



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

Πτυχιακή εργασία

με θέμα

“Αρχές Σχεδίασης Ραδιοδικτύων Εσωτερικού Χώρου”

από τον **Παναγιώτη Γρηγορόπουλο**

ΑΜ 2982

Εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή

Δρ. Ιωάννη Βαρδιάμπαση

Χανιά, Σεπτέμβριος 2013

Αρχές Σχεδίασης Ραδιοδικτύων Εσωτερικού Χώρου

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης - Παράρτημα Χανίων με στόχο την μελέτη και την προσέγγιση των αρχών σχεδίασης ραδιοδικτύων εσωτερικών χώρων. Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας έγινε από το βιβλίο του τεχνικού διευθυντή της εταιρείας LGC Wireless στη Δανία, του Morten Tolstrup.

Κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της πτυχιακής η βοήθεια, η καθοδήγηση και η συμπαράσταση του επιβλέποντος καθηγητή κ. Ιωάννη Βαρδιάμπαση, ήταν σημαντική και ουσιαστική.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που τόσα χρόνια με στηρίζουν και ιδιαίτερα κατά τα χρόνια της φοίτησης μου. Ξεχωριστά στους γονείς μου για την παιδεία, την γνώση και την αγάπη τους και τον αδερφό μου για την στήριξή του και την αγάπη του.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ευζωνικών Επικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών του Τμήματος Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Γρηγορόπουλος Παναγιώτης
Χανιά, Σεπτέμβριος 2013

Περίληψη

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει τις αρχές σχεδιασμού ραδιοδικτύων σε εσωτερικούς χώρους. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού εσωτερικών ραδιοδικτύων. Στο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάγκη για επαρκή κάλυψη εσωτερικών χώρων και οι λύσεις που μπορούν να προσφερθούν για την κάλυψη αυτής της ανάγκης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται το κατανεμημένο σύστημα κεραιών (DAS), τα χαρακτηριστικά, το ύφος του- ενεργητικό ή παθητικό- και τα θέματα ακτινοβολίας που μπορεί να προκύψουν από αυτό.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται όλες οι λύσεις και στρατηγικές σχεδιασμού για DAS, και πως θα καλυφθούν συγκεκριμένες δύσβατες περιοχές του κτιρίου. Δίνεται έμφαση στην κάλυψη των ανελκυστήρων, στις ζώνες επιστροφής και στα πολύ-διαχειριστικά συστήματα.

Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται το συνδεδετικό προϋπολογισμό, ποια είναι τα στοιχεία μελέτης του, ποιοί υπολογισμοί πρέπει να γίνουν όσον αφορά αυτόν, και πως αυτός θα βελτιστοποιηθεί στο μέγιστο.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται όλα τα εργαλεία, που μπορούν να βοηθήσουν ένα σχεδιαστή στο σχεδιασμό ραδιοδικτύων εσωτερικού χώρου. Γίνεται λεπτομερής παρουσία των εργαλείων αυτών, και προσδιορίζεται ποιός είναι ο ακριβής ρόλος τους στο σχεδιασμό.

Λέξεις κλειδιά: σχεδιασμός, ραδιοδίκτυα, συνδεδετικός προϋπολογισμός, συστήματα κατανεμημένων κεραιών.

Abstract

The aim of this paper is to present the design principles of Indoor Radio Planning. The first chapter presents all the elements and design features of Indoor Radio Planning. This chapter presents the need for adequate coverage indoor and solutions that can be offered to meet this need.

The second chapter presents the distributed antenna system (DAS), the features, the style – active or passive – and the radiation, that can produced from them.

The third chapter presents all the solutions and the design strategies for the DAS, and how to respond to specific inaccessible areas of the building. Emphasis is given on coverage of elevators, handover zones and multioperator systems.

The fourth chapter deals with the link budget, what are the elements of its study, what calculations should be made for it, and how he will be optimized to the maximum.

The last chapter presents all the tools that can help a designer to design indoor radio networks. The chapter presents these tools with a lot of details and determines what the exact role of them in design is.

Keywords: design, radio networks, link budget, distributed antennas systems.

Περιεχόμενα

| | |
|--|--------|
| Πρόλογος | - 3 - |
| Περίληψη | - 4 - |
| Abstract | - 5 - |
| Εισαγωγή | - 13 - |
| 1. Σχεδιασμός Ραδιοδικτύων Εσωτερικού Χώρου..... | - 16 - |
| 1.1 Γιατί είναι η εσωτερική Κάλυψη Σημαντική;..... | - 16 - |
| 1.1.1 Εμπορική και Τεχνική Αξιολόγηση | - 17 - |
| 1.1.2 Το κύριο μέρος της ασύρματης κυκλοφορίας είναι σε εσωτερικούς χώρους | - 17 - |
| 1.1.3 Το 70-80% της ασύρματης κυκλοφορίας είναι σε εσωτερικό χώρο | - 17 - |
| 1.1.4 Οι εσωτερικές λύσεις μπορούν να αποτελέσουν μια μεγάλη επιχειρησιακή περίπτωση- 18 - | |
| 1.1.5 Αξιολόγηση επιχειρήσεων | - 18 - |
| 1.1.6 Επίπεδα κάλυψης/επίπεδο κόστους..... | - 19 - |
| 1.1.7 Αποτίμηση της αξίας της προτεινόμενης λύσης..... | - 19 - |
| 1.2 Εσωτερική Κάλυψη από το Επίπεδο Macro | - 20 - |
| 1.2.1 Περισσότερα έσοδα με τη χρήση Εσωτερικών Λύσεων | - 21 - |
| 1.2.2 Το πρόβλημα φτάνοντας στους ασύρματους εσωτερικούς χρήστες | - 22 - |
| 1.3 Η εσωτερική πρόκληση UMTS/HSPA..... | - 25 - |
| 1.3.1 Υποβάθμιση Ορθογωνιότητας UMTS | - 25 - |
| 1.3.2 Φορτίο Ισχύος ανά Χρήστη..... | - 28 - |
| 1.3.3 Έλεγχος Παρέμβασης στο κτίριο | - 29 - |
| 1.3.4 Το φόρτωμα ομαλής επιστροφής | - 29 - |
| 1.3.5 Το Συμπέρασμα για UMTS / HSPA Εσωτερική Κάλυψη | - 30 - |
| 1.4 Κοινά λάθη ανοιχτών UMTS | - 32 - |
| 1.4.1 Το Macro λάθος | - 32 - |
| 1.4.2 Μην εφαρμόζετε GSM στρατηγικές | - 32 - |
| 1.4.3 Ο σωστός τρόπος για το σχεδιασμό UMTS / HSPA κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους - 33 - | |
| 1.5 Τα βασικά του εσωτερικού σχεδιασμού RF | - 34 - |
| 1.5.1 Η απομόνωση είναι το κλειδί | - 34 - |
| 1.5.2 Φιμέ παράθυρα θα βοηθήσουν στην απομόνωση | - 35 - |
| 1.5.3 Το «πρόβλημα ανόδου» | - 36 - |
| 1.5.4 Ποιότητα ραδιοδικτυακής εξυπηρέτησης | - 41 - |
| 1.5.5 Εσωτερικά επίπεδα σχεδιασμού RF | - 41 - |
| 1.5.6 Η έννοια Σχεδιασμού Ζώνης..... | - 42 - |

