται στη βασική γραμμή χρονισμού Tx.

Διεξόδου DMO. Ο λόγος για αυτή την εξαίρεση είναι ότι η Διέξοδος χρειάζεται να επανέλθει γρήγορα στη λειτουργία λήψης για να λάβει φωνητικά μηνύματα

λήψης TS3 από την Κάτω Ζεύξη Σταθμού Βάσης για αναμετάδοση στο κανάλι DMO.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί στη Βασική γραμμή χρονισμού Tx Διεξόδου DMO, το φωνητικό μήνυμα TS3 που λαμβάνεται από την Κάτω Ζεύξη του Σταθμού Βάσης TMO αναμεταδίδεται ύστερα από τρεις σχισμές χρόνου στο κανάλι DMO στο TS1 του δικτύου 3. Σε αυτή τη διαμόρφωση χρήστη TMO προς χρήστη DMO Διεξόδου, ο αρχικός χρόνος ρύθμισης κλήσης είναι περίπου 214 millisecond. Εντούτοις, η διαφορά φωνητικής καθυστέρησης στις σχισμές χρόνου φωνητικών μηνυμάτων μεταξύ της κινητής ραδιοφωνικής μονάδας TMO και των υπηρετών λήψης DMO, μόλις γίνει το τηλεφώνημα, είναι μόνο γύρω στα 70 millisecond.



ΣΧΗΜΑ 10

Η χρονική ακολουθία των γεγονότων για ένα χρήστη DMO που κάνει μια ομαδική κλήση προς χρήστες κινητού ραδιοφώνου TMO μέσω μιας Διεξόδου είναι πολύ όμοια αλλά αντίστροφη. Για παράδειγμα, ο βασικός DMO μεταδίδει μια ακολουθία των 8 σχισμών χρόνου συγχρονισμού που απευθύνονται ειδικά στη Διέξοδο. Σε κανονική λειτουργία θα έπαιρνε γύρω στις 3 σχισμές χρόνου για να αναγνωρίσει η Διέξοδος την παράκληση και σε αυτό το σημείο θα άλλαζε στον τρόπο μετάδοσης TMO και θα έκανε μια παράκληση ρύθμισης κλήσης.

Μόλις ληφθεί η πληροφορία «πήγαινε στο κανάλι» από το σταθμό βάσης TMO, η Διέξοδος στέλνει μια σειρά εξάρσεων συγχρονισμού στο κανάλι DMO για να επιτρέψει στη βασική DMO να συγχρονιστεί με τη δομή χρονισμού (αν χρειαστεί) με το δίκτυο TMO. Μόλις συγχρονιστεί με τη Διέξοδο, η βασική DMO στέλνει την κανονική ακολουθία συγχρονισμού 8 σχισμών χρόνου έτσι ώστε όλοι οι υπηρετές DMO που λειτουργούν στην περιοχή τοπικής κάλυψης, καθώς και η Διέξοδος, να μπορούν να λαμβάνουν τα Πακέτα Σχισμών Χρόνου Κυκλοφορίας που ακολουθούν αμέσως μετά την τελευταία σχισμή χρόνου συγχρονισμού. Η Διέξοδος αναμεταδίδει αυτά τα πακέτα Κυκλοφορίας, τρεις σχισμές χρόνου αργότερα στην άνω ζεύξη του TMO.

Σε αυτή τη διαμόρφωση χρήστη DMO προς χρήστη TMO Διεξόδου, ο αρχικός χρόνος ρύθμισης κλήσης είναι περίπου 400 millisecond. Εντούτοις, η διαφορά χρονικής καθυστέρησης σε σχισμές χρόνου κυκλοφορίας μεταξύ της κύριας ομάδας DMO και

της κινητής ραδιοφωνικής μονάδας TMO, μόλις γίνει μια κλήση, είναι μόνο γύρω στα 70 millisecond. Προφανώς, δεν υπάρχει χρονική καθυστέρηση στις σχισμές χρόνου κυκλοφορίας μόλις ρυθμιστεί η κλήση για τους χρήστες DMO.

Απόδοση Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας DMO

Παρόλο που υπάρχουν πολλά μοντέλα διάδοσης Ραδιοσυχνότητας για δίκτυα στα

οποία λειτουργούν σταθμοί βάσης, αυτά βρέθηκαν ακατάλληλα για επικοινωνίες MS-MS DMO για να προβλεφθεί η απόδοση εμβέλειας χρησιμοποιώντας μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά που λειτουργούν περίπου 1.5 μέτρα πάνω από το επίπεδο εδάφους.

Αναγνωρίζοντας αυτή την ανάγκη, ο διδάκτωρ David Bacon της Υπηρεσίας Ραδιοεπικοινωνιών του Ηνωμένου Βασιλείου ανέπτυξε ένα μοντέλο διάδοσης για τη χρήση DMO σε επίπεδο ανοιχτό έδαφος, το οποίο αποδείχτηκε αργότερα από δοκιμές πεδίου το Φεβρουάριο του 2001 ότι είναι αποδεκτό, με μια πολύ μικρή τροποποίηση για να αυξηθούν οι επιδράσεις της διάδοσης ελεύθερου χώρου σε μικρές αποστάσεις.

Δυστυχώς, δεν είναι πιθανό να αναπτυχθεί ένα ρεαλιστικό μοντέλο διάδοσης για σενάρια λειτουργίας DMO που περιλαμβάνουν δομές στην περιορισμένη περιοχή επικοινωνίας. Αυτό οφείλεται στο ότι οι δομές παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης και ανάκλασης, που ποικίλλουν σημαντικά για κάθε συγκεκριμένη περιορισμένη περιοχή.

Παρόλο που η απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας καθορίζεται κυρίως από το έδαφος που θα καλυφθεί και την απόδοση Ραδιοσυχνότητας του ραδιοφωνικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται (μεταδιδόμενη ισχύς Ραδιοσυχνότητας, ευαισθησία δέκτη), υπάρχουν δυο άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας, οι οποίοι είναι:

-Κοντινή/ Μακρινή Παρενόχληση

-Παρενόχληση Ενδοδιαμόρφωσης Πομπού (IM)

Οι επιδράσεις αυτών των δυο πηγών πιθανής παρενόχλησης Ραδιοσυχνότητας έχουν ως ακολούθως:

Κοντινή/ Μακρινή Παρενόχληση:

Οποιοσδήποτε πομπός, ανεξάρτητα από την τεχνολογία, ακτινοβολεί μια μικρή ποσότητα ενέργειας Ραδιοσυχνότητας και στις δυο πλευρές της συχνότητας λειτουργίας του. Ομοίως κάθε δέκτης μπορεί να επηρεαστεί από την ενέργεια Ραδιοσυχνότητας σε κάθε πλευρά της συχνότητας λειτουργίας του. Αυτοί οι παράγοντες, όταν συνδυάζονται, σημαίνουν ότι ένας πομπός που λειτουργεί σε μια ραδιοφωνική συχνότητα χρειάζεται να είναι υλικά

διαχωρισμένος σε απόσταση από ένα δέκτη που λειτουργεί σε μια άλλη ραδιοφωνική συχνότητα για να εμποδιστεί η αμοιβαία παρενόχληση.

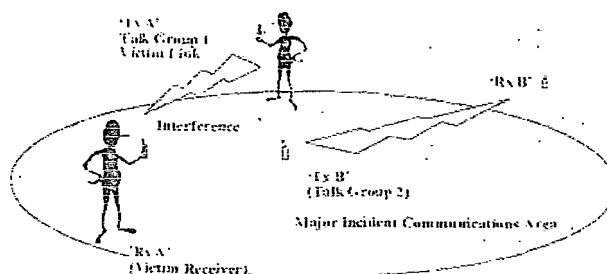
Αυτή η επίδραση είναι πολύ σημαντική σε απλές επικοινωνίες DMO μονής συχνότητας καθώς τα κανάλια Ραδιοσυχνότητων συνήθως έχουν κοντινή απόσταση

μεταξύ τους λόγω περιορισμών στη διαθεσιμότητα συχνότητας. Αυτή η επίδραση περιπλέκεται επιπλέον καθώς οι χρήστες DMO που λειτουργούν στην ίδια τοπική περιοχή, και σε διαφορετικά ανεξάρτητα κανάλια, συχνά μεταδίδουν και λαμβάνουν όταν είναι τοποθετημένοι σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους.

Καθώς υπάρχει πάντα κάποιο επίπεδο αμοιβαίας παρενόχλησης, στους χρήστες DMO χρειάζεται να δοθεί η οδηγία να μη μεταδίδουν όταν βρίσκονται κοντά ο ένας με τον άλλο. Αυτή η εγγύτητα με άλλους χρήστες αναφέρεται συχνά ως απόσταση «Μείνε Μακριά». Για λόγους λειτουργίας, αυτή η απόσταση «μείνε μακριά» δεν μπορεί να είναι παραπάνω από 5 μέτρα (μεγαλύτερες αποστάσεις είναι συνήθως μη αποδεκτές και επίσης είναι δύσκολο να υπολογιστούν από τους χρήστες). Φυσικά, αυτή η απόσταση «μείνε μακριά» χρειάζεται να καθιερωθεί για το χειρότερο σενάριο λειτουργίας DMO, όπως φάνηκε στο Σχήμα 11.

Το διάγραμμα δείχνει ένα χρήστη DMO (Rx A) στην άκρη της περιοχής κάλυψης λειτουργίας, που λαμβάνει ένα μήνυμα από ένα μέλος της ομάδας ομιλίας (Tx A) από την αντίθετη άκρη της περιοχής λειτουργίας κάλυψης και περίπου 1 χμ. μακριά. Στον ίδιο επίσης χώρο με τον «Rx A» είναι ένας άλλος χρήστης DMO (Tx B), που επίσης μεταδίδει ένα μήνυμα σε μέλη της ομάδας ομιλίας B (Rx B).

Καθώς το «Rx A» λαμβάνει το χαμηλότερο επίπεδο σήματος Ραδιοσυχνότητας για κάθε χρήστη DMO στην περιοχή λειτουργίας, θα είναι πάρα πολύ ευπαθές σε ανεπιθύμητες εκπομπές από πομπούς που βρίσκονται στο ίδιο μέρος, όπως «Tx B». Για να εξασφαλιστούν αποδεκτές επικοινωνίες μέσα στην περιοχή λειτουργίας για όλους τους χρήστες DMO, αυτό το σενάριο της χειρότερης περίπτωσης θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί για να καθιερωθεί η εγκυρότητα κάθε πρότασης τεχνολογίας DMO, είτε είναι TETRA είτε οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία.



ΣΧΗΜΑ 11

Οι αναγνωρισμένοι συντελεστές που επηρεάζουν την απόσταση «μείνε μακριά» είναι:

-Προδιαγραφές απόδοσης Πομπού και Δέκτη των τερματικών συσκευών

-Μεταδιδόμενη Ισχύς Ραδιοσυχνότητας

-Διαχωρισμός συχνοτήτων μεταξύ των καναλιών DMO

-Αναλογία προστασίας Φέροντος προς Παρενόχληση

Προδιαγραφές απόδοσης Πομπό και Δέκτη των Τερματικών συσκευών:

Οι σημαντικές προδιαγραφές απόδοσης για ένα πομπό είναι η Ισχύς Διπλανού Καναλιού (ACP) και ο θόρυβος ευρείας ζώνης. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός αυτών

των προδιαγραφών (που εκφράζονται σε dBm), τόσο λιγότερη είναι η ανεπιθύμητη ακτινοβολούμενη ενέργεια.

Επομένως, ένας μικρότερος αριθμός για αυτές τις προδιαγραφές σημαίνει λιγότερη παρενόχληση στους δέκτες που λειτουργούν κοντά. Οι σημαντικές προδιαγραφές απόδοσης για ένα δέκτη είναι η Απόρριψη Διπλανού Καναλιού (ACR) και η επιλεκτικότητα. Σε αυτή την περίπτωση όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των προδιαγραφών, τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία από ανεπιθύμητη ενέργεια Ραδιοσυχνότητας.

Μεταδιδόμενη ισχύς Ραδιοσυχνότητας:

Καθώς η ποσότητα της ανεπιθύμητης ακτινοβολούμενης ενέργειας συνήθως αυξάνεται αναλογικά με τη μεταδιδόμενη ισχύ Ραδιοσυχνότητας, η επίδραση της παρενόχλησης σε δέκτες που λειτουργούν στην ίδια περιοχή αυξάνεται επίσης. Αυτό σημαίνει ότι παρόλο που η εμβέλεια λειτουργίας θα μπορούσε να βελτιωθεί αυξάνοντας τη μεταδιδόμενη ισχύ Ραδιοσυχνότητας, η αύξηση που προκύπτει στην απαιτούμενη απόσταση «μείνε μακριά» για χρήστες DMO μπορεί να μην είναι αποδεκτή για τη λειτουργία.

Διαχωρισμός Συχνοτήτων μεταξύ των καναλιών DMO:

Έχει αναγνωριστεί σε μεγάλο βαθμό ότι η χρήση διπλανών καναλιών για DMO υψηλής πυκνότητας, όπως αναφέρθηκε στο σενάριο της χειρότερης περίπτωσης, είναι μη αποδεκτή για τη λειτουργία λόγω του υψηλού επιπέδου της παρενόχλησης και της αύξησης που προκύπτει στις αποστάσεις «μείνε μακριά» που απαιτούνται μεταξύ των χρηστών DMO.

Ως γενικός κανόνας, όσο μεγαλύτερος είναι ο διαχωρισμός συχνοτήτων μεταξύ των καναλιών DMO, τόσο λιγότερη είναι η απόσταση «μείνε μακριά» που απαιτείται και επομένως τόσο πιο αποδεκτή γίνεται η λειτουργία. Δυστυχώς, το πραγματικά διαθέσιμο φάσμα για την υποστήριξη της λειτουργίας DMO καθορίζει τον μέγιστο δυνατό διαχωρισμό μεταξύ δυο καναλιών DMO. Εντούτοις, τα διπλανά παρακείμενα κανάλια δε θα έπρεπε ποτέ να χρησιμοποιηθούν για επικοινωνίες DMO μεγάλης πυκνότητας αυτός ο κανόνας είναι ανεξάρτητος από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.

Αναλογία προστασία φέροντος προς παρενόχληση:

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόσταση «μείνε μακριά» είναι η ικανότητα των σχεδίων δέκτη να απορρίπτουν τα ανεπιθύμητα σήματα. Αυτή η ικανότητα της απόρριψης σημάτων είναι γνωστή ως η αναλογία προστασίας Φέροντος προς Παρενόχληση (C/I), που εκφράζεται σε ντεσιμπέλ. Η ικανότητα να απορρίπτονται σήματα εξαρτάται επίσης από το είδος του σχεδίου διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται για επικοινωνία.

Παρενόχληση Ενδοδιαμόρφωσης Πομπού (IM):

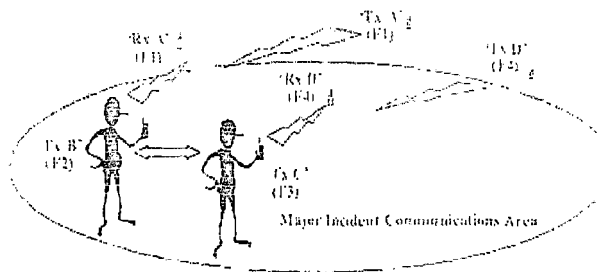
Η παρενόχληση που προκαλείται από την ενδοδιαμόρφωση πομπού είναι πολύ γνωστή και έχουν χρησιμοποιηθεί καλές πρακτικές μηχανικής σε χώρους σταθμών βάσης για να περιοριστεί η παρενόχληση. Για παράδειγμα, ο μέγιστος υλικός διαχωρισμός μεταξύ κεραιών που αυξάνουν την απώλεια σύζευξης και/ή τη χρήση δικτύων συνδυασμού κεραιών που περιλαμβάνουν κυκλοφορητές και φίλτρα.

Δυστυχώς, οι συσκευές ραδιοφωνικών τερματικών δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν εύκολα τέτοιες τεχνικές και επομένως το επίπεδο παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης πομπού καθορίζεται από ένα συνδυασμό της απόστασης «μείνε μακριά» (απόστασης σύζευξης) και των χαρακτηριστικών απόρριψης ενδοδιαμόρφωσης των πομπών ραδιοφωνικών τερματικών.

Για σενάρια DMO που απαιτούν μόνο λίγα ανεξάρτητα κανάλια, η επίδραση της παρενόχλησης της ενδοδιαμόρφωσης πομπού μπορεί να εξαλειφθεί πρακτικά εκχωρώντας κανάλια DMO που χρησιμοποιούν μια μη αρμονική σχέση 3^{ης} εντολής.

Δυστυχώς, για σενάρια DMO που απαιτούν ένα μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων χρηστών, η ποσότητα φάσματος συχνοτήτων που απαιτείται για να υποστηριχθούν οι εκχωρήσεις καναλιών DMO που χρησιμοποιούν μια μη αρμονική σχέση 3^{ης} εντολής είναι μη πρακτική.

Για παράδειγμα, η ποσότητα φάσματος που απαιτείται για να εξαλειφθεί η ενδοδιαμόρφωση πομπού για μόνο 10 κανάλια DMO απαιτεί παραπάνω από 3 MHz υποθέτοντας πως υπάρχουν διαστήματα καναλιών των 50 kHz. Επομένως, τοποθετώντας κανάλια DMO ξεχωριστά με τον ίδιο διαχωρισμό συχνότητας θα δημιουργήσει ένα περιβάλλον λειτουργίας όπου θα χρειαστεί να εξεταστεί η παρενόχληση ενδοδιαμόρφωσης πομπού. Το σχεδιάγραμμα στο Σχήμα 12 παρέχεται για να εξηγηθούν οι επιδράσεις της παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης πομπού ως ένα σημαντικό συμβάν.



ΣΧΗΜΑ 12

Το σχεδιάγραμμα στο Σχήμα 12 δείχνει δυο χρήστες DMO (Tx B και Tx C) που βρίσκονται στο ίδιο μέρος και μεταδίδουν ταυτόχρονα σε διαφορετικές συχνότητες καναλιών (F2 και F3 αντίστοιχα) σε μέλη των ομάδων ομιλίας τους. Επίσης στο ίδιο σημείο με τους «Tx A» και «Tx C» είναι οι χρήστες «Rx A» και «Rx D» που λαμβάνουν μηνύματα από τους χρήστες «Tx A» και «Tx D» στις συχνότητες F1 και F4 αντίστοιχα και βρίσκονται κάπου μακριά στην περιοχή λειτουργίας DMO.

Υποθέτοντας ότι το F1, F2, F3 και F4 χρησιμοποιούν τον ίδιο διαχωρισμό συχνοτήτων μεταξύ των καναλιών, και ο «Tx B» και ο «Tx C» θα μεταδώσουν ένα σήμα στο F1 και το F4 που βασίζεται στην αρμονική σχέση $2 \times F2 - F3$ και $2 \times F3 - F2$. Το επίπεδο παρενόχλησης αυτού του ανεπιθύμητου σήματος θα εξαρτάται (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως) από την υλική απόσταση μεταξύ του «Tx B» και του «Tx C» καθώς και από τα χαρακτηριστικά απόρριψης της ενδοδιαμόρφωσης του «Tx B» και του «Tx C».

Η απόρριψη της ενδοδιαμόρφωσης Tx για το TETRA είναι 60 dB (μέσω του Προτύπου TETRA). Θεωρώντας ως δεδομένη μια ελάχιστη απόσταση «μείνε μακριά» των 5 μέτρων, το επίπεδο της ανεπιθύμητης παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης για ένα χαρακτηριστικό τερματικό TETRA παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

Parameters	TETRA
Transmitter RF Power (dBm)	30
Antenna Gain (dB)	-2.5
Distance between Antennas (m)	5
Free Space Loss (dB)	34.2 (note 1)
Transmitter IM Rejection (dB)	60
Radiated 3rd order IM signal (dBm)	-60.2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Υποθέτοντας ότι ο «Rx A» και ο «Rx D» λαμβάνουν τα ανεπιθύμητα σήματά τους σε μια απόσταση 5 μέτρα μακριά και από τον «Tx B» και από τον «Tx C» τα σήματα παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης θα παρουσιαστούν στον Πίνακα 7.

Parameters	TETRA
Interfering signal level (dBm)	-65.2 (note 2)
Antenna Gain (dB)	-2.5
Distance between Antennas (m)	5
Free Space Loss (dB)	34.2 (note 1)
Unwanted received signal at antenna connector (dBm)	-102.9
C/I Rejection ratio (dB) Typical/Guaranteed (TU50)	15/19
Minimum wanted signal at antenna connector (dBm)	-83.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Σημειώσεις:

Η απώλεια ελεύθερου χώρου (FSL) υπολογίζεται για λειτουργία στα 400 MHz.

Το επίπεδο σήματος παρενόχλησης έχει αυξηθεί κατά 3 dB επειδή ο «Tx B» και ο «Tx C» παρέχουν δυο σήματα παρενόχλησης του ίδιου επιπέδου και αυτά θα συνδυαστούν χωρίς συμφωνία στους δέκτες «Rx A» και «Rx D» ως ένα σύνθετο σήμα. Από τα επίπεδα σήματος παρενόχλησης που παρουσιάζονται πιο πάνω, το επίπεδο παρενόχλησης που προκαλείται από την ενδοδιαμόρφωση πομπού είναι σημαντικό, ιδιαίτερα καθώς οι δέκτες TETRA είναι σχεδιασμένοι να λαμβάνουν δυναμικά σήματα τόσο χαμηλά όσο 103 dBm.

Αυτό σημαίνει ότι, για να εξαλειφθούν πλήρως οι επιδράσεις της παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης πομπού, τα λαμβανόμενα σήματα μέσα στην περιοχή λειτουργίας DMO θα χρειάζεται να είναι τουλάχιστον 83.9 dBm για TETRA. Με βάση το μοντέλο διάδοσης Bacon, αυτό σημαίνει ότι η απόδοση εμβέλειας DMO για το TETRA σε ένα επίπεδο ανοιχτού εδάφους χωρίς εμπόδια θα είναι περιορισμένο σε απόσταση σε περίπου 1,000 μέτρα, κάτι που καλύπτει την απαιτούμενη απόσταση σε σενάρια σημαντικών συμβάντων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η παρενόχληση που προκαλείται από την ενδοδιαμόρφωση Tx είναι ο λόγος που τα αναλογικά FM ήταν σπάνια αποδεκτά για

λειτουργία για επικοινωνίες DMO σε σημαντικά συμβάντα. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι επιδράσεις της ενδοδιαμόρφωσης Tx είναι πολύ πιο καταστρεπτικές σε σενάρια αστικών DMO που συνεπάγονται δομές στην περιορισμένη περιοχή επικοινωνίας.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αυτό οφείλεται στο ότι οι δομές παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης και ανάκλασης, που ποικίλλουν σημαντικά για κάθε συγκεκριμένη περιορισμένη περιοχή. Λόγω αυτού του περιβάλλοντος πολλαπλής διαδρομής, και τη μεγάλη πιθανότητα το επιθυμητό σήμα να είναι χαμηλό σε σύγκριση με τα ανεπιθύμητα σήματα ενδοδιαμόρφωσης Tx, θα χρειαστεί ένα πρόσθετο περιθώριο προστασίας, που θα ελαττώσει επιπλέον την απόδοση της εμβέλειας για τη DMO.

Χαρακτηριστικά Μετάδοσης του TETRA:

Ένας άλλος παράγοντας που θεωρείται πως είναι ένα πλεονέκτημα για το TETRA είναι η δομή των σχισμών χρόνου της πραγματικής μετάδοσης και λήψης των σημάτων DMO σε σύγκριση με το FDMA που μεταδίδει συνεχώς για τη διάρκεια της μετάδοσης του σήματος. Για παράδειγμα, το TETRA χρησιμοποιεί μόνο 1 από τις 4 σχισμές χρόνου για μετάδοση και λήψη της DMO. Επομένως η πιθανότητα οι μεταδόσεις TxB και TxC (ενδοδιαμόρφωση Tx) να συμβούν ταυτόχρονα ελαττώνεται με ένα παράγοντα 4 για μη συγχρονισμένα DMO. Αυτό σημαίνει μια μείωση στις επιδράσεις παρενόχλησης που προκαλούνται από την ενδοδιαμόρφωση του πομπού.

Ομοίως, η πιθανότητα ένας πομπός DMO να παρενοχλήσει άλλους χρήστες ανεξάρτητων ομάδων ομιλίας που λαμβάνουν σε ένα άλλο κανάλι μειώνεται επίσης με ένα συντελεστή 4, ελαττώνοντας έτσι το επίπεδο της αμοιβαίας παρενόχλησης. Γενικά, αυτό σημαίνει ότι το TETRA για τα σενάρια και της ενδοδιαμόρφωσης Tx και της αμοιβαίας παρενόχλησης θα έχει ένα συντελεστή βελτίωσης όχι λιγότερο από 2, όταν συγκρίνεται με τα χαρακτηριστικά συνεχούς μετάδοσης του FDMA.

Άλλοι σημαντικοί συντελεστές:

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι ότι πραγματική απόδοση των προδιαγραφών ποικίλλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Για παράδειγμα, το πρότυπο TETRA καθορίζει τις προδιαγραφές ελάχιστης απόδοσης που πρέπει να εκπληρωθούν για να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της έγκρισης του είδους. Καθώς το TETRA είναι μια αγορά πολλών πωλητών, το ποσό με το οποίο οι πραγματικές προδιαγραφές τερματικών ξεπερνούν το πρότυπο ποικίλλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Σύνοψη της TETRA DMO

Η TETRA DMO έχει δημιουργηθεί για να καλύπτει τις απαιτήσεις των οργανισμών παραδοσιακών χρηστών PMR για μια ποικιλία εφαρμογών κάλυψης τοπικής περιοχής. Ο αριθμός των διαμορφώσεων DMO που υποστηρίζονται στο πρότυπο TETRA παρέχει τη μέγιστη ελαστικότητα στο σχέδιο δικτύου TETRA.

Από την εμπειρία πεδίου, το TETRA παρέχει περισσότερο από αποδεκτές επικοινωνίες σε περιορισμένες περιοχές όπου υπάρχει ένας μικρός αριθμός χρηστών, χαμηλή κυκλοφορία και απαιτείται μόνο ένα ή δυο κανάλια DMO.

Όταν χρησιμοποιείται σε σημαντικά γεγονότα, όπου ένας μεγάλος αριθμός χρηστών που λειτουργούν σε κανάλια DMO μόνης συχνότητας χρειάζεται να επικοινωνούν συχνά και αξιόπιστα σε μια περιορισμένη περιοχή επικοινωνιών, η TETRA DMO παρέχει ανώτερη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας σε σύγκριση με τις τεχνολογίες FDMA, λόγω του υψηλού επιπέδου που έχει στην απόρριψη της ενδοδιαμόρφωσης πομπού.

Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:

1. Η TETRA DMO έχει δημιουργηθεί για να καλύπτει τις απαιτήσεις των οργανισμών χρηστών παραδοσιακών PMR για μια ποικιλία εφαρμογών κάλυψης τοπικής περιοχής.
2. Ο αριθμός των διαμορφώσεων DMO που υποστηρίζονται στο πρότυπο TETRA παρέχει μέγιστη ελαστικότητα στο σχέδιο δικτύου TETRA.
3. Η TETRA έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα εμβέλειας σε σχέση με την τεχνολογία FDMA για επικοινωνίες DMO σε σημαντικά συμβάντα, όπου ένας μεγάλος αριθμός χρηστών που λειτουργεί σε κανάλια DMO διαφορετικής μονής συχνότητας χρειάζεται να επικοινωνεί συχνά και αξιόπιστα σε μια περιορισμένη περιοχή επικοινωνιών.

Κεφάλαιο 7^ο

❖ Εφαρμογές Δεδομένων TETRA

Πρόλογος:

Αυτό το κεφάλαιο κοιτάζει τις εφαρμογές δεδομένων που μπορούν να υποστηριχθούν και που σχεδιάζονται να υποστηριχθούν χρησιμοποιώντας τις υπηρετήσεις μεταφοράς δεδομένων TETRA που είναι διαθέσιμες στην Απελευθέρωση 1 TETRA και στις υπηρετήσεις Δεδομένων Υψηλής Ταχύτητας που θα γίνουν διαθέσιμες στην Απελευθέρωση 2 TETRA.

Προϊστορία

Είναι πολύ αποδεκτό στην κοινότητα PMR ότι η φωνή είναι η κύρια μορφή επικοινωνίας και θα συνεχίσει να είναι παρόλο που γίνεται εντονότερη η ανάγκη να μεταδοθούν μη φωνητικές επικοινωνίες χρησιμοποιώντας μηχανισμούς μεταφοράς ασύρματων δεδομένων.

Η κύρια κινητήρια δύναμη πίσω από την ανάγκη για επικοινωνίες δεδομένων είναι να βελτιωθεί η παραγωγικότητα ενός οργανισμού χρηστών, η απόδοση της λειτουργίας και η οικονομική αποτελεσματικότητα αυξάνοντας την ταχύτητα, την ακρίβεια και τη χρησιμότητα των μη φωνητικών επικοινωνιών που θα μεταδοθούν. Το κύριο κίνητρο για την αύξηση της χρήσης των δεδομένων από τους χειριστές δικτύων είναι η χρησιμοποίηση βελτιωμένου φάσματος συχνότητας και/ ή η αυξημένη ικανότητα δικτύου.

Αναγνωρίζοντας τη σημασία των μη φωνητικών επικοινωνιών, γίνονται ήδη πολλές εφαρμογές που χρησιμοποιούν και/ ή σχεδιάζουν να χρησιμοποιήσουν υπηρετήσεις μεταφοράς δεδομένων και ευκολίες του TETRA, οι οποίες είναι:

- Υπηρετηση Σύντομων Δεδομένων (SDS)
- Υπηρετηση Δεδομένων Πακέτου
- Υπηρετηση Δεδομένων Πακέτου Πολλών Σχισμών
- Δεδομένα Υψηλής Ταχύτητας

Παρόλο που το TETRA μπορεί να παρέχει μια υπηρεσία τρόπου κυκλώματος για εξειδικευμένες εφαρμογές, οι περισσότερες εφαρμογές θα χρησιμοποιήσουν δεδομένα πακέτου.

Το πρότυπο TETRA ορίζει μια Διεπιφάνεια Περιφερειακού Εξοπλισμού (PEI) σε τερματικά TETRA για να χρησιμοποιεί τις ικανότητές του για μεταφορά δεδομένων. Αυτό το τυποποιημένο PEI, σε συνδυασμό με μεγάλες οικονομίες αγορών κλίμακας που αντιπροσωπεύονται από το TETRA, έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον από πολλές εταιρίες, και μεγάλες και μικρές, για να αναπτυχθούν εφαρμογές εξειδικευμένες σε επιχειρήσεις για να λειτουργούν με το TETRA. Η υποδομή δικτύου TETRA χρησιμοποιεί μια ποικιλία πρότυπων διεπιφανειών βιομηχανίας για να έχει πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων υπολογιστών και άλλες μη φωνητικές πηγές πληροφοριών.

Η σημασία των εφαρμογών υπογραμμίστηκε από τον Πρόεδρο του Συνδέσμου TETRA MoU στο Παγκόσμιο κογκρέσο TETRA 2002 στη Νίκαια, όπου αναφέρθηκε ότι υπάρχουν ήδη 130 εφαρμογές, που παρέχονται από 80 δημιουργούς εφαρμογών, για χρήση με TETRA.

Αυτές οι εφαρμογές σχετίζονται με τη διαχείριση δωματίου ελέγχου, τα κινητά δεδομένα, την τηλεμετρία, την χαρτογράφηση, την εικονογράφηση, τη χρέωση, την τοποθεσία και πολλά άλλα. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η δημιουργία εφαρμογών είναι ο γρηγορότερα αναπτυσσόμενος τομέας στην αγορά TETRA και δείχνει καθαρά τη σημασία των εφαρμογών, απλά επειδή μετατρέπουν ένα σύστημα TETRA σε μια επαγγελματική λύση.