| | |
|---|--------|
| 2. Κατανεμημένα συστήματα κεραιών | - 47 - |
| 2.1 Τι τύπος κατανεμημένου συστήματος κεραίας είναι καλύτερος; | - 47 - |
| 2.1.1 Παθητικό ή ενεργητικό DAS | - 48 - |
| 2.1.2 Μάθετε να χρησιμοποιήσετε όλα τα εσωτερικά εργαλεία | - 49 - |
| 2.1.3 Συνδυάζοντας τα εργαλεία | - 49 - |
| 2.2 Παθητικά συστατικά..... | - 49 - |
| 2.2.1 Γενικά..... | - 50 - |
| 2.2.2 Ομοαξονικό καλώδιο | - 50 - |
| 2.2.3 Διαχωριστές..... | - 51 - |
| 2.2.4 Συλλεκτικοί / Άνισοι διαχωριστές..... | - 53 - |
| 2.2.5 Εξασθενητές..... | - 54 - |
| 2.2.6 Εικονικά φορτία ή τερματιστές..... | - 55 - |
| 2.2.7 Κυκλοφορητές..... | - 56 - |
| 2.2.8 Ένας συζεύκτης 3 dB | - 57 - |
| 2.2.9 Φορτίο ισχύος σε παθητικά συστατικά | - 59 - |
| 2.2.10 Φίλτρα | - 60 - |
| 2.3 Το παθητικό DAS..... | - 61 - |
| 2.3.1 Σχεδιασμός του παθητικού DAS..... | - 61 - |
| 2.3.2 Κύρια σημεία για το παθητικό DAS | - 63 - |
| 2.4 Ενεργητικό DAS..... | - 64 - |
| 2.4.1 Εύκολη σχεδίαση | - 64 - |
| 2.4.2 Αμιγώς ενεργητικό DAS για μεγάλα κτίρια..... | - 65 - |
| 2.4.3 Αμιγώς ενεργητικό DAS για μικρά και μεσαίου μεγέθους κτίρια | - 69 - |
| 2.4.4 Ενεργητικό DAS τινών | - 71 - |
| 2.5 Ενεργητικές υβριδικές λύσεις DAS..... | - 74 - |
| 2.5.1 Η DL ισχύ κεραίας | - 74 - |
| 2.5.2 Εποπτεία κεραίας | - 75 - |
| 2.6 Τα στοιχεία του ενεργητικού υβριδικού DAS | - 75 - |
| 2.6.1 Συνδυάζοντας το παθητικό και ενεργητικό εσωτερικό DAS | - 77 - |
| 2.6.2 Συνδυάζοντας την Εσωτερική και Εξωτερική κάλυψη..... | - 79 - |
| 2.7 Λύσεις για το ακτινοβολούν καλώδιο (Radiating Cable)..... | - 81 - |
| 2.7.1 Το ακτινοβολούν καλώδιο (RC)..... | - 81 - |
| 2.7.2 Υπολογίζοντας το επίπεδο κάλυψης | - 83 - |
| 2.7.3 Προκλήσεις εγκατάστασης με τη χρήση RC..... | - 84 - |
| 2.8 Λύσεις σιηράγγων, κλιμακωμένες BDAs..... | - 85 - |
| 2.8.1 Παράδειγμα πραγματικού κλιμακωμένου BDA συστήματος | - 85 - |

| | | |
|--------|--|---------|
| 2.9 | Λύσεις σιηράγγων, T- Systems | - 87 - |
| 2.9.1 | Η αρχή των T-Systems | - 87 - |
| 2.9.2 | Παράδειγμα πραγματικού T- System με BDAs | - 88 - |
| 2.10 | Σχεδιασμός επιστροφής σε σήραγγες | - 89 - |
| 2.10.1 | Γενικά θέματα | - 89 - |
| 2.10.2 | Χρήση κεραιών για τη ζώνη HO σε σήραγγες | - 89 - |
| 2.11 | Σχεδιάζοντας με Pico και Femto κελιά..... | - 92 - |
| 2.11.1 | Η αρχή των Pico/Femto κυττάρων | - 92 - |
| 2.11.2 | Τυπικός σχεδιασμός κελιών Pico | - 93 - |
| 2.11.3 | Επέκταση κάλυψης των κελιών Pico με ενεργητικό DAS | - 96 - |
| 2.11.4 | Συνδυάζοντας Pico κελιά στο ίδιο DAS, μόνο GSM/DCS | - 97 - |
| 2.11.5 | Μείωση κόστους συνδυασμού χωρητικότητας σε GSM Pico κελιά..... | - 99 - |
| 2.12 | Δεδομένα ενεργητικού DAS..... | - 100 - |
| 2.12.1 | Κέρδος και επιβράδυνση..... | - 101 - |
| 2.12.2 | Ισχύς ανά μεταφορέα | - 102 - |
| 2.12.3 | Εύρος ζώνης, κυματισμός | - 103 - |
| 2.12.4 | Το 1 dB σημείο συμπίεσης..... | - 104 - |
| 2.12.5 | IP3 τρίτης-οριοθέτησης σημείο τομής | - 105 - |
| 2.12.6 | Αρμονική παραμόρφωση, ενδοδιαφοροποίηση | - 106 - |
| 2.12.7 | Παρασιτικές εκπομπές | - 107 - |
| 2.12.8 | Εικόνα θορύβου (Noise Figure) | - 107 - |
| 2.12.9 | MTBF (Mean time between failures- Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών)..... | - 108 - |
| 2.13 | Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Electromagnetic Radiation) | - 109 - |
| 2.13.1 | Κατευθυντήριες γραμμές για ICNIRP EMR..... | - 110 - |
| 2.13.2 | Τα κινητά είναι η ισχυρότερη πηγή EMR..... | - 111 - |
| 2.13.3 | Το εσωτερικό DAS θα προσφέρει χαμηλότερα επίπεδα EMR | - 112 - |
| 2.14 | Συμπέρασμα..... | - 114 - |
| 3. | Σχεδιάζοντας λύσεις εσωτερικών DAS | - 116 - |
| 3.1 | Η εσωτερική διαδικασία σχεδιασμού | - 116 - |
| 3.1.1 | Σχεδιασμός εσωτερικής ροής διεργασιών | - 116 - |
| 3.1.2 | Το κομμάτι της διαδικασίας σχεδιασμού του RF..... | - 119 - |
| 3.1.3 | Η μελέτη του χώρου..... | - 119 - |
| 3.1.4 | Το χρονικό πλαίσιο για την εφαρμογή εσωτερικού DAS | - 121 - |
| 3.1.5 | Μετά την υλοποίηση | - 121 - |
| 3.2 | Διαδικασία σχεδιασμού RF | - 122 - |
| 3.2.1 | Ο ρόλος του προγραμματιστή RF | - 122 - |

| | |
|--|---------|
| 3.2.2 Μετρήσεις RF..... | - 123 - |
| 3.2.3 Οι μετρήσεις των αρχικών ραδιοσυχνοτήτων (RF)..... | - 123 - |
| 3.2.4 Μετρήσεις των υπαρχόντων επιπέδων κάλυψης..... | - 125 - |
| 3.2.5 Ερευνητική μέτρηση RF | - 127 - |
| 3.2.6 Προγραμματισμός των μετρήσεων | - 128 - |
| 3.2.7 Μετρήσεις μετά την εφαρμογή | - 131 - |
| 3.2.8 Απώλεια ελεύθερου χώρου | - 132 - |
| 3.2.9 Το τεστ 1 μέτρου | - 134 - |
| 3.3 Σχεδιάζοντας την καλύτερη εσωτερική λύση..... | - 135 - |
| 3.3.1 Προσαρμογή του σχεδιασμού στην πραγματικότητα..... | - 136 - |
| 3.3.2 Μάθετε από τα λάθη των άλλων | - 136 - |
| 3.3.3 Κοινά λάθη κατά το σχεδιασμό εσωτερικών λύσεων | - 137 - |
| 3.3.4 Σχεδιασμός των τοποθεσιών των κεραιών | - 137 - |
| 3.3.5 «Το φαινόμενο του διαδρόμου»..... | - 140 - |
| 3.3.6 Εσωτερική απόδοση της κεραίας..... | - 141 - |
| 3.3.7 Σχεδιασμός για την πλήρη κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους..... | - 148 - |
| 3.3.8 Το κόστος των επιπέδων του εσωτερικού σχεδιασμού | - 149 - |
| 3.4 Στρατηγική σχεδιασμού εσωτερικών χώρων..... | - 151 - |
| 3.4.1 Σχεδιασμός σημείων Hot-spot στο εσωτερικό των κτιρίων..... | - 152 - |
| 3.4.2 Μελέτη ειδικών σχεδιασμών..... | - 153 - |
| 3.4.3 Η ροή του σχεδιασμού | - 154 - |
| 3.4.4 Τοποθετώντας κεραίες σε εσωτερικούς χώρους | - 155 - |
| 3.5 Εκτιμήσεις επιστροφή στο εσωτερικό των κτιρίων..... | - 156 - |
| 3.5.1 Προγραμματισμός εσωτερικής GSM επιστροφής..... | - 157 - |
| 3.5.2 Σχεδιασμός εσωτερικής UMTS επιστροφής | - 160 - |
| 3.5.3 Μέγεθος ζώνης επιστροφής | - 162 - |
| 3.6 Κάλυψη ανελκυστήρα | - 163 - |
| 3.6.1 Η πιο κοινή λύση κάλυψης ανελκυστήρα | - 164 - |
| 3.7 Συστήματα πολύ-διαχειριστών | - 166 - |
| 3.7.1 Συμβατότητα πολύ-διαχειριστικών DAS λύσεων | - 166 - |
| 3.7.2 Το σύστημα σύμπλεξης..... | - 167 - |
| 3.7.3 Ενδοδιαμορφωτική αλλοίωση..... | - 168 - |
| 3.7.4 Πώς να ελαχιστοποιήσετε τη PIM | - 170 - |
| 3.7.5 IMD προϊόντα | - 171 - |
| 3.8 Πολύ-διαχειριστικές απαιτήσεις..... | - 173 - |
| 3.8.1 Πολύ-διαχειριστική συμφωνία..... | - 174 - |