Εφαρμογές SDS

Η σχισμή χρόνου καναλιού ελέγχου σε ένα TETRA μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 256 ψηφιολέξεις πληροφοριών χρησιμοποιώντας το SDS. Μερικές από τις εφαρμογές που το SDS μπορεί να υποστηρίξει είναι:

- Ενδεικτική Αποστολή Μηνυμάτων
- Αποστολή Μηνυμάτων Κειμένου
- Τοποθεσία αυτόματου οχήματος
- Αυτόματη Αποστολή
- Τηλεμετρία

Ενδεικτική Αποστολή Μηνυμάτων:

Η χρήση της ενδεικτικής αποστολής μηνυμάτων είναι πιθανόν η παλιότερη μορφή μη φωνητικής επικοινωνίας που χρησιμοποιείται στο PMR. Η κύρια εφαρμογή της είναι να αντικαταστήσει τα φωνητικά μηνύματα που χρησιμοποιούνται συχνά από ένα κινούμενο εργατικό δυναμικό για να αναφέρει την κατάσταση της δραστηριότητάς τους σε έναν αποστολέα. Για παράδειγμα,

σε δουλειές υπηρετήσης ένας στόλος κινητών οχημάτων έχει πολλές κοινές ενδεικτικές καταστάσεις όπως:

- Να ταξιδεύει στη δουλειά
- Δουλειά σε εξέλιξη
- Ολοκληρωμένη δουλειά (ελεύθερος για εργασία)
- Να ταξιδεύει πίσω στη βάση
- Στο Μεσημεριανό φαγητό
- Εκτός υπηρεσίας
- Σε Υπηρεσία
- Απαιτούμενη βοήθεια σε επείγοντα περιστατικά

Αυτοί οι ενδεικτικοί κώδικες όταν συνδυάζονται με την ταυτότητα του οχήματος, την ταυτότητα του ατόμου και μια αυτόματη εφαρμογή αποστολής, παρέχουν ένα πολύ αποδοτικό εργαλείο χειρισμού για κάθε οργανισμό υπηρετήσης.

Από τη σκοπιά ενός χρήστη ράδιο η αποστολή ενδεικτικών μηνυμάτων μπορεί να γίνει εύκολα και γρήγορα πατώντας ένα ή δυο κουμπιά στο ραδιοφωνικό τερματικό. Από τη σκοπιά ενός χειριστή δικτύου, η χρήση ενδεικτικών μηνυμάτων είναι πολύ αποδοτική καθώς απελευθερώνει πολύτιμη ικανότητα δικτύου αφαιρώντας την ανάγκη να υποστηρίζονται συχνά επαναλαμβανόμενα φωνητικά μηνύματα.

Αποστολή Μηνυμάτων Κειμένου:

Εκτός από το ότι είναι μια χρήσιμη υπηρετήση αμφίδρομης αποστολής μηνυμάτων, η αποστολή μηνυμάτων κειμένου χρησιμοποιείται συχνά από οργανισμούς υπηρετήσης για να σταλούν λεπτομέρειες εργασίας στα μέλη του κινούμενου εργατικού δυναμικού. Για παράδειγμα, μια καλή εφαρμογή είναι να αποσταλούν αυτόματα νέες λεπτομέρειες εργασίας, μέσω προσηματισμένων μηνυμάτων κειμένων, στο κοντινότερο όχημα υπηρετήσης που είναι εξοπλισμένο να κάνει την εργασία με βάση την κατάσταση και τη διαθεσιμότητα.

Οι χαρακτηριστικές επικοινωνίες που μεταδίδονται μέσα σε μια εφαρμογή οργανισμού οικιακής ωφέλειας θα ήταν το όνομα του πελάτη, η διεύθυνση, η φύση της εργασίας και κάθε σημαντική συμπληρωματική πληροφορία. Ομοίως, οργανισμοί υπηρεσιών επείγοντων περιστατικών όπως η Πυροσβεστική και τα Ασθενοφόρα θεωρούν ότι τις επικοινωνίες δεδομένων πρέπει να τις χειρίζονται με μια υψηλότερη προτεραιότητα από τη φωνή στα δίκτυά τους PMR.

Πιθανόν οι πιο προχωρημένοι χρήστες κατάστασης και αποστολής μηνυμάτων είναι μεγάλες εταιρίες ταξί που συχνά χρησιμοποιούν ένα δίκτυο αφιερωμένο

μόνο σε δεδομένα, που συμπληρώνεται με μια κυβελωτή υπηρετήση για σκοπούς φωνητικών επικοινωνιών. Η επένδυση που κάνουν πολλές από αυτές τις μεγαλύτερες εταιρίες ταξί αγοράζοντας ένα δίκτυο ιδιωτικών δεδομένων δείχνει καθαρά τα σημαντικά οφέλη που

αποκομίζουν στην υπηρετήση πελατών, την παραγωγικότητα, την απόδοση της λειτουργίας και την εξοικονόμηση από άποψη κόστους.

Τοποθεσία Αυτόματου Οχήματος (AVL):

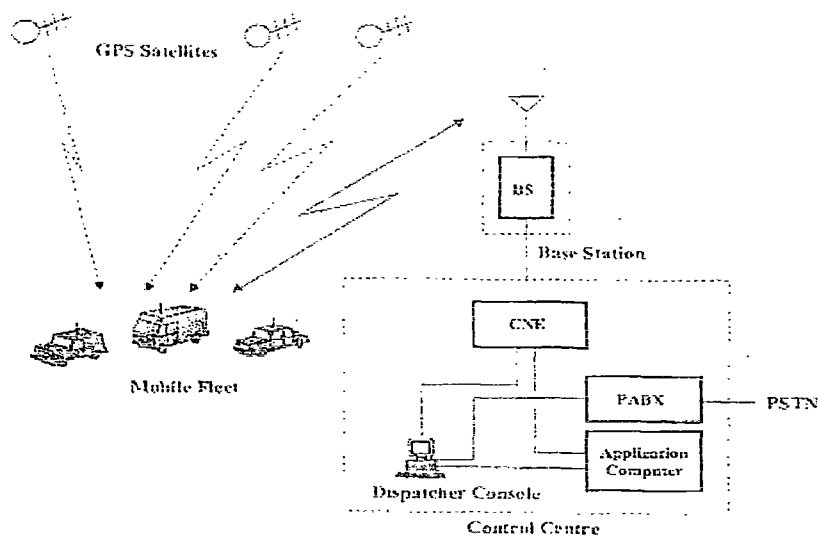
Αυτή η εφαρμογή χρησιμοποιείται από μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών και επιχειρήσεων. Ορισμένα καλά παραδείγματα οργανισμών που χρησιμοποιούν AVL είναι:

- Υπηρετήσεις ταξί
- Λεωφορεία και Πούλμαν μεταφοράς
- Υπηρεσίες Ωφέλειας Αερίου, Ηλεκτρισμού και Ύδατος
- Μεταφορά βαρέων αγαθών
- Υπηρεσίες κούριερ
- Υπηρεσίες διόρθωσης οχημάτων
- Εταιρίες πώλησης μηχανών
- Υπηρεσίες επειγόντων περιστατικών
- Οποιοσδήποτε άλλος οργανισμός στη βιομηχανία υπηρεσιών

Η χρήση AVL από αυτούς τους οργανισμούς βελτιώνει σημαντικά την απόδοση, μειώνει το κόστος λειτουργίας, βελτιώνει τους χρόνους απόκρισης και παρέχει καλύτερη δημόσια υπηρετήση και/ ή υπηρετήση πελατών. Στις εμπορικές επιχειρήσεις, η χρήση του AVL είναι ανταγωνιστική σε σχέση με άλλους οργανισμούς στην ίδια γραμμή εργασίας.

Αυτοματική Αποστολή:

Μια εφαρμογή αυτοματικής αποστολής ενσωματώνει την Ενδεικτική Αποστολή Μηνυμάτων, την Αποστολή Μηνυμάτων Κειμένων και τις εφαρμογές AVL με ένα κέντρο κλήσεων για να αυξήσει κατά πολύ τη γενική υπηρετήση πελατών ενός οργανισμού, την παραγωγικότητα, την απόδοση της λειτουργίας και την εξοικονόμηση από άποψη κόστους.



ΣΧΕΔΙΟ 1

Το διάγραμμα στο Σχέδιο 1 δείχνει ένα απλοποιημένο δίκτυο αυτοματικής αποστολής που περιλαμβάνει ένα μονό σταθμό βάσης και ένα κινητό στόλο οχημάτων, υπό την εποπτεία ενός χειριστή κονσόλας αποστολέα που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου.

Στο κέντρο ελέγχου βρίσκεται ο Εξοπλισμός του Κεντρικού Δικτύου (CNE) για τον χειρισμό του σταθμού βάσης TETRA, ένα PABX για να λαμβάνει κλήσεις πελατών από το PSTN και ένας υπολογιστής εφαρμογών για τον χειρισμό του προγράμματος εφαρμογών αυτοματικού προγράμματος εφαρμογών αποστολής. Επίσης παρουσιάζονται τρεις δορυφόροι GPS που μεταδίδουν πληροφορίες τοποθεσίας στους δέκτες GPS που είναι εγκατεστημένοι σε κάθε όχημα του κινητού στόλου.

Ο υπολογιστής εφαρμογών είναι συνδεδεμένος με τον Εξοπλισμό Κεντρικού Δικτύου του δικτύου TETRA και της κονσόλας αποστολέα. Μέσα στον υπολογιστή εφαρμογών είναι μια βάση δεδομένων όλων των κινητών ραδιοφωνικών τερματικών, η αναγνώρισή τους, και ο ενδεικτικός κατάλογος κωδίκων. Αυτή η βάση δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα λογισμικού εφαρμογών για να δείξει την κατάσταση εργασίας όλων των οχημάτων που λειτουργούν στο δίκτυο.

Επίσης μέσα στον υπολογιστή εφαρμογών βρίσκεται ένας ψηφιακός χάρτης της περιοχής υπηρετήσης. Αυτός ο χάρτης χρησιμοποιείται για να μεταφράζει τις συντεταγμένες παγκόσμιας τοποθέτησης σε ταχυδρομικούς κώδικες κάθε φορά που ένα κινητό ραδιοφωνικό τερματικό οχήματος μεταδίδει μηνύματα τοποθεσίας. Για την υποδοχή των μηνυμάτων κειμένων, κάθε κινητό ράδιο στον στόλο οχημάτων μπορεί να τοποθετηθεί μαζί με ένα Τερματικό Κινητών Δεδομένων (MDT) ή να χρησιμοποιήσει μια ευκολία μέσα στο ραδιοφωνικό τερματικό για να επιδεικνύει τα μηνύματα κειμένων.

Η παρακάτω ακολουθία γεγονότων δείχνει πώς η αυτοματική εφαρμογή αποστολής λειτουργεί για έναν αντιπροσωπευτικό οργανισμό χρήσης αερίου για τον χειρισμό ενός στόλου μηχανικών υπηρετήσης.

1. Ένας πελάτης που ζητά υπηρετήση καλεί το κέντρο υπηρετήσης πελατών.
2. Ο χειριστής της κονσόλας αποστολής απαντά στην κλήση και δημιουργεί ένα νέο εισιτήριο εργασίας εισάγοντας το όνομα, τη διεύθυνση, τη φύση της εργασίας και πρόσθετες πληροφορίες υποστήριξης στα κατάλληλα πεδία κειμένων στο τερματικό της κονσόλας.
4. Μόλις ολοκληρωθεί το εισιτήριο εργασίας, ο χειριστής κονσόλας στέλνει το εισιτήριο εργασίας.
5. Ο χειριστής της κονσόλας επιβεβαιώνει την αποδοχή αυτού του πόρου και ενημερώνει τον πελάτη για τον αριθμό αναφοράς του εισιτηρίου εργασίας και για το πόσος καιρός θα περάσει πριν να μπορεί να δοθεί η υπηρετήση.
6. Μόλις υπάρξει αποδοχή ο υπολογιστής εφαρμογών στέλνει το μήνυμα του κειμένου στο όχημα μέσω του Εξοπλισμού Κεντρικού Δικτύου.
7. Το κινητό ραδιόφωνο οχήματος αναγνωρίζει αυτόματα τη λήψη του μηνύματος και θέτει σε επιφυλακή τον χρήστη ράδιο για την αναμονή μηνύματος.
8. Ο χρήστης ράδιο μόλις επιλέξει και δει το μήνυμα αυτόματα προκαλεί το ραδιοφωνικό τερματικό να στείλει ένα ενδεικτικό μήνυμα δείχνοντας ότι έχει δει το μήνυμα.
9. Μόλις γίνει αποδεκτό το εισιτήριο εργασίας ο μηχανικός υπηρετήσης στέλνει ένα ενδεικτικό μήνυμα «αποδοχής».
10. Μόλις γίνει η άφιξη στον χώρο του πελάτη, ο μηχανικός υπηρετήσης στέλνει ένα μήνυμα «άφιξης».
11. Μόλις ολοκληρωθεί η εργασία ο μηχανικός υπηρετήσης στέλνει ένα ενδεικτικό μήνυμα «ολοκλήρωσης της εργασίας».

Σημείωση:

Οι ακολουθίες μηνυμάτων, συμπεριλαμβανόμενων των 7 ως 8, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον υπολογιστή εφαρμογών για να εντοπιστούν και να καταγραφούν δραστηριότητες εργασίας για σκοπούς ανάλυσης από τους χειριστές, αν απαιτηθεί. Προφανώς, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλοι ενδεικτικοί κώδικες ως κατάλληλοι για τις δραστηριότητες εργασίας που υπάρχουν, όπως και οι φωνητικές επικοινωνίες για σκοπούς αποσαφήνισης.

Τηλεμετρία:

Η ενδεικτική αποστολή μηνυμάτων και η αποστολή μηνυμάτων κειμένων παρέχουν μια ισχυρή ευκολία επικοινωνίας για να επιτρέπουν να παρέχεται πολύ αποδοτική και οικονομική αναφορά για θέση επιφυλακής και εφαρμογές της τηλεμετρίας. Για παράδειγμα, οι πομποί συναγερμού, χρησιμοποιώντας την ευκολία ενδεικτικής αποστολής μηνυμάτων, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να σηματοδοτήσουν απομονωμένα βλάβη του εξοπλισμού, πυρκαγιά, πλημμύρες, μη εγκεκριμένη πρόσβαση σε κτίρια και πολλές άλλες εφαρμογές

τηλεμετρίας. Η ασύρματη τηλεμετρία θα μπορούσε επίσης να είναι μια υπηρετήση «προστιθέμενης αξίας» που παρέχεται από τους Χειριστές TETRA PAMR.

Σύνοψη SDS:

Αυτό που είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί είναι ότι η υπηρετήση TETRA του SDS υποστηρίζει μόνο 256 ψηφιολέξεις πληροφοριών, ωστόσο είναι πιθανόν η πιο χρήσιμη υπηρετήση για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών που μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα. Εντούτοις, η υπηρετήση SDS του TETRA εξακολουθεί να χρησιμοποιείται λίγο από πολλούς οργανισμούς χρηστών τη στιγμή που δίνεται

πολύ έμφαση στα δεδομένα υψηλής ταχύτητας που είναι η λύση για όλες τις ανάγκες μη φωνητικής επικοινωνίας.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι η χρήση αυτοματικών εφαρμογών αποστολής κυριαρχεί περισσότερο στον εμπορικό/ ιδιωτικό τομέα σε σύγκριση με τον δημόσιο τομέα, ιδιαίτερα στις υπηρεσίες επειγόντων περιστατικών. Αυτό οφείλεται πιθανόν στο ότι ο ιδιωτικός τομέας καθοδηγείται από το κέρδος και το κόστος, ενώ ο δημόσιος τομέας καθοδηγείται συνήθως από τους προϋπολογισμούς της κυβέρνησης. Ως αποτέλεσμα, ο εκσυγχρονισμός στον δημόσιο τομέα είναι συνήθως αργός λόγω των περιορισμένων δαπανών κεφαλαίου σε νέες τεχνολογίες. Επιπλέον, ο εκσυγχρονισμός, σε πολλές περιπτώσεις, καταλήγει σε μείωση στο εργατικό δυναμικό των υπαλλήλων. Παρόλο που γίνεται διστακτικά αποδεκτός στον ιδιωτικό

τομέα, είναι δύσκολο να γίνει αποδεκτός στον δημόσιο τομέα και συνήθως βρίσκει αντίσταση από τις υπηρεσίες επειγόντων περιστατικών.

Ευτυχώς, υπάρχουν πολλές κυβερνήσεις που αναγνωρίζουν την ανάγκη να βελτιώσουν κατά πολύ τις δημόσιες υπηρετήσεις και ήδη είναι πρώτοι στις εξελίξεις εξοικονομώντας μεγάλα χρηματικά ποσά για να εκσυγχρονίσουν τις υποδομές επικοινωνιών, ιδιαίτερα στις υπηρεσίες επειγόντων περιστατικών.

Υπηρετήση Δεδομένων Πακέτου

Μια μονή σχισμή χρόνου TETRA μπορεί να παρέχει μια υπηρετήση κομιστή προστατευμένων δεδομένων των 4,8 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηριχτούν δεδομένα πακέτου. Μερικές από τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές που μπορούν να υποστηρίξουν τα δεδομένα πακέτου είναι:

-Ανάκριση Βάσης Δεδομένων

-Ασύρματο Γραφείο

-Εικονογράφηση

-Εικόνες Χαμηλής Εξερεύνησης

Ανάκριση Βάσης Δεδομένων

Η ικανότητα ενός ατόμου που κινείται να έχει πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων για πληροφορίες προσφέρει μεγάλο κέρδος. Για παράδειγμα, αρκετά συχνά ένας μηχανικός υπηρετήσης στο πεδίο θα χρειαζόταν να γνωρίζει αν είναι διαθέσιμο ένα ελεύθερο κομμάτι στο μαγαζί. Αν τα κομμάτι είναι διαθέσιμο, ο μηχανικός θα μπορούσε να παραγγείλει το κομμάτι για να ικανοποιήσει την ανάγκη του πελάτη. Ομοίως, μια βάση δεδομένων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αποκτηθεί πρόσβαση σε χάρτες που δείχνουν σωλήνες υπηρετήσης, σχέδια κτιρίων, και άλλες χρήσιμες πληροφορίες, για να επιτραπεί σε ένα άτομο και/ ή ένα εργατικό δυναμικό να κάνουν τη δουλειά τους πιο αποδοτικά και αποτελεσματικά.

Ασύρματο Γραφείο:

Λόγω της δυνατότητας να είναι φορητοί οι μικροϋπολογιστές και του σχετικά χαμηλού τους κόστους υπάρχει τώρα ζήτηση για ζωντανές επικοινωνίες,

ανεξάρτητα από την τοποθεσία χρήστη, για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, για παράδειγμα ηλεκτρονικά μηνύματα και μεταφορές φακέλων. Αυτή η ελαστικότητα επιτρέπει να διεξαχθούν λειτουργίες διοίκησης ρουτίνας από το κινητό εργατικό δυναμικό στο πεδίο, αντί να ξοδεύεται χρόνος για να ταξιδεύει κανείς στο γραφείο για να γίνει «δεμένος με το γραφείο». Αυτή η ελευθερία που

προήλθε από τη χρήση ασύρματων εφαρμογών γραφείου θεωρείται πως αυξάνει την παραγωγικότητα ενός οργανισμού χρηστών και την απόδοση καθώς και πως ελαττώνει το κόστος. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η καλύτερη ικανοποίηση των υπαλλήλων που προέρχεται από την ελαστικότητα στις διαδικασίες εργασίας που αυτή θα παρείχε.

Η χρήση ασύρματων εφαρμογών γραφείου εξετάζεται από πολλούς οργανισμούς δημόσιας ασφάλειας για να επιτρέψει στους αστυνομικούς να παράγουν τις

αναφορές του για περιστατικά και εγκλήματα και να τις στέλνουν ηλεκτρονικά από τους φορητούς μικροϋπολογιστές τους ενώ λειτουργούν στο πεδίο.

Εικονογράφηση:

Τα κυψελωτά μεταφερόμενα στο χέρι ράδιο με ενσωματωμένες κάμερες είναι ήδη διαθέσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βγάξει κανείς φωτογραφίες και μικρά βίντεο κλιπ και μετά να τα στείλει μέσω του δικτύου είτε σε ένα άλλο κυψελωτό ράδιο ή σε ένα τερματικό με βάση στην ξηρά. Ως φυσική εξέλιξη, αυτά τα ήδη τερματικών θα είναι σύντομα διαθέσιμα στο TETRA για την ίδια εφαρμογή.

Αυτή η φωτογραφική ικανότητα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών χρηστών PMR, μερικά παραδείγματα από τα οποία είναι έλεγχοι ταυτότητας ατόμων, αναφορά τυχαίων σκηνών σε δημόσια ασφάλεια και αναφορά καταστροφής από καταιγίδα σε υπηρεσίας κοινής ωφέλειας.

Εικόνα Αργής Εξερεύνησης

Το TETRA μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 7.2 κιλομπίτ δεδομένων σε μια μονή σχισμή χρο μακρινή παρατήρηση κτιρίων από οργανισμούς ασφάλειας, ο έλεγχος πλήθους και η ανίχνευση μηχανών σε βιομηχανικά συγκροτήματα, κτλ.

Υπηρεσία Δεδομένων Πακέτου Πολλών Σχισμών

Το TETRA μπορεί επίσης να μεταφέρει μέχρι 28.8 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο δεδομένων σε μη προστατευμένο τρόπο και 19.6 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο σε προστατευμένο τρόπο χρησιμοποιώντας και τις τέσσερις σχισμές χρόνου, με τους χαμηλότερους ρυθμούς δεδομένων να υποστηρίζονται χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό δυο ή τριών σχισμών χρόνου. Οι εφαρμογές που αναμένεται να χρησιμοποιήσουν τις ικανότητες δεδομένων πακέτων πολλών σχισμών του TETRA είναι ίδιες όπως εκείνες που χρησιμοποιούν την ικανότητα μονής σχισμής χρόνου, με το όφελος ότι τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν πιο γρήγορα.

Η ικανότητα του TETRA να υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων από ότι ήταν προηγουμένως διαθέσιμοι σε δίκτυα PMR μπορεί να αυξήσει την επανάληψη πλαισίων και να ανανεώσει τους ρυθμούς για τις μεταδόσεις εικόνων χαμηλής εξερεύνησης. Για σταθερές εφαρμογές εικόνων «από σημείο σε σημείο», θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο πλήρης ρυθμός δεδομένων των 28.8

κιλομπίτ/δευτερόλεπτο, αν υπάρχει μια καλή διαδρομή σήματος, καθώς δεν υπάρχει ανάγκη να παρέχεται προστασία από τη διάλειψη.

Δεδομένα Υψηλής Ταχύτητας

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δεδομένων τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό των δεδομένων που μπορούν να μεταφερθούν σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η αυξημένη διέλευση

δεδομένων σε ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών εισάγει τη χρήση εφαρμογών που ήταν προηγουμένως πρακτικές σε σταθερά δίκτυα.



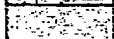
Εντούτοις, η αυξημένη διέλευση δεδομένων στο ίδιο εύρος ζώνης καναλιού

















Ραδιοσυχνότητας ελαττώνει την απόδοση εμβέλειας και επομένως αυξάνει τον αριθμό των χώρων σταθμών βάσης σε σύγκριση με δίκτυα που υποστηρίζουν χαμηλότερους ρυθμούς δεδομένων. Στην ιδανική περίπτωση, οι οργανισμοί χρηστών TETRA θέλουν να παρέχονται υψηλότεροι ρυθμοί δεδομένων σε υπάρχοντα δίκτυα χωρίς να χρειάζονται πρόσθετους χώρους σταθμών βάσης ή να απαιτούν περισσότερο φάσμα συχνοτήτων.

Λόγω των νόμων της Φυσικής, οι οργανισμοί χρηστών χρειάζεται να κάνουν συμβιβασμούς μεταξύ ρυθμών δεδομένων, πρόσθετου φάσματος συχνοτήτων που απαιτείται και απόδοσης εμβέλειας. Το Σχήμα 2 δείχνει την επίδραση αυτών των αποφάσεων συμβιβασμού.

Από το Σχήμα 2 μπορεί κανείς να δει ότι για να παρέχεται η ίδια απόδοση εμβέλειας Ραδιοσυχνότητας για δεδομένα υψηλής ταχύτητας, απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης καναλιών. Χρησιμοποιώντας πολύ βασικούς όρους, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι τεχνικές διαμόρφωσης, μια αύξηση στον ρυθμό δεδομένων κατά οχτώ φορές θα απαιτούσε μια αντίστοιχη αύξηση οχτώ φορές στο εύρος ζώνης του καναλιού, υποθέτοντας ότι υπάρχουν οι ίδιες συνθήκες διάδοσης και ισχύς Ραδιοσυχνότητας πομπού. Ομοίως, αν είναι αποδεκτοί χαμηλότεροι ρυθμοί δεδομένων στις άκρες των κυψελών, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν υψηλότεροι ρυθμοί δεδομένων μέσα στο ίδιο εύρος ζώνης καναλιού Ραδιοσυχνότητας όταν αυξάνεται το λαμβανόμενο σθένος σήματος (κοντά στον χώρο του σταθμού βάσης).

KEY

	= Range Increase
	= Range Reference (TETRA Release 1)
	= Range Decrease

Channel BAY \ Data Rate	25 kHz	50 kHz	100 kHz	200 kHz
x (Reference)				
2 x				
4 x				
8 x				

ΣΧΗΜΑ 2

Σημείωση:

Τα 200 kHz παρουσιάζονται στο Σχήμα 2 μόνο για σκοπούς εξήγησης και δεν είναι διαθέσιμα στο TEDS.

Αναγνωρίζοντας μια ανάγκη για ελαστικότητα και συμβιβασμό μεταξύ ρυθμών δεδομένων, φάσματος και απόδοσης εμβέλειας, το πρότυπο Υπηρετήσης Επαυξημένων Δεδομένων (TEDS) είναι σχεδιασμένο να προσφέρει μια ποικιλία ρυθμών δεδομένων σε εύρος ζώνης καναλιών των 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz και 150 kHz. Αυτοί οι ρυθμοί δεδομένων και τέτοιο εύρος ζώνης μπορούν είτε να είναι σταθερά σε ένα δίκτυο, ή να επιλεγούν δυναμικά, με βάση τις συνθήκες του επιπέδου σήματος.

Η ελαστικότητα των ρυθμών δεδομένων, είτε σταθερή είτε δυναμική, εισάγει την ικανότητα της Απελευθέρωσης 2 TETRA για μια ευρύτερη ποικιλία μη φωνητικών επικοινωνιών. Για παράδειγμα, κάποιες από τις εφαρμογές που αναγνωρίστηκαν στο εργαστήριο του Συνδέσμου TETRA MoU για Δεδομένα Υψηλής Ταχύτητας, που έγιναν στις Βρυξέλλες στις 16-17 Ιανουαρίου 2002 ήταν:

-Εικόνα πραγματικού χρόνου

-Πρόσβαση σε Intranet

-Ψηφιακή Χαρτογράφηση

-Εικόνες Υψηλής Ανάλυσης

-Λήψη Δακτυλικών Αποτυπωμάτων

Μακράν η πιο σημαντική εφαρμογή που αναγνωρίστηκε στο εργαστήριο ήταν εκείνη της εικόνας, που απαιτήθηκε για μια ποικιλία χρήσεων από όλους τους οργανισμούς χρηστών PMR. Για αυτόν τον λόγο, οι ρυθμοί δεδομένων μεταξύ των 50 και των 150 κιλομπίτ θεωρούνται ως η βασική υπηρετήση Δεδομένων Υψηλής Ταχύτητας για το TEDS, ενώ είναι επίσης πιθανοί υψηλότεροι ρυθμοί δεδομένων.

Σύνοψη των Εφαρμογών Δεδομένων TETRA

Απαιτείται και φωνή αλλά και δεδομένα από όλους τους οργανισμούς χρηστών PMR και δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στις μη φωνητικές εφαρμογές για να βελτιωθεί η παραγωγικότητα, η απόδοση της λειτουργίας και η εξοικονόμηση χρημάτων.

Οι πέντε ευκολίες μεταφοράς του TETRA, που είναι το SDS, τα δεδομένα τρόπου κυκλώματος, τα Δεδομένα Πολλών Σχισμών και τα Δεδομένα Υψηλής Ταχύτητας κάνουν το TETRA ιδανικό για την υποστήριξη μιας μεγάλης ποικιλίας εφαρμογών για τη μεταφορά μη φωνητικών πληροφοριών γρήγορα, αποτελεσματικά και αξιόπιστα.

Ο μεγάλος αριθμός των ήδη διαθέσιμων εφαρμογών από τους δημιουργούς εφαρμογών δείχνει καθαρά την επιτυχία του TETRA ως μιας ολοκληρωμένης λύσης ασύρματων επικοινωνιών Φωνής και Δεδομένων.

Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:

1. Οι πέντε ευκολίες μεταφοράς δεδομένων TETRA το κάνουν ιδανικό για την υποστήριξη μιας ευρείας ποικιλίας εφαρμογών για τη μεταφορά μη φωνητικών επικοινωνιών γρήγορα, αποτελεσματικά και αξιόπιστα.
2. Το πρότυπο TETRA ορίζει μια Διεπιφάνεια Περιφερειακού Εξοπλισμού (PEI) σε τερματικά TETRA για να χρησιμοποιήσει τις ικανότητές του για μεταφορά δεδομένων.

3. Η διαθεσιμότητα ενός τυποποιημένου PEI, σε συνδυασμό με τις μεγάλες οικονομίες αγοράς κλίμακας που αντιπροσωπεύονται από το TETRA, έχει ήδη δημιουργήσει 130 εφαρμογές από 80 δημιουργούς εφαρμογών.

4. Οι ικανότητες Δεδομένων Υψηλής Ικανότητας του TEDS θα παρέχουν ελαστικότητα και επιλογή επιτρέποντας στους οργανισμούς χρηστών να βελτιώσουν τους ρυθμούς δεδομένων, τις απαιτήσεις φάσματος συχνοτήτων και την απόδοση εμβέλειας έναντι του κόστους δικτύου.

Κεφάλαιο 8^ο

❖ Σχεδιασμός Ικανότητας Δικτύου

Πρόλογος:

Ο σχεδιασμός της Ικανότητας Δικτύου θεωρείται πολύ σημαντικός καθώς επηρεάζει άμεσα τον Βαθμό Υπηρετήσης (GoS), που είναι μια από τις τέσσερις πιο σημαντικές απαιτήσεις χρήστη. Λόγω οικονομίας, υπάρχει ανάγκη να βελτιστοποιηθεί ο αριθμός των καναλιών και του συνδεδεμένου φάσματος συχνότητας που χρειάζεται για να παρέχει πληροφορίες σε αυτό που και οι οργανισμοί χρηστών και οι προμηθευτές χρειάζεται να εξετάσουν όταν βελτιστοποιούν την ικανότητα και τον Βαθμό Υπηρετήσης που προκύπτει ενός Δικτύου TETRA. Για παράδειγμα,

- Η χρήση φόρμουλων κυκλοφορίας Erlang για τον σχεδιασμό ικανότητας
- Οι επιδράσεις φορτώματος των ομαδικών κλήσεων
- Οι επιδράσεις φορτώματος των κλήσεων από «ένα προς ένα» και κλήσεων διασύνδεσης
- Οι επιδράσεις φορτώματος των μηνυμάτων δεδομένων και των μη φωνητικών εφαρμογών
- Τα δεδομένα κυκλοφορίας που απαιτούνται για τον σχεδιασμό ικανότητας
- Οι τυποποιημένες ευκολίες TETRA που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα
- Οι μη βελτιστοποιημένες ευκολίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα
- Η χρήση χώρων κύριων σταθμών βάσης

Επιπλέον, αυτό το κεφάλαιο εξετάζει επίσης άλλες σημαντικές περιοχές που επηρεάζουν τον σχεδιασμό ικανότητας δικτύου όπως η μελλοντική επέκταση, οι νέες υπηρετήσεις και ευκολίες, η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και η αξιοπιστία του δικτύου.

Η χρήση φόρμουλων κυκλοφορίας Erlang για τον σχεδιασμό ικανότητας

Η Erlang είναι μια μονάδα φορτώματος κυκλοφορίας που μπορεί να εκφραστεί ως 1 «ομάδα κλήσης» ανά ώρα ή 3600 «δευτερόλεπτα κλήσης» σε μια ώρα. Για να υπολογιστεί το ποσό κυκλοφορίας χρησιμοποιείται η ακόλουθη φόρμουλα:

$\text{Κυκλοφορία (Erlang)} = \frac{\text{Ολικό ποσό κυκλοφορίας (δευτερόλεπτα)}}{3,600 \text{ (δευτερόλεπτα)}}$

3,600 (δευτερόλεπτα)

Για να εξασφαλιστεί ότι η κυκλοφορία που θα υποστηριχτεί αντανακλά τη χειρότερη περίπτωση φορτώματος, η κυκλοφορία υπολογίζεται για την κατειλημμένη ώρα, π.χ. την πιο κατειλημμένη περίοδο της ημέρας. Για να υπολογιστεί το ποσό της κυκλοφορίας που θα υποστηριχτεί, χρειάζεται να δοθούν τα ακόλουθα δεδομένα για την κατειλημμένη ώρα σε κάθε χώρο σταθμού βάσης στο δίκτυο.

-Αριθμός των ενεργών χρηστών ράδιο

-Ο μέσος αριθμός κλήσεων που γίνονται από κάθε χρήστη ράδιο

-Η μέση διάρκεια μηνυμάτων (αυτό είναι το μέσο μήκος των μηνυμάτων που εκφράζεται σε δευτερόλεπτα)

Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα, ένας αντιπροσωπευτικός χώρος σταθμού βάσης που υποστηρίζει 200 ραδιοφωνικά τερματικά, με το καθένα να έχει κατά μέσο όρο 5 κλήσεις ανά ώρα με μια μέση διάρκεια μηνυμάτων των 20 δευτερολέπτων θα παρήγαγε 5.56 Erlang κυκλοφορίας. Μόλις το ποσό της παραγόμενης κυκλοφορίας γίνει γνωστό, ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας που χρειάζεται να δίνονται στον χώρο σταθμού βάσης μπορεί να υπολογιστεί.

Επειδή η κυκλοφορία δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την κατειλημμένη περίοδο, ο υπολογισμός χρειάζεται να λάβει υπόψη την πιθανότητα ότι θα εμποδιστούν κάποιες προσπάθειες κλήσεων για υπηρετήση (κυψελωτά δίκτυα) ή κάποιες κλήσεις θα χρειαστεί να περιμένουν πριν να μπορεί να παρέχεται υπηρετήση (σχηματισμός σειράς για κλήση όπως στο TETRA). Οι πιο συχνά χρησιμοποιημένες φόρμουλες κυκλοφορίας Erlang είναι η Erlang B και Erlang C· η Erlang B χρησιμοποιείται κανονικά για δίκτυα κυψελωτού τύπου και η Erlang χρησιμοποιείται για δίκτυα με αρτηρίες.

Όταν χρησιμοποιείται η Erlang B, ο οργανισμός χρήστη χρειάζεται να διευκρινίσει τον αριθμό των εμποδισμένων κλήσεων που μπορεί να γίνει ανεκτός. Αυτό εκφράζεται ως ένα ποσοστό όλων των προσπαθειών για κλήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης περιόδου. Όταν χρησιμοποιείται η Erlang C, ο οργανισμός χρήστη χρειάζεται να διευκρινίσει τον αριθμό κλήσεων που μπορούν να γίνουν ανεκτές με προσοχή για να μην μπορούν να λάβουν άμεση υπηρετήση ή να αναγκαστούν να περιισσότερο από ένα δεδομένο χρόνο για υπηρετήση. Αυτός ο αριθμός ανοχής (που εκφράζεται ως ένα ποσοστό) είναι γνωστός ως ο Βαθμός Υπηρετήσης (GoS).

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει σε λίστα την εμποδισμένη πιθανότητα κλήσεων και τον Βαθμό Υπηρετήσης που παρέχεται από διαφορετικούς αριθμούς καναλιών κυκλοφορίας, που χρησιμοποιούν τις φόρμουλες Erlang B και Erlang C, για να υποστηρίξουν 5.56 Erlang κυκλοφορίας που παράγονται από 200 χρήστες ράδιο, ο καθένας με μέσο όρο 5 κλήσεων ανά ώρα με μια μέση διάρκεια μηνυμάτων των 20 δευτερολέπτων.

Traffic Channels	Erlang B Blocked Call (%)	Erlang C GoS (%)
5	32.8	Exceeds 100%
6	23.3	80.4
7	15.6	47.3
8	9.8	26.2
9	5.7	13.6
10	3.1	6.6
11	1.5	3.0
12	0.7	1.3

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Από τον Πίνακα 1 μπορεί να δει κανείς ότι για ένα Βαθμό Υπηρετήσης 3% απαιτούνται 11 κανάλια κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας Erlang C, ενώ απαιτούνται μόνο 10 κανάλια κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας Erlang B για μια πιθανότητα 3% εμποδισμένων κλήσεων. Αυτή η διαφορά γίνεται πιο σημαντική όταν είναι αποδεκτός ένας χαμηλότερος Βαθμός Υπηρετήσης. Για παράδειγμα, μόνο 6 κανάλια που χρησιμοποιούν Erlang B, σε σύγκριση με 8 κανάλια που χρησιμοποιούν Erlang C, απαιτούνται για να παρέχουν ένα Βαθμό Υπηρετήσης 25% ή μια πιθανότητα εμποδισμένης κλήσης.

Από αυτά τα παραδείγματα μπορεί να διαπιστωθεί ότι όσο υψηλότερος Βαθμός Υπηρετήσης απαιτείται, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται. Ο λόγος για τον οποίο η Erlang C απαιτεί περισσότερα κανάλια κυκλοφορίας, είναι ότι οι κλήσεις δεν εμποδίζονται ή χάνονται και τελικά υπηρετούνται από τη σειρά, κι έτσι απαιτούν αποτελεσματικά περισσότερη ικανότητα κυκλοφορίας για να παρέχουν τον απαιτούμενο Βαθμό Υπηρετήσης. Έτσι ο λόγος που η σωστή φόρμουλα (Erlang C) χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ως η προφανής εξοικονόμηση σε κανάλια κυκλοφορίας που χρησιμοποιούν Erlang B θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένη εξοικονόμηση.

Ο Πίνακας 2 δείχνει τον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται για να παρέχεται ένας Βαθμός Υπηρετήσης 3% για διαφορετικούς αριθμούς ραδιοφωνικών τερματικών, μέσες κλήσεις ανά ραδιοφωνικό τερματικό και η μέση διάρκεια των μηνυμάτων τους κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης ώρας χρησιμοποιώντας τη θεωρία κυκλοφορίας Erlang C.

Number of Radio Users on Base Station	Average Number of Calls per Radio User	Average Message Duration (seconds)	Total Traffic (Erlangs)	Traffic Channels Required
200	4	20	4.4	10
200	4	25	5.6	12
200	5	20	5.6	12
200	5	25	6.9	13
250	4	20	5.6	12
250	4	25	6.9	13
250	5	20	6.9	13
250	5	25	8.7	16

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Από τον Πίνακα 2 μπορεί να διαπιστωθεί ότι μια διαφορά του 25% σε καθεμία από τις τρεις μεταβλητές, όταν συνδυάζονται, θα καταλήξει σε περίπου 100% απόκλιση στην ολική ικανότητα κυκλοφορίας (8.7 έναντι 4.4 Erlang) και μια μεγαλύτερη μεταστροφή στον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται. Αυτή η διαφορά μεταξύ 12 και 16 καναλιών κυκλοφορίας θα έχει αναμφισβήτητα μια σημαντική επίδραση στο κόστος.

Όπως παρουσιάζεται από αυτά τα παραδείγματα, η χρησιμότητα των πληροφοριών που παρέχονται χρησιμοποιώντας τη θεωρία κυκλοφορίας Erlang C εξαρτάται πλήρως από την ακρίβεια των δεδομένων εισόδου. Για να γίνει αναφορά σε ένα συνήθη όρο προγράμματος υπολογιστή, Σκουπίδια Μέσα = Σκουπίδια Έξω (GIGO). Για αυτό τον λόγο, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να είναι όσο πιο ρεαλιστές γίνεται όταν καθιερώνουν αριθμούς για τον αριθμό των ενεργών χρηστών ράδιο σε καθένα από τους χώρους σταθμών βάσης, τις μέσες κλήσεις τους ανά ώρα, τη μέση διάρκεια των μηνυμάτων τους και τον απαιτούμενο Βαθμό Υπηρετήσής τους. Αλλιώς, οι ανακριβείς αριθμοί θα μπορούσαν να έχουν μια σημαντική επίδραση στην πραγματική απόδοση φάσματος και στο συνδεδεμένο κόστος.

Παρόλο που αυτά τα παραδείγματα έχουν δείξει τη σημασία της ακρίβειας των δεδομένων εισόδου και της χρήσης των κατάλληλων φόρμουλων Erlang, η αληθινή πρόκληση για κάθε οργανισμό χρήστη είναι στην πραγματικότητα ο προσδιορισμός των αριθμών κυκλοφορίας για το δίκτυό τους. Ευτυχώς, η μέτρηση ενός δικτύου με αρτηρίες για να παρέχεται η απαιτούμενη ικανότητα και ο Βαθμός Υπηρετήσης δεν είναι τόσο δύσκολη όσο μπορεί να φαίνεται, καθώς τα δίκτυα με αρτηρίες χρησιμοποιούνταν για πολλά χρόνια καταλήγοντας σε πληροφορίες και καθοδήγηση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό της ικανότητας ενός δικτύου

TETRA.

Το Μοντέλο Αναφοράς

Ένας αναμεταδότης κοινότητας με αρτηρίες μονού χώρου που υποστηρίζει μόνο ομαδ

- Οι ομαδικές κλήσεις πλήρως ενημερωμένου δικτύου είναι μηνύματα μικρής διάρκειας αντίθετα με τις κλήσεις «ενός προς ένα», που τείνουν να είναι μεγαλύτερες λόγω της γενικής «μικρής ομιλίας» (σημείωση: η γενική μικρή ομιλία είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί ο χρόνος κυκλοφορίας που δαπανάται από την ανταλλαγή ευθυμιών όπως «Τι κάνεις; Πώς είναι ο καιρός; κτλ.»)

- Μόνο ένα κανάλι κυκλοφορίας χρησιμοποιείται για να υποστηριχτεί κάθε ομαδική κλήση σε εξέλιξη.
- Όταν μια ομαδική κλήση είναι σε εξέλιξη, όλοι οι χρήστες ράδιο σε εκείνη την ομάδα παίρνουν αποτελεσματικά μέρος στην κλήση.

Η πρόκληση της παροχής επαρκούς ικανότητας παρουσιάζεται όταν ένα δίκτυο απαιτεί τη χρήση πολλών χώρων σταθμών βάσης για να παρέχει την απαραίτητη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και να υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία υπηρετήσεων φωνής και δεδομένων. Για να κατανοηθεί με περισσότερες λεπτομέρειες η επίδραση αυτών των απαιτήσεων δικτύου στον σχεδιασμό ικανότητας, το COMREP με αρτηρίες μονού χώρου θα χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο αναφοράς (μέτρο σύγκρισης) όταν χρειάζεται για σκοπούς σύγκρισης.

Οι επιδράσεις φορτώματος των ομαδικών κλήσεων

Μακράν η πιο σημαντική υπηρετήση κλήσης για παραδοσιακούς οργανισμούς χρηστών PMR είναι το «πλήρες ενημερωμένο δίκτυο» ή «ομάδα ομιλίας». Παρόλο που αυτό είναι το πιο αποτελεσματικό είδος κλήσης φωνής από την άποψη της διάρκειας μηνύματος, το φόρτωμα του δικτύου μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά όταν χρειάζεται να υποστηριχθεί μια ομαδική κλήση σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή που απαιτεί τη χρήση χώρου πολλών σταθμών βάσης. Για παράδειγμα, η ικανότητα ενός δικτύου με μόνο δυο χώρους σταθμών βάσης που υποστηρίζουν ευρείες ομαδικές κλήσεις θα ήταν 50% λιγότερο αποδοτικές από εκείνες ενός δικτύου χώρου δυο σταθμών βάσης αν οι ομαδικές κλήσεις ήταν εξίσου μοιρασμένες για λειτουργία μόνο σε ένα από τους χώρους των σταθμών βάσης.

Προφανώς, δεν μπορούν να περιοριστούν όλες οι ομάδες ομιλίας για να λειτουργούν μόνο σε ένα χώρο μονού σταθμού βάσης μέσα σε ένα δίκτυο χώρου πολλών σταθμών βάσης. Ομοίως, δε χρειάζεται όλες οι ομάδες ομιλίας να έχουν ευρεία κάλυψη ομαδικής κλήσης. Για αυτούς τους λόγους είναι σημαντικό οι οργανισμοί χρηστών να αναγνωρίζουν την περιοχή κάλυψης της γεωγραφικής περιοχής που απαιτείται από τις διαφορετικές ομάδες ομιλίας που υποστηρίζονται στο δίκτυο. Αυτές οι απαιτήσεις κάλυψης της γεωγραφικής περιοχής θα βοηθήσουν επίσης τους σχεδιαστές δικτύου να εντοπίσουν τους χώρους των σταθμών βάσης που χρειάζεται να παρέχουν το βέλτιστο σε κάλυψη Ραδιοσυχνότητας για κάθε ομάδα ομιλίας.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι αν ένας σχεδιαστής δικτύου ρώταγε ένα χρήστη ράδιο ποια κάλυψη απαιτεί, η απάντηση θα ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις «παντού», παρόλο που το 99% των αναγκών επικοινωνίας τους θα μπορούσε να υποστηριχτεί σε μια μικρότερη γεωγραφική περιοχή. Αυτός ο ανθρώπινος παράγοντας είναι επίσης σημαντικός και θα έπρεπε να υπάρχει προσοχή όταν αναγνωρίζονται οι πραγματικές ανάγκες κάλυψης λειτουργίας των χρηστών ομάδων ομιλίας. Για παράδειγμα, αν οι χρήστες χρειαζόταν να πληρώσουν για το ποσό της παρεχόμενης κάλυψης, θα ήταν οι απαιτήσεις τους για κάλυψη ίδιες;

Η χρήση ομάδων ομιλίας βελτιώνει επίσης τον Βαθμό Υπηρετήσης σε σύγκριση με δίκτυα που υποστηρίζουν μόνο χρήστες «ενός προς ένα» σε σύγκριση με τους ίδιους 200 χρήστες που είναι χωρισμένοι σε ένα αριθμό

ομάδων ομιλίας και μελών που διαφέρει. Για τον σκοπό αυτής της εξήγησης θεωρείται ότι το δίκτυο είναι κατειλημμένο και πως τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας των χρηστών και «ένος προς ένα» και «ομάδας ομιλίας» είναι ίδια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στα προηγούμενα παραδείγματα.

Number of Talk-groups	Number of User per Talk-group	Number of 'one-to-one' Users Not in a Call	Number of 'Talk-group' Users Not in a Call	Additional 'one-to-one' Users free to make a Call compared with 'Talk-group' Users
50	4	190	180	10
25	8	190	160	30
20	10	190	150	40
10	20	190	100	90
8	25	190	75	115
5	40	190	0	190

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Από τις πληροφορίες που παρέχονται στον Πίνακα 3 μπορεί να διαπιστωθεί ότι πάντα υπάρχουν περισσότεροι από «ένας προς ένα» χρήστες από τους χρήστες «ομάδων ομιλίας» που δε συμμετέχουν στην κλήση. Επομένως, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα οι χρήστες «ένας προς ένα» να κάνουν μια κλήση όταν το δίκτυο είναι κατειλημμένο σε σύγκριση με τους χρήστες «ομάδας ομιλίας», αντιμετωπίζοντας έτσι ένα χαμηλότερο Βαθμό Υπηρετήσης. Αυτό εξηγείται επιπλέον από το γεγονός ότι 5 ομάδες ομιλίας, που υποστηρίζονται από 5 κανάλια κυκλοφορίας, θα αντιμετωπίσουν ένα τέλειο Βαθμό Υπηρετήσης. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο μέσος αριθμός κλήσεων ανά χρήστη ομάδας ομιλίας μένει ίδιος ανεξάρτητα από τον αριθμό των χρηστών στην ομάδα ομιλίας. Για αυτό τον λόγο, μια ομάδα ομιλίας δε θα έπρεπε να μεταφραστεί ως ένας ξεχωριστός χρήστης στη φόρμουλα Erlang C για τους σκοπούς του υπολογισμού ενός οικονομικά πιο ελκυστικού αριθμού καναλιών κυκλοφορίας.

Από όσα γνωρίζουμε, δεν υπάρχει ακόμη φόρμουλα που να υπολογίζει τον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται για να υποστηρίξουν ένα συγκεκριμένο αριθμό ομάδων ομιλίας (και τον αντίστοιχο αριθμό των μελών ομάδων ομιλίας) για ένα δεδομένο Βαθμό Υπηρετήσης. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε απολαβή Βαθμού Υπηρετήσης που αναμένεται από τις ομάδες ομιλίας χρήσης χρειάζεται να καθιερωθεί υποκειμενικά με έλεγχο των παρεχόμενων δεδομένων κυκλοφορίας.

Εντούτοις, η ακόλουθη μέθοδος κατά βήματα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η συνδυασμένη επίδραση της «ομάδας ομιλίας» και των κλήσεων «ένος προς ένα» και της απαιτούμενης ικανότητας καναλιού κυκλοφορίας ανά χώρο σταθμού βάσης.

1. Προσδιορίστε τον αριθμό των ενεργών ομάδων ομιλίας στον χώρο σταθμού βάσης
2. Καθιερώστε την διαμονή κάτω ζεύξης (χρόνου ακούσματος) κάθε «ομάδας ομιλίας» και προσθέστε τις μαζί για να παράγουν το ολικό ποσό της παραγόμενης κυκλοφορίας.

3. Καθιερώστε την κυκλοφορία «ενός προς ένα» ανά χώρο
4. Προσθέστε μαζί την κυκλοφορία «ομάδας ομιλίας» και «ενός προς ένα» που παράγεται στα βήματα 2 και 3 για να παρέχεται η ολική κυκλοφορία που πρέπει να υποστηριχθεί
5. Εφαρμόστε τη φόρμουλα Erlang C με τον απαιτούμενο Βαθμό Υπηρετήσης. Αν ο Βαθμός Υπηρετήσης για τις «ομαδικές κλήσεις» και τις κλήσεις «ενός προς ένα» είναι διαφορετικές, χρησιμοποιήστε μια αναλογικά υπολογισμένη εκτίμηση για τον Μέσο Βαθμό Υπηρετήσης

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ικανότητα είναι ο αριθμός των χρηστών ράδιο που είναι εκχωρημένοι σε κάθε ομάδα ομιλίας. Για παράδειγμα, η πιθανότητα οι ξεχωριστοί χρήστες ομάδας ομιλίας να είναι κατανεμημένοι σε διαφορετικούς χώρους σταθμών βάσης αυξάνεται ενώ το μέγεθος της ομάδας ομιλίας αυξάνεται για μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή λειτουργίας. Παρόλο που δεν επηρεάζει άμεσα την ικανότητα, οι μεγάλες ομάδες ομιλίας που ενσωματώνουν χρήστες των οποίων οι δραστηριότητες εργασίας δεν σχετίζονται άμεσα θα έπρεπε να αποθαρρυνθούν καθώς αυτό προκαλεί ενόχληση στους χρήστες-ράδιο που αναγκάζονται να ακούσουν άσχετες κλήσεις. Για αυτούς τους λόγους, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να συγκρατήσουν το μέγεθος των ομάδων ομιλίας σε ένα μίνιμουμ και να περιλαμβάνουν μόνο μέλη στην ομάδα ομιλίας που έχουν σχετικές δραστηριότητες εργασίας.

Εντούτοις, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι μόνο ένα κανάλι κυκλοφορίας θα απαιτούνταν σε κάθε δίκτυο αν όλοι οι χρήστες ράδιο (ανεξάρτητα από τον αριθμό) είχαν εκχωρηθεί σε μια ομάδα ομιλίας. Προφανώς αυτό προσφέρει τον ίδιο Βαθμό Υπηρετήσης όπως ένα συμβατικό δίκτυο PMR χωρίς αρτηρίες και αν αυτό ίσχυε δε θα απαιτούνταν η χρήση αρτηριών, καθώς χρειάζεται μόνο ένα κανάλι κυκλοφορίας (όχι κανάλι ελέγχου).

Συνοψίζοντας, για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα δικτύου ομαδικής κλήσης, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να εξετάσουν τα ακόλουθα:

- Να αναγνωρίσουν τον αριθμό των ανεξάρτητων ομάδων ομιλίας που θα υποστηριχθούν στο δίκτυο
- Να ορίσουν καθαρά τη γεωγραφική περιοχή κάλυψης για κάθε ξεχωριστή ομάδα ομιλίας
- Να συγκρατήσουν τον αριθμό των χρηστών σε μια ομάδα ομιλίας σε ένα μίνιμουμ

Όπου είναι πιθανό, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε επίσης να εξετάσουν τις όποιες αλλαγές λειτουργίας που θα μπορούσαν να ωφελήσουν τη γενική απόδοση του οργανισμού λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες ομάδων ομιλίας που επηρεάζουν τις απαιτήσεις ικανότητας δικτύου.

Οι επιδράσεις φορτώματος των κλήσεων «ενός προς ένα»

Παρόλο που δεν είναι τόσο σημαντικές όσο οι λειτουργία πλήρως ενημερωμένου δικτύου, οι κλήσεις «ενός προς ένα» χρειάζεται να

παρέχονται σε ένα δίκτυο κυρίως για λόγους διατήρησης της ιδιωτικής σφαιρας και την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ δυο ενδιαφερόμενων πλευρών. Η φύση των κλήσεων «ενός προς ένα» σημαίνει ότι η μέση διάρκεια μηνυμάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τις ομαδικές κλήσεις, όχι μόνο για λόγους γενικής «μικρής ομιλίας» αλλά επίσης επειδή συνήθως μεταδίδονται περισσότερες πληροφορίες. Εντούτοις, ο μέσος αριθμός των κλήσεων που γίνονται από χρήστες «ενός προς ένα» κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης ώρας είναι συνήθως λιγότερος από εκείνο για ομαδικές κλήσεις. Ο Πίνακας 4 δείχνει τον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται για να υποστηρίξουν 200 και 250 χρήστες «ένα προς ένα» με ένα Βαθμό Υπηρέτησης 3% για ένα διαφορετικό αριθμό κλήσεων και μηκών μηνυμάτων ανά χρήστη ράδιο χρησιμοποιώντας τη θεωρία κυκλοφορίας Erlang C.

Number of Radio Users on Network	Average Number of Calls per Radio User	Average Message Duration (seconds)	Total Traffic (Erlangs)	Traffic Channels Required
200	1	60	3.3	8
200	1	90	5.0	11
200	2	60	6.7	13
200	2	90	10.0	18
250	1	60	4.2	10
250	1	90	6.3	12
250	2	60	8.3	15
250	2	90	12.5	21

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Από τον Πίνακα 4 μπορεί να διαπιστωθεί ότι ο αριθμός των κλήσεων και των μηκών μηνυμάτων των κλήσεων «ενός προς ένα» έχει μια σημαντική επίδραση στον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται όταν συγκρίνονται με το παράδειγμα της «ομάδας ομιλίας» στον Πίνακα 2. Ως αποτέλεσμα, οι κλήσεις «ενός προς ένα» μπορούν να ελαττώσουν σημαντικά την ικανότητα φορτώματος ενός δικτύου, ιδιαίτερα αν απαιτούνται κλήσεις μεταξύ χρηστών ράδιο σε διαφορετικούς χώρους σταθμών βάσης, καθώς χρειάζονται δυο κανάλια για να υποστηρίξουν μια κλήση. Επίσης, αν απαιτούνται πλήρεις διπλές φωνητικές επικοινωνίες, θα χρειαστούν δυο κανάλια κυκλοφορίας για να υποστηρίξουν μια κλήση.

Αποκλείοντας τη διάρκεια του μηνύματος, οι κλήσεις «ενός προς ένα» είναι πολύ αποδοτικές αν μια από τις πλευρές είναι ένας χρήστης γραμμής σύρματος, όπως ένας χειριστής κονσόλας αποστολέα ή ένας χρήστης PABX/PSTN. Αυτό οφείλεται στο ότι απαιτείται μόνο ένα ραδιοφωνικό κανάλι κυκλοφορίας, ανεξάρτητα από το που βρίσκεται ο χρήστης ράδιο στο δίκτυο.

Όταν εξετάζονται αυτοί οι παράγοντες, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να βελτιώσουν την ικανότητα του δικτύου για την υποστήριξη των κλήσεων «ενός προς ένα» με:

- Τον περιορισμό των ευκολιών «ενός προς ένα» μόνο σε εκείνους τους χρήστες που το χρειάζονται ως μέρος των δραστηριοτήτων εργασίας τους (σημείωση: τα δίκτυα PAMR έχουν χρήστες των οποίων η κύρια μορφή επικοινωνίας είναι οι κλήσεις «ενός προς ένα»).

- Τον περιορισμό της χρήσης των κλήσεων «ενός προς ένα» μεταξύ των χρηστών ράδιο.
- Το να επιτρέπονται μόνο πλήρεις διπλές φωνητικές επικοινωνίες μεταξύ ενός χρήστη ράδιο και μιας γραμμής σύρματος που βασίζεται σε χειριστές κονσόλας αποστολέα ή σε χρήστες τηλεφώνου PABX/PTSN.

Παρόλο που δε σχετίζεται καμία ικανότητα δικτύου, οι οργανισμοί χρηστών μπορεί να θέλουν να εξετάσουν την εμπόδιση κλήσεων και/ή τον περιορισμό της πρόσβασης PTSN για οικονομικούς λόγους, για παράδειγμα, τις διεθνείς κλήσεις και κάποιους ακριβούς αριθμούς υπηρετήσης.

Οι επιδράσεις φορτώματος των μηνυμάτων δεδομένων και των μη φωνητικών εφαρμογών

Υπάρχουν πολλές μορφές μη φωνητικών πληροφοριών (δεδομένων) που ποικίλουν από το βασικό ενδεικτικό μήνυμα ως την εικόνα πραγματικού χρόνου που χρειάζεται να παρέχεται σε ένα δίκτυο. Ως γενικός κανόνας, η χρήση μηχανισμών μεταφοράς δεδομένων για ενδεικτικά μηνύματα και μηνύματα μικρών κειμένων είναι πολύ αποδοτική σε σύγκριση με τη μετάδοση των ίδιων πληροφοριών χρησιμοποιώντας φωνή. Αυτό ισχύει ειδικά αναφορικά με το TETRA, που χρησιμοποιεί τη σχισμή χρόνου καναλιού ελέγχου για να υποστηρίξει μηνύματα μικρής διάρκειας, αντί να χρησιμοποιεί κανάλια κυκλοφορίας. Επίσης, η χρήση Φωνής και Δεδομένων ταυτόχρονα θα μπορούσε να βελτιώσει την απόδοση για κάποια είδη εφαρμογών.

Η κύρια πρόκληση με τον σχεδιασμό ικανότητας δικτύου για τα δεδομένα έρχεται από τον αριθμό και το είδος των μηνυμάτων δεδομένων που χρειάζεται να υποστηριχθούν στο δίκτυο. Για παράδειγμα, αν ο αριθμός των μηνυμάτων σύντομων δεδομένων που χρειάζεται να υποστηριχθεί είναι μεγάλος, τότε θα χρειαζόταν πιθανόν δευτερεύουσα σχισμή χρόνου καναλιού ελέγχου. Ομοίως, αν χρειάζεται να μεταδοθούν μεγάλα ποσά δεδομένων, τότε θα χρειάζεται να παρέχονται πρόσθετα κανάλια κυκλοφορίας (ορισμένα ως κανάλια δεδομένων). Επίσης, επειδή το δίκτυο υποστηρίζει και τη Φωνή και τα Δεδομένα χρησιμοποιώντας τους ίδιους πόρους κυκλοφορίας, θα χρειαστεί να εκχωρηθούν επίπεδα προτεραιότητας για να καθορίσουν ποιο έχει προτεραιότητα κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων.

Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι δεν ελαττώνουν την κυκλοφορία όλες οι μορφές επικοινωνιών δεδομένων. Ορισμένες μορφές μη φωνητικής επικοινωνίας, όπως εικόνα πραγματικού χρόνου, αναμένεται να παράγει περισσότερη κυκλοφορία φωνής στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι η πρόνοια για υπηρετήσεις νέων δεδομένων και εφαρμογές χρειάζεται ειδική εξέταση όχι μόνο για τους πόρους των καναλιών κυκλοφορίας που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τη νέα υπηρετήση δεδομένων, αλλά επίσης για την επίδραση την οποία θα έχει η νέα υπηρετήση δεδομένων στην κυκλοφορία φωνής. Παρόλο που τα περισσότερα μηνύματα δεδομένων είναι «ένα προς ένα» στη φύση, πρέπει επίσης να εξεταστούν εκείνα τα μηνύματα δεδομένων που είναι «ένα προς

πολλά» σε χώρους πολλών σταθμών βάσης, ειδικά εκείνους που μεταφέρουν μεγάλα ποσά δεδομένων όπως εφαρμογές εικόνας πραγματικού χρόνου.

Όταν εξετάζονται αυτοί οι παράγοντες, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να βελτιστοποιήσουν την ικανότητα του δικτύου υποστηρίζοντας τα μηνύματα δεδομένων και τις μη φωνητικές εφαρμογές με:

-Τον προσδιορισμό του αριθμού των χρηστών ράδιο που θα απαιτήσουν δεδομένα από το είδος της υπηρετήσης και την εφαρμογή

-Την πρόνοια για όσο περισσότερους χρήστες ράδιο όσο είναι πιθανό με την ενδεικτική αποστολή μηνυμάτων και τις υπηρετήσεις σύντομων δεδομένων για να ελαττωθεί η μη αναγκαία κυκλοφορία φωνής

-Την αναγνώριση των νέων υπηρετήσεων δεδομένων και των μη φωνητικών εφαρμογών που θα απαιτηθούν και την εκτίμηση της χρήσης τους από κάθε χρήστη ράδιο σε όλο το δίκτυο

-Την καθιέρωση της σχέσης προτεραιότητας μεταξύ των διαφορετικών υπηρετήσεων φωνής και δεδομένων για κάθε χρήστη στο δίκτυο, ειδικά στα δίκτυα που μοιράζονται όπου οι οργανισμοί που είναι συνδρομητές θα έχουν διαφορετικές απαιτήσεις προτεραιοτήτων για τη φωνή και τα δεδομένα

-Τον περιορισμό της χρήσης των μηνυμάτων δεδομένων «ενός προς πολλούς», ειδικά εκείνων που μεταφέρουν μεγάλα ποσά δεδομένων.

Τα απαιτούμενα δεδομένα κυκλοφορίας για τον σχεδιασμό ικανότητας

Σε κάποιο βαθμό, τα απαιτούμενα δεδομένα κυκλοφορίας για τον σχεδιασμό ικανότητας έχουν ήδη καλυφθεί ως μέρος της χρήσης φόρμουλων κυκλοφορίας Erlang. Προφανώς, αν κανένα από τα παρεχόμενα δεδομένα δεν είναι ρεαλιστικά, ή οι φόρμουλες κυκλοφορίας Erlang που χρησιμοποιούνται δεν είναι κατάλληλες, το τελικό αποτέλεσμα δε σημαίνει τίποτα και θα μπορούσε να καταλήξει σε ένα σχέδιο δικτύου που να είναι πολύ κάτω ή πολύ πάνω από την απαιτούμενη ικανότητα.

Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ισορροπία μεταξύ των απαιτήσεων χρήστη και των οικονομικών του δικτύου δε θα έχει επιτευχθεί. Επίσης, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η πραγματική πρόκληση για κάθε οργανισμό χρήστη είναι ο καθορισμός των ουσιαστικών αριθμών κυκλοφορίας για το δίκτυό τους, που σε πολλές περιπτώσεις:

-Καλύπτουν μια ευρεία γεωγραφική περιοχή που απαιτεί χώρους πολλών σταθμών βάσης

-Χρειάζεται να υποστηρίξουν μια μεγάλη ποικιλία υπηρετήσεων και ευκολιών φωνής/ δεδομένων

-Έχουν χρήστες με διαφορετικές ανάγκες Βαθμού Υπηρετήσης

-Έχουν χρήστες που περιπλανιούνται γύρω από το δίκτυο δημιουργώντας ανομοιόμορφα σχεδιαγράμματα φορτώματος

Για να εκπληρωθεί αυτός ο στόχος, είναι σημαντικό να καθιερωθούν οι ακόλουθες πληροφορίες δεδομένων ώστε να μπορεί να παρέχεται η απαιτούμενη ικανότητα και ο Βαθμός Υπηρετήσης σε ένα δίκτυο για επικοινωνίες κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης ώρας.

Γεωγραφικά Δεδομένα:

- Ολικός αριθμός ενεργών χρηστών στο δίκτυο και η γεωγραφική τους ανάπτυξη
- Κίνηση των χρηστών στο δίκτυο μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών τοποθεσιών

Η παροχή αυτών των πληροφοριών θα αναγνωρίσει τον αριθμό των χρηστών ράδιο που θα υποστηριχτούν μέσα στα αποτυπώματα ποδιών κάλυψης Ραδιοσυχνότητας των ξεχωριστών χώρων σταθμών βάσης.

Δεδομένα κυκλοφορίας φωνής:

- Κλήσεις Ομάδων Ομιλίας (ανά χώρο σταθμού βάσης)
- Αριθμός των ομάδων ομιλίας και των χρηστών ομάδας ομιλίας ανά χώρο
- Μέσος αριθμός κλήσεων που γίνονται ανά χρήστη
- Μέση διάρκεια μηνύματος φωνής
- Απαιτούμενος Βαθμός Υπηρετήσης ανά ομάδα ομιλίας
- Κλήσεις «Ενός προς Ένα» (ανά χώρο σταθμού βάσης)
- Αριθμός χρηστών «ενός προς ένα»
- Μέσος αριθμός κλήσεων που γίνονται ανά χρήστη
- Μέση διάρκεια φωνητικού μηνύματος
- Απαιτούμενος Βαθμός Υπηρετήσης ανά χρήστη
- Μέσος αριθμός κλήσεων χρήστη ράδιο προς χρήστη ράδιο μεταξύ των χώρων σταθμών βάσης
- Μέσος αριθμός κλήσεων μεταξύ ενός χρήστη ράδιο και ενός χειριστή κονσόλας αποστολέα γραμμής σύρματος και/ ή χρήστη PABXT/PSTN
- Μη φωνητικές Κλήσεις (ανά χώρο σταθμού βάσης)
- Αριθμός των χρηστών ενδεικτικών μηνυμάτων
- Μέσος αριθμός των ενδεικτικών μηνυμάτων που γίνονται ανά χρήστη
- Αριθμός των χρηστών σύντομων δεδομένων

-Μέσος αριθμός των μηνυμάτων σύντομων δεδομένων που γίνονται ανά χρήστη

-Μέσο μήκος των μηνυμάτων σύντομων δεδομένων

-Αριθμός των χρηστών εφαρμογών δεδομένων που απαιτούν τη χρήση καναλιών κυκλοφορίας

-Μέσος αριθμός εφαρμογών δεδομένων που γίνονται ανά χρήστη

-Μέσο μήκος των συναλλαγών εφαρμογών δεδομένων

-Απαιτούμενος Βαθμός Υπηρέτησης από χρήστες εφαρμογών δεδομένων

Για να εξασφαλιστεί επαρκής πρόνοια για τις σχισμές χρόνου του καναλιού ελέγχου (για φωνή ή δεδομένα) είναι σημαντικό και τα φωνητικά και τα μη φωνητικά δεδομένα κυκλοφορίας να καθιερωθούν για τον αριθμό των χρηστών που θα υποστηριχθούν από κάθε χώρο σταθμού βάσης στο δίκτυο.

Τυποποιημένες ευκολίες TETRA που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα ενός δικτύου

Μέσα στην ακολουθία των προτύπων TETRA υπάρχουν τέσσερις κύριες ευκολίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα ενός δικτύου. Αυτές είναι:

-Επιλογή Περιοχής

-Επίπεδα Προτεραιότητας Χρήστη

-Προτιμώμενος Χώρος Λειτουργίας

-Κυκλοφορία δεδομένων σε αρτηρίες σε συγκεκριμένα κανάλια μόνο για δεδομένα

Επιλογή Περιοχής:

Αυτή η ευκολία βασικά επιτρέπει σε ένα χειριστή δικτύου να συγκεντρώσει έναν αριθμό σταθμών βάσης για να υπηρετήσει ομάδες ομιλίας για συγκεκριμένη περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, έτσι προκύπτει και ο όρος «επιλογή περιοχής». Αυτή η ευκολία είναι προφανώς χρήσιμη για να περιοριστεί ο αριθμός των σταθμών βάσης που υπηρετούν συγκεκριμένες ομάδες ομιλίας και έτσι ελαττώνεται η επίδραση της ικανότητας φορτώματος μιας ευρείας περιοχής κλήσεων ομάδων ομιλίας πολλών χώρων.

Επίπεδα Προτεραιότητας Χρήστη:

Το επίπεδο TETRA υποστηρίζει 16 επίπεδα προτεραιότητας χρήστη από τα οποία το υψηλότερο διατηρείται για κλήσεις προτεραιότητας γενόμενες εκ προτιμώσεως, που είναι κοινώς γνωστές ως επείγουσες κλήσεις. Αυτό σημαίνει ότι παραμένουν 15 επίπεδα προτεραιότητας, που μπορούν να εκχωρηθούν σε συγκεκριμένους χρήστες ράδιο με βάση τη σημασία των δραστηριοτήτων εργασίας τους.

Για παράδειγμα, σε χρήστες ράδιο των οποίων οι δραστηριότητες εργασίας σχετίζονται με τη διάσωση ζωής και περιουσίας, όπως οι επείγουσες υπηρετήσεις και σε κάπιο βαθμό σε εργάτες υπηρεσιών κοινής ωφέλειας (εκρήξεις αερίου, πλημμύρες, κτλ.), θα μπορούσε να εκχωρηθεί η δεύτερη υψηλότερη προτεραιότητα. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες υψηλής προτεραιότητας θα τοποθετούνταν στην κορυφή της σειράς για το επόμενο διαθέσιμο κανάλι κυκλοφορίας όταν το δίκτυο είναι κατειλημμένο.

Ομοίως, σε χρήστες με δραστηριότητες εργασίας πιο καθημερινής φύσης, όπως ένας φύλακας πάρκου, θα μπορούσαν να εκχωρηθούν χαμηλότερα επίπεδα προτεραιότητας. Αυτή η χαμηλή προτεραιότητα εξακολουθεί να παρέχει παραπάνω από επαρκείς επικοινωνίες, αλλά θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν μακρύτεροι χρόνοι αναμονής κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων. Η χρήση αυτής της ευκολίας θα μπορούσε να ελαττώσει σημαντικά τον αριθμό των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτούνται σε ένα δίκτυο, αν οι διαφορετικές κατηγορίες των χρηστών ράδιο θα μπορούσαν να αποδεχτούν ένα χαμηλό Βαθμό Υπηρετήσης κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων.

Για να δειχτεί αυτό, ο Πίνακας 5 συγκρίνει ένα χώρο σταθμού βάσης που υποστηρίζει 800 χρήστες ράδιο, από τους οποίους οι 200 απαιτούν ένα Βαθμό Υπηρετήσης 1%, 200 ένα Βαθμό Υπηρετήσης 3%, 200 ένα Βαθμό Υπηρετήσης 5% και οι υπόλοιποι 200 ένα Βαθμό Υπηρετήσης 10%, με εκείνο ενός δικτύου που υποστηρίζει 800 χρήστες, από τους οποίους όλοι έχουν ένα Βαθμό Υπηρετήσης 1%. Οι ίδιες λεπτομέρειες κυκλοφορίας 5 κλήσεων διάρκειας 20 δευτερολέπτων για κάθε χρήστη ράδιο κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης περιόδου έχουν χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς.

Από αυτό το παράδειγμα μπορεί να διαπιστωθεί ότι ο αριθμός των καναλιών κυκλοφορίας που απαιτείται έχει ελαττωθεί κατά τρία, παρέχοντας μια πιο οικονομική λύση, ενώ εξακολουθεί να καλύπτει την ικανότητα του οργανισμού χρήστη και τις ανάγκες Βαθμού Υπηρετήσης. Ένα άλλο ζήτημα είναι ο μέγιστος αριθμός των 32 καναλιών που μπορούν να υποστηριχθούν σε ένα χώρο σταθμού βάσης, δεν έχει ξεπεραστεί.

Network Details	Number of Radio Users	Traffic Channels Required
Mixed Priority		
1% GoS	200	13
3% GoS	200	12
5% GoS	200	11
10% GoS	200	10
5% GoS Overall	800	32
Single Priority		
1% GoS	800	35

Προτιμώμενος Χώρος Λειτουργίας:

Αυτή η ευκολία είναι διαθέσιμη σε ραδιοφωνικά τερματικά και χρησιμοποιείται για νο δικτύου συνήθως ένας «κύριος» χώρος σταθμού βάσης γίνεται «ο προτιμώμενος χώρος» για χρήστες ομάδας ομιλίας σε εκείνη την περιοχή. Αυτή η ευκολία «προτιμώμενου χώρου λειτουργίας» αυξάνει τη πιθανότητα περιορισμένες ομάδες ομιλίας συγκεκριμένης περιοχής να μπορούν να υπηρετηθούν χρησιμοποιώντας μόνο τον κύριο και/ ή τον προτιμώμενο χώρο, αντί χώρους πολλών σταθμών βάσης, βοηθώντας έτσι να βελτιωθεί η γενική ικανότητα ενός δικτύου.

Κυκλοφορία Δεδομένων σε Αρτηρίες σε συγκεκριμένα κανάλια μόνο για δεδομένα:

Σε δίκτυα με αρτηρίες που υποστηρίζουν ένα σχετικά μεγάλο ποσό κυκλοφορίας δεδομένων, ένας αριθμός καναλιών κυκλοφορίας μπορεί να διαχωριστεί στη δεξαμενή των αρτηριών για να χειρίζεται αποκλειστικά την κυκλοφορία δεδομένων πιο αποδοτικά.

Μη τυποποιημένες ευκολίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα

Υπάρχουν πολλές μη τυποποιημένες ευκολίες που μπορούν να δοθούν σε δίκτυα με αρτηρίες για να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα ενός δικτύου. Λόγω της φύσης αυτών των ευκολιών δε θεωρήθηκε πρακτικό να τυποποιηθούν μέσα στο TETRA. Αντ' αυτού, οι ατομικοί κατασκευαστές έμειναν με την επιλογή να εφαρμόσουν αυτές τις ευκολίες (χορήγηση άδειας IPR σε ορισμένες περιπτώσεις) ως ακολούθως.

- Χρονιστές παύσης διάρκειας κλήσης
- Δυναμική εκχώρηση χώρου
- Δυναμική εκχώρηση χρήστη
- Αλγόριθμοι χειρισμού κυκλοφορίας

Χρονιστές παύσης διάρκειας κλήσεως

Αυτές οι ευκολίες χρονιστών παύσης μπορούν να εφαρμοστούν είτε σε ραδιοφωνικά τερματικά είτε στο δίκτυο. Βασικά, αυτή η ευκολία δουλεύει προειδοποιώντας τους χρήστες ράδιο ότι η επιτρεπόμενη διάρκεια μηνύματος για αυτό το συγκεκριμένο είδος κλήσης πρόκειται να ξεπεραστεί. Αν ο χρήστης ράδιο, με τη λήψη αυτής της προειδοποίησης (συνήθως μια σειρά τόνων επιφυλακής), συνεχίζει να χρησιμοποιεί το ράδιο, η κλήση θα σταματήσει αυτόματα μετά από μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Αυτή η ευκολία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε κλήσεις «ενός προς ένα», όπου αναμένονται μηνύματα μεγαλύτερης διάρκειας. Λόγω της «επικοινωνιακής» φύσης αυτής της ευκολίας,

οι χρήστες ράδιο σύντομα θα μάθουν την ανάγκη να στέλνουν μηνύματα περιεκτικά και επί του θέματος καθώς και να περιορίζουν τις ασήμαντες κουβέντες.

Δυναμική Εκχώρηση Χώρου:

Αυτή η υπηρετήση μπορεί να έχει ένα διαφορετικό όνομα ανάλογα με τον κατασκευαστή. Βασικά, αυτή η υπηρετήση είναι μια ευκολία δικτύου που χρησιμοποιείται για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κλήσεων ομάδων ομιλίας πολλών χώρων ευρείας περιοχής. Για παράδειγμα, το δίκτυο γνωρίζει ποιοι χρήστες είναι καταχωρημένοι σε καθένα από τους χώρους σταθμών βάσης. Αρκετά συχνά κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων μια κλήση ομάδας ομιλίας ευρείας περιοχής δεν μπορεί να προχωρήσει αμέσως επειδή οι πόροι καναλιού κυκλοφορίας μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι σε ένα ή περισσότερους χώρους που χρησιμοποιούνται για να υπηρετήσουν εκείνη τη συγκεκριμένη ομάδα ομιλίας.

Αντί να τοποθετείται μια ομάδα ομιλίας σε σειρά, μέχρι να είναι διαθέσιμοι οι πόροι, πρέπει να ληφθεί μια απόφαση από το δίκτυο να προχωρήσει η κλήση σε χώρους σταθμών βάσης που έχουν πόρους καναλιών κυκλοφορίας, με τον όρο ότι μπορεί να υπηρετηθεί ένας προκαθορισμένος αριθμός χρηστών σε εκείνη την ομάδα ομιλίας. Αυτή η υπηρετήση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μεγάλες ομάδες ομιλίας που μπορούν να κατανεμηθούν σε μια ευρεία περιοχή. Αν η πλευρά που καλεί αποτύχει να έρθει σε επαφή με τον επιθυμητό δέκτη στην ομάδα ομιλίας, μπορεί να επαναληφθεί η παράκληση κλήσης. Συνήθως, τα κριτήρια απόφασης για να προχωρήσει η δυναμική εκχώρηση χώρου καθορίζεται από τον χειριστή, με βάση τον αριθμό και/ ή το ποσοστό των χρηστών που μπορούν να υπηρετηθούν μέσα στην ομάδα ομιλίας.

Δυναμική Εκχώρηση Χρήστη:

Αυτή η ευκολία είναι όμοια με τη δυναμική εκχώρηση χώρου, μόνο που τα κριτήρια απόφασης μέσα στο δίκτυο καθορίζονται από την ταυτότητα των συγκεκριμένων χρηστών μέσα στην ομάδα ομιλίας στόχου που πρέπει να περιληφθούν σε όλες τις κλήσεις ομάδων ομιλίας. Το όνομα που χρησιμοποιείται για αυτή την ευκολία μπορεί να είναι διαφορετικό ανάλογα με τον κατασκευαστή.

Αλγόριθμοι Χειρισμού Κυκλοφορίας:

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι χειρισμού κυκλοφορίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα δίκτυα για να βελτιστοποιηθεί η γενική απόδοση. Μερικοί από αυτούς που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι εκείνοι που μπορούν να ρυθμίσουν δυναμικά τους χρονιστές παύσης διάρκειας κλήσης για συγκεκριμένες κλήσεις κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων. Ομοίως, ορισμένα είδη κλήσεων όπως «ένας προς ένα» μπορούν να απεμπνευστούν προσωρινά από την υπηρετήση κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων για να διατηρηθεί ένας καλός βαθμός Υπηρετήσης για πιο σημαντικές υπηρετήσεις όπως οι κλήσεις ομάδων ομιλίας. Λόγω των πολυάριθμων τρόπων με τους οποίους μπορεί κανείς να χειριστεί την κυκλοφορία σε ένα δίκτυο, αυτές οι ευκολίες εξαρτώνται από τον κατασκευαστή.

Η χρήση χώρων κύριων σταθμών βάσης

Η ικανότητα ενός δικτύου ευρείας περιοχής μπορεί να βελτιωθεί κατά πολύ χρησιμοποιώντας χώρους κύριων σταθμών βάσης όταν συγκρίνονται με τη χρήση ενός σχεδιαγράμματος κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ομοιόμοφα κατανεμημένης κυψελωτής επαναχρησιμοποίησης. Το Σχήμα 1 δείχνει μια αντιπροσωπευτική αστική περιοχή με μια κάλυψη Ραδιοσυχνότητας που παρέχεται χρησιμοποιώντας ένα κύριο χώρο και την ίδια αστική περιοχή με κάλυψη Ραδιοσυχνότητας χρησιμοποιώντας ένα σχεδιάγραμμα κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ομοιόμοφα κατανεμημένης κυψελωτής επαναχρησιμοποίησης.

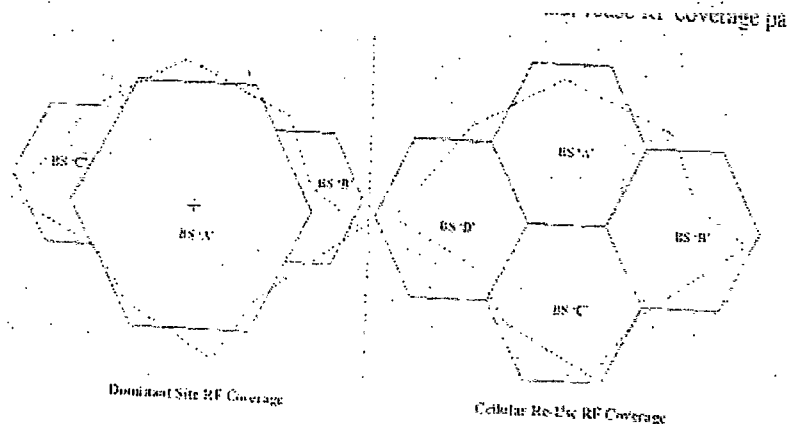


Figure 1: Dominant Site

ΣΧΗΜΑ 1

Από το Σχήμα 1 μπορεί να δει κανείς ότι με την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας κύριου χώρου απαιτούνται μόνο τρεις χώροι σταθμών βάσης σε σύγκριση με χώρους τεσσάρων σταθμών βάσης που χρησιμοποιούν ένα σχεδιάγραμμα κάλυψης Ραδιοσυχνότητας κυψελωτής επαναχρησιμοποίησης. Για λόγους εξήγησης θεωρείται ότι οι 1000 χρήστες ράδιο είναι ομοιόμοφα κατανεμημένοι και ενεργοί στη περιοχή αστικής κάλυψης. Θεωρείται επίσης δεδομένο ότι ο κύριο χώρος παρέχει κάλυψη Ραδιοσυχνότητας για 80% της αστικής περιοχής και ότι οι υπόλοιποι χώροι δυο σταθμών βάσης παρέχουν ο καθένας κάλυψη Ραδιοσυχνότητας 10%.

Αυτές οι υποθέσεις σημαίνουν ότι κάθε χώρος σταθμού βάσης σε ένα κυψελωτό δίκτυο επαναχρησιμοποίησης υποστηρίζει 250 χρήστες ράδιο με το κύριο χώρο να υποστηρίζει 800 χρήστες ράδιο, με τους υπόλοιπους δυο χώρους να υποστηρίζουν 100 ο καθένας. Οι λεπτομέρειες κυκλοφορίας που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς Erlang C βασίζονται σε ένα μέσο όρο 4 κλήσεων ανά χρήστη ράδιο με μέσα μήκη μηνυμάτων των 20 δευτερολέπτων και ένα Βαθμό Υπηρετήσης 3%. Από αυτούς τους υπολογισμούς, ο αριθμός των απαιτούμενων καναλιών κυκλοφορίας σε κάθε χώρο σταθμού βάσης και για τα δυο είδη δικτύου παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

Network Details	Number of Radio Users	Traffic Channels Required
Dominant Site		
BS 'A'	800	27
BS 'B'	100	6
BS 'C'	100	6
Totals	1000	39
Cellular Re-Use		
BS 'A'	250	11
BS 'B'	250	11
BS 'C'	250	11
BS 'D'	250	11
Totals	1000	44

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Εκτός από τα προφανή οικονομικά οφέλη της χρήσης μόνο τριών χώρων σταθμών βάσης αντί για τέσσερις, μπορεί να διαπιστωθεί ότι το δίκτυο κύριου χώρου χρειάζεται μόνο 39 κανάλια κυκλοφορίας σε σύγκριση με 44 κανάλια κυκλοφορίας σε ένα κυψελωτό δίκτυο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας επαναχρησιμοποίησης.

Μεταφρασμένο σε απαιτήσεις φάσματος συχνότητας TETRA, περιλαμβάνοντας την πρόνοια για μια σχισμή χρόνου καναλιού ελέγχου, σημαίνει ότι θα υπάρχουν μόνο 11 ζεύγη φερόντων Ραδιοσυχνότητας για το δίκτυο κύριου χώρου σε σύγκριση με τα 12 ζεύγη φερόντων Ραδιοσυχνότητας για το κυψελωτό δίκτυο επαναχρησιμοποίησης. Αυτό μπορεί να μη φαίνεται μια μεγάλη εξοικονόμηση σε φάσμα συχνότητας, αλλά το δίκτυο κύριου χώρου έχει μια ελεύθερη ικανότητα σε χώρους σταθμών βάσης B και C ενώ δεν υπάρχει ελεύθερη ικανότητα σε κανένα από τους χώρους σταθμών βάσης κυψελωτού δικτύου επαναχρησιμοποίησης.

Ένα άλλο όφελος λειτουργίας του δικτύου κύριου χώρου είναι η αυξημένη ικανότητα κάποιες από τις κλήσεις ομάδων ομιλίας ευρείας περιοχής να υποστηριχθούν μόνο στον κύριο χώρο, κάνοντας έτσι το δίκτυο πιο αποδοτικό από το κυψελωτό δίκτυο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, η παράδοση κυψελών θα ήταν λιγότερο συχνή και έτσι θα ελαττώνεται η πιθανότητα εμποδισμένων κλήσεων και/ ή κλήσεων που έχουν εμποδιστεί.

Λαμβάνοντας αυτούς τους παράγοντες υπόψη, οι οργανισμοί χρηστών θα έπρεπε να εξετάσουν σοβαρά τη χρησιμοποίηση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας χώρου κύριου σταθμού βάσης ως μέρος του σχεδιασμού ικανότητας δικτύου, ειδικά στις αστικές περιοχές όπου θα μπορούσαν να επιτευχθούν σημαντικά οφέλη φορτώματος. Εντούτοις, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για να εξασφαλιστεί ότι όλοι οι χρήστες στους χώρους βάσης B και C της περιοχής κάλυψης των χώρων σταθμών βάσης της περιοχής κάλυψης δεν προσχωρούν σε κύριο χώρο όταν ανοίγουν για πρώτη φορά. Με άλλα λόγια, η αρχική επιλογή θα έπρεπε να βασιστεί στη καλύτερη διαθέσιμη ποιότητα σήματος.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα δικτύου

Άλλοι παράγοντες όπως η μελλοντική επέκταση, οι νέες υπηρετήσεις και ευκολίες, η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και η αξιοπιστία του δικτύου μπορούν να επηρεάσουν τον σχεδιασμό ικανότητας σε ένα δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα νέο δίκτυο αναμένεται να έχει μια περίοδο ζωής γύρω στα 15 χρόνια πριν να

αντικατασταθεί. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι πιθανό να συμβούν αλλαγές στο δίκτυο για να αντιμετωπιστούν οι αλλαγές στις απαιτήσεις λειτουργίας ενός οργανισμού χρήστη. Αυτή η πιθανότητα για αλλαγή θα έπρεπε να θεωρηθεί μέρος του σχεδιασμού ικανότητας, και όπου είναι εφικτό, να υπάρχει πρόνοια στα αρχικά σχέδια δικτύου να υποστηριχτούν οι μελλοντικές ανάγκες.

Σύνοψη του Σχεδιασμού Ικανότητας Δικτύου

Η πρόνοια για ένα δίκτυο με επαρκή υπηρετήση και βαθμό υπηρετήσης είναι μια από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις χρήστη. Παρόλο που υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους ένα δίκτυο μπορεί να βελτιστοποιηθεί για να παρέχει την απαιτούμενη ικανότητα, η πιο σημαντική πλευρά του σχεδιασμού ικανότητας, είναι η χρήση ρεαλιστικών δεδομένων κυκλοφορίας και κατάλληλες φόρμουλες Erlang για να καθοριστεί η τελική διαμόρφωση ενός δικτύου. Είναι επίσης σημαντική η ανάγκη να γίνει ο σχεδιασμός ικανότητας σε συμφωνία με το σχέδιο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, καθώς αυτές οι δυο περιοχές έχουν άμεση σχέση.

Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:

- 1. Το TETRA ενσωματώνει πολλούς μηχανισμούς για να αυξηθεί η κλήση ομάδας ομιλίας και η ικανότητα κλήσης «ενός προς ένα»**

Κεφάλαιο 9^ο

❖ Σχέδιο Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας TETRA

Πρόλογος:

Αυτό το κεφάλαιο έχει δοθεί για να βοηθήσει τους μηχανικούς σχεδίου και τους προμηθευτές να λάβουν υπόψη τους τα χαρακτηριστικά Ραδιοσυχνότητας του TETRA για ορισμένες υπηρετήσεις και ευκολίες όταν βελτιστοποιούν την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας ενός δικτύου. Είναι σημαντικό οι σχεδιαστές ικανότητας και οι σχεδιαστές δικτύου να εργαστούν στενά μαζί, καθώς η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και η ικανότητα δικτύου, συνδέονται στενά.

Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το κεφάλαιο δεν προορίζονται να καλύψουν όλες τις πλευρές του σχεδίου κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, καθώς αυτό το θέμα είναι πολύ εξειδικευμένο και υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι ειδικοί για να παρέχουν επαγγελματικές συμβουλές.

Σχέδιο Κάλυψης

Όπως θα αναφερθεί στο Κεφάλαιο 17, «η Απαίτηση του Χρήστη», η αποδεκτή κάλυψη Ραδιοσυχνότητας είναι μια υποχρεωτική απαίτηση χρήστη. Αυτή η απαίτηση χρήστη είναι τόσο ουσιώδης που οι επιπτώσεις της μη βελτιστοποίησης της κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μερικές φορές ξεχνιούνται. Παρόλο που οι νόμοι της φυσικής ισχύουν εξίσου σε όλες τις τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών, μερικές προχωρημένες υπηρετήσεις και ευκολίες του TETRA χρειάζονται πράγματι ειδική εξέταση όταν βελτιστοποιείται η απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας. Αν δε ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά Ραδιοσυχνότητας αυτών των υπηρετήσεων και των ευκολιών θα μπορούσε εύκολα να προκληθεί δυσαρέσκεια του χρήστη και η να απορριφθεί το TETRA ως μια προηγμένη τεχνολογία ασύρματης τεχνολογίας.

Οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες TETRA που απαιτούν ειδική εξέταση είναι:

-Η χρήση αρτηριών

-Η λειτουργία Πλήρως ενημερωμένου δικτύου

-Η παράδοση Κυψέλης

-Μεταφερόμενη στο χέρι και φορητή Ραδιοφωνική Λειτουργία

Παρόλο που αυτές οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες σε απομόνωση δεν είναι μοναδικές, ο συνδυασμός τους σε ένα μονό δίκτυο επικοινωνίας όπως το TETRA τις κάνει μοναδικές και επομένως απαιτούν ειδική εξέταση.

Χρήση Αρτηριών

Καθώς οι κινητοί χρήστες περιφέρονται στο δίκτυο, τα ραδιοφωνικά τερματικά τους TETRA θα αλλάζουν αυτόματα από ένα χώρο σταθμού βάσης σε ένα άλλο για να διατηρήσουν τις επικοινωνίες. Από την πλευρά σχεδίου προγραμματισμού Ραδιοσυχνότητας αυτό σημαίνει ότι τα ραδιοφωνικά τερματικά TETRA πρέπει να είναι ικανά να έχουν πρόσβαση σε ένα κανάλι ελέγχου καθώς και τα σχετικά κανάλια κυκλοφορίας οπουδήποτε μέσα στην περιοχή γεωγραφικής κάλυψης του δικτύου. Κατά συνέπεια, η υπερκαλυπτόμενη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μεταξύ διπλανών χώρων σταθμών βάσης θα απαιτείται για να διατηρηθεί η ακεραιότητα των επικοινωνιών.

Για να εξασφαλιστεί μια ομοιόμορφη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας από το κανάλι ελέγχου και όλα τα κανάλια κυκλοφορίας, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί η ίδια κεραία για τα μεταδιδόμενα σήματα και η ίδια κεραία για τα λαμβανόμενα σήματα σε ένα χώρο σταθμού βάσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα για χώρους σταθμών βάσης TETRA χαμηλής ικανότητας χρησιμοποιώντας δίκτυα συνδυασμού εύκολα διαθέσιμων κεραιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια συνδυασμένη κεραία μετάδοσης και λήψης.

Εντούτοις, οι χώροι σταθμών βάσης υψηλής ικανότητας απαιτούν ειδική εξέταση λόγω απωλειών ισχύος Ραδιοσυχνότητας και κατανάλωσης θερμότητας. Παρόλο που θα μπορούσε να φαίνεται πιο οικονομικό και ελκυστικό σε ορισμένες περιπτώσεις να χρησιμοποιούνται πολλές κεραιές, αυτή η λύση δε θα έπρεπε να συνιστάται.

Αυτό οφείλεται στο ότι θα μπορούσε να δημιουργήσει διαφορετικά σχεδιαγράμματα κάλυψης μεταξύ ομάδων καναλιών σχισμών χρόνου και θα αύξανε επίσης την πιθανότητα προβληματικής παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης πομπού σε άλλους χρήστες που λειτουργούν σε διαφορετικές ραδιοσυχνότητες στην περιοχή κάλυψης του χώρου σταθμού βάσης.

Αν πρέπει να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστές κεραιές μετάδοσης και λήψης, τότε η κεραία λήψης θα έπρεπε να τοποθετηθεί κατευθείαν πάνω από την κεραία μετάδοσης για να διατηρηθούν παρόμοια χαρακτηριστικά κάλυψης Ραδιοσυχνότητας. Η τοποθέτηση της κεραίας λήψης πάνω από την κεραία μετάδοσης θα βελτιώσει επίσης την ποιότητα σήματος εντός ορίων από τον εξοπλισμό ραδιοφωνικού τερματικού χαμηλότερης ισχύος, όπως και η χρήση κεραιών απολαβής.