| | |
|---|---------|
| 3.8.2 Φορείς που εμπλέκονται στο έργο εσωτερικών χώρων | - 174 - |
| 3.8.3 Οι σημαντικότερες πτυχές που πρέπει να καλυφθούν στη ΜΟΑ | - 175 - |
| 4. Ο συνδετικός προϋπολογισμός | - 179 - |
| 4.1 Τα συστατικά και υπολογισμοί του συνδέσμου RF | - 179 - |
| 4.1.1 Η μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια διαδρομής | - 180 - |
| 4.1.2 Τα συστατικά του συνδετικού προϋπολογισμού | - 181 - |
| 4.1.3 Συνδετικοί προϋπολογισμοί σε συστήματα εσωτερικών χώρων | - 190 - |
| 4.1.4 Συνδετικός προϋπολογισμός για παθητικό DAS | - 190 - |
| 4.1.5 Συνδετικός προϋπολογισμός για ενεργητικό DAS | - 192 - |
| 4.1.6 Η απώλεια ελεύθερου χώρου | - 193 - |
| 4.1.7 Το τροποποιημένο εσωτερικό μοντέλο | - 193 - |
| 4.1.8 Το μοντέλο PLS | - 194 - |
| 4.1.9 Υπολογισμός της ακτίνας κεραίας Υπηρεσία | - 198 - |
| 5. Εργαλεία για την Εσωτερική Σχεδιασμού Radio | - 200 - |
| 5.1 Ζήσε και μάθε | - 200 - |
| 5.2 Εργαλεία διαγράμματος | - 201 - |
| 5.2.1 Απλά ή σύνθετα; | - 201 - |
| 5.3 Εργαλεία Έρευνας Ραδιοδικτύων | - 202 - |
| 5.3.1 Χρήση μόνο βαθμονομημένων οργάνων | - 202 - |
| 5.4 Τα απλά εργαλεία και οι απλές συμβουλές | - 203 - |
| 5.4.1 Χρησιμοποιήστε μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή | - 203 - |
| 5.4.2 Χρήση του World Wide Web | - 203 - |
| 5.4.3 Υπολογισμοί κυκλοφορίας | - 203 - |
| 5.5 Εργαλεία για την εκτίμηση του LB | - 204 - |
| 5.6 Εργαλεία για τις εσωτερικές προβλέψεις | - 205 - |
| 5.6.1 Τα υπολογιστικά φύλλα κάνουν το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς | - 206 - |
| 5.6.2 Τα πιο προηγμένα μοντέλα πρόβλεψης RF | - 207 - |
| 5.7 Το προχωρημένο εργαλείο (RF-vu από iBwave.com) | - 207 - |
| 5.7.1 Εκτός από το χρόνο, Διατηρήστε το κόστος και τα λάθη στο ελάχιστο | - 208 - |
| 5.7.2 Εισαγωγή σχεδίου ορόφων | - 208 - |
| 5.7.3 Διάγραμμα και σχέδιο ορόφων | - 209 - |
| 5.7.4 σχηματικό διάγραμμα | - 209 - |
| 5.7.5 Ανίχνευση σφάλματος | - 210 - |
| 5.7.6 Βάση δεδομένων συστατικών | - 210 - |
| 5.7.7 Η λίστα του εξοπλισμού και η έκθεση του κόστους το έργου | - 211 - |
| 5.7.8 Έκθεση RF και Έκθεση Εγκατάστασης | - 211 - |

| | |
|---|---------|
| 5.7.9 Πολύ-σύστημα ή πολύ-διαχειριστές..... | - 211 - |
| 5.7.10 Εισάγοντας μια έρευνα RF..... | - 211 - |
| 5.7.11 Τεκμηρίωση τοποθεσίας | - 212 - |
| 5.7.12 Διάδοση RF | - 212 - |
| 5.7.13 Πλήρης ενοποίηση | - 214 - |
| Βιβλιογραφία | - 216 - |

Εισαγωγή

Η επιτακτική ανάγκη για εσωτερική δημιουργία ασύρματων συστημάτων απορρέει άμεσα από τις ανάγκες των ανθρώπων που χρησιμοποιούν ασύρματη κάλυψη - και αυτό συμβαίνει όλο και περισσότερο. Ξοδεύουμε περισσότερο χρόνο στο εσωτερικό κτιρίων, είτε στο γραφείο, στο σπίτι, στη δουλειά κλπ. Τυπικά, τουλάχιστον δύο τρίτα της φωνητικής κυκλοφορίας σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας προέρχεται ή καταλήγει στο εσωτερικό των κτιρίων, καθώς και για υπηρεσίες δεδομένων το ποσοστό είναι ακόμη υψηλότερο – κατά πάσα πιθανότητα άνω του 90 %.

Ωστόσο, για πάρα πολύ καιρό, οι περισσότερες εσωτερικές υπηρεσίες έχουν παρασχεθεί από εξωτερικά συστήματα, τα οποία απαιτούν εκπομπή υψηλής ισχύος, μεγάλα έργα πολιτικού μηχανικού και χρήση μια σχετικά μεγάλης ποσότητας φάσματος για να εξυπηρετηθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο κυκλοφορίας. Αυτό κάνει μεγάλη αίσθηση για την παροχή οικονομικής αρχικής κάλυψη σε μεγάλο αριθμό κτιρίων και για «ενώσει τις τελείες» για να επιτρέψει ευρεία περιοχή κινητικότητας. Ωστόσο, η σκέψη «από έξω προς τα μέσα» είναι ουσιαστικά η «από μέσα προς τα έξω», από τεχνική και πρακτική άποψη, όταν προσπαθούμε να εξυπηρετήσουμε τους χρήστες με πολύ υψηλή ποιότητα και υψηλές προσδοκίες κάλυψης, και για να παρέχουμε υπηρεσίες υψηλού ρυθμού δεδομένων εντός περιορισμένου φάσματος. Τα κτίρια προσφέρουν τη δική τους αντιμετώπιση των προκλήσεων αυτών, παρέχοντας απομόνωση σήματος από κοντινά συστήματα και τη δυνατότητα θεμελιώδους αρχής συστημάτων κελιών- ότι η απεριόριστη χωρητικότητα είναι διαθέσιμη σε περιορισμένο φάσμα, αν η μηχανική εγκατάσταση γίνεται σωστά.

Παρά αυτά τα αναγκάζοντα οφέλη, τα ασύρματα συστήματα στο εσωτερικό των κτιρίων έχουν μέχρι σήμερα μια φτωχή σχέση με τις λειτουργίες των «mainstream» Macro κελιών δικτύων. Με σχετικά λίγους ενθουσιασμούς και ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών ευνοημένων τεχνικών για το σχεδιασμό του συστήματος και την εγκατάσταση, το πεδίο κατά καιρούς έμοιαζε με ένα χόμπι και όχι με μια επαγγελματική δραστηριότητα. Η βιομηχανία χρειάζεται απεγνωσμένα βέλτιστες πρακτικές τεχνικές που θα αναφέρονται σε μια ευρύτερη βάση που εξυπηρετεί την αυξανόμενη ζήτηση - δεν υπάρχουν αρκετοί μηχανικοί για τα κτίρια που απαιτούν υπηρεσίες - και σε τεχνικές που πρέπει να γίνουν πιο τυποποιημένες, ώστε να μειωθεί το κόστος, να βελτιστοποιηθεί η αξιοπιστία και ο όγκος κίνησης.

Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιείται αυτόν τον σχεδιασμό ραδιοδικτύων σε εσωτερικούς χώρους, και στην ουσία αποτελεί μια πιστή και έγκυρη μετάφραση του βιβλίου, του τεχνικού διευθυντή της εταιρείας LGC Wireless στη Δανία, ενός επαγγελματία στον

τομέα αυτό και συναρπαστικού και διασκεδαστικού δημόσιου ομιλητή, του Morten Tolstrup. Ο Morten έχει γράψει ένα πραγματικά πρακτικό και χρήσιμο οδηγό για τον σχεδιασμό ραδιοδικτύων εσωτερικών χώρων, ο οποίος θα επιτρέψει σε ένα πολύ ευρύτερο κοινό να μετατρέψει τις δεξιότητές του από τον παλιό κόσμο των δικτύων δύο διαστάσεων, περιλαμβανομένων μόνο των Macro κελιών, στο νέο κόσμο των ιεραρχικών δικτύων τριών διαστάσεων, περιλαμβανομένων των Macro, micro, pico και femto κελιών που παρέχουν υπηρεσίες σε απεριόριστο αριθμό χρηστών. Ακολουθώντας τις απλές οδηγίες που παρέχονται, που δημιουργήθηκαν στα χρόνια της πραγματικής πρακτικής εμπειρίας, θα βοηθηθείτε στο να αποφύγετε κάποια πολύ ακριβά λάθη.