Λειτουργία Πλήρως Ενημερωμένου Δικτύου

Λόγω του τρόπου που λειτουργεί το σύστημα αρτηριών TETRA, σε χρήστες ράδιο σε μια ομάδα ομιλίας μπορεί να επιτραπεί να επικοινωνούν μεταξύ τους οπουδήποτε μέσα στην περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ενός δικτύου χώρου πολλών σταθμών βάσης, χωρίς να χρειάζεται να

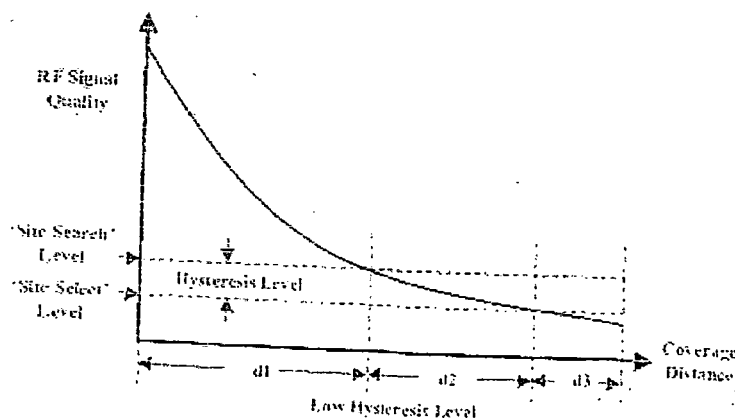
αλλάζουν με το χέρι τα κανάλια. Επίσης, οι χρήστες ράδιο σε μια ομάδα ομιλίας μπορεί να περιοριστούν μόνο στο να επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μια υπηρετήση από ένα ή μια ομάδα χώρων σταθμών βάσης.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις χρήστη για επικοινωνίες ομάδας ομιλίας, μπορούν να υποστηριχθούν επικοινωνίες και ομάδες ομιλίας πολλών χώρων ευρείας περιοχής και επικοινωνίες ομάδες ομιλίας συγκεκριμένης περιοχής στο ίδιο δίκτυο για διαφορετικές ομάδες ομιλίας. Αυτός ο συνδυασμός των ομάδων ομιλίας, η καθεμιά με διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές λειτουργίας, χρειάζεται ειδική εξέταση για την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μέσα στο δίκτυο.

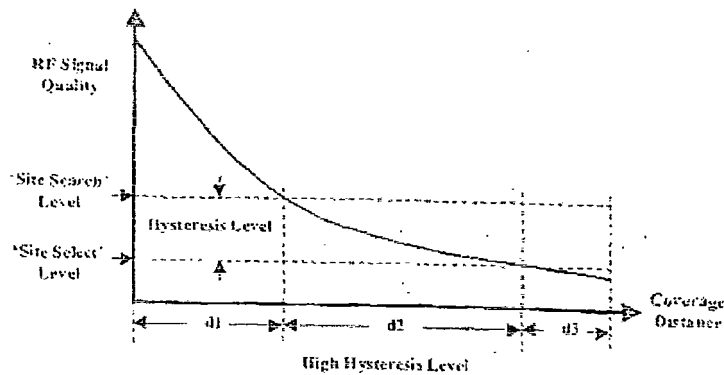
Για παράδειγμα, ένα ραδιοφωνικό τερματικό που είναι προγραμματισμένο για μια λειτουργία ομάδας ομιλίας σε όλο το δίκτυο συνεχώς παρακολουθεί τη λαμβανόμενη ποιότητα σήματός του και όταν αρχίζει να χειροτερεύει, αυτόματα εξερευνά για ένα άλλο χώρο σταθμού βάσης με βελτιωμένη ποιότητα σήματος. Επειδή το ραδιοφωνικό τερματικό έχει πρόσβαση ευρείας ομάδας ομιλίας δικτύου, δε νοιάζεται για τον ποιο σταθμό βάσης να επιλέξει, με τον όρο ότι η υπηρετήση είναι επαρκής.

Για να περιοριστεί ο αριθμός των παραδόσεων κυψελών μεταξύ χώρων σταθμών βάσης, η μονάδα ράδιο μπορεί να διαμορφωθεί για να ψάχνει μόνο για υπηρετήση από ένα νέο χώρο σταθμού βάσης όταν η λαμβανόμενη ποιότητα σήματος μειώνεται σε ένα συγκεκριμένο προ-προγραμματισμένο επίπεδο. Η διαφορά μεταξύ της «αναζήτησης χώρου» νέου σταθμού βάσης και των επιπέδων λαμβανόμενης ποιότητας σήματος «επιλογής χώρου» του υπάρχοντος σταθμού βάσης είναι γνωστή ως το επίπεδο υστέρησης.

Τα σχέδια στα Σχήματα 1 και 2 δείχνουν ραδιοφωνικά τερματικά ρυθμισμένα με υψηλά και χαμηλά επίπεδα υστέρησης αντίστοιχα.



ΣΧΗΜΑ 1



ΣΧΗΜΑ 2

Το επίπεδο «επιλογής χώρου» θα έπρεπε να είναι όσο πιο χαμηλό γίνεται για αποδεκτές επικοινωνίες, αλλά με ένα αρκετό περιθώριο (απόσταση d_3) για να δίνει χρόνο για αναζητήσεις χώρων σταθμών βάσης και μια επιτυχή παράδοση κυψέλης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το επίπεδο σήματος «επιλογής χώρου» είναι ένα μέσο επίπεδο που γίνεται μέσο σε μια μικρή χρονική περίοδο και όχι ένα στιγμιαίο επίπεδο σήματος, που θα έκανε το ραδιοφωνικό τερματικό να προκαλέσει μια «επιλογή χώρου» χωρίς να είναι αναγκαίο.

Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο υστέρησης, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των παραδόσεων κυψέλης, αλλά η υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μεταξύ χώρων σταθμών βάσης θα χρειάζεται να είναι μεγαλύτερη για τη βέλτιστη απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας (d_1 μικρότερο από d_2). Όσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο υστέρησης τόσο περισσότερο τα ραδιοφωνικά τερματικά θα εκτελέσουν παραδόσεις κυψελών, που θα ήταν μη αποδεκτές για λειτουργία λόγω της αυξημένης πιθανότητας για απώλεια κλήσης, παρόλο που θα μπορούσε να απαιτείται λιγότερη υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μεταξύ χώρων σταθμών βάσης (d_2 μικρότερο από d_1).

Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό πιο εύκολα από το διάγραμμα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3, που έχει δοθεί για να δείξει την επίδραση των επιπέδων υστέρησης και γιατί αυτό το σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ένα θεμελιώδες ζήτημα για το σχέδιο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας. Η απόσταση « D_x » δείχνει τη διαφορά σε απόσταση μεταξύ των διπλανών καναλιών για δίκτυα που υποστηρίζουν ραδιοφωνικά τερματικά με υψηλά και χαμηλά επίπεδα υστέρησης.

Από το Σχήμα 3 μπορεί επίσης να διαπιστωθεί ότι η υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μεταξύ χώρων σταθμών βάσης χρειάζεται να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε τα επίπεδα σημάτων «αναζήτησης χώρου» και «επιλογής χώρου» (που παρουσιάζονται στις άκρες του d_2) να παρουσιάζονται στις ίδιες γεωγραφικές περιοχές μεταξύ χώρων διπλανών σταθμών βάσης.

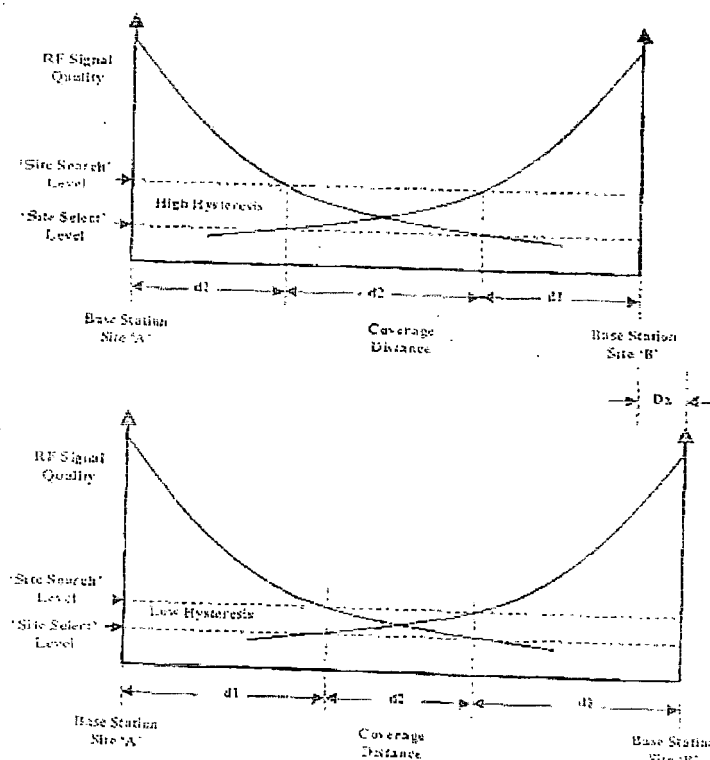
Επειδή οι αποστάσεις d_2 είναι διαφορετικές (και οι αντίστοιχες αποστάσεις d_1) αυτό προφανώς θα επηρεάσει τον αριθμό των χώρων σταθμών βάσης που απαιτούνται σε ένα δίκτυο, παρόλο που η απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ενός μονού σταθμού βάσης που υποστηρίζει

ραδιοφωνικά τερματικά είτε με χαμηλά είτε με υψηλά επίπεδα υστέρησης είναι ίδια.

Στη θεωρία, η απόσταση που απαιτείται μεταξύ των χώρων σταθμών βάσης μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τη φόρμουλα $2 * d1 + d2$. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά τα παραδείγματα είναι μόνο για εξήγηση και πως πρακτικά ο πραγματικός αριθμός των χώρων σταθμών βάσης που απαιτείται θα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ενώ τα επίπεδα υστέρησης είναι ένα μόνο ζήτημα.

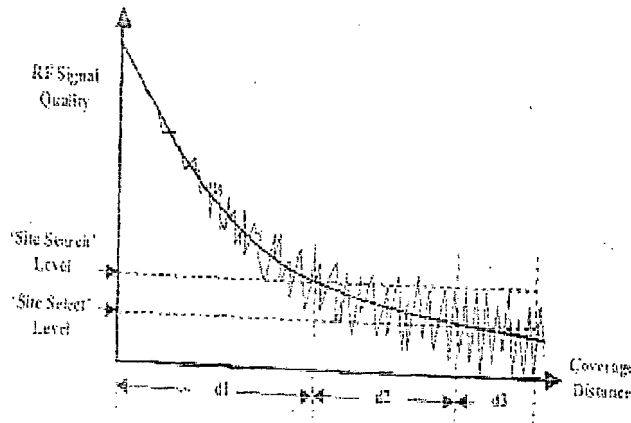
Καθώς τα δίκτυα TETRA είναι κυρίως σχεδιασμένα χρησιμοποιώντας χώρους υψηλών σταθμών βάσης για να παρέχουν μέγιστη απόδοση κάλυψης, τα επίπεδα σήματος Ραδιοσυχνότητας μέσα στην περιοχή κάλυψης ενός χώρου σταθμού βάσης μπορούν να ποικίλουν κατά πολύ, ιδιαίτερα στις άκρες κυψελών, λόγω παραγόντων εδάφους και τη διάλειψη πολλαπλής διαδρομής που προκύπτει, την απώλεια σκιών, τις ανακλάσεις, κτλ.

Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μακριά από τον χώρο σταθμού βάσης, τόσο μεγαλύτερες είναι οι αποκλίσεις του επιπέδου σήματος. Αυτό οφείλεται στο ότι η άμεση διαδρομή σήματος μεταξύ του σταθμού βάσης και του ραδιοφωνικού τερματικού γίνεται λιγότερο κύρια.



ΣΧΗΜΑ 3

Το χαρακτηριστικό διάδοσης Ραδιοσυχνότητας θέτει σημαντικές απαιτήσεις για τη χρήση της θεωρίας για να παραχθούν πρακτικές λύσεις κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, ιδιαίτερα καθώς τα σχεδιαγράμματα κάλυψης Ραδιοσυχνότητας και η περιοχή που είναι καλυμμένη από κάθε χώρο σταθμού βάσης είναι πάντα με μοναδικό τρόπο διαφορετικά. Το σχέδιο στο Σχήμα 4 επεξηγεί πώς τα λαμβανόμενα επίπεδα σημάτων θα μπορούσαν να ποικίλουν όταν αυξάνεται η απόσταση.



ΣΧΗΜΑ 4

Αν ένα δίκτυο TETRA ήταν διαμορφωμένο για να παρέχει μόνο επικοινωνίες ευρείας ομάδας ομιλίας δικτύου για όλους τους χρήστες ράδιο, το σχέδιο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας θα ήταν σχετικά απλό, καθώς όλοι οι χώροι σταθμών βάσης θα είχαν επιλεγεί για να παρέχουν σχεδόν το ίδιο χνάρι κάλυψης Ραδιοσυχνότητας και την αντίστοιχη υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας. Η πρόκληση παρουσιάζεται στο σχεδιασμό ενός δικτύου για να παρέχει κάλυψη Ραδιοσυχνότητας για ομάδες ομιλίες που λειτουργούν σε συγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες. Αυτό οφείλεται στο ότι τα ραδιοφωνικά τερματικά που είναι διαμορφωμένα για λειτουργία ομάδας λειτουργίας σε ένα συγκεκριμένο χώρο σταθμού βάσης, ή ομάδες χώρων, λειτουργούν με ένα διαφορετικό τρόπο.

Για παράδειγμα, το επίπεδο υστέρησης είναι ίδιο, αλλά η «αναζήτηση χώρου» είναι περιορισμένη σε εκείνους τους χώρους σταθμών βάσης με επιτρεπτή υπηρεσία. Μόλις το επίπεδο σήματος πέσει στο επίπεδο «επιλογής χώρου», το ραδιοφωνικό τερματικό θα προκληθεί να κοιτάξει για έναν επιτρεπόμενο σταθμό βάσης που παρέχει αποδεκτή υπηρεσία. Αν δεν μπορεί να βρεθεί ένας χώρος σταθμού βάσης με αποδεκτή υπηρεσία, το ραδιοφωνικό τερματικό θα παραμείνει στον υπάρχοντα χώρο μέχρι η υπηρεσία να χαθεί. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και μετά την απώλεια των επικοινωνιών, το ράδιο θα συνεχίσει να ψάχνει για αποδεκτά επίπεδα σήματος από επιτρεπόμενους σταθμούς βάσης.

Λόγω της χρήσης υψηλών χώρων για να βελτιωθεί η απόδοση εμβέλειας κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, μερικοί χώροι σταθμών βάσης παρέχουν καλύτερη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας από άλλους και επίσης καλύπτουν μια περιοχή όπου οι περισσότεροι χρήστες λειτουργούν σε ομάδες ομιλίας περιορισμένης γεωγραφικής κάλυψης. Για να βελτιστοποιηθεί η γενική απόδοση φορτώματος δικτύου, αυτός ο κύριος χώρος γίνεται ο «προτιμώμενος χώρος» για χρήστες ομάδων ομιλίας σε εκείνη την περιοχή. Για να χρησιμοποιηθεί αυτό το όφελος απόδοσης φορτώματος δικτύου, τα ραδιοφωνικά τερματικά μπορεί να προγραμματιστούν για τη λειτουργία «Προτιμώμενου Χώρου».

Σε αυτή την περίπτωση οι περισσότεροι χρήστες σε αυτές τις ομάδες ομιλίας θα κατοικούν στον προτιμώμενο χώρο. Όταν το επίπεδο σήματος πέφτει στο επίπεδο «επιλογής χώρου», το ραδιοφωνικό τερματικό θα προκληθεί να ψάξει για ένα επιτρεπόμενο σταθμό βάσης που παρέχει αποδεκτή υπηρεσία. Αν ένας χώρος σταθμού βάσης με αποδεκτή

υπηρετηση δεν μπορεί να βρεθεί, το ραδιοφωνικό τερματικό θα αποδεχθεί υπηρετηση από εκείνο τον χώρο, αλλά περιοδικά θα ψάξει για αποδεκτά σήματα από τον προτιμώμενο χώρο. Μόλις βρεθεί ένα αποδεκτό σήμα, το ραδιοφωνικό τερματικό θα γυρίσει πίσω στον προτιμώμενο χώρο.

Καθώς η απώλεια επικοινωνιών δεν είναι αποδεκτή, η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας για ομάδες ομιλίας σε συγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες χρειάζεται να παρέχεται έτσι ώστε οι επικοινωνίες να είναι μόνο μη διαθέσιμες όταν ο χρήστης ραδιοφωνικού τερματικού λειτουργεί έξω από την καθορισμένη περιοχή. Με αυτό το δεδομένο, οι χρήστες με αυτή την ευκολία συνήθως θέλουν να διατηρήσουν την υπηρετηση επικοινωνιών για επείγοντα περιστατικά. Αυτή η απαίτηση μπορεί να διευκολυνθεί στα ραδιοφωνικά τερματικά χρησιμοποιώντας την ευκολία επείγουσας κλήσης, που μπορεί να προγραμματιστεί για να ξεπερνά οποιοσδήποτε περιορισμούς πρόσβασης χώρου σταθμού βάσης.

Παράδοση Κλήσης

Ο τρόπος με τον οποίο συμβαίνει η παράδοση κυψέλης έχει ήδη εξηγηθεί σε κάποιο βαθμό. Το πρότυπο TETRA υποστηρίζει τρεις μεθόδους επανεκλογής κυψέλης που είναι:

-Μη Δηλωμένη

-Μη Ανακοινωμένη

-Ανακοινωμένη

Μη Δηλωμένη επανεκλογή Κυψέλης:

Με αυτό το είδος της επανεκλογής κυψέλης το ραδιοφωνικό τερματικό δεν ενημερώνει την παλιά κυψέλη (την κυψέλη που φεύγει) ούτε τη νέα κυψέλη (την κυψέλη που φτάνει) ότι έχει συμβεί μια αλλαγή στην κυψέλη. Η μη δηλωμένη επανεκλογή γίνεται όταν το ραδιοφωνικό τερματικό είναι στο ραλαντί.

Μη Ανακοινωμένη επανεκλογή κυψέλης:

Με τη μη ανακοινωμένη επανεκλογή κυψέλης το ραδιοφωνικό τερματικό δεν ενημερώνει την παλιά κυψέλη (την κυψέλη που φεύγει) ότι σκοπεύει να αλλάξει με μια νέα κυψέλη. Μόνο η νέα κυψέλη (η κυψέλη που φτάνει) ενημερώνεται ότι έχει γίνει η επανεκλογή κυψέλης.

Δηλωμένη επανεκλογή κυψέλης

Η δηλωμένη επανεκλογή κυψέλης είναι εκεί όπου ένα ραδιοφωνικό τερματικό ενημερώνει το SwMI και στην παλιά κυψέλη (την κυψέλη που φεύγει) και στη

νέα κυψέλη (την κυψέλη που φτάνει) ότι γίνεται μια αλλαγή κυψέλης. Υπάρχουν τρία είδη ανακοινωμένης επανεκλογής κυψέλης:

Τύπος 1: Το ραδιοφωνικό τερματικό γνωρίζει τη νέα κυψέλη και τις εκχωρήσεις καναλιών κυκλοφορίας στην κυψέλη πριν να αποφασίσει να αφήσει την κυψέλη υπηρετήσης. Αυτό είναι κοινώς γνωστό ως παράδοση χωρίς γραμμές διαχωρισμού.

Τύπος 2: Το ραδιοφωνικό τερματικό γνωρίζει τη νέα κυψέλη πριν να αλλάξει σε αυτή, αλλά δε γνωρίζει την εκχώρηση καναλιού στη νέα κυψέλη εκ των προτέρων.

Τύπος 3: Το ραδιοφωνικό τερματικό δε γνωρίζει τη νέα κυψέλη πριν να αλλάξει σε αυτή. Το ραδιοφωνικό τερματικό ενημερώνει μόνο την παλιά κυψέλη ότι θέλει να αλλάξει κυψέλες.

Ένα δίκτυο TETRA μπορεί να υποστηρίξει και τα τρία είδη της ανακοινωμένης επανεκλογής κυψέλης. Αυτή που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στο TETRA είναι η επανεκλογή 3 κυψελών του ανακοινωμένου είδους. Ο τρόπος με τον οποίο δουλεύει αυτό είναι: το ραδιοφωνικό τερματικό ανακοινώνει στο δίκτυο, μέσω του χώρου σταθμού βάσης υπηρετήσης, ότι θα αλλάξει χώρους. Το δίκτυο τώρα προειδοποιείται να κοιτάξει για την καταχώρηση τερματικού σε ένα διπλανό χώρο. Το ραδιοφωνικό τερματικό, αφού στείλει αυτή την ανακοίνωση, αρχίζει να ψάχνει για κανάλια ελέγχου (σταθμούς βάσης) που θα έχουν ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας σήματος. Μόλις το επίπεδο βρεθεί, στέλνει μια παράκληση για καταχώρηση στο δίκτυο. Το δίκτυο, αναμένοντας αυτή, θα αποδεχθεί την καταχώρηση και μπορεί επίσης να έχει διαθέσιμους πόρους κυκλοφορίας αν χρειαστεί.

Αυτό το είδος παράδοσης κυψέλης μπορεί να πάρει λίγα δευτερόλεπτα να γίνει κατά τη διάρκεια των οποίων δεν είναι δυνατές οι επικοινωνίες. Αν μια κλήση είναι σε εξέλιξη κατά τη διάρκεια της παράδοσης κυψέλης οι επικοινωνίες θα χαθούν μέχρι να εκχωρηθεί ένα νέο κανάλι κυκλοφορίας στο νέο χώρο σταθμού βάσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πόροι καναλιών κυκλοφορίας μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι στο νέο χώρο σταθμού βάσης και σε αυτή την περίπτωση η κλήση θα διακοπεί. Λόγω της πιθανότητας να χαθούν οι επικοινωνίες κατά τη διάρκεια της παράδοσης κυψέλης, πολλοί χρήστες θεωρούν αυτό ως ένα σοβαρό πρόβλημα. Εντούτοις, πρακτικά η πιθανότητα να χαθούν οι επικοινωνίες μειώνεται κατά πολύ εξετάζοντας τους ακόλουθους παράγοντες.

- Υπερκάλυψη Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας
- Πρωτόκολλα απόφασης παράδοσης κυψέλης σε ραδιοφωνικά τερματικά
- Πιθανότητα μια κλήση να είναι σε εξέλιξη κατά τη διάρκεια μιας παράδοσης κλήσης

Υπερκάλυψη Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας:

Από την άποψη σχεδίου κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, η επιλεγμένη τοποθεσία των χώρων σταθμών βάσης θα έπρεπε να είναι τέτοια ώστε οι υπερκαλυπτόμενες περιοχές κάλυψης Ραδιοσυχνότητας να παρουσιάζονται σε γεωγραφικές περιοχές σχετικά χαμηλότερης δραστηριότητας χρήστη.

Προφανώς, αυτό μπορεί να είναι δύσκολο σε μεγάλες αστικές περιοχές που απαιτούν πολλούς χώρους σταθμών βάσης για να παρέχουν μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη. Εντούτοις, ακόμη και σε αυτή την περίπτωση η πιθανότητα να χαθούν οι επικοινωνίες μπορεί να περιοριστεί χρησιμοποιώντας καλή υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μεταξύ διπλανών χώρων σταθμών βάσης που συνδυάζονται με την πρόνοια πρωτοκόλλων κατάλληλων αποφάσεων παράδοσης κυψελών σε ραδιοφωνικά τερματικά. Η πιθανότητα να χαθούν οι επικοινωνίες μπορεί να περιοριστεί υιοθετώντας τη χρήση κύριων χώρων σταθμών βάσης.

Πρωτόκολλα απόφασης παράδοσης Κυψελών σε ραδιοφωνικά

τερματικά:

Όπως ήδη αναφέρθηκε, μια επικοινωνία ομάδας ομιλίας είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη φωνητική υπηρεσία. Ευτυχώς, η μέση διάρκεια μηνυμάτων ομάδας ομιλίας είναι χαρακτηριστικά 20 δευτερόλεπτα. Αυτός ο παράγοντας, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι χρήστες μεταφερόμενων στο χέρι ράδιο είναι συνήθως πεζοί, σημαίνει ότι υπάρχει αρκετός χρόνος από τότε που το ραδιοφωνικό τερματικό αποφασίζει ότι χρειάζεται να κάνει μια παράδοση κυψέλης για να κρατήσει το ραδιοφωνικό τερματικό την απόφαση αλλαγής μέχρι η κλήση να καθαρίσει. Σε δίκτυα με καλή υπερκαλυπτόμενη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μεταξύ χώρων διπλανών σταθμών βάσης υπάρχει συχνά αρκετός χρόνος που απομένει από τότε που το ραδιοφωνικό τερματικό θα αποφασίσει ότι χρειάζεται να κάνει μια παράδοση κυψέλης για να κρατήσει μια κλήση «ενός προς ένα» μέχρι να ξεκαθαριστεί. Ανάλογα με την υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας αυτό θα ίσχυε επίσης για κινητά ραδιοφωνικά τερματικά αναπτυσσόμενα σε οχήματα.

Πιθανότητα μια κλήση να είναι σε εξέλιξη κατά τη διάρκεια μιας

παράδοσης κυψέλης:

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που συμβάλει στην πιθανότητα να χαθούν οι επικοινωνίες, ως αποτέλεσμα της παράδοσης κυψέλης, είναι εκείνος που σχετίζεται με τον αριθμό των μηνυμάτων, που ένας χρήστης ράδιο χρειάζεται να κάνει ή να λάβει κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων εργασίας τους. Για σκοπούς σχεδιασμών ικανότητας χρησιμοποιείται συχνά ένας μέσος όρος τεσσάρων κλήσεων ομάδας ομιλίας ανά χρήστη στην κατειλημμένη ώρα, παράλο που αυτό θα παρουσίαζε αποκλίσεις ανέλεγα με τους διαφορετικούς χρήστες και τις συγκεκριμένες δραστηριότητες εργασίας. Παίρνοντας αυτό τον μέσο όρο, σε συνδυασμό με την υπόθεση κυκλοφορίας ότι τα μηνύματα ομάδας ομιλίας είναι κατά μέσο όρο 20 δευτερόλεπτα σε διάρκεια, σημαίνει ότι στην κατειλημμένη ώρα ένας χρήστης ράδιο θα ήρθε σε περίοδο μέσης για 80 δευτερόλεπτα (θεωρεί την παρακολούθηση για ομαδικές επικοινωνίες λιγότερο σημαντική).

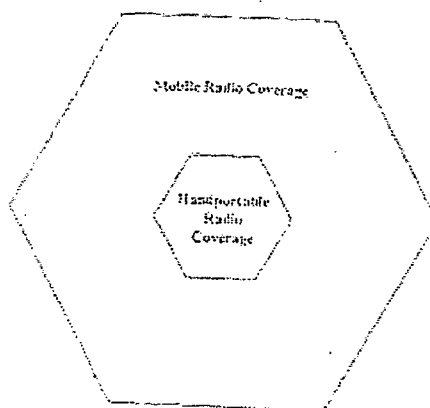
Αυτός ο παράγοντας, σε συνδυασμό με την πιθανότητα ένας χρήστης ράδιο να είναι σε μια τοποθεσία κάλυψης Ραδιοσυχνότητας που απαιτεί μια απόφαση παράδοσης κυψέλης, σημαίνει ότι η γενική πιθανότητα της απώλειας επικοινωνιών ως αποτέλεσμα της παράδοσης κυψέλης είναι πολύ χαμηλή. Σε ορισμένες περιπτώσεις η απώλεια επικοινωνιών λόγω της απώλειας σήματος της διάλειψης πολλαπλής διαδρομής και της παρενόχλησης θα ήταν μεγαλύτερη από την απώλεια επικοινωνιών από μια παράδοση κυψέλης.

Λειτουργία Ραδιοφώνου Μεταφερόμενου στο Χέρι και Κινητού

Ο τρόπος με τον οποίο τα κινητά και τα μεταφερόμενα στο χέρι ραδιοφωνικά τερματικά χρησιμοποιούνται είναι μια σημαντική πλευρά του σχεδιασμού κάλυψης Ραδιοσυχνότητας. Για παράδειγμα, τα κινητά ραδιοφωνικά τερματικά είναι σχεδιασμένα για χρήση σε οχήματα και προσφέρουν υψηλότερη ισχύ Ραδιοσυχνότητας και καλή απόδοση κεραίας, που σημαίνει ότι η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που παρέχεται από καλά ράδιο μεταφερόμενα στο χέρι που φοριούνται στο σώμα με χαμηλή ισχύ Ραδιοσυχνότητας και μη αποδοτικές κεραίες. Αυτή η διαφορά στην απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τον σχεδιασμό Ραδιοσυχνότητας, καθώς οι χρήστες ράδιο σε οχήματα μπορούν να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις σε σύγκριση με χρήστες ράδιο που είναι πεζοί για μια δεδομένη χρονική περίοδο.

Συνήθως, για λόγους οικονομίας, ένα δίκτυο TETRA θα ήταν σχεδιασμένο για να παρέχει καλή κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μεταφερόμενης στο χέρι σε αστικές περιοχές και κινητή μόνο κάλυψη σε αγροτικές περιοχές. Ως αποτέλεσμα αυτού του σχεδίου, οι χρήστες και κινητών και μεταφερόμενων στο χέρι ράδιο θα μπορούσαν να υπηρετηθούν χρησιμοποιώντας τους ίδιους χώρους σταθμών βάσης. Παρόλο που η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας έχει δοθεί για χρήστες ράδιο μεταφερόμενων στο χέρι, το μοίρασμα χώρων σταθμών βάσης θα δημιουργούσε πρόβλημα για τους χρήστες κινητού ράδιο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι χρήστες κινητού ράδιο θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε πολλούς χώρους σταθμών βάσης από οποιαδήποτε τοποθεσία μέσα στην αστική περιοχή κάλυψης οδηγώντας σε μη αναγκαίες αλλαγές κυψελών, έλλειψη απόδοσης φορτώματος δικτύου ομαδικής κλήσης και αυξημένες πιθανότητες απώλειας κλήσης κατά την αλλαγή κυψελών.

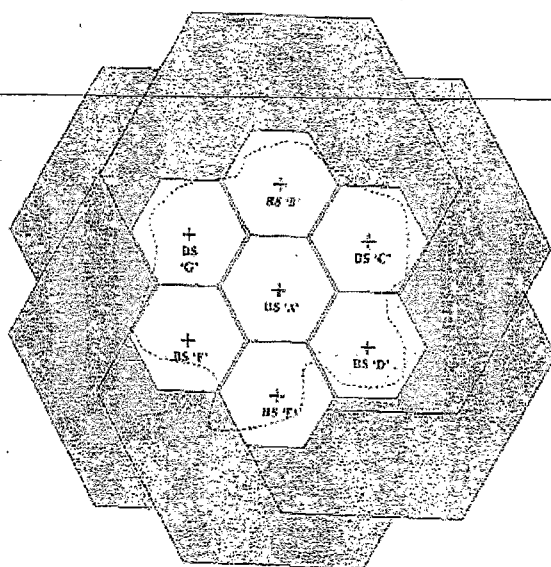
Από την πλευρά ενός χρήστη ράδιο και χειριστή δικτύου, αυτό δεν είναι αποδεκτό. Το διάγραμμα στο Σχήμα 5 δείχνει την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας ενός ραδιοφωνικού τερματικού μεταφερόμενου στο χέρι σε σύγκριση με εκείνη ενός κινητού ραδιοφωνικού τερματικού από έναν αντιπροσωπευτικό σταθμό βάσης.



ΣΧΗΜΑ 5

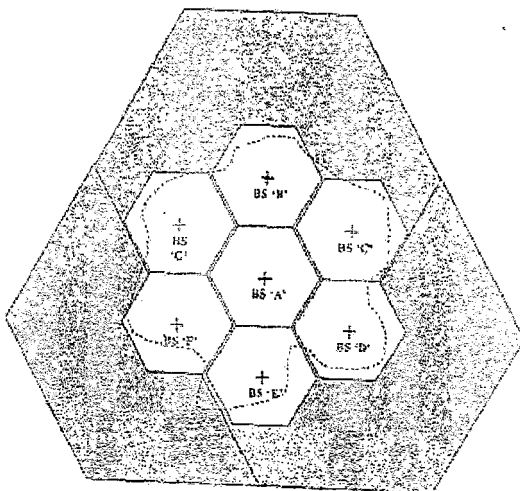
Από αυτό το διάγραμμα μπορεί να διαπιστωθεί πώς αυτή η διαφορά στην κάλυψη Ραδιοσυχνότητας θα προκαλέσει πρόβλημα αν ένα δίκτυο είναι σχεδιασμένο να παρέχει κάλυψη Ραδιοσυχνότητας μεταφερόμενου στο χέρι

καθώς και κινητού ραδιοφωνικού τερματικού. Αυτό το πρόβλημα προκαλείται από την υπερκάλυψη κάλυψης Ραδιοσυχνότητας μεταξύ διπλανών σταθμών βάσης που παρέχουν κάλυψη κινητού ράδιο. Από το παράδειγμα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, μπορεί να διαπιστωθεί ότι ένας χρήστης κινητού ράδιο που βρίσκεται οπουδήποτε μέσα στην περιοχή κάλυψης δικτύου θα μπορούσε να έχει πρόσβαση σχεδόν σε όλους τους επτά χώρους σταθμών βάσης.



ΣΧΗΜΑ 6

Ο τρόπος για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα είναι να σχεδιαστούν επιλεγμένοι χώροι σταθμών βάσης είτε ως «μεταφερόμενοι στο χέρι μόνο» είτε «μοιρασμένοι» ανάλογα με τα χαρακτηριστικά υπερκαλυπτόμενης κάλυψης Ραδιοσυχνότητας.



ΣΧΗΜΑ 7

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7, οι χώροι σταθμών βάσης, B, D, και F έχουν οριστεί ως «μοιραζόμενοι» χώροι με τους υπόλοιπους χώρους να ορίζονται ως μεταφερόμενοι στο χέρι μόνο. Με άλλα λόγια, οι χώροι σταθμών βάσης, A, C, E, και G είναι περιορισμένοι από την παροχή υπηρετήσεων κινητών ράδιο. Επίσης, αν ένας από τους χώρους σταθμών βάσης έχει γίνει ο κύριος χώρος, αυτός που θα έπρεπε να γίνει είναι ένας από τους μοιραζόμενους χώρους.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, υπάρχουν σημαντικά οφέλη από τον καθορισμό επιλεγμένων χώρων σταθμών βάσης ως μοιραζόμενους χώρους για επικοινωνίες ραδιοφωνικών τερματικών μεταφερόμενων στο χέρι και κινητών και τον καθορισμό άλλων χώρων για ραδιοφωνικές επικοινωνίες μεταφερόμενες μόνο στο χέρι. Εντούτοις, θα έπρεπε να εξεταστούν οι ομάδες ομιλίας που έχουν οι χρήστες ράδιο και μεταφερόμενων στο χέρι και κινητών στην ίδια ομάδα, καθώς αυτό θα επηρεάσει τη φόρτωση δικτύου.

Ένας άλλος τρόπος να εμποδιστούν τα ραδιοφωνικά τερματικά να συλλέγουν σε ένα χώρο μονού ραδιοφωνικού τερματικού μεταφερόμενου στο χέρι, και πιθανόν να το υπερφορτώσουν, θα ήταν να χρησιμοποιηθούν οι «πληροφορίες φορτώματος κυψέλης» από τον χώρο βάσης, καθώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας αλγόριθμος κατάταξης κυψέλης όταν λαμβάνονται οι αποφάσεις παράδοσης κυψέλης.

Σύνοψη Σχεδίου Κάλυψης Ραδιοσυχνότητας TETRA

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που χρειάζεται να εξεταστούν ως μέρος του σχεδίου κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, ειδικά η σχέση αυτών των παραγόντων με τον σχεδιασμό ικανότητας που καλύφθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρόλο που οι πληροφορίες που παρέχονται σε αυτό το κεφάλαιο δεν προορίζονται να καλύψουν όλες τις πλευρές του σχεδίου κάλυψης Ραδιοσυχνότητας, θα έπρεπε να εξεταστούν από τους σχεδιαστές οι παρεχόμενες προτάσεις και οι πιθανές λύσεις.

Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:

- 1. Το TETRA έχει συγκεκριμένες υπηρετήσεις και οικολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας για μια συνδυασμό μονού χώρου, λειτουργία υψηλής κεραιάς ορθής ευρείας περιοχής και ευρέως δικτύου μέσα σε ένα δίκτυο κάλυψης μεγάλης περιοχής.**

Κεφάλαιο 10°

❖ Σχέδιο Αξιοπιστίας TETRA

Πρόλογος:

Αυτό το κεφάλαιο έχει δοθεί για να βοηθήσει τους μηχανικούς σχεδίου και τους οργανισμούς χρηστών και τους προμηθευτές να λάβουν υπόψη στοιχεία του σχεδίου που μπορούν να έχουν επίδραση στη γενική αξιοπιστία ενός σχεδίου TETRA. Κάποια ζητήματα σχεδίου που παρέχονται σχετίζονται με:

- τη Διαθεσιμότητα
- τον Μέσο Χρόνο Μεταξύ Βλαβών (MTBF)
- την Ακεραιότητα Καναλιού Ελέγχου
- τους Χώρους Σταθμών Βάσης
- τα Κυκλώματα Κομιστών
- τον Εξοπλισμό Κεντρικού Δικτύου
- τις Κονσόλες Αποστολέα
- τη Διαμόρφωση Δικτύου

Επιπλέον, αυτό το κεφάλαιο κοιτάζει τη χρήση και τη σημασία λύσεων επικοινωνιών «προσφυγής» ως μέσο για να διατηρηθεί ένα ορισμένο επίπεδο επικοινωνιών κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων ειδών βλάβης δικτύου.

Εισαγωγή

Όπως η καλή ικανότητα και η κάλυψη Ραδιοσυχνότητας, η αξιοπιστία ενός δικτύου θεωρείται πολύ σημαντική από τους οργανισμούς χρηστών. Με άλλα λόγια, οι χρήστες δε θέλουν να χάσουν ποτέ τις επικοινωνίες. Μόλις ο σχεδιασμός ικανότητας και το σχέδιο κάλυψης Ραδιοσυχνότητας ολοκληρωθούν, το δίκτυο χρειάζεται να διαμορφωθεί για να υποστηρίξει την

απαιτούμενη ικανότητα και τον αριθμό των σταθμών βάσης για να παρέχει βέλτιστη αξιοπιστία, σε ισορροπία με τη δυνατότητα διάθεσης.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία ενός δικτύου είναι:

- Η αξιοπιστία Εξοπλισμού
- Η Θεϊκή Παρέμβαση
- Η παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας
- Ανθρώπινοι

Αξιοπιστία Εξοπλισμού:

Η απόδοση και η αξιοπιστία του εξοπλισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ποιότητα του σχεδίου του και την κατασκευή, περιλαμβάνοντας τα μηχανικά, τα ηλεκτρικά, τα ηλεκτρονικά προγράμματα και κυρίως τα προγράμματα εξοπλισμού που ενσωματώνονται στον εξοπλισμό. Μερικές φορές η πραγματική τεχνολογία που χρησιμοποιείται παρουσιάζει χαρακτηριστικά που μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν την αξιοπιστία σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα.

Οι περισσότεροι οργανισμοί χρηστών και προμηθευτές θεωρούν αυτό το στοιχείο ως τον πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την αξιοπιστία, κι έτσι προκύπτει και ο λόγος που συχνά δίνεται τόσο μεγάλη σημασία στους αριθμούς απόδοσης του Μέσου Χρόνου Μεταξύ Βλαβών (MTBF) και του Μέσου Χρόνου για Διόρθωση (MTTR). Παρόλο που είναι σημαντικό, υπάρχουν άλλοι παράγοντες που μπορούν να βλάψουν την αξιοπιστία ενός δικτύου και επομένως χρειάζεται να ληφθούν υπόψη από τους σχεδιαστές.

Θεϊκή Παρέμβαση:

Η μητέρα φύση μπορεί να είναι πολύ δημιουργική στο να παράγει περιβάλλοντα που μπορεί να βλάψουν σοβαρά την αξιοπιστία ενός δικτύου. Ανάλογα με την τοποθεσία μέσα στον κόσμο, αυτά τα βλαπτικά περιβάλλοντα μπορούν να είναι:

- Ακραίες θερμοκρασίες
- Πλημμύρες
- Σεισμοί
- Ηλεκτρικές Καταιγίδες
- Τυφώνες, Ανεμοστρόβιλοι, Μουσώνες
- Χιονοθύελλες
- Πυρκαγιές

Το πιο σημαντικό είναι ότι ορισμένες θεικές παρεμβάσεις μπορούν να προκαλέσουν σημαντική βλάβη που δεν μπορεί να διορθωθεί τόσο γρήγορα και τόσο εύκολα όπως μπορεί ο εξοπλισμός με βλάβη.

Παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας:

Η μη επιθυμητή ραδιοφωνική παρενόχληση μπορεί να έρχεται από πολλές πηγές, είτε φυσικές είτε ανθρώπινες. Σε ορισμένες συνθήκες κλίματος η σωλήνωση ραδιοκυμάτων μπορεί να οδηγήσει στο να ταξιδέψουν τα σήματα Ραδιοσυχνότητας μακρύτερα από ότι κανονικά αναμένεται καταλήγοντας σε ανεπιθύμητη συγκαταληκή παρενόχληση. Οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές μπορούν να προκαλέσουν κάποια παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας, ακόμη και όταν η συσκευή λειτουργεί κανονικά. Ορισμένες δομές και μεταλλικοί συνδυασμοί είναι πολύ γνωστό ότι είναι πιθανές πηγές παρενόχλησης ενδοδιαμόρφωσης, ιδιαίτερα γύρω από πολλές συσκευές μετάδοσης Ραδιοσυχνότητας υψηλής ισχύος που προέρχονται από άλλα δίκτυα.

Ανθρώπινοι:

Αυτή η κατηγορία καλύπτει πολλές πιθανές περιοχές που θα μπορούσαν να είχαν επίδραση στην αξιοπιστία δικτύου, είτε εσκεμμένη είτε τυχαία. Μερικά παραδείγματα είναι:

-Προσπάθειες να σαμποταριστούν επικοινωνίες είτε ως μια τρομοκρατική πράξη, από ένα δυσαρεστημένο υπάλληλο ή από εγκληματίες

-Ατυχήματα όπως φωτιές, βλάβη εξοπλισμού ή κακή συντήρηση και διόρθωση

-Προβιβασμοί Μηχανικού (H/W) και Λογισμικού (S/W)

Με λίγη φαντασία αυτή η λίστα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά, ιδιαίτερα αναγνωρίζοντας ότι μπορούν εύκολα να γίνουν λάθη. Παρόλο που πολλοί παράγοντες που υπογραμμίζονται σε αυτό το τμήμα είναι πέρα από τον έλεγχο ενός σχεδιαστή δικτύου, υπάρχουν μέτρα που εμποδίζουν και πιθανές λύσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιωθεί η αξιοπιστία του δικτύου, που συχνά καθορίζεται από την πλευρά της «διαθεσιμότητας» ενός δικτύου να παρέχει επικοινωνίες.

Διαθεσιμότητα

Με όρους λειτουργίας χρήστη, ο δείκτης της αξιοπιστίας ενός δικτύου είναι εκείνος του «χρόνου αχρηστίας» του που σχετίζεται με την απώλεια επικοινωνιών. Από την άποψη σχεδιαστή δικτύου αυτό αναφέρεται ως η «διαθεσιμότητα», που εκφράζεται ως ένα ποσοστό χρόνου σε μια συγκεκριμένη περίοδο, χαρακτηριστικά ένα χρόνο, στον οποίο το δίκτυο λειτουργεί πλήρως. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο «χρόνου αχρηστίας» των 10 ωρών κατά τη διάρκεια ενός χρόνου λειτουργίας θα μεταφραζόταν σε μια διαθεσιμότητα του 99.89 τοις εκατό. Προφανώς, όσο υψηλότερη «διαθεσιμότητα» απαιτείται τόσο χαμηλότερος είναι ο «χρόνος αχρηστίας».

Επίσης, όσο υψηλότερη είναι η διαθεσιμότητα που απαιτείται, τόσο υψηλότερο είναι το κόστος του δικτύου. Καθώς η απώλεια επικοινωνιών σε ορισμένα μέρη του δικτύου θα ήταν λιγότερο προβληματική από ότι σε άλλα μέρη, είναι κοινή πρακτική να διευκρινίζεται και/ ή να σχεδιάζεται «διαθεσιμότητα» για διαφορετικά συστατικά του εξοπλισμού τερματικών του δικτύου. Αυτή η μέθοδος παρέχει μια βέλτιστη ισορροπία μεταξύ του γενικού κόστους και της λειτουργικά αποδεκτής αξιοπιστίας.

Η διαθεσιμότητα ενός δικτύου μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας ήδη καθορισμένους αριθμούς MTBF και MTTR, που μπορούν να παρέχονται από κατασκευαστές και προμηθευτές για διαφορετικά στοιχεία εξοπλισμού που περιλαμβάνουν ένα δίκτυο. Εντούτοις, θα έπρεπε να ληφθεί μέριμνα στη χρήση και την ερμηνεία αυτών των αριθμών όπως εξηγείται στα ακόλουθα τμήματα.

MTBF

Οι αριθμοί MTBF χρησιμοποιούνται συχνά για να υπολογιστεί η γενική αξιοπιστία ενός δικτύου. Ένας πίνακας αξιοπιστίας για αντιπροσωπευτικό χώρο ράδιο σταθμού βάσης που περιλαμβάνει ένα σύστημα κεραίας, ένα ράδιο σταθμού βάσης, έναν ελεγκτή χρήσης αρτηριών και έναν τροφοδότη ισχύος παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

	Antenna System	Base Radio	Trunking Controller	Power Supply Unit	Overall MTBF
MTBF (Hours)	100,000	30,000	50,000	50,000	12,000
MTBF (Years)	11.4	3.4	5.7	5.7	1.4

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Αντιπροσωπευτικοί αριθμοί για κάθε συστατικό σταθμού βάσης παρουσιάζονται ξεχωριστά σε ώρες. Για ευκολία κατανόησης οι αριθμοί MTBF παρουσιάζονται επίσης σε χρόνια. Επειδή η βλάβη οποιουδήποτε από τα τέσσερα συστατικά θα προκαλούσε ολική απώλεια των επικοινωνιών, ο γενικός MTBF είναι σημαντικά λιγότερο από τους ξεχωριστούς αριθμούς MTBF. Για παράδειγμα, τα 1,4 χρόνια σε σύγκριση με το χαμηλότερο ραδιοφωνικό συστατικό (τον πιο αδύναμο σύνδεσμο) σταθμού βάσης MTBF των 3,4 ετών.

Όπως προβλέφθηκε τα 1,4 χρόνια μεταξύ βλαβών μπορεί να φαίνονται αποδεκτά για ένα μονό δίκτυο χώρου, αλλά όταν αυτός ο αριθμός αξιοπιστίας εξετάζεται σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο με πολλούς χώρους σταθμών βάσης, η απώλεια επικοινωνιών κάπου μέσα στο δίκτυο γίνεται πιο συχνή. Για παράδειγμα, υποθέτοντας την ίδια διαμόρφωση εξοπλισμού σταθμού βάσης σε ένα δίκτυο με 10 χώρους θα σήμαινε μια απώλεια επικοινωνιών περίπου 7 εβδομάδων.

Παρόλο που υπάρχουν καλά καθορισμένοι τρόποι του υπολογισμού ενός MTBF εξοπλισμού, οι μέθοδοι και οι προδιαγραφές που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές μπορούν να ποικίλουν οδηγώντας σε διαφορές

στην προβλεπόμενη αξιοπιστία για αυτά που είναι όμοια σχέδια και διαμορφώσεις εξοπλισμού.

Λόγω αυτών των πιθανών διαφορών, οι σχεδιαστές δε θα έπρεπε να εξετάσουν τις προβλέψεις MTBF απομονωμένα, ιδιαίτερα για τη νέα τεχνολογία. Στην ιδανική περίπτωση, θα έπρεπε επίσης να εξετάσουν την εμπειρία πεδίου από οργανισμούς χρηστών της ίδιας τεχνολογίας. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα εμπειρίας πεδίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητοι ειδικοί για να προβούν σε μια εκτίμηση του σχεδίου εξοπλισμού και τους παράγοντες κατασκευής που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν την αξιοπιστία. Εντούτοις, όταν οι αριθμοί MTBF χρησιμοποιούνται σε σχεδιαγράμματα αξιοπιστίας και σχετικές φόρμουλες, είναι πολύ χρήσιμοι για να εντοπίσουν τα συστατικά δικτύου που χρειάζονται βελτιώσεις στην αξιοπιστία.

MTTR

Ο MTTR είναι ένας αριθμός που εκφράζεται συνήθως σε ώρες και δείχνει πόσο χρόνο θα πάρει η επισκευή ενός συστατικού με βλάβη, επιστρέφοντας έτσι ένα μέρος εξοπλισμού πίσω στην κανονική λειτουργία, για παράδειγμα, τον χρόνο που χρειάζεται ένας τεχνικός για να επισκευάσει μια βλάβη μόλις εντοπιστεί.

Παρόλο που οι αριθμοί MTTR προορίζονται για χρήση με τους αριθμούς MTBF για να καθορίσουν τη «διαθεσιμότητα» του εξοπλισμού ή του δικτύου, είναι ασήμαντοι εκτός αν ληφθούν υπόψη άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον αληθινό MTTR.

Αυτοί οι πρόσθετοι παράγοντες που χρειάζεται να εξεταστούν από τους σχεδιαστές είναι:

- Λάθος Αναφορά και μακρινή διάγνωση
- Συγκράτηση εφεδρικών τμημάτων εξοπλισμού και γεωγραφική τοποθεσία
- Πρόσβαση σε χώρο, διαθεσιμότητα και τοποθεσία

Sequence	Event	Time (Minutes)	Comment
1	Control room dispatcher and duty technician alerted of fault by alarm reporting system	1	Duty technician automatically alerted via fixed line telephone and/or pager
2	Duty technician notifies dispatcher that he knows of fault and returns home to carry out remote diagnostics	30	Assumes that duty technician is on standby duty via pager and has radio terminal
3	Location and type of fault identified	15	The faulty component is not a common item kept onboard the duty technicians vehicle
4	Duty technician travels to workshop to collect replacement part	30	The part required is not radio frequency sensitive and therefore does not require any reprogramming.
5	Duty technician travels to remote base station site	45	Assumes no special provision for site access.
6	Faulty component replaced	20	This time to repair is often used as the MTTR figure
7	Duty technician informs dispatcher that fault is repaired and requests 'radio check' to be carried out to ensure full operation.	5	
8	Dispatcher confirms fault has been rectified	5	
9	Duty technician secures and leaves base station site	N/A	
	Total	147	

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Από τον Πίνακα 2 μπορεί να διαπιστωθεί ότι πήρε περίπου 2.5 ώρες για να διορθωθεί η βλάβη και να επιστρέψει το δίκτυο πίσω σε κανονική λειτουργία. Αυτό το παράδειγμα δείχνει τη σημασία που μπορούν να έχουν παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα εφεδρικών τμημάτων, η τοποθεσία τους, καθώς και εκείνος που μπορεί να έχει η βλάβη στον χρόνο διαδρομής μόνο. Έτσι προκύπτει και ο λόγος για τον οποίο οι σχεδιαστές θα έπρεπε να εξασφαλίσουν ότι οι πλευρές υπηρετήσης του δικτύου τους βελτιστοποιούνται για να ελαττώσουν τον «χρόνο αχρηστίας» και να βελτιώσουν τη διαθεσιμότητα δικτύου, η οποία είναι το κύριο μέτρο λειτουργίας για την αξιοπιστία ενός δικτύου.

Ακεραιότητα Καναλιού Ελέγχου

Ο πιο σημαντικός σύνδεσμος ασύρματης επικοινωνίας είναι εκείνος του καναλιού ελέγχου, επειδή χωρίς αυτόν όλες οι επικοινωνίες θα χάνονταν, ακόμη και αν κανάλια κυκλοφορίας εξακολουθούσαν να είναι διαθέσιμα για χρήση. Η ακεραιότητα του καναλιού ελέγχου είναι ιδιαίτερα σημαντική για το TETRA, καθώς χρησιμοποιεί μια από τις τέσσερις διαθέσιμες σχισμές χρόνου σε ένα ράδιο σταθμού βάσης.

Αν το ράδιο σταθμού βάσης που υποστηρίζει τη σχισμή χρόνου καναλιού ελέγχου τεθεί εκτός υπηρετήσης, για παράδειγμα, λόγω βλάβης εξοπλισμού ή παρενόχλησης Ραδιοσυχνότητας, οι επικοινωνίες από εκείνο τον χώρο χάνονται εκτός αν ένας άλλος σταθμός βάσης που βρίσκεται στον ίδιο χώρο μπορεί να αναλάβει την υποστήριξη καναλιού ελέγχου.

Σε χώρους σταθμών βάσης TETRA, όπου η ικανότητα χρειάζεται να είναι μεγαλύτερη από τέσσερα κανάλια κυκλοφορίας, ένα άλλο ράδιο σταθμού βάσης παρέχεται ήδη ως μέρος της κανονικής υπηρετήσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ράδιο του δεύτερου σταθμού βάσης μπορεί να διαμορφωθεί για να παρέχει τις απαραίτητες επικοινωνίες υποστήριξης, διατηρώντας έτσι την ακεραιότητα του καναλιού ελέγχου, αν και με μια μειωμένη ικανότητα καναλιού.

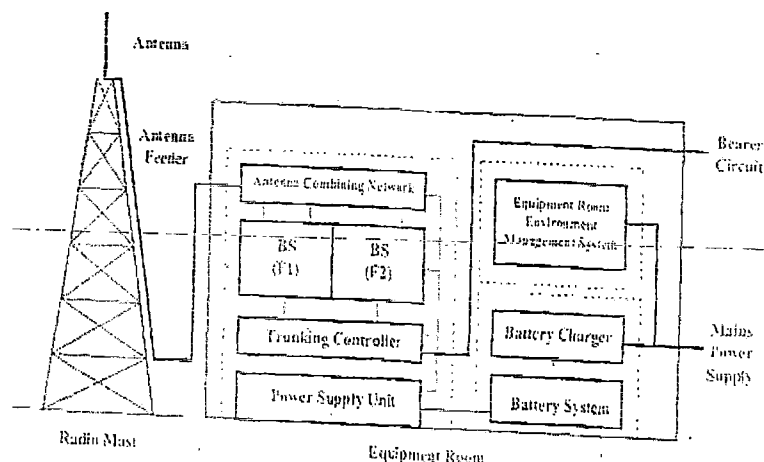
Καθώς οι χώροι σταθμών βάσης όπου τρία ή λιγότερα κανάλια κυκλοφορίας είναι επαρκή για να παρέχουν την απαιτούμενη ικανότητα, θα απαιτείται ένα επιπλέον ράδιο σταθμού βάσης για να διατηρεί την ακεραιότητα του καναλιού ελέγχου. Παρόλο που η ανάγκη για αυτό το πρόσθετο ράδιο σταθμού βάσης θα αυξήσει το κόστος εξοπλισμού, υπάρχουν κάποια πρόσθετα οφέλη.

Για παράδειγμα, οι χώροι σταθμών βάσης χαμηλής ικανότητας βρίσκονται συνήθως σε αραιά κατοικημένες αστικές περιοχές όπου το πρόσθετο φάσμα συχνότητας συνήθως δεν είναι πρόβλημα. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος σταθμού βάσης μπορεί να διαμορφωθεί για να παρέχει κανάλια κυκλοφορίας αυξάνοντας έτσι την ικανότητα και τον Βαθμό Υπηρετήσης, που σε εξαιρετικές συνθήκες φόρτωσης, όπως σε σημαντικά συμβάντα, μπορεί να είναι χρήσιμος. Επίσης, καθώς ο δεύτερος σταθμός βάσης θα χρειάζεται να λειτουργεί σε διαφορετική ραδιοφωνική συχνότητα, παρέχεται αυτόματα μια προφύλαξη από την παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας, σε

σύγκριση με μια διαμόρφωση ράδιο κύριου/ σε ετοιμότητα σταθμού βάσης, που συνήθως επαναχρησιμοποιεί το ίδιο ζεύγος ραδιοσυχνότητας.

Χώροι Σταθμών Βάσης

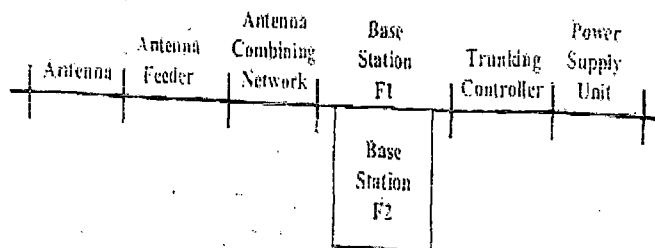
Ένας χαρακτηριστικός σταθμός βάσης περιλαμβάνει πολλά τμήματα εξοπλισμού και υπο-συστημάτων, τα οποία όλα συμβάλλουν στη γενική αξιοπιστία εκείνου του χώρου. Το σχεδιάγραμμα στο Σχήμα 1 δείχνει μια χαρακτηριστική διαμόρφωση σταθμού βάσης που περιλαμβάνει τα ξεχωριστά τμήματα εξοπλισμού και τα υπο-συστήματα που χρειάζεται να εξεταστούν.



ΣΧΗΜΑ 1

Οι σχεδιαστές δικτύου χρειάζεται να εξασφαλίσουν ότι όλοι οι χώροι σταθμών βάσης καλύπτουν τις απαιτήσεις για αξιοπιστία ενός οργανισμού χρηστών εξετάζοντας τους τέσσερις κύριους παράγοντες που μπορούν να έχουν επίδραση στην αξιοπιστία, οι οποίοι είναι η αξιοπιστία εξοπλισμού, οι θεικές παρεμβάσεις, η παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας και άνθρωποι. Αυτοί οι παράγοντες χρειάζεται να εξεταστούν έναντι κάθε συστατικού μέρους του χώρου σταθμού βάσης. Για να διευκολυνθεί αυτή η δραστηριότητα, είναι χρήσιμο οι σχεδιαστές να παράγουν ένα σχεδιάγραμμα γενικής αξιοπιστίας για να εντοπίσουν πιθανές περιοχές αδυναμίας. Βασικά, το σχεδιάγραμμα συνδέει σε μια ευθεία γραμμή εκείνα τα συστατικά του χώρου σταθμού βάσης, που, αν για κάποιον λόγο παρουσίαζαν βλάβη, θα προκαλούσαν ολική απώλεια της επικοινωνίας.

Για να εξηγηθεί αυτό το εργαλείο με μεγαλύτερες λεπτομέρειες, ένα σχεδιάγραμμα αξιοπιστίας για τον αντιπροσωπευτικό χώρο σταθμού βάσης που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 έχει δημιουργηθεί στο Σχήμα 2.



ΣΧΗΜΑ 2

Από το διάγραμμα αξιοπιστίας μπορεί να διαπιστωθεί ότι πολλά συστατικά μέρη του χώρου σταθμού βάσης θα μπορούσαν να προκαλέσουν ολική απώλεια επικοινωνιών αν παρουσίαζαν βλάβη. Παίρνοντας καθένα από τα σειριακά συστατικά σε σειρά από τα αριστερά προς τα δεξιά, η πιθανότητά τους για βλάβη μπορεί να εκτιμηθεί έναντι καθενός από τους τέσσερις παράγοντας αξιοπιστίας.

Κεραία και Τροφοδότης Κεραίας:

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την αξιοπιστία κεραίας και τροφοδότη (που συγκεντρώνονται μαζί για ευκολία) είναι το εξωτερικό περιβάλλον. Η αξιοπιστία κεραίας και τροφοδότη πρέπει να είναι η καλύτερη δυνατή, καθώς η βλάβη θα οδηγήσει σε ολική απώλεια επικοινωνιών και θα μπορούσε να πάρει πολύ χρόνο για να αντικατασταθεί, ειδικά αν οι καιρικές συνθήκες είναι άσχημες. Λόγω της σημασίας της, θα έπρεπε να εξεταστεί ένα σύστημα κεραίας ετοιμότητας, ειδικά σε χώρους κύριων σταθμών βάσης που υπηρετούν πολλούς χρήστες.

Δίκτυο Συνδυασμού Κεραίας:

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την αξιοπιστία του δικτύου συνδυασμού κεραίας είναι η αξιοπιστία του εξοπλισμού. Καθώς τα δίκτυα συνδυασμού κεραίας συνήθως περιλαμβάνουν αποδεδειγμένα παθητικά συστατικά (φίλτρα, κυκλοφορητές, καλώδια και συνδετήρες) και περιλαμβάνουν έναν ενισχυτή δέκτη μικρής πολυπλοκότητας, οι κατασκευαστές συνήθως διεκδικούν έναν πολύ υψηλό MTBF. Εντούτοις, λόγω της ισχύος κορυφής Ραδιοσυχνότητας και της κατανάλωσης θερμότητας, οι σχεδιαστές θα έπρεπε να εξασφαλίσουν ότι το σύστημα συνδυασμού κεραίας είναι επαρκώς ρυθμισμένο και ειδικευμένο να χειρίζεται τη συνδυασμένη έξοδο ισχύος Ραδιοσυχνότητας, ιδιαίτερα σε χώρους σταθμών βάσης υψηλής ικανότητας.

Ραδιόφωνα Σταθμών Βάσης:

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία ενός σταθμού βάσης είναι εκείνοι της αξιοπιστίας εξοπλισμού και της παρενόχλησης Ραδιοσυχνότητας. Βασικά, η απόδοση αξιοπιστίας ενός σταθμού βάσης εξαρτάται από το πόσο καλά τα μηχανικά, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά και λογισμικά προγράμματα έχουν σχεδιαστεί και από την ποιότητα της κατασκευής.

Καθώς το TETRA είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, δεν είναι πιθανό να υπάρχει αρκετή εμπειρία πεδίου από τους διαφορετικούς κατασκευαστές για πιθανούς οργανισμούς χρηστών ώστε να εξασφαλιστούν ουσιαστικά δεδομένα αξιοπιστίας MTBF. Παρόλο που οι κατασκευαστές είναι ικανοί να παρέχουν προβλεπόμενους αριθμούς MTBF με βάση τις προδιαγραφές συστατικών και τον αριθμό των συστατικών που χρησιμοποιούνται, και σε ορισμένες περιπτώσεις την δοκιμή ζωής με επιτάχυνση, δεν υπάρχει αληθινό υποκατάστατο για την εμπειρία πεδίου. Αυτό σημαίνει ότι οι σχεδιαστές δικτύου χρειάζεται να εξετάσουν άλλες περιοχές όπως την αποδεδειγμένη εμπειρία πεδίου παρόμοιων σταθμών βάσης που παράγονται από τον ίδιο κατασκευαστή. Επίσης, καθώς η θέρμανση που προκαλείται από την ισχύ Ραδιοσυχνότητας (ιδιαίτερα σε γραμμικούς ενισχυτές ισχύος Ραδιοσυχνότητας) είναι πιθανόν η κύρια αιτία βλάβης εξοπλισμού, θα ήταν καλό να επιθεωρηθούν τα προσφερόμενα σχέδια σταθμών βάσης για να διαπιστωθεί τι μέτρα έχουν ληφθεί για την κατανάλωση θερμότητας.

Ομοίως, ένας καλός δείκτης της αξιοπιστίας θα ήταν η απόδοση προδιαγραφών αναφορικά με τη μέγιστη ισχύ Ραδιοσυχνότητας και την διακύμανση της θερμοκρασίας της λειτουργίας. Για παράδειγμα, η επιλογή ενός ράδιο σταθμού βάσης με ικανότητα υψηλής ισχύος μετάδοσης που είναι καθορισμένη για λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες θα παρείχε συνήθως βελτιωμένη αξιοπιστία αν είχε ρυθμιστεί να λειτουργεί σε μια χαμηλότερη ισχύ Ραδιοσυχνότητας.