Πάνω απ' όλα, ελπίζω ότι αυτή η εργασία, θα σας βοηθήσει να προσφέρετε επαγγελματισμό στο κλάδο και να ενθαρρύνετε την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών για τη μεγιστοποίηση του οφέλους των τελικών πελατών σε επιτακτικές ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Αυτή δεν είναι μια εργασία για επιστήμονες. Αυτή η εργασία προορίζεται για τους σχεδιαστές RF, για να χρησιμεύσει ως ένα πρακτικό εργαλείο στην καθημερινή τους εργασία στο σχεδιασμό των εσωτερικών συστημάτων διανομής ραδιοδικτύων. Δεν είναι μια πλήρης εργασία για όλες τις πτυχές των GSM, DCS, UMTS και HSPA δικτύων, ή το σύνολο των δικτυακών συστημάτων. Είναι αφιερωμένη στα τελευταία 10-70 μ. του δικτύου, την εσωτερική διεπαφή μεταξύ του χρήστη κινητού και του εσωτερικού δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Στόχος αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει ένα επίπεδο θεωρίας, που είναι εύχρηστο και προσιτό για το σχεδιασμό ραδιοδικτύων.

Η πρακτική προσέγγιση

Στόχος της εργασίας είναι να συμπεριλάβει τα πιο σημαντικά ζητήματα και κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό, ώστε να μπορέσει ο RF σχεδιαστής να σχεδιάσει και να εφαρμόσει ένα υψηλής απόδοσης εσωτερικό σύστημα κατανεμημένων κεραιών. Η πρόθεση είναι να παρουσιαστούν οι βασικοί υπολογισμοί των διαφόρων παραμέτρων που πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος κατανεμημένων κεραιών.

Κεφάλαιο 1

1. Σχεδιασμός Ραδιοδικτύων Εσωτερικού Χώρου

Υπάρχουν πολλές προκλήσεις, τόσο από επιχειρηματική όσο και τεχνική σκοπιά, όσον αφορά το σχεδιασμό και την εφαρμογή λύσεων κάλυψης δικτύων σε εσωτερικούς χώρους. Οι σχεδιαστές ραδιοδικτύων εσωτερικού χώρου φέρουν μια σημαντική ευθύνη για τη συνολική υπόθεση των επιχειρήσεων και της απόδοσης του δικτύου. Σε πολλές χώρες το 80% της χρήσης είναι στον εσωτερικό των κτιρίων, και κατά συνέπεια το να παρέχουν υψηλής απόδοσης εσωτερική κάλυψη, ειδικά σε υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων, είναι μια πρόκληση. Είναι πολύ περισσότερο από μια τεχνική πρόκληση. Η περίπτωση των επιχειρήσεων πρέπει επίσης να αξιολογηθεί, καθώς και η μελλοντική θωράκιση των λύσεων που εφαρμόζονται, σε συνδυασμό με άλλες σκέψεις. Ένας σχεδιαστής ραδιοδικτύων εσωτερικού χώρου, είναι σημαντικό να μην επικεντρώνεται μόνο στην τεχνική πρόκληση που μπορεί να προκύψει, αλλά να μπορέσει να προβλέψει και κάποια μελλοντικά μερικά βήματα του.

1.1 Γιατί είναι η εσωτερική Κάλυψη Σημαντική;

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την εταιρεία κινητής τηλεφωνίας, τόσο τεχνικά όσο και εμπορικά, να παρέχει επαρκείς εσωτερική (IB- in building) κάλυψη. Τα τεχνικά κίνητρα είναι τυπικά. Έλλειψη κάλυψης, βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών, η ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα, η ανάγκη για υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και η αποφόρτιση του υπάρχοντος δικτύου macro (Εξωτερικό Δίκτυο Ευρείας Κάλυψης). Σε δίκτυα 3G (UMTS- Universal Mobile Telecommunications System), η ανάγκη για την αποφόρτιση ενός δικτύου macro είναι μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος. Η ανάγκη για μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας δεδομένων στο εσωτερικό των κτιρίων παίζει επίσης ένα σημαντικό παράγοντα. Είναι προφανές ότι θα χρειαστούν άμεσες εσωτερικές λύσεις για την παροχή υπηρεσιών υψηλής ταχύτητας δεδομένων για UMTS και ιδιαίτερα κατά την ανάπτυξη HSDPA- High Speed Downlink Packet Access / HSUPA- High Speed Uplink Packet Access υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες δεδομένων.

Η εργασία αυτή θα επικεντρωθεί κυρίως στο τεχνικό μέρος της αξιολόγησης, καθώς και στον σχεδιασμό των IB λύσεων. Ωστόσο, ακόμη και οι πιο έμπειροι μηχανικός- σχεδιαστής RF- Radio frequency (Ραδιοδικτυακή Συχνότητα) πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι

η βασική κινητήρια δύναμη λειτουργίας ενός ασύρματου δικτύου πρέπει να είναι η αύξηση του συντελεστή εσόδων. Ο σκοπός είναι η μεγιστοποίηση των εσόδων του δικτύου και η μείωση του κόστους παραγωγής της κυκλοφορίας δεδομένων. Το κόστος για την παραγωγή ένα λεπτού κλήσης (CM – Call Minute) είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την εταιρεία κινητής τηλεφωνίας, όπως είναι επίσης και το κόστος παραγωγής ανά Mb δεδομένων που μεταδίδονται στο δίκτυο.

1.1.1 Εμπορική και Τεχνική Αξιολόγηση

Πρώτον και κύριον, η εταιρεία κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να κάνει μια επιχειρησιακή αξιολόγηση, πριν επενδύσει σε οποιαδήποτε λύση κάλυψης εσωτερικού δικτύου. Ο φορέας υλοποίησης πρέπει να χρησιμοποιεί τυποποιημένα εργαλεία και μετρήσεις για την αξιολόγηση της περίπτωσης των επιχειρήσεων, προκειμένου να είναι σε θέση να υπολογίσει τα έσοδα κάθε μεμονωμένο χρήστη των διαφόρων τμημάτων της επιχείρησης. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα στο χειριστή να συγκρίνει την επιχειρησιακή περίπτωση σε όλες τις επιμέρους εσωτερικής κάλυψης εργασίες, προκειμένου να δοθεί η απαραίτητη προτεραιότητα σε καθένα από αυτά. Η αξιολόγηση αυτή θα πρέπει να βασίζεται σε μια τυποποιημένη ροή αξιολόγησης (βλ. Ενότητα 5.1.1), χρησιμοποιώντας τυποποιημένα έντυπα πρότυπα και μετρήσεις, προκειμένου να εξασφαλιστεί μια έγκυρη συγκρίσιμη επιχειρησιακή περίπτωση για κάθε εργασία εσωτερικής ραδιοδικτυακής κάλυψης.

1.1.2 Το κύριο μέρος της ασύρματης κυκλοφορίας είναι σε εσωτερικούς χώρους

Ανάλογα με το ποιο μέρος του κόσμου αναλύεται, είναι γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας προέρχεται από το εσωτερικό των κτιρίων. Ως εκ τούτου, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην εσωτερική κάλυψη, προκειμένου να εκπληρωθούν οι προσδοκίες του χρήστη και η ανάγκη του για εξυπηρέτηση. Αυτό προκύπτει σαν ανάγκη ιδιαίτερα στη περίπτωση των αστικών περιβαλλόντων, και εστιάζεται ειδικά από τους χρήστες κινητών τηλεφώνων στην μετάδοση όλο και υψηλοτέρων δεδομένων.

1.1.3 Το 70-80% της ασύρματης κυκλοφορίας είναι σε εσωτερικό χώρο

Στις περισσότερες πόλεις, είναι πολύ ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι συνήθως μερικά σημαντικά κτίρια (hot-spots) θα παράγουν το μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας. Σε μερικές πόλεις περισσότερο από το 50% της κυκλοφορίας προέρχεται από περίπου 10% των

κτιρίων. Τα κτήρια αυτά αναφέρονται ως hot-spots. Αυτά τα κτήρια είναι κυρίως τυπικά εμπορικά κέντρα, αεροδρόμια και μεγάλα εταιρικά κτήρια γραφείων.

1.1.4 Οι εσωτερικές λύσεις μπορούν να αποτελέσουν μια μεγάλη επιχειρησιακή περίπτωση

Ειδικά για το UMTS, το φορτίο ισχύος ανά χρήστη (PLPU- power load per user) είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς είναι γεγονός ότι η δύναμη κατεβάσματος (downlink) στο βασικό σταθμό έχει άμεση σχέση με τη χωρητικότητα. Όσο υψηλότερη είναι η PLPU, τόσο υψηλότερη θα είναι και η διαρροή χωρητικότητας από το βασικό σταθμό ανά χρήστη κινητού. Αυτό έχει αποτελέσματα στο υψηλό κόστος παραγωγής για εσωτερική κυκλοφορία στο UMTS, όταν γίνεται προσπάθεια να εξυπηρετηθεί ο χρήστης εσωτερικού δικτύου από ένα εξωτερικό δίκτυο ευρείας κάλυψης (MACRO).