Καθώς οι δέκτες σταθμού βάσης είναι ευπαθείς στην παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας, είναι σημαντικό οι σχεδιαστές να ελέγχουν με τους προμηθευτές τι πρόνοια μπορεί να ληφθεί για να μετριαστεί η παρενόχληση, για παράδειγμα, με την ανίχνευση και την αναφορά της παρενόχλησης και/ή την ικανότητα αλλαγής απομακρυσμένης συχνότητας. Αν ένας οργανισμός χρηστών δε φαντάζεται προβλήματα παρενόχλησης Ραδιοσυχνότητας, τότε αυτή η απαίτηση μπορεί να αγνοηθεί.

Στο διάγραμμα αξιοπιστίας οι σταθμοί βάσης παρουσιάζονται ως παράλληλα συστατικά. Αυτό σημαίνει ότι αν ένας σταθμός βάσης παρουσίαζε βλάβη, ο υπόλοιπος σταθμός βάσης θα εξακολουθούσε να παρέχει υπηρετήση επικοινωνιών. Προφανώς, αν ένας χώρος σταθμού βάσης TETRA χρειαζόταν μόνο ένα ράδιο σταθμού βάσης (1 κανάλι ελέγχου και 3 κανάλια κυκλοφορίας), οι επικοινωνίες θα χάνονταν αν παρουσιαζόταν βλάβη στο ράδιο του σταθμού βάσης.

Αν συμβεί αυτό, ένας σχεδιαστής δικτύου χρειάζεται να καθορίσει αν η αξιοπιστία του ράδιο σταθμού βάσης είναι επαρκής για την προοριζόμενη περιοχή κάλυψης. Αν όχι, ένα ράδιο επιπλέον σταθμού βάσης θα έπρεπε να εξεταστεί είτε σε κύρια διαμόρφωση είτε σε διαμόρφωση εφευρέματος για να παρέχει πρόσθετα κανάλια κυκλοφορίας (που επιτρέπουν το φάσμα συχνότητας).

Ελεγκτής Χρήσης Αρτηριών:

Δε χρησιμοποιούν όλοι οι κατασκευαστές ελεγκτές χρήσης αρτηριών σε χώρους σταθμών βάσης. Αν οι οργανισμοί χρηστών απαιτούν ελεγκτές χρήσης αρτηριών, τότε η αξιοπιστία του εξοπλισμού είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τη γενική αξιοπιστία. Στο σχεδιάγραμμα

αξιοπιστίας ο ελεγκτής χρήσης αρτηριών παρουσιάζεται ως ένα σειριακό συστατικό και επομένως αν παρουσιαστεί βλάβη, θα χαθούν οι επικοινωνίες.

Και πάλι, καθώς το TETRA είναι σχετικά μια νέα τεχνολογία, δεν είναι πιθανό να υπάρχει επαρκής εμπειρία πεδίου από τους διαφορετικούς κατασκευαστές για να καθιερώσουν οι πιθανοί οργανισμοί χρηστών ουσιαστικά δεδομένα αξιοπιστίας για MTBF. Παρόλο που οι κατασκευαστές είναι σε θέση να παρέχουν βεβαιωμένους αριθμούς MTBF, δεν υπάρχει αληθινό υποκατάστατο σε αποδεδειγμένη εμπειρία πεδίου. Όπως το ράδιο σταθμού βάσης, οι σχεδιαστές δικτύου θα έπρεπε να εξετάσουν την αποδεδειγμένη εμπειρία πεδίου παρόμοιων ελεγκτών χρήσης αρτηριών που παράγονται από τον ίδιο κατασκευαστή, ιδιαίτερα τα προγράμματα λογισμικού.

Μονάδα Τροφοδοσίας Ισχύος:

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την αξιοπιστία των τροφοδοσιών ισχύος είναι η αξιοπιστία του εξοπλισμού. Στο σχεδιάγραμμα αξιοπιστίας, η τροφοδοσία ισχύος παρουσιάζεται ως ένα σειριακό συστατικό και επομένως αν παρουσιαστεί βλάβη θα χαθούν οι επικοινωνίες. Όπως και με τους ενισχυτές ισχύος Ραδιοσυχνότητας, οι τροφοδοσίες ισχύος παράγουν θερμότητα ως ένα προϊόν της ρύθμισης τάσης.

Παρόλο που η ηλεκτρονική της τροφοδοσίας ισχύος είναι καλά αποδεδειγμένη και με σχετικά μικρή πολυπλοκότητα, οι σχεδιαστές δικτύου θα έπρεπε να εξετάσουν την απόδοση προδιαγραφής του εξοπλισμού που προσφέρεται από την άποψη του φορτίου μέγιστης ισχύος και την διακύμανση θερμοκρασίας σε λειτουργία. Γενικά, αν η τροφοδοσία ισχύος λειτουργεί πολύ κάτω από το φορτίο μέγιστης ισχύος του και πολύ μέσα στη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του, αναμένεται να είναι πιο αξιόπιστο. Αν απαιτείται περισσότερη αξιοπιστία, μια πρόσθετη τροφοδοσία ισχύος μπορεί να δοθεί για να επιτρέψει σε μια κύρια διαμόρφωση ετοιμότητας ή συνδεδεμένης παράλληλα να μοιράζεται το φορτίο.

Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν την αξιοπιστία:

Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν την αξιοπιστία που δεν παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα αξιοπιστίας, αλλά παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα χώρου σταθμού βάσης είναι:

- Ραδιοφωνικός Ιστός
- Σύστημα Ισχύος σε Ετοιμότητα
- Κυκλώματα Κομιστών
- Τροφοδοσία Ισχύος Δικτύου
- Σύστημα Περιβαλλοντικού Χειρισμού
- Χώρος Εξοπλισμού

Ραδιοφωνικός Ιστός:

Οι κύριοι παράγοντες αξιοπιστίας που χρειάζεται να εξεταστούν είναι η προστασία από το εξωτερικό περιβάλλον, οι εσκεμμένες προσπάθειες να καταστραφούν οι επικοινωνίες και η παρενόχληση Ραδιοσυχνότητας. Αυτό απαιτεί μια γερή κατασκευή ικανή να αντιμετωπίζει γνωστές ακραίες καιρικές συνθήκες και προγραμματισμένη φόρτωση κεραίας. Επίσης, θα έπρεπε να παρέχεται καλή προστασία από κεραυνούς. Η χρήση κατάλληλης περιφράξης θα έπρεπε επίσης να εξεταστεί για να προστατευθεί ο χώρος από την παραβίαση της εισόδου από μη εγκεκριμένο προσωπικό. Πριν να χρησιμοποιηθεί ο ιστός, θα έπρεπε να γίνει μια λεπτομερής επιθεώρηση για να εντοπιστούν και να διορθωθούν οι όποιες πιθανές πηγές θα μπορούσαν να προκαλέσουν παρενόχληση ενδοδιαμόρφωσης όπως η διάβρωση και οι παρόμοιοι μεταλλικοί αρμοί.

Σύστημα Ισχύος Ετοιμότητας (σύστημα μπαταρίας και φορτιστής):

Στο διάγραμμα χώρου σταθμού βάσης στο Σχήμα 1, το σύστημα ετοιμότητας μπαταρίας περιλαμβάνει ένα σύστημα μπαταρίας και ένα φορτιστή μπαταρίας που τροφοδοτούνται από την τροφοδοσία ισχύος δικτύου. Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την αξιοπιστία ενός συστήματος ισχύος ετοιμότητας είναι η αξιοπιστία του εξοπλισμού. Εντούτοις, αν κάποιο από τα συστατικά παρουσιάσει βλάβη, οι επικοινωνίες δε θα χαθούν. Για παράδειγμα, αν παρουσιαστεί βλάβη στον φορτιστή, οι μπαταρίες θα έπρεπε να ήταν ικανές να ενισχύσουν τον εξοπλισμό του σταθμού βάσης για τη σχεδιασμένη περίοδο ισχύος ετοιμότητας, που πρέπει να είναι επαρκούς διάρκειας για να επιτρέψει σε έναν τεχνικό να επισκεφθεί τον χώρο και να κάνει τις απαραίτητες επιδιορθώσεις καθώς και για τις αναμενόμενες τροφοδοσίες δικτύου.

Η αξιοπιστία της παραδοσιακής τεχνολογίας μπαταριών είναι σχετικά καλά αποδεδειγμένη. Όπως και οι τροφοδοσίες ισχύος, οι φορτιστές μπαταρίας παράγουν θερμότητα ως ένα προϊόν της ρύθμισης τάσης και ρεύματος. Παρόλο που η ηλεκτρονική είναι καλά αποδεδειγμένη και σχετικά μικρής πολυπλοκότητας, οι σχεδιαστές δικτύου θα έπρεπε να εξετάσουν την απόδοση προδιαγραφών του εξοπλισμού που προσφέρεται από την άποψη του φορτίματος μέγιστης ισχύος και της διακύμανσης των θερμοκρασιών στη λειτουργία. Γενικά, αν ο φορτιστής μπαταρίας λειτουργεί πολύ κάτω από το φόρτωμα μέγιστης ισχύος του και πολύ μέσα στη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του, αναμένεται να είναι πιο αξιόπιστος.

Κυκλώματα Κομιστών:

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία των κυκλωμάτων κομιστών είναι η αξιοπιστία του εξοπλισμού, η θεϊκή παρέμβαση και οι θύρανοι. Για παράδειγμα, το TETRA χρησιμοποιεί κυρίως ψηφιακά κυκλώματα κομιστών που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά συστατικά ως μέρος του δικτύου μετάδοσης. Ευτυχώς, τα σύγχρονα δίκτυα μετάδοσης ενέργειας είναι πολύ αξιόπιστα. Οι κύριες βλάβες των κυκλωμάτων κομιστών προκαλούνται συχνά από καταιγίδες που καταστρέφουν τα εναέρια καλώδια, από πλημμύρες που καταστρέφουν τα υπόγεια καλώδια και από τυχαία καταστροφή από εργάτες που σκέφτονται δρόμους όπου έχουν τοποθετηθεί καλώδια. Επίσης, τα εναέρια καλώδια και τα κίρνωτα συνδέσεων στα πλάγια του δρόμου θα μπορούσαν να είναι εύκολοι στόχοι

για τρομοκράτες, εγκληματίες ή δυσαρεστημένους υπαλλήλους που προσπαθούν σκόπιμα να καταστρέφουν τις επικοινωνίες.

Αν οι σχεδιαστές δικτύου έχουν ανησυχίες για την αξιοπιστία των κυκλωμάτων κομιστών, θα έπρεπε να εξεταστεί ένα ιδιωτικό δίκτυο μετάδοσης που χρησιμοποιεί ράδιο μικροκυμάτων και εξοπλισμό ψηφιακής πολύπλεξης για τον σύνδεσμο χώρων σταθμών βάσης. Εναλλακτικά, η απόκλιση διαδρομής με αυτόματη διαδρομή και κυκλώματα επιλογέα θα μπορούσαν να είναι λύση για να βελτιωθεί η αξιοπιστία. Προφανώς, θα έπρεπε να εξεταστεί το κόστος της παροχής πρόσθετης αξιοπιστίας.

Τροφοδοσία Ισχύος Δικτύου:

Η αξιοπιστία των ηλεκτρικών τροφοδοσιών δικτύου μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την περιοχή του χώρου σταθμού βάσης. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία είναι οι ίδιοι όπως τα κυκλώματα κομιστών, δηλαδή καταιγίδες που καταστρέφουν τα εναέρια καλώδια, πλημμύρες που καταστρέφουν τα υπόγεια καλώδια και τυχαία ζημιά από εργάτες που σκάβουν δρόμους όπου έχουν τοποθετηθεί καλώδια ισχύος. Επίσης, τα εναέρια καλώδια και οι σταθμοί μετασχηματιστών θα μπορούσαν να είναι εύκολοι στόχοι για τρομοκράτες, εγκληματίες ή δυσαρεστημένους υπαλλήλους που προσπαθούν επίτηδες να καταστρέψουν τις επικοινωνίες. Η παραδοσιακή λύση για την προφύλαξη από βλάβη στην τροφοδοσία ισχύος δικτύου είναι η χρήση συστημάτων τροφοδοσίας ισχύος σε ετοιμότητα, είτε είναι συστήματα μπαταρίας που φορτίζονται με πλωτήρα ή γεννήτριες αυτόματης εκκίνησης.

Σύστημα Χειρισμού Περιβάλλοντος:

Το σύστημα χειρισμού περιβάλλοντος που παρουσιάζεται στο σχεδιάγραμμα χώρου σταθμού βάσης περιλαμβάνει εξοπλισμό ερκοντίσιον και θέρμανσης, φωτισμό και ένα σύστημα αναφοράς συναγερμού. Προφανώς, η βλάβη αυτών των συστατικών δε θα προκαλέσει απώλεια των επικοινωνιών, αλλά εκτεταμένες περίοδοι βλάβης θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα, για παράδειγμα την υπερθέρμανση του εξοπλισμού αν το ερκοντίσιον παρουσίαζε βλάβη.

Για να βελτιωθεί η γενική αξιοπιστία του εξοπλισμού χώρου γενικά, οι σχεδιαστές θα έπρεπε να εξετάσουν τη διατήρηση μιας μέγιστης και ελάχιστης διακύμανσης θερμοκρασίας μέσα στο δωμάτιο εξοπλισμού για όλες τις αναμενόμενες καιρικές συνθήκες κάθε χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι η μέτρηση του μεγέθους του εξοπλισμού ερκοντίσιον και θέρμανσης θα χρειαστεί να λάβει υπόψη την κατανάλωση θερμότητας και τις προδιαγραφές θερμοκρασίας σε λειτουργία όλου του εξοπλισμού που βρίσκεται στο δωμάτιο εξοπλισμού.

Και πάλι για να βελτιωθεί η γενική αξιοπιστία, το σύστημα αναφοράς συναγερμού θα έπρεπε να σχεδιαστεί έτσι ώστε το κέντρο χειρισμού δικτύου να είναι ενημερωμένο για βλάβες με επαρκείς λεπτομέρειες για να εξασφαλίσει ότι η σωστή αντικατάσταση τμημάτων ή εξοπλισμού μπορεί να αναγνωριστεί από τους τεχνικούς για να επιδιορθωθούν βλάβες.

Δωμάτιο Εξοπλισμού:

Οι κύριοι παράγοντες αξιοπιστίας που χρειάζεται να εξεταστούν είναι η προστασία από το εξωτερικό περιβάλλον και οι εσκεμμένες προσπάθειες να καταστραφούν οι επικοινωνίες. Αυτό απαιτεί μια γερή κατασκευή ικανή να αντιμετωπίζει γνωστές ακραίες καιρικές συνθήκες με κατάλληλα μέτρα για να εμποδιστεί η παραβίαση της εισόδου από μη εγκεκριμένο προσωπικό. Ανάλογα με τη σημασία του χώρου σταθμού βάσης (για παράδειγμα, ένας κύριος χώρος που υπηρετεί πολλούς χρήστες ράδιο), θα έπρεπε να εξεταστεί η επιτήρηση και η χρήση συναγερμών για εισβολείς.

Εξοπλισμός Κεντρικού Δικτύου (CNE)

Ο εξοπλισμός κεντρικού δικτύου είναι ένας συνήθης όρος που χρησιμοποιείται για να συγκεντρωθεί ο εξοπλισμός που περιλαμβάνει το κέντρο του δικτύου, όπως τον διακόπτη, τον ελεγκτή δικτύου και το σύστημα χειρισμού δικτύου. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία είναι η αξιοπιστία δικτύου, οι θεικές παρεμβάσεις και ανθρωπίνοι.

Καθώς η βλάβη σε οποιοδήποτε από αυτά τα στοιχεία θα προκαλούσε ολική απώλεια επικοινωνιών, είναι σημαντικό οι σχεδιαστές να δώσουν μεγάλη σημασία στην αξιοπιστία του εξοπλισμού και στην προστασία του εξοπλισμού από βλάβες που προκαλούνται από πλημμύρες, πυρκαγιές, κτλ., καθώς και από εσκεμμένες προσπάθειες να καταστραφούν οι επικοινωνίες, ιδιαίτερα οι τροφοδοσίες ηλεκτρισμού και τα κυκλώματα κομιστών.

Παρόλο που αποτελεί κοινή πρακτική να αντιγράφεται όλος ο ευαίσθητος εξοπλισμός για να παρέχεται κύρια λειτουργία/ λειτουργία ετοιμότητας, οι οργανισμοί δημόσιας ασφάλειας εξετάζουν επίσης σοβαρά τη χρήση μιας άλλης γεωγραφικής τοποθεσίας για να διευκολύνουν ένα σύνολο αντίγραφου εξοπλισμού

κεντρικού δικτύου που να προφυλάσσει από θεικές παρεμβάσεις και εσκεμμένες προσπάθειες να καταστραφούν οι επικοινωνίες.

Κονσόλες Αποστολέα

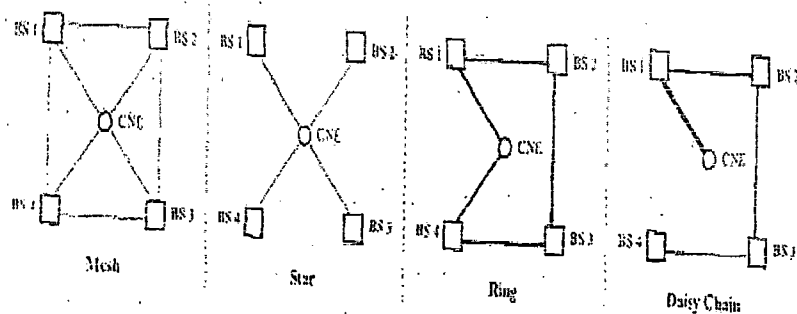
Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι κονσόλες αποστολέα σε δωμάτια ελέγχου λειτουργίας βρίσκονται στο ίδιο κτίριο που περιλαμβάνει τον εξοπλισμό κεντρικού δικτύου, ειδικά αν αυτό το κτίριο είναι η διεύθυνση του οργανισμού χρήστη. Όταν απαιτούνται πολλά δωμάτια ελέγχου σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες, οι κονσόλες αποστολέα συνήθως συνδέονται με τον εξοπλισμό

κεντρικού δικτύου χρησιμοποιώντας κυκλώματα κομιστών.

Πάλι, καθώς οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία είναι η αξιοπιστία του εξοπλισμού, οι θεϊκές παρεμβάσεις και ανθρωπίνι, οι σχεδιαστές δικτύου θα έπρεπε να εξετάσουν ακατάλληλα επίπεδα της αξιοπιστίας εξοπλισμού και προφυλάξεις από ζημιές που προκαλούνται από πλημμύρες, συστήματα εκτοξευτών τεχνητής βροχής, πυρκαγιές, κτλ., καθώς και από εσκεμμένες προσπάθειες να καταστραφούν οι επικοινωνίες.

Διαμόρφωση Δικτύου:

Υπάρχουν ποικίλες διαμορφώσεις δικτύου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχονται διαφορετικά επίπεδα αξιοπιστίας. Μερικά παραδείγματα πρότυπων βιομηχανικών διαμορφώσεων δικτύου παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



ΣΧΗΜΑ 3

Οι βασικές διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι «Βροχής», «Αστέρας», «Δαχτυλίδι» και «Αλυσίδα Μαργαρίτας». Η πιο αξιόπιστη είναι η διαμόρφωση Βροχίδος που ακολουθείται από το Δαχτυλίδι, τον Αστέρα και μετά την Αλυσίδα Μαργαρίτας. Η πιο ακριβή είναι η διαμόρφωση Βροχίδος και ακολουθεί το Δαχτυλίδι, η Αλυσίδα Μαργαρίτας και μετά ο Αστέρας. Αυτό οφείλεται στο ότι για το κόστος των μισθωμένων κυκλωμάτων κομιστών συνήθως λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των κυκλωμάτων, το μήκος του κυκλώματος και η ικανότητα.

Βροχίς:

Η διαμόρφωση βροχίδος προσφέρει τη μεγαλύτερη αξιοπιστία αλλά είναι συνήθως η λιγότερο χρησιμοποιούμενη λόγω του κόστους. Για αυξημένη αξιοπιστία, κάθε στοιχείο στο δίκτυο, είτε Εξοπλισμού Κεντρικού Δικτύου είτε σταθμού Βάσης, συνδέεται άμεσα με όλα τα άλλα στοιχεία στο δίκτυο. Αν παρουσιαζόταν βλάβη σε ένα από τα κυκλώματα κομιστών, δε θα υπήρχε απώλεια επικοινωνιών, καθώς η διαδρομή σήματος θα παρεχόταν μέσω ενός άλλου συνδεδεμένου δικτύου. Ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων στο δίκτυο και τον αριθμό των άμεσα συνδεδεμένων κυκλωμάτων, οι βλάβες πολλών κυκλωμάτων κομιστών θα μπορούσαν να υπάρχουν χωρίς να έχουν επίδραση στη γενική αξιοπιστία των επικοινωνιών. Για παράδειγμα, ο BS 2 στο σχεδιάγραμμα δικτύου βροχίδος θα μπορούσε να χάσει δυο κυκλώματα κομιστών και οι επικοινωνίες θα μπορούσαν να διατηρηθούν ακόμη χρησιμοποιώντας απόκλιση στις διαδρομές.

Αστέρας:

Η διαμόρφωση αστέρα είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και συνήθως η πιο οικονομική και προσφέρει αρκετή αξιοπιστία. Για παράδειγμα, κάθε ανεξάρτητο κύκλωμα κομιστών χρειάζεται μόνο επαρκή ικανότητα για να χειρίζεται την κυκλοφορία επικοινωνιών για τον συνδεδεμένο χώρο σταθμού βάσης. Επίσης, αν ο Εξοπλισμός Κεντρικού Δικτύου βρίσκεται στο κέντρο του δικτύου, τα κυκλώματα κομιστών είναι συνήθως παρόμοια σε μήκος.

Αν παρουσιαζόταν βλάβη σε ένα από τα κυκλώματα κομιστή, θα χάνονταν μόνο οι επικοινωνίες από ένα χώρο σταθμού βάσης. Υποθέτοντας ότι κάθε χώρος σταθμού βάσης υπηρετεί ίσο αριθμό χρηστών ράδιο, θα χανόταν μόνο 25% της κάλυψης επικοινωνιών.

Δαχτυλίδι:

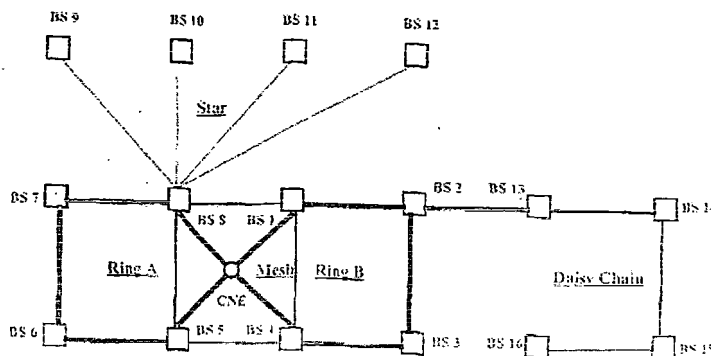
Η διαμόρφωση δαχτυλιδιού χρησιμοποιείται όταν είναι πολύ σημαντική η αυξημένη αξιοπιστία. Για παράδειγμα, αν παρουσιαζόταν μια βλάβη στο κύκλωμα κομιστών οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο δε θα χάνονταν οι επικοινωνίες. Επειδή αυτή η διαμόρφωση χρειάζεται να υποστηρίζει την κυκλοφορία επικοινωνιών είτε με τη φορά του ρολογιού, είτε αντίθετα από τη φορά του ρολογιού, ή και στις δυο κατευθύνσεις γύρω από το δαχτυλίδι, ανάλογα με τη βλάβη στο κύκλωμα κομιστών, η ικανότητα όλων των κυκλωμάτων κομιστών χρειάζεται να είναι επαρκής για να υποστηρίζει τουλάχιστον 3 χώρους σταθμών βάσης. Επίσης, απαιτείται πρόσθετος εξοπλισμός μετάδοσης για να παρέχει αυτόματη διαδρομή στα κυκλώματα όταν παρουσιάζεται βλάβη στα κυκλώματα κομιστών. Αυτή η ανάγκη για αυξημένη ικανότητα και εξοπλισμό αυτόματης διαδρομής προφανώς αυξάνει το κόστος.

Αλυσίδα Μαργαρίτας:

Η διαμόρφωση αλυσίδας μαργαρίτας χρησιμοποιείται όταν η απώλεια επικοινωνιών δε θεωρείται τόσο σημαντική όσο η διατήρηση του κόστους, ιδιαίτερα σε δίκτυα όπου οι αποστάσεις μεταξύ χώρων σταθμών βάσης αυξάνονται γραμμικά και ο κυρίαρχος παράγοντας είναι το κόστος του κυκλώματος κομιστή, όπως σε δίκτυα σιδηρών. Ο λόγος που η γενική αξιοπιστία είναι λιγότερη από άλλες διαμορφώσεις είναι ότι όλες οι επικοινωνίες θα χάνονταν αν το κύκλωμα κομιστών που συνδέει τον Εξοπλισμό Κεντρικού Δικτύου με τον Σταθμό Βάσης παρουσίαζε βλάβη και το 75% των επικοινωνιών χάνονταν αν παρουσιαζόταν βλάβη στο επόμενο κύκλωμα κομιστών.

Συνδυασμένες διαμορφώσεις:

Καθώς καθεμιά από τις πρότυπες διαμορφώσεις δικτύου έχει τα δικά της ξεχωριστά πλεονεκτήματα, πολλά μεγάλα σχέδια δικτύου χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό αυτών των διαμορφώσεων για να βελτιστοποιήσουν την αξιοπιστία μαζί με το κόστος. Ένα αντιπροσωπευτικό δίκτυο που ενσωματώνει αυτές τις διαφορετικές διαμορφώσεις παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.



ΣΧΗΜΑ 4

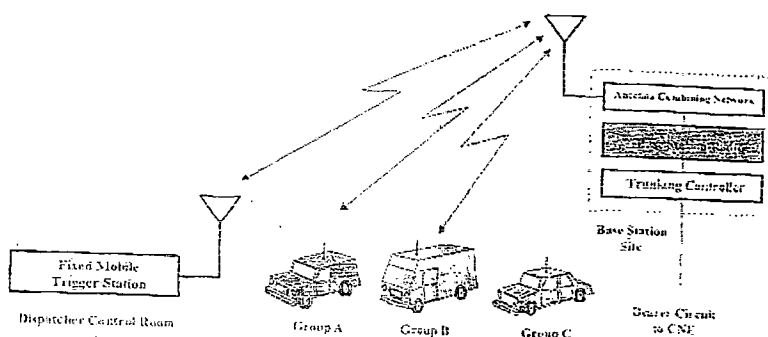
Μπορεί να φανεί από το Σχήμα 4 ότι έχουν χρησιμοποιηθεί δυο δαχτυλίδια για να υπηρετήσουν τους χώρους σταθμών βάσης BS1 ως BS 4 στο δαχτυλίδι B και BS 5 ως BS 8 στο Δαχτυλίδι A, οι οποίοι είναι όλοι κυρίαρχοι χώροι υψηλής ικανότητας, κι έτσι προκύπτει και η ανάγκη για υψηλή αξιοπιστία. Ουσιαστικά αυτά τα δυο δαχτυλίδια σχηματίζουν έναν αριθμό οχτώ διαμορφώσεων με τον Εξοπλισμό Κεντρικού Δικτύου να αποτελεί το σημείο διασταύρωσης. Για πρόσθετη αξιοπιστία, έχει χρησιμοποιηθεί μια διαμόρφωση βροχίδος που συνδέει τον Εξοπλισμό Κεντρικού Δικτύου, τον BS 1, τον BS 4, BS 5 και BS 8.

Καθώς οι χώροι σταθμών βάσης BS 9 ως BS 12 είναι χώροι μέσης ικανότητας που βρίσκονται σε προαστιακές περιοχές, δε θεωρείται απαραίτητη η πολύ υψηλή αξιοπιστία, κι έτσι αυτοί οι χώροι υπηρετούνται από τον BS 8 σε μια πιο οικονομική διαμόρφωση αστέρα. Οι χώροι σταθμών βάσης BS 13 ως BS 16 είναι χώροι χαμηλής ικανότητας που υπηρετούν αγροτικές περιοχές, όπου το κόστος της υψηλής αξιοπιστίας δε θεωρείται απαραίτητο. Για αυτούς τους λόγους χρησιμοποιείται μια πιο οικονομική αλυσίδα μαργαρίτας.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, οι τέσσερις βασικές διαμορφώσεις δικτύου μπορούν να συνδυαστούν για να ταιριάζουν με τις ανάγκες αξιοπιστίας που διαφέρουν σε όλη την περιοχή κάλυψης ενός μεγάλου δικτύου.

Επικοινωνίες Προσφυγής

Παρόλο που ένα δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί για να παρέχει την υψηλότερη αξιοπιστία χρησιμοποιώντας κύριο εξοπλισμό / εξοπλισμό ετοιμότητας και διαμορφώσεις απόκλισης διαδρομών, υπάρχει συχνά μια ανάγκη να παρέχεται ένα δεύτερο επίπεδο επικοινωνιών «προσφυγής», στην περίπτωση που υπάρχει μια σημαντική βλάβη μεγάλου εξοπλισμού ή βλάβη στο κύκλωμα κομιστών. Ένα από τα αναγνωρισμένα μέσα της παροχής επικοινωνιών «προσφυγής» είναι η χρήση συνομιλίας αποτυχίας συνδέσμου χρησιμοποιώντας σταθερούς σταθμούς κινητής διέγερσης. Στο TETRA αυτό μπορεί να παρέχεται χρησιμοποιώντας αναμεταδότη Υαφάρας Αρτηριών Τοπικού Χώρου και / ή αναμεταδότη Λειτουργίας Άμεσου Υπόγειου (DMO). Το Σχήμα 5 δείχνει ένα χαρακτηριστικό δίκτυο TETRA που ενσωματώνει αυτές τις ευκολίες.



ΣΧΗΜΑ 5

Το διάγραμμα στο Σχήμα 5 δείχνει ένα χώρο σταθμού βάσης που συνδέεται με τον Εξοπλισμό Κεντρικού Κυκλώματος μέσω ενός κυκλώματος κομιστών και ένα σταθερό σταθμό κινητής διέγερσης που βρίσκεται στο δωμάτιο ελέγχου αποστολέα. Για πληρότητα παρουσιάζονται τρεις ομάδες (Α, Β και C) κινητών ραδιοφώνων.

Οι επικοινωνίες «προσφυγής» Χρήσης Αρτηριών Τοπικού Χώρου μπορούν να παρέχονται αυτόματα αν ο σύνδεσμος κυκλώματος κομιστή μεταξύ του χώρου σταθμού βάσης και του Εξοπλισμού Κεντρικού Κυκλώματος παρουσιάσει βλάβη. Μόλις ανιχνευτεί η βλάβη στο κύκλωμα κομιστή ο χώρος σταθμού βάσης καταφεύγει στη λειτουργία τοπικού αναμεταδότη με αρτηρίες. Αφού γίνει αυτό, ο σταθμός βάσης μπορεί να στείλει ένα σήμα στη «σχισμή χρόνου» του καναλιού ελέγχου δείχνοντας ότι είναι στη λειτουργία των αρτηριών τοπικού χώρου. Αυτή η ένδειξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιλέγοντας ραδιοφωνικά τερματικά (ανάλογα με τον προγραμματισμό τους) για να αναζητήσουν έναν άλλο χώρο ή να παραμείνουν στον χώρο.