Όχι μόνο η κάλυψη, η ποιότητα και η ταχύτητα δεδομένων θα είναι καλύτερα στο UMTS, με ειδικές εσωτερικές λύσεις κάλυψης, αλλά το PLPU θα είναι πολύ χαμηλότερο, λόγω του γεγονότος ότι με ένα εσωτερικό σύστημα ο βασικός σταθμός δεν θα χρειαστεί να ξεπεράσει την υψηλή απώλεια διείσδυσης του κτιρίου (20-50 dB-decibel). Επιπλέον, όταν εξυπηρετούνται χρήστες UMTS εσωτερικών χώρων από το βασικό σταθμό MACRO, το σήμα θα βασίζεται κυρίως στις ανακλάσεις, προκειμένου να εξυπηρετήσει τους χρήστες, υποβαθμίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ορθογωνιότητα.

Η εφαρμογή της εσωτερικής λύσης κάλυψης είναι μια πολύ αποδοτική χρήση της χωρητικότητας (DL power- Δεκατόλιτρη ενέργεια) του βασικού σταθμού, και του διαύλου δεδομένων. Μπορεί να μειωθεί το κόστος παραγωγής ανά λεπτό κλήσης ή Mb (Megabyte), χρησιμοποιώντας IB λύσεις κάλυψης και επίσης να μειωθεί η συνολική αύξηση του θορύβου στο δίκτυο. Το κόστος παραγωγής ανά λεπτό κλήσης ή Mb για το UMTS, μπορεί να μειωθεί κατά 50-70% με τη χρήση IB λύσεις κάλυψης.

1.1.5 Αξιολόγηση επιχειρήσεων

Ακόμα και ο πιο έμπειρος τεχνικός πρέπει να εκτιμήσει ότι ο πιο κύριος λόγος για την παροχή IB λύσεων είναι να δημιουργήσει μια θετικά τεχνική επιχειρησιακή περίπτωση. Ο σχεδιαστής της IB λύσεις φέρει μεγάλη ευθύνη, αφενός, για μια καλά σχεδιασμένη και υψηλής απόδοσης τεχνική λύση, αλλά και για μια λύση που να αποτελεί μελλοντικά άφθαρτη, δημιουργώντας με αυτό το τρόπο μια άξια επένδυσης λύση. Αυτό αποτελεί μια λεπτή έγκυρη ισορροπία μεταξύ της επένδυσης και των τεχνικών παραμέτρων. Οι μηχανικοί

συχνά μπαίνουν στον πειρασμό να υπέρ- σχεδιάσουν τις λύσεις «για να είμαστε σίγουροι» - αλλά το κόστος για να γίνει αυτό είναι υψηλό.

1.1.6 Επίπεδα κάλυψης/επίπεδο κόστους

Η επιλογή του σωστού επιπέδου κάλυψης για τον εσωτερικό σχεδιασμό είναι ζωτικής σημασίας για την επίδοση του εσωτερικού συστήματος, την απόδοση διακίνησης δεδομένων και την διαρροή από το κτίριο. Αργότερα θα γίνει μια προσπάθεια να παρουσιαστούν και να εξεταστούν αυτές οι πιο τεχνικές παράμετροι, αλλά υπάρχουν πολλά περισσότερα θέματα από το “μόνο” τεχνικά μέρη.

Ο αρμόδιος για το σχεδιασμό των εσωτερικών ραδιοδικτύων πρέπει επίσης να συνειδητοποιήσει ότι τα επίπεδα σχεδιασμού έχουν κάποιο κόστος, και αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στην περίπτωση των επιχειρήσεων. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο κάλυψης, τόσο υψηλότερο είναι το κόστος των συστημάτων, προφανώς λόγω της ανάγκης για περισσότερες κεραίες και εξοπλισμό για το εσωτερικό σύστημα, περισσότερο στατικό εξοπλισμό, περισσότερες εργασίες εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης.

1.1.7 Αποτίμηση της αξίας της προτεινόμενης λύσης

Πριν από την εξέταση κάθε εσωτερικής λύσης κάλυψης, θα πρέπει να αξιολογηθεί προσεκτικά η αξία της προτεινόμενης λύσης. Θα πρέπει να απαντηθούν οι εξής ερωτήσεις:

1. Προτίθεται η επένδυση να δημιουργήσει μια θετική επιχειρησιακή περίπτωση;
2. Πότε η επένδυση θα αρχίσει να επιφέρει κέρδη;
3. Είναι η επιλεγμένη βέλτιστη λύση για τις μελλοντικές ανάγκες;
 - Υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων.
 - Νέες υπηρεσίες.
 - Περισσότεροι φορείς.
 - Περισσότερα ικανότητα.
4. Μπορεί η λύση που θα επιλεγεί να συμβαδίσει με τις μελλοντικές αλλαγές στο κτίριο:
 - Ανασυγκρότηση.
 - Παράταση.
5. Μπορεί η λύση να αποφορτίσει το επίπεδο Macro, καθώς και να παρέχει την δωρεάν απαραίτητη χωρητικότητα; Αυτό πρέπει να είναι μέρος της περίπτωσης των επιχειρήσεων για εσωτερικές λύσεις. Είναι μια προστιθέμενη αξία, στην προσπάθεια

παροχής δωρεάν ενέργειας ή χωρητικότητας, η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει άλλους χρήστες στο εξωτερικό δίκτυο.

6. Υπάρχουν στρατηγικοί λόγοι για την παροχή της λύσης κάλυψης IB:

- Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι άλλων φορέων.
- Αυξημένη κίνηση σε άλλα μέρη του δικτύου.
- Διεθνής αξία περιαγωγής (αεροδρόμια, λιμάνια, πλοία, ξενοδοχεία, συνεδριακά κέντρα).

7. Μπορούν εταιρικά κτίρια να καλυφθούν, προκειμένου να εξασφαλισθεί ολοκληρωτικά η επιχείρηση:

- Καλύτερη κάλυψη.
- Καλύτερη ποιότητα.
- Βελτίωση της χωρητικότητας.
- Υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων.
- Περισσότερη εμπιστοσύνη στους χρήστες.

1.2 Εσωτερική Κάλυψη από το Επίπεδο Macro

Γιατί να μην χρησιμοποιείται μόνο η Macro κάλυψη για την απαιτούμενη κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους; Κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας, ιδιαίτερα κατά την πρώτη φάση της εγκατάστασης, πολλοί σχεδιαστές ραδιοδικτύων αρχικά προσπαθούν να καλύψουν όσων το δυνατόν περισσότερα κτίρια του Macro επιπέδου. Αυτό συμβαίνει, αν και γνωρίζουν ότι το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης προέρχεται από το εσωτερικό των κτιρίων. Ως ένα βαθμό, και σε ορισμένες περιοχές, η στρατηγική αυτή έχει νόημα. Σε πολλές περιπτώσεις, θα είναι σε θέση να παρέχει αρκετά καλή συνολική κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους από τους βασικούς σταθμούς Macro, αλλά επίσης αποτελεί και μια λεπτή ισορροπία και ένα συμβιβασμό.

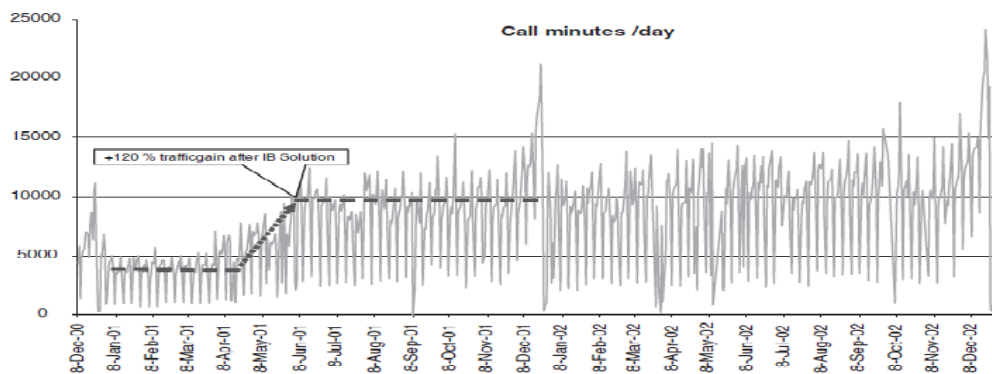
Σε ένα τυπικό προαστιακό περιβάλλον θα πρέπει να βασίζονται σε ένα πολύ σφιχτό πλέγμα Macro με την απόσταση μεταξύ των τοποθεσιών να μην ξεπερνά τα 1-2 χλμ., ανάλογα με τις υπηρεσίες που προσφέρονται. Σε αστικά περιβάλλοντα η δικτυακή απόσταση μπορεί να είναι μέχρι 300-500 μ., ώστε να παρέχετε η απαραίτητη διείσδυση σε εσωτερικό χώρο για το GSM- Global System for Mobile και το UMTS. Σε πολλές περιπτώσεις, ακόμα και αυτό το σφιχτό πλέγμα δεν επαρκεί για να παρέχει το υψηλότερο- πληροφοριακό- ποσοστό κάλυψης για το GSM, και δεν αρκεί για την παροχή υψηλότερες ταχύτητες

μετάδοσης δεδομένων στο UMTS (64-384 KPS). Στο UMTS, ιδίως, η HSPA θα είναι μια σημαντική ανησυχία, όταν θα υπάρξει κάλυψη από το εξωτερικό δίκτυο εντός των κτιρίων.

Όπως μπορεί να δει κανείς από τα στοιχεία κίνησης πολλών πραγματικών παραδειγμάτων, όπως αυτό φαίνεται στην Σχήμα 1.1, ακόμη και ένα σφιχτό πλέγμα Macro σε πολλές περιπτώσεις είναι ανεπαρκής για την εξυπηρέτηση των εσωτερικών χρηστών, και σίγουρα δεν είναι επαρκές για τους χρήστες υψηλών επιπέδων διακίνησης δεδομένων, αλλά και ακόμη για τους χρήστες φωνητικών λειτουργιών σε δίκτυα GSM και 3G.

1.2.1 Περισσότερα έσοδα με τη χρήση Εσωτερικών Λύσεων

Αυτό είναι ένα παράδειγμα της παραγωγής της κυκλοφορίας (Σχήμα 1.1), μετά την εφαρμογή της στατικής εσωτερικής κάλυψη σε μια εμπορική περιοχή. Η εμπορική περιοχή αποτελείται από δύο μεγάλα εμπορικά κέντρα, καθώς και από πολλά μικρά μαγαζιά στον εξωτερικό της χώρο. Πριν από την εφαρμογή της εσωτερικής κάλυψης στα δύο εμπορικά κέντρα, ολόκληρη η περιοχή καλυπτόταν από ένα στενό πρότυπο GSM Macro πλέγμα, αποτελούμενο από θέσεις τριών τομέων. Οι Macro θέσεις χωρίζονταν από περίπου 450 μ., παρέχοντας μια εξωτερική κάλυψη, η οποία μετριέται το ελάχιστο σε 65 dBm (Μονάδα μέτρησης ραδιοκυμάτων) ανά αστικό δρόμο στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής.



Σχήμα 1.1 Η κυκλοφορία στην περιοχή που καλύπτεται από τις θέσεις του δικτύου Macro υπερδιπλασιάζονται κατά την εφαρμογή τους στην κάλυψη εσωτερικών χώρων.

Ωστόσο, ακόμη και αυτό το υψηλό επίπεδο κάλυψης από τις αυτές τις θέσεις Macro δεν ήταν αρκετό για την εξυπηρέτηση όλου του δυναμικό της κυκλοφορίας στην περιοχή, και ως εκ τούτου δεν είναι σε θέση να καλύψει τις πραγματικές ανάγκες των υπηρεσιών. Αυτό τεκμηριώνεται σαφώς από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.1

Προαγωγή της κυκλοφορίας

Το παράδειγμα στο σχήμα 1.1 δείχνει σαφώς ότι στα στατιστικά στοιχεία κυκλοφορίας για το σύνολο της παραγωγής κυκλοφορίας για ολόκληρη την εμπορική περιοχή, υπάρχει ένα άμεσο «άλμα» στην παραγωγή της κυκλοφορίας όταν το εσωτερικό σύστημα κάλυψης στα δύο εμπορικά κέντρα βρίσκεται σε λειτουργία - η κίνηση αυξάνεται 120% αμέσως. Το σύνολο της κυκλοφορίας στην περιοχή υπερέβη την υπάρχουσα κίνηση στο Macro (πριν αρχίσει η υλοποίηση της εσωτερικής κάλυψης), Όχι μόνο έκανε το εσωτερικό σύστημα να πάρει περισσότερη κυκλοφορία, αλλά ενίσχυσε επίσης την κυκλοφορία στη γειτονικά εξυπηρετούμενη Macro περιοχή, μεταφέροντας περισσότερη κυκλοφορία στο συγκεκριμένο τομέα, λόγω του αυξημένου επιπέδου των υπηρεσιών, και μείωσε τον αριθμό των κλήσεων σε λιγότερο από 0,5% στην περιοχή μετά από την εφαρμογή.

Ο ρυθμός αύξησης της κυκλοφορίας στην περιοχή με 100% εσωτερική κάλυψη έδειξε επίσης ένα ετήσιο κέρδος της κυκλοφορίας της τάξης του 30%. Αυτό είναι περισσότερο από το διπλάσιο του ποσοστού αύξησης σε παρόμοια αναφορική περιοχή.

- Ακόμη και υψηλού επιπέδου κάλυψη από το Macro δεν ήταν αρκετή
- Ακόμη και με ένα υπάρχον επίπεδο κάλυψης Macro της τάξεως 65 dBm είχαν υπάρξει χρήστες που δεν καλύπτονταν, από ότι θα μπορούσαν τώρα να καταφέρουν οι εσωτερικές λύσεις κάλυψης. Αυτό δείχνει καθαρά ότι οι εσωτερικές λύσεις κάλυψης είναι σημαντικές πηγές εσόδων για τους φορείς εκμετάλλευσης. Αυτό ισχύει, φυσικά, υπό την προϋπόθεση ότι οι εσωτερικές λύσεις κάλυψης εφαρμόζονται στη σωστή περιοχή, καλύπτοντας τα σωστά κτίρια και έχουν σχεδιαστεί σωστά

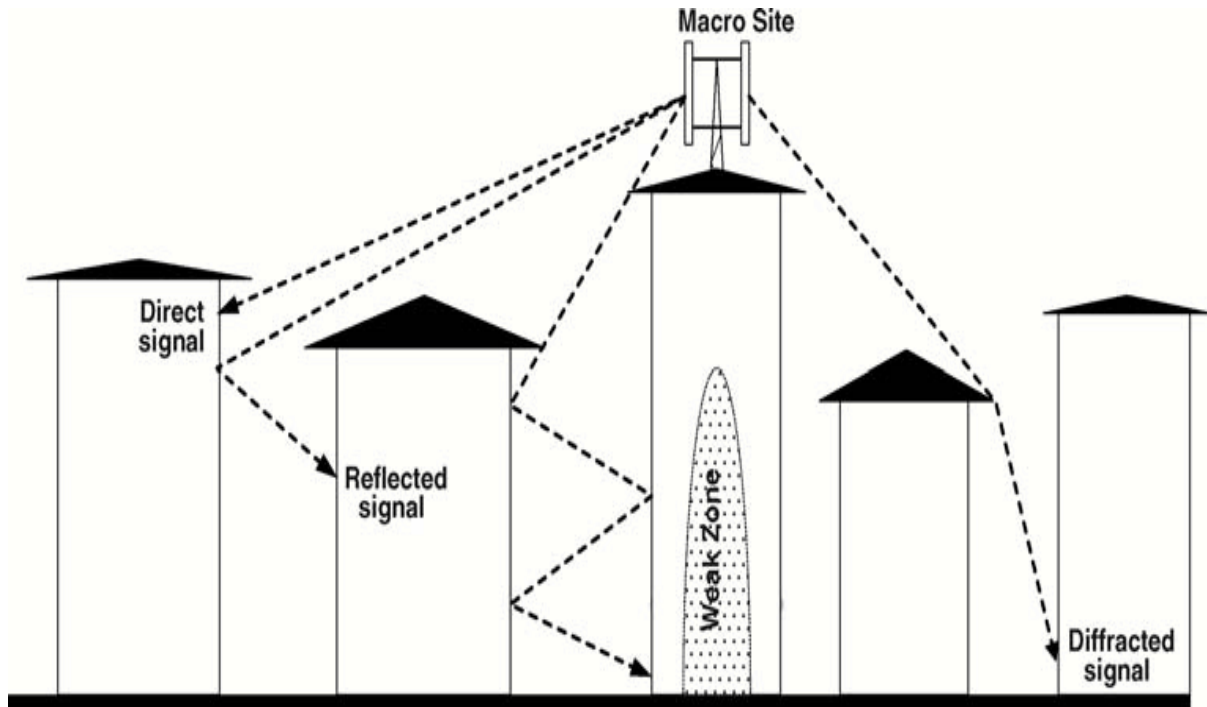
1.2.2 Το πρόβλημα φτάνοντας στους ασύρματους εσωτερικούς χρήστες

Γιατί είναι ένα πρόβλημα για τις Macro περιοχές να καλύψουν το εσωτερικό των κτιρίων; Θα διερευνηθούν μερικές από τις προκλήσεις για τη διείσδυση της Macro κάλυψης στο εσωτερικό των κτιρίων, την παροχή επαρκούς κάλυψης και το επίπεδο των υπηρεσιών, όπου εντοπίζονται οι χρήστες.