Η βλάβη του κυκλώματος κομιστή θα αναφερθεί επίσης από το σύστημα χειρισμού δικτύου, που αυτόματα θα ενημερώσει τους αποστολείς δωματίου ελέγχου ότι ο σταθμός βάσης και/ ή οι χώροι σταθμών βάσης με το πρόβλημα έχουν καταφύγει στη χρήση αρτηριών τοπικού χώρου. Με τη παρατήρηση αυτής της βλάβης, οι σχετικοί αποστολείς θα ανοίξουν τους σταθερούς σταθμούς κινητής διέγερσης για να επιτρέψουν την επικοινωνία με χρήστες ραδιοφωνικών τερματικών που ακόμη υπηρετούνται από τους χώρους σταθμών βάσης με το πρόβλημα.

Ανάλογα με τις γεωγραφικές τοποθεσίες του δωματίου ελέγχου και των επηρεασμένων σταθμών βάσης ή των σταθμών, οι ασύρματες επικοινωνίες μεταξύ τοποθεσιών μπορεί ή μπορεί να μην είναι δυνατές. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κατευθυντικές κεραίες που βρίσκονται στις οροφές κτιρίου του δωματίου ελέγχου μπορεί να χρειάζεται να καθοριστούν ασύρματες επικοινωνίες. Σε άλλες περιπτώσεις, οι σταθμοί κινητής διέγερσης μπορεί να χρειάζεται να βρίσκονται σε περιοχές όπου οι ασύρματες επικοινωνίες είναι δυνατές και μετά απομακρυσμένα ελεγχόμενες από το κέντρο ελέγχου χρησιμοποιώντας κυκλώματα επιλογέα.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας χρήσης αρτηριών τοπικού χώρου, όλα τα ραδιοφωνικά τερματικά που είναι καταχωρημένα σε εκείνο τον χώρο θα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και σταθεροί σταθμοί κινητής διέγερσης αποστολέα, χρησιμοποιώντας κλήσεις ομάδας ομιλίας.

Καθώς οι αποστολές συνήθως χειρίζονται τις επικοινωνίες από περισσότερο από μια ομάδα ομιλίας, θα απαιτείται ένας ξεχωριστός σταθερός σταθμός κινητής διέγερσης για κάθε ομάδα ομιλίας. Επειδή ο χώρος βρίσκεται σε λειτουργία με αρτηρίες, θα εξακολουθεί να παρέχεται ένας καλός βαθμός Υπηρέτησης.

Οι επικοινωνίες «προσφυγής» αναμεταδότη DMO λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως η χρήση αρτηριών τοπικού χώρου και ενεργοποιείται σε εκείνους τους χώρους σταθμών βάσης που δεν έχουν ένα ελεγκτή χρήσης αρτηριών ή όταν παρουσιάζεται βλάβη σε έναν ελεγκτή χρήσης αρτηριών. Παρόλο που είναι ένα αποτελεσματικό μέσο επικοινωνίας, ο καλός βαθμός υπηρετήσης και τα πλεονεκτήματα διεκδίκησης ελέγχου της λειτουργίας με αρτηρίες χάνονται.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πρόνοια και η λειτουργία αρτηριών τοπικού χώρου και η λειτουργία αναμεταδότη DMO μπορεί να ποικίλουν μεταξύ των κατασκευαστών TETRA.

Καθώς πολλοί χρήστες PMR μπορεί επίσης να έχουν πρόσβαση σε κυβελωτές υπηρετήσεις, αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως τεχνολογία προσφυγής για να παρέχουν στοιχειώδεις πληροφορίες κατά τη διάρκεια σοβαρών καταστάσεων βλάβης.

Σύνοψη Σχεδίου Αξιοπιστίας TETRA

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να εξεταστούν όταν σχεδιάζεται ένα δίκτυο για τη βέλτιστη αξιοπιστία επικοινωνιών. Παρόλο που είναι χρήσιμοι δείκτες, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για τη χρήση των αριθμών MTBF και MTTR στον καθορισμό της γενικής διαθεσιμότητας ενός δικτύου.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένες υπηρετήσεις και ευκολίες του TETRA για να παρέχουν οικονομικές λύσεις ως τρόπους «προσφυγής» για να βελτιώσουν την αξιοπιστία. Ομοίως, τα δίκτυα TETRA μπορεί να διαμορφωθούν με μια ποικιλία τρόπων για να παρέχουν βέλτιστη διαθεσιμότητα δικτύου, παρόλο που ο βαθμός αυτής της καιότητας εξαρτάται κυρίως από τον κατασκευαστή.

Σημειώσεις Υποστήριξης TETRA:

- 1. Το δευτερεύον κανάλι ελέγχου και οι ευκολίες DMO μπορούν να παρέχουν αυξημένη αξιοπιστία επικοινωνιών**
- 2. Τα δίκτυα TETRA μπορεί να είναι διαμορφωμένα με μια ποικιλία τρόπων για να παρέχουν βέλτιστη διαθεσιμότητα δικτύου**
- 3. Οι τρόποι «προσφυγής» εξασφαλίζουν ότι βασικές επικοινωνίες παραμένουν διαθέσιμες κατά τη διάρκεια βλαβών του δικτύου**

Κεφάλαιο 11°

❖ Σχεδιασμός Ραδιοσυχνότητας TETRA

Πρόλογος:

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τις σημαντικές περιοχές που πρέπει να εξεταστούν όταν καθορίζεται το ποσό φάσματος Ραδιοσυχνότητας που απαιτείται κα πώς τα κανάλια Ραδιοσυχνότητας εκχωρούνται σε ένα δίκτυο. Μόλις οι απαιτήσεις χρήστη που σχετίζονται με τις υπηρετήσεις και τις ευκολίες, την ικανότητα κυκλοφορίας (GoS) και την κάλυψη Ραδιοσυχνότητας γίνουν γνωστές, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί επαρκές φάσμα συχνότητας για να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες. Οι περιοχές που καλύπτονται σε αυτό το κεφάλαιο που χρειάζεται να εξεταστούν για να εξασφαλίσουν την πρόνοια για επαρκές φάσμα είναι:

-Μελλοντική Επέκταση

-DMO

-Συνύπαρξη με τεχνολογίες FDMA

Για να γίνει κατανοητή η επίδραση που έχουν αυτές οι περιοχές στις απαιτήσεις φάσματος ραδιοσυχνότητας έχει δοθεί ένα «μοντέλο αναφοράς» που αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό δίκτυο TETRA υψηλής ικανότητας.

Για να γίνουν κατανοητές αυτές οι σημαντικές περιοχές, οι σχεδιαστές θα έπρεπε να είναι σε θέση να καθορίσουν πόσο φάσμα συχνότητας απαιτείται, καθώς και να είναι σε θέση να εκτιμήσουν αν οι προσφερόμενες λύσεις τεχνολογίας έχουν σχεδιαστεί επαρκώς για να καλύπτουν τις απαιτήσεις χρήστη όσο πιο αποδοτικά για το φάσμα γίνεται.

Μελλοντική Επέκταση

Η ανάγκη για μελλοντική επέκταση μπορεί να καθοριστεί από πολλούς παράγοντες όπως:

- Μια αύξηση στον αριθμό των χρηστών ραδιοφωνικών τερματικών που απαιτούν επικοινωνίες:

Αυτή η αύξηση θα μπορούσε να προκύψει από την ανάγκη να προστεθούν περισσότεροι οργανισμοί χρηστών σε ένα μοιρασμένο δίκτυο, είτε είναι PAMR είτε μοιρασμένο δίκτυο Δημόσιας Ασφάλειας.

-Η διαθεσιμότητα και η χρήση νέων υπηρετήσεων, ευκολιών και εφαρμογών δεδομένων:

Αυτή η ανάγκη είναι πολύ πιθανή καθώς οι τεχνολογία εξελίσσεται και γίνονται διαθέσιμες οι υπηρετήσεις και οι ευκολίες της Απελευθέρωσης TETRA 2, ιδιαίτερα τα δεδομένα υψηλής ταχύτητας.

-Απαιτήση να αυξηθεί η κάλυψη μεταφερόμενου στο χέρι ράδιο:

Ο χειριστής ενός μοιρασμένου δικτύου μπορεί να χρειάζεται να παρέχει πρόσθετη μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη για να καλύπτει τις ανάγκες ενός νέου οργανισμού μετόχου.

-Η αύξηση στην γεωγραφική περιοχή λειτουργίας από έναν οργανισμό χρήστη:

Αυτή η αύξηση θα μπορούσε να προκύψει από τη σύνθεση εταιριών κοινής ωφέλειας και οργανισμούς μεταφοράς καθώς και από τη γεωγραφική λειτουργική επέκταση ενός μονού οργανισμού χρήστη, είτε αυτός είναι ο κύριος ιδιοκτήτης ενός δικτύου ή ένας σημαντικός μέτοχος.

Όλα αυτά τα παραδείγματα σε λίστα θα απαιτούν πρόσθετο φάσμα ραδιοσυχνότητας, με την πιθανή εξαίρεση της αύξησης της κάλυψης ράδιο μεταφερόμενου στο χέρι και της γεωγραφικής περιοχής λειτουργίας, που μπορεί να παρέχεται σε ένα μεγάλο δίκτυο επαναχρησιμοποιώντας υπάρχουσες ραδιοσυχνότητες.

Μοντέλο Αναφοράς

Το μοντέλο αναφοράς που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μελέτη είναι εκείνο που περιέχεται στο έγγραφο του Συνδέσμου TETRA MoU με τον τίτλο «Ζητήματα Απαιτήσης Φάσματος Ραδιοσυχνότητας για Μοιρασμένα Δίκτυα Δημόσιας Ασφάλειας». Παρόλο που τα περιεχόμενα του δικτύου σχετίζονται με ένα μοιρασμένο δίκτυο TETRA δημόσιας ασφάλειας, το ίδιο παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε δίκτυο TETRA, ανεξάρτητα από το τμήμα της αγοράς που είναι μοιρασμένο.

Το δίκτυο αναφοράς TETRA έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη μιας χαρακτηριστικής μεγάλης πόλης και των προαστίων της χρησιμοποιώντας 21 χώρους σταθμών βάσης. Ο πληθυσμός χρηστών τερματικών κατά τη διάρκεια της κατειλημμένης περιόδου θεωρείται ότι είναι 20,000 χρήστες για επικατευθείς Φωνές συν Δεδομένων (V+D) όπως είναι διαθέσιμες στην Απελευθέρωση TETRA. Ο πληθυσμός χρηστών τερματικών είναι κατανομημένος στην απαιτούμενη περιοχή κάλυψης Ραδιοσυχνότητας.

Επίσης, οι χρήστες αυτού του δικτύου έχουν υποδείξει μια ανάγκη να χρησιμοποιούν τις υπηρετήσεις HSD της Απελευθέρωσης 2 TETRA όταν γίνουν διαθέσιμες. Ο αριθμός των χρηστών που απαιτεί υπηρετήσεις HSD κατά τη διάρκεια των κατειλημμένων περιόδων έχει εκτιμηθεί πως είναι γύρω στο 4,000, που θεωρείται ένας συντηρητικός υπολογισμός, καθώς αυτό αντιπροσωπεύει μόνο 20% των χρηστών V+D. Αναγνωρίζοντας την ανάγκη για πρόσθετη ικανότητα και περιορισμένη κάλυψη για σκοπούς εκτάκτου ανάγκης, έχουν δοθεί 20 κανάλια DMO που μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε στην περιοχή κάλυψης δικτύου.

Ομοίως, για να αυξηθεί επιπλέον η ικανότητα και η απόδοση κάλυψης όπως μπορεί να είναι αναγκαίο ως μέρος των σχεδίων εκτάκτου ανάγκης, έχουν επίσης δοθεί δυο Κινητές Μονάδες Επείγοντων Περιστατικών (EMU), η καθεμιά με την ικανότητα 8 λογικών καναλιών (2 φέροντα Ραδιοσυχνότητας), για σκοπούς ραγδαίας ανάπτυξης οπουδήποτε μέσα στην περιοχή κάλυψης δικτύου. Ο χειριστής του δικτύου δεν έχει προνοήσει για μελλοντικές υπηρετήσεις που δεν έχουν γίνει ορατές, που θα μπορούσαν να γίνουν διαθέσιμες στο TETRA ή οποιαδήποτε πρόβλεψη για πρόσθετους χρήστες που μπορεί να χρειαστεί να υποστηριχθούν.

Για παράδειγμα, για νέους μετόχους σε ένα PAMR ή ένα μοιρασμένο δίκτυο δημόσιας ασφάλειας, το ολικό ποσό του φάσματος ραδιοσυχνότητας που απαιτείται για το δίκτυο TETRA μπορεί να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τις τέσσερις κύριες απαιτήσεις χρηστών, που είναι:

-ανάγκες επικοινωνίας V+D

-ανάγκες Δεδομένων Υψηλής Ταχύτητας

-ανάγκες επικοινωνίας DMO

-ανάγκες επικοινωνίας Κινητής Μονάδας Επείγοντων Περιστατικών (EMU)

Ανάγκες επικοινωνίας V+D:

Από τον Πίνακα 1 μπορεί να διαπιστωθεί ότι απαιτείται 2 * 2.625 MHz συχνότητας φάσματος για 20,000 χρήστες τερματικών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός των 250 kHz Tx προς Tx για να επιτραπεί ο συνδυασμός κοιλώματος πομπού σταθμού βάσης, δε χρειάζεται να έχει καμιά επίδραση στην ποιότητα του απαιτούμενου φάσματος λόγω επαναχρησιμοποίησης φάσματος και παρεμβalλούμενου.

TETRA V+D Parameters	TETRA
Equivalent Occupied Bandwidth per Communication Channel (kHz)	6.25
Actual Occupied channel Bandwidth per RF Carrier (kHz)	25
Base Tx to Tx frequency offset of cavity combining (kHz)	250
Cellular Re-use pattern	21
Total number of Network Mobile Users	20,000
Number of Base station sites required to provide coverage	21
Maximum Users per communication channel for required QoS	50
Number of Mobile Users per base station site	952
Number of communication channels per base station site	19
Maximum number of 2F channels per base station site	5
Total Number of 2F channels in Network	105
Total TETRA V+D Network Spectrum required (2 x MHz)	2.625

Ανάγκες Δεδομένων Υψηλής Ταχύτητας:

Σε αυτό το πρώιμο στάδιο στην τυποποίηση EPT και τη διαθεσιμότητα υπηρετήσεων HSD είναι δύσκολο να προβλεφθούν οι ανάγκες φάσματος Ραδιοσυχνότητας. Επομένως, έχει χρησιμοποιηθεί ένας συντηρητικός υπολογισμός με βάση δυο κανάλια HSD που παρέχονται σε κάθε χώρο σταθμού βάσης προσφέροντας παρόμοια απόδοση κάλυψης Ραδιοσυχνότητας όπως το TETRA V+D για να επιτρέπει να χρησιμοποιούνται υπάρχοντες χώροι σταθμών βάσης.

Για αυτόν τον σκοπό έχει επιλεγεί ένα εύρος ζώνης καναλιού των 50 kHz. Από το παράδειγμα του Πίνακα 2 μπορεί να διαπιστωθεί ότι απαιτείται 2 * 2.1 MHz φάσματος για να υποστηρίξει υπηρετήσεις HSD μόνο για 4,000 χρήστες.

TETRA High Speed Data (HSD) Parameters	TETRA
Occupied Bandwidth of HSD Communication Channel (kHz)	50
Base Tx to Tx frequency offset of cavity combining (kHz)	250
Cellular Re-use pattern	21
Total number of Network Mobile Data Users	4,000
Number of Base station sites required to provide coverage	21
Maximum Users per communication channel for required GoS	100
Number of Mobile Users per base station site	190
Number of communication channels per base station site	2
Maximum number of 2F channels per base station site	2
Total Number of 2F channels in Network	42
Total TETRA HSD Network Spectrum required (2 x MHz)	2.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Εντούτοις, πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι ρυθμοί δεδομένων μέχρι τα 400 κιλομπίτ/δευτερόλεπτο με εύρος ζώνης καναλιού μέχρι και 150 kHz σχεδιάζονται για TEDS σε EPT. Αυτό το γεγονός, σε συνδυασμό με άγνωστα στο ποσό της κυκλοφορίας δεδομένων (εφαρμογές και αριθμός χρηστών) και τον απαιτούμενο Βαθμό Υπηρετήσης (GoS), είναι πολύ πιθανό να αυξήσουν σημαντικά το ποσό του απαιτούμενου φάσματος Ραδιοσυχνότητας για την υποστήριξη υπηρετήσεων HSD πάνω από αυτό που παρουσιάζεται σε αυτό το συντηρητικό παράδειγμα.

Ανάγκες επικοινωνίας DMO:

Επειδή ένα δίκτυο μεγάλης πόλης θα ήταν σχεδιασμένο για να παρέχει μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη, η ακτίνα κάλυψης κυψέλης σταθμού βάσης θα ήταν μικρή με αρκετή υπερκάλυψη μεταξύ των χώρων. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση τυχαίας τοποθεσίας για να καθοριστούν οι συχνότητες DMO που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

(επαναχρησιμοποίηση συχνότητας σταθμού Βάσης Tx) δε θα ήταν πρακτική.

Επίσης, λόγω της αστικής ακαταστασίας στο σενάριο του περιορισμένου DMO, θα ήταν φρόνιμο να επιλεγούν διαχωρισμοί καναλιών των 100 kHz για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κάλυψης. Λαμβάνοντας αυτούς τους παράγοντες υπόψη, μπορεί να διαπιστωθεί από τον Πίνακα 3 ότι η χρήση DMO απαιτεί 1 MHz φάσματος.

Region-Wide DMO Parameters	TETRA
Minimum separation between DMO channels for Urban use (kHz)	100
Maximum number of DMO channels required	20
Base Tx and Rx sub-band frequency utilisation factor	2
Additional DMO spectrum, including guard bands (MHz)	1.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Εντούτοις, έχει αναγνωριστεί ότι το ποσό του απαιτούμενου φάσματος Ραδιοσυχνότητας DMO θα μπορούσε να ελαττωθεί χρησιμοποιώντας μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη στο δίκτυο TMO (αν το επιτρέπει η κάλυψη και η ικανότητα) για αρχική τυχαία ανάπτυξη, που ακολουθείται γρήγορα από την κάλυψη περιορισμένων αναγκών επικοινωνίας σε μια Κινητή Μονάδα Επείγοντων Περιστατικών (EMU). Ακόμη και χωρίς να χρησιμοποιείται μια EMU, το παράδειγμα της απαίτησης φάσματος DMO από πάνω εξακολουθεί να θεωρείται συντηρητικό.

Ανάγκες Επικοινωνίας EMU:

Η χρήση μιας Κινητής Μονάδας Επείγοντων Περιστατικών που ενσωματώνει έναν αναμεταδότη TMO που τρέχει ελεύθερα έχει αναγνωριστεί από πολλούς μεγάλους οργανισμούς χρηστών ως μια απαίτηση για να χρησιμοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης αρτηριών, να αντιμετωπίζονται περισσότεροι χρήστες, να αυξάνεται η αξιοπιστία των επικοινωνιών και να μειώνεται η αμοιβαία παρενόχληση. Καθώς αυτές οι EMU χρειάζεται να λειτουργούν μόνο με σχετικά χαμηλή ισχύ πομπού Ραδιοσυχνότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υβριδικός συνδυασμός κεραίας, αφαιρώντας έτσι τις όποιες ανάγκες ζώνης προφύλαξης μεταξύ των δυο πομπών σταθμών βάσης. Λαμβάνοντας αυτούς τους παράγοντες υπόψη, μπορεί να διαπιστωθεί από τον Πίνακα 4 ότι απαιτούνται 100 kHz φάσματος TMO για να υποστηρίξουν δυο αναπτύξεις EMU ευρείας περιοχής.

Emergency Mobile Unit (EMU) Parameters	TETRA
Number of logical channels per EMU	8
Actual Occupied channel Bandwidth per RF Carrier (kHz)	25
Maximum number of EMU RF channels required	2
Number of EMUs required	2
Spectrum for additional DMO channels (2 x MHz)	0.100

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Λόγω της πιθανότητας να παρουσιαστούν πολλά περιστατικά (που είτε σχετίζονται μεταξύ τους είτε όχι) σε διαφορετικές περιοχές τοποθεσίας, και της πρόνοιας για διατήρηση οχήματος, είναι πιθανό να απαιτούνται περισσότερες από μία EMU, κι έτσι προκύπτει και ο λόγος για τον οποίο έχουν επιλεγεί δυο EMU για αυτό το παράδειγμα.

Γενικό Φάσμα Συχνότητας που Απαιτείται:

Από τον Πίνακα 5 το ολικό ποσό φάσματος Ραδιοσυχνότητας που απαιτείται είναι $2 * 5.825 \text{ MHz}$. Αυτό σημαίνει ότι για τα δίκτυα TETRA σε ζώνες συχνοτήτων όπου είναι διαθέσιμα μόνο $2 * 5 \text{ MHz}$, όπως η ζώνη των 380-385/390-395 MHz για δημόσια ασφάλεια, θα χρειαστεί ένας συμβιβασμός στις απαιτήσεις χρήστη για να ελαττωθεί το απαιτούμενο φάσμα κατά $2 * 0.825 \text{ MHz}$.

User Requirement Category	MHz
Total TETRA V-D Network Spectrum required	2.825
Total TETRA HSD Network Spectrum required	2.100
Additional DMO spectrum, including guard bands	1.000
Spectrum for additional EMU channels, including guard bands	0.100
Total Spectrum Required (2 x MHz)	5.825

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Αυτό σημαίνει επίσης ότι δεν υπάρχει απόθεμα φάσματος για να υποστηρίξει νέες υπηρετήσεις και ευκολίες και/ή για να υποστηρίξει νέους μετόχους που δεν έχουν ακόμη αντιμετωπιστεί. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν έχει γίνει πρόβλεψη για ζώνη προφύλαξης για άλλες τεχνολογίες που μοιράζονται την ίδια ζώνη συχνότητας με το TETRA.

Συνύπαρξη με άλλες Τεχνολογίες

Σε παραδοσιακές ζώνες συχνότητας PMR, η συνύπαρξη με άλλες παρόμοιες τεχνολογίες έχει ενθαρρυνθεί από τους Εθνικούς Ρυθμιστές, ιδιαίτερα με τις αναλογικές τεχνολογίες, που έπρεπε να πληρούν τις ίδιες προδιαγραφές απόδοσης Ραδιοσυχνότητας για να διευκολύνουν τον σχεδιασμό συχνότητας και να μεγιστοποιήσουν την απόδοση φάσματος. Εντούτοις, με τον ερχομό νέων και πιο αποδοτικών στο φάσμα ψηφιακών τεχνολογιών, τα οφέλη της απόδοσης φάσματος μπορούν να χαθούν αν επιτραπεί διαφορετικές τεχνολογίες να μοιράζονται την ίδια ζώνη φάσματος.

Αυτό οφείλεται στο ότι οι τεχνολογίες FDMA και TDMA γενικά έχουν διαφορετικές προδιαγραφές απόδοσης Ραδιοσυχνότητας και λειτουργικά χαρακτηριστικά, που μπορούν να οδηγήσουν στο να απαιτούνται σημαντικές ζώνες προφύλαξης μεταξύ ενός ψηφιακού δικτύου FDMA και ενός δικτύου TDMA.

Για παράδειγμα, αν δυο διαφορετικές τεχνολογίες όπως το TETRA και η ψηφιακή FDMA μοιράζονταν την ίδια ζώνη συχνότητας, είναι πιθανόν να απαιτούνταν μια σημαντική ζώνη προφύλαξης λόγω των παρακάτω.

- Το TETRA είναι σχεδιασμένο για οικονομική κάλυψη μέσης ως υψηλής ικανότητας και επομένως είναι κυρίως περιορισμένο σε εμβέλεια μέσω των περιορισμών μέγιστης ικανότητας και της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας με βάση την απόδοση C/I.
- Οι ψηφιακές τεχνολογίες FDMA προσφέρουν οικονομική κάλυψη χαμηλής ικανότητας και επομένως είναι συνήθως περιορισμένες σε εμβέλεια από τον θόρυβο ή την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας που βασίζεται στην απόδοση C/I.
- Οι έξοδοι ισχύος Ραδιοσυχνότητας τερματικών FDMA είναι συνήθως υψηλότερες από το TETRA για να παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη Ραδιοσυχνότητας.
- Οι ψηφιακές τεχνολογίες FDMA χρησιμοποιούν ένα μικρότερο αριθμό χώρων σταθμών βάσης από τις τεχνολογίες TDMA όπως το TETRA για να παρέχουν την ίδια κάλυψη Ραδιοσυχνότητας. Για αυτόν τον λόγο είναι πολύ πιθανό οι χώροι σταθμών βάσης TETRA να βρίσκονται μέσα στις περιοχές μεσαίου ως χαμηλού σθένους σήματος ενός ψηφιακού δικτύου FDMA.

Το παράδειγμα στον Πίνακα 6 δείχνει την επίδραση του φάσματος Ραδιοσυχνότητας της ανάπτυξης ενός χαρακτηριστικού δικτύου FDMA χαμηλής ικανότητας που καλύπτει την ίδια περιοχή κάλυψης μεγάλης πόλης όπως χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο παράδειγμα δικτύου αναφοράς TETRA στον Πίνακα 1.

Digital FDMA Network Parameters	FDMA
Actual Occupied channel Bandwidth per RF Carrier (kHz)	12.5
Base Tx to Tx frequency offset of cavity combining (kHz)	250
Cellular Re-use pattern	19
Total number of Network Mobile Users	800
Range improvement factor FDMA v TDMA	1.25
Number of Base station sites required to provide coverage	17
Maximum Users per communication channel for required GoS	50
Number of Mobile Users per Base station site	48
Number of communication channels per base station site	1
Maximum number of 2F channels per base station site	1
Total Number of 2F channels in Network	17
Total FDMA Network Spectrum required (2 x MHz)	0.2125

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Από αυτό το παράδειγμα, μπορεί να διαπιστωθεί ότι το δίκτυο FDMA απαιτεί 17 χώρους σε σύγκριση με τους 21 χώρους του TETRA. Αυτό σημαίνει ότι 4 χώροι TETRA μεταδίδουν συνεχώς σήματα Ραδιοσυχνότητας σε περιοχές κάλυψης FDMA όπου οι χώροι σταθμών βάσης υπηρετήσης FDMA μπορούν να βρίσκονται σε κάποια απόσταση μακριά.

Κατά συνέπεια, τα σήματα TETRA που λαμβάνονται σε αυτές τις 4 περιοχές κάλυψης θα μπορούσαν να είναι σημαντικά ισχυρότερα από τα σήματα FDMA που λαμβάνονται. Προφανώς, η διαφορά στο πραγματικό σθένος σήματος θα εξαρτάται από τη σχετική τοποθεσία των τερματικών FDMA λήψης σε σύγκριση με τον σταθμό βάσης FDMA υπηρετήσης και το ανεπιθύμητο σήμα παρενόχλησης από τον πομπό σταθμού βάσης TETRA.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαφορά στον αριθμό των χώρων σταθμών βάσης και η πιθανή παρενόχληση που προκύπτει θα ήταν ακόμη πιο σημαντική αν ο χρήστης του δικτύου FDMA απαιτούσε μόνο κινητή ραδιοφωνική κάλυψη αντί για μεταφερόμενη στο χέρι κάλυψη.

Από το προηγούμενο παράδειγμα, μπορεί να διαπιστωθεί ότι η πιο προβληματική μορφή παρενόχλησης είναι πιθανό να είναι μεταξύ των πομπών σταθμού βάσης TETRA και των δεκτών τερματικών FDMA. Η επόμενη μορφή προβληματικής παρενόχλησης είναι δυνατό να είναι μεταξύ των πομπών τερματικών FDMA και των δεκτών σταθμού βάσης TETRA.

Επίσης, καθώς η απόδοση θορύβου ευρείας ζώνης είναι υψηλότερη από τις ψηφιακές τεχνολογίες FDMA, η απαίτηση για ζώνη προφύλαξης μεταξύ πομπών σταθμού βάσης TETRA και των δεκτών τερματικών FDMA δε θεωρείται πρακτική να εφαρμοστεί για να εξασφαλιστεί ότι η παρενόχληση περιορίζεται σε επικοινωνίες FDMA «κρίσιμες για την ασφάλεια». Προφανώς, κατά τη διάρκεια θεωρεί ως δεδομένο ότι ο αριθμός των χώρων σταθμών βάσης που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικός μεταξύ των δυο τεχνολογιών που παρέχουν υπηρετήση στην ίδια γεωγραφική περιοχή.

Εναλλακτικά, αν τα δίκτυα και TETRA και FDMA μοιράζονται τους ίδιους χώρους σταθμών βάσης, η απαίτηση για ζώνη προφύλαξης θα είναι σημαντικά λιγότερη και έτσι μη πρακτική για να εφαρμοστεί. Ειδικότερα, η ανάπτυξη σταθμών βάσης FDMA χρησιμοποιώντας τους ίδιους χώρους σταθμών βάσης TETRA θα απαιτούσε κάποιο πλεονέκτημα απόδοσης εμβέλειας που θα είχε η FDMA στο TETRA και ως συνέπεια θα μειωνόταν οποιοδήποτε σχετικό οικονομικό πλεονέκτημα της FDMA.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ευρήματα από αυτή την έρευνα της προφύλαξης ζώνης θα θεωρηθούν ενδεικτικά μόνο και θα απαιτούνταν επιπλέον εργασίες ερευνών για να καθορίσουν τα απαιτούμενα επίπεδα παρενόχλησης, ισορροπημένα με μια ανάγκη να διατηρηθούν τα υψηλά οικονομικά κέρδη του FDMA για δίκτυα περιορισμένα από θόρυβο χαμηλής ικανότητας.

Επιπλέον, η επίδραση της απόδοσης εμβέλειας στα δίκτυα που ήδη είναι αναπτυσσόμενα ή αναπτύσσονται θα χρειαστεί να εξετάσει τις πλευρές σχεδίου κάλυψης εμβέλειας περιορισμένης από θόρυβο και/ή κάλυψης εμβέλειας περιορισμένης από παρενόχληση από τους δικούς τους. Αυτά οι απαιτήσεις ζώνης προφύλαξης αναμφισβήτητα θα έχουν αξιώσεις για τις απαιτήσεις ραδιοσυχνότητας για δίκτυα που μπορεί να μοιράζονται την ίδια ζώνη ραδιοσυχνότητας.

Σύνοψη Σχεδιασμού Ραδιοσυχνότητας TETRA

Από τις πληροφορίες που δόθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο υπάρχουν πολλοί παράγοντες να εξεταστούν ως μέρος του σχεδιασμού ραδιοσυχνότητας. Για παράδειγμα, το είδος και η χρήση των διαφόρων υπηρετήσεων και ευκολιών TETRA, η ικανότητα κυκλοφορίας που απαιτείται για να υποστηρίξει τον αριθμό των χρηστών ράδιο και την αναμενόμενη υπηρετήσή τους, οι απαιτήσεις για κάλυψη Ραδιοσυχνότητας και η πρόνοια για αλλαγές δικτύου στο μέλλον. Ο πιο βασικός είναι ο καθορισμός της απόδοσης Ραδιοσυχνότητας του διαφορετικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στο δίκτυο και εκείνος άλλων τεχνολογιών που μπορούν να μοιράζονται το ίδιο φάσμα συχνότητας.

Σημειώσεις Υπεράσπισης TETRA:

1. Το TETRA είναι εξαιρετικά αποδοτικό για το φάσμα για δίκτυα μέσης ως υψηλής ικανότητας όταν συνδυάζεται η TMO με τη DMO.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για την συμπλήρωση της πτυχιακής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν πολλές πηγές και πληροφορίες, οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν για να δώσουν μια σαφή εικόνα των συστημάτων κινητής επικοινωνίας **“TETRA”**. Οι κύριες πηγές πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν εντοπίζονται στις παρακάτω ηλεκτρονικές σελίδες:

- ✓ www.tetramou.com
- ✓ www.etsi.org
- ✓ www.icnirp.org

Επιπροσθέτως, χρησιμοποιούνται πληροφορίες στα παραπάνω, από παρουσιάσεις του **“2001 TETRA WORLD CONGRESS & 2002 TETRA WORLD CONGRESS”**.