Αστικά και τα προαστιακά περιβάλλοντα βασίζονται στις ανακλάσεις

Στα αστικά και προαστιακά περιβάλλοντα η Macro κάλυψη τυπικά θα φτάσει τους χρήστες με τη χρήση διάθλασης και διάδοσης πολλαπλών διαδρομών (βλ. Σχήμα 1.2). Το

προφίλ καθυστέρησης τυπικά θα είναι 1-2 ms (microsecond). Μόνο ένα μικρό μέρος της κίνησης εξυπηρετείται από το απευθείας σήμα στην τελική γραμμή της κεραίας του βασικού σταθμού, έχοντας μόνο την ελεύθερη απώλεια χώρου συν την απώλεια διείσδυσης του κτιρίου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2).

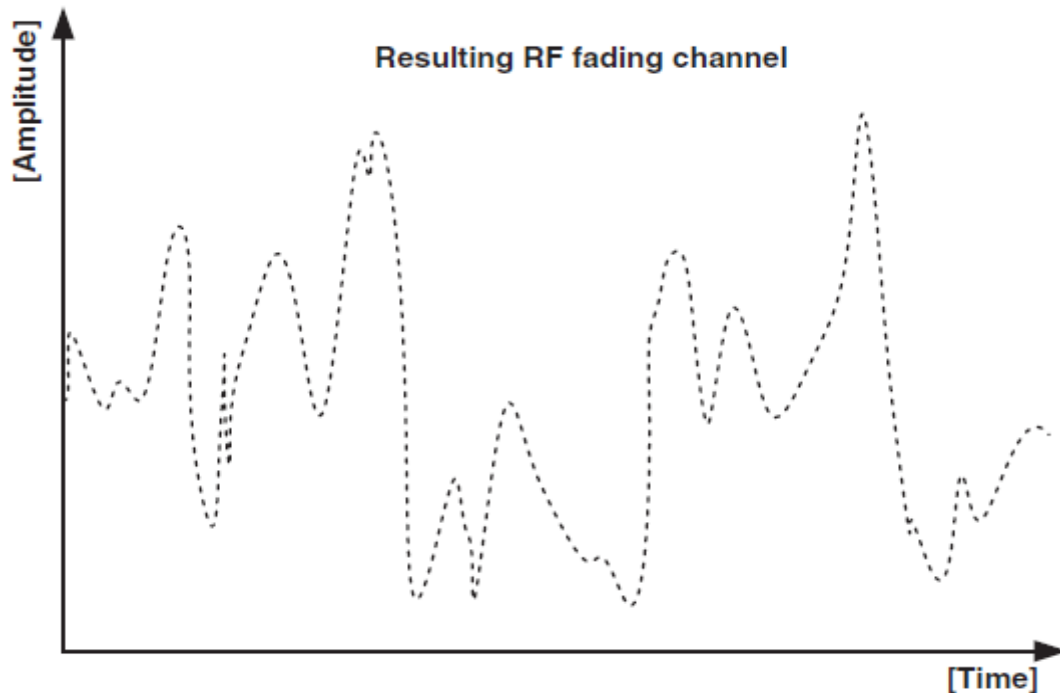


Σχήμα 1.2 Οι Macro περιοχές βασίζονται κυρίως στις ανακλάσεις σε αστικά και προαστιακά περιβάλλοντα για την παροχή εσωτερικής υπηρεσίας.

Στις περισσότερες ή όλες τις περιπτώσεις, το προκύπτον σήμα στο δέκτη θα είναι ένα αποτέλεσμα του πολλών- διαδρόμων ραδιοδικτυακού καναλιού- ένα «μείγμα» των διαφόρων σημάτων με διαφορετικές καθυστερήσεις, εύρη και φάσεις. Το αποτέλεσμα είναι ένα πολλών διαδρόμων ξεθωριασμένο σήμα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3), με ένα ξεθωριασμένο μοτίβο που κυρίως εξαρτάται από το περιβάλλον και την ταχύτητα του ασύρματης πηγής. Παραδόξως, πολύ συχνά ένα κτίριο με Macro θέσεις στην οροφή μπορεί να έχει προβλήματα κάλυψης στον πυρήνα του ίδιου του κτιρίου, ιδιαίτερα στους χαμηλότερους ορόφους του κτιρίου και κοντά στο πυρήνα.

Αυτό το ιδιαίτερο πρόβλημα παρουσιάζεται και οφείλεται στο γεγονός ότι η κάλυψη στο εσωτερικό του κτιρίου επικαλείται εκ νέου ανακλάσεις από γειτονικά κτίρια. Στους υψηλότερους ορόφους η κάλυψη μπορεί να είναι τέλεια, αλλά προχωρώντας προς τα κάτω, προβλήματα αρχίζουν να παρουσιάζονται. Ξεκινώντας με την έλλειψη κάλυψης στις σκάλες

και στο ασανσέρ του κτιρίου, σε πολλές περιπτώσεις, ο εσωτερικός πυρήνας του κτιρίου μπορεί να έχει προβλήματα απόδοσης, ειδικά όσον αφορά την υπηρεσία δεδομένων.



Σχήμα 1.3 Τυπικό πολλών- διαδρομών ραδιοδικτυακό κανάλι

Αν ένα κτίριο με Macro περιοχή στην ταράτσα του δεν έχει γειτονικά κτίρια, το πρόβλημα αυτό μπορεί να είναι ένα σημαντικό θέμα, λόγω της έλλειψης των κτιρίων να ανακλάσουν το σήμα πίσω στο κτίριο εξυπηρέτησης. Ωστόσο, το πρόβλημα μπορεί να λυθεί εύκολα με την ανάπτυξη μιας μικρής εσωτερικής λύσης, συμπληρώνοντας το μελανό σημείο (Ενότητα 2.6.3).

Η ασύρματη πηγή θα χειριστεί σήματα πολλαπλών διαδρομών

Αν οι ανακλάσεις είναι μικρότερες από περίπου 16 ms, ο ισοσταθμιστής στη GSM ασύρματη πηγή θα ακυρώσει σε κάποιο βαθμό την ανάκλαση (αν και περισσότερο, αυτό θα επηρεάσει την ποιότητα ως συν-καναλιακή παρέμβαση). Ο έκλυτος δέκτης στο UMTS θα ανακτηθεί, εάν οι ανακλάσεις αντισταθμίσουν περισσότερες από μία κομμένες διάρκειες (0.26 ms), και σταδιακά θα ευθυγραμμιστεί με τα διαφορετικών διαδρομών σήματα και θα «ανακατασκευάσει» το σήμα ως κάποιο βαθμό, από τη χρήση του έκλυτου δέκτη και το συνδυασμό της μέγιστης αναλογίας.

1.3 Η εσωτερική πρόκληση UMTS/HSPA

Κατά την παροχή ραδιοκάλυψης για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων στο εσωτερικό των κτιρίων, αντιμετωπίζονται αρκετές προκλήσεις στο σχεδιασμό ραδιοδικτύων. Είναι κυρίως οι προκλήσεις που κινητοποιούν την ανάγκη για λύσεις εσωτερικής κάλυψης. Σχεδιαστές ραδιοδικτύων με εμπειρία στον εσωτερικό σχεδιασμό GSM πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στην εφαρμογή όλων των στρατηγικών σχεδιασμού ραδιοδικτύων που αποκτήθηκε από το GSM κατά το σχεδιασμό λύσεων εσωτερικών χώρων UMTS / HSPA. Εάν δεν είναι προσεκτικοί, θα κάνουν κάποια ακριβά λάθη και θα θέσουν σε κίνδυνο την απόδοση υψηλής ταχύτητας δεδομένων, καθώς και το επιχειρηματικό ενδιαφέρον για αυτές τις εσωτερικές λύσεις.

1.3.1 Υποβάθμιση Ορθογωνιότητας UMTS

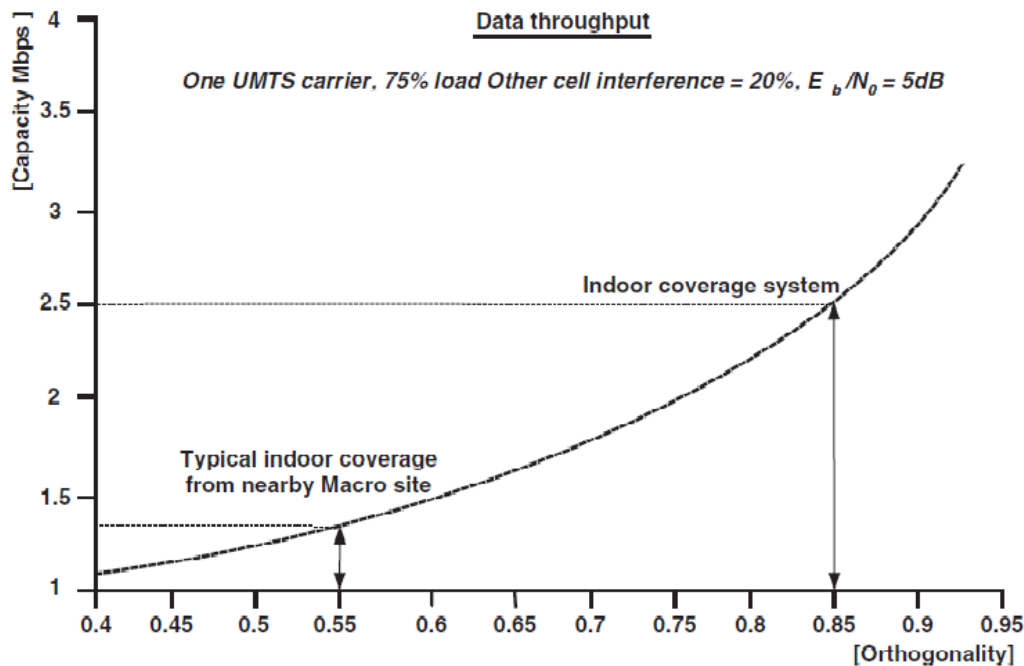
Η απόδοση του UMTS RF καναλιού είναι ευαίσθητη στην υποβάθμιση του «RF περιβάλλοντος», συνήθως προκαλείται από ανακλάσεις πολλαπλών διαδρομών. Χωρίς να υπεισέλθουμε σε μαθηματικές λεπτομέρειες, η αποτελεσματικότητα του UMTS RF καναλιού εκφράζεται χρησιμοποιώντας τον όρο «ορθογωνιότητα». Όσο υψηλότερη είναι η ορθογωνιότητα του ραδιοδιαύλου, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του ραδιοδικτυακού συνδέσμου.

Η απόδοση στοιχείων για το UMTS κανάλι

Το ίδιο 5 MHz (3.84 Mcps) UMTS RF κανάλι μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις να φέρει υψηλά ποσοστά δεδομένων, άνω των 2 Mbps, με την προϋπόθεση ότι οι χρήστες είναι line-of-sight στο κελί εξυπηρέτησης, και μόνον εάν ήσσονος σημασίας τμήμα του σήματος αποτελεί ανακλούσα ενέργεια. Αυτό είναι η τυπικό εσωτερικό σενάριο, με μια τυπική εσωτερική λύση κάλυψης. Στην περίπτωση αυτή η ορθογωνιότητα μπορεί να είναι τόσο υψηλή όσο 0,85-0,90, έτσι ώστε το κανάλι είναι πολύ αποτελεσματικό στην εκτέλεση δεδομένων υψηλής ταχύτητας (όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.4).

Ωστόσο, όταν καλύπτουν UMTS εσωτερική χρήστη από το Macro επίπεδο σε ένα αστικό ή προαστιακό περιβάλλον, το κανάλι RF βασίζεται σε πολλές εκ νέου ανακλάσεις, διαθλάσεις και μετατοπίσεις φάσης— ένα πολλαπλό κανάλι. Αυτό θα υποβαθμίσει την

αποτελεσματικότητα του ραδιοδιαύλου, και κάτω από αυτές τις συνθήκες η ορθογωνιότητα μπορεί να είναι τόσο χαμηλή όσο 0,55



Σχήμα 1.4 Ορθογωνιότητα επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του UMTS RF καναλιού.

Έκρυθμη Ορθογωνιότητα, υψηλότερο κόστος για τον Διαχειριστή

Η υποβάθμιση της ορθογωνιότητας κατά τη συντήρηση εσωτερικών χρηστών από Macro επίπεδο είναι μια σημαντική ανησυχία για τους παρόδους κινητής τηλεφωνίας. Αυτή η ανησυχία οφείλεται στην υποβαθμισμένη απόδοση του καναλιού, με αποτέλεσμα μια χαμηλότερη διακίνηση δεδομένων. Στην πράξη, ένας συγκεκριμένος σταθμός βάσης UMTS θα να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει line-of-sight χρήστες με υψηλή μετάδοση δεδομένων, καθώς οι εσωτερικοί χρήστες θα εξυπηρετούνται από τον ίδιο σταθμό βάσης με χαμηλότερες ταχύτητες δεδομένων, λόγω της υποβαθμισμένης ορθογωνιότητας.

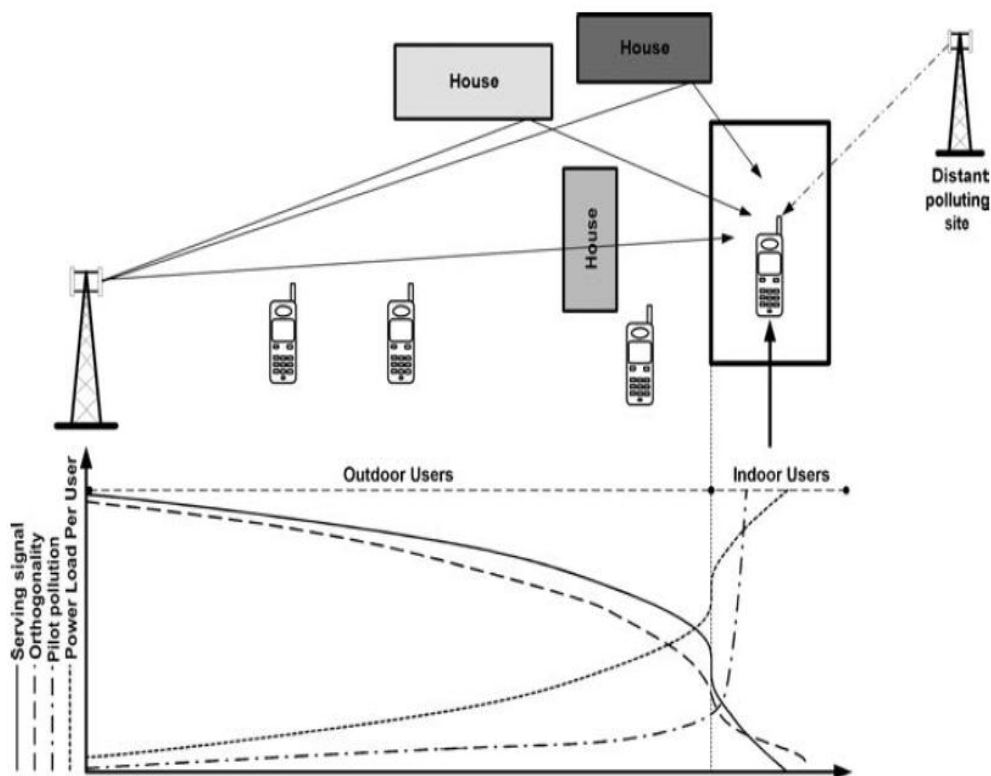
Η ορθογωνιότητα σχετίζεται άμεσα με το κόστος παραγωγής ανά Mb, και ως εκ τούτου συνδέεται άμεσα στην επιχειρησιακή περίπτωση του χειριστή. Εκτός από το λιγότερο αποδοτικό ραδιοδικτυακό κανάλι, υπάρχουν άλλες αρνητικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της φόρτωσης μεγάλης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήστη λόγω της μεγάλης απώλειας διείσδυσης μέσα στα κτίρια.

Έκρυθμη Εσωτερική HSDPA / HSUPA Εξυπηρέτηση από το Macro Επίπεδο

Η διαφοροποίηση στις HSPA εξυπηρέτηση είναι πολύ ευαίσθητη σε παρεμβολές και υποβαθμίσεις του ραδιοδικτυακού σταθμού. Τα HSDPA και HSUPA χρειάζονται μια υψηλής απόδοσης σύνδεση RF, προκειμένου να υποστηριχθεί η υψηλότερη δυνατή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Στην πραγματικότητα, αυτό σημαίνει ότι τα HSDPA/ HSUPA θα εξυπηρετούνται μόνο στα κτίρια με άμεση οπτική επαφή με τον εξυπηρετούμενο macro, και μόνο στο τμήμα του κτιρίου που είναι ακριβώς απέναντι από τη θέση macro. Για την παροχή συνεκτικής και υψηλής απόδοσης εσωτερικής HSPA κάλυψης, χρειάζονται ειδικές εσωτερικές λύσεις κάλυψης.

Το Macro επίπεδο για 3G θα πάρει ένα σημαντικό αντίκτυπο από την εσωτερική κυκλοφορία

Όπως μόλις περιγράφηκε, η ορθογωνιότητα επικοδομείτε κατά την εξυπηρέτηση εσωτερικών χρηστών από τον υπαίθριο σταθμό βάσης macro. Αυτό οφείλεται κυρίως στις εκ νέου ανακλάσεις και διαθλάσεις και φάσεις μετατόπισης των σημάτων από αταξία στην περιοχή, τα κτίρια, κλπ.



Σχήμα 1.5 Η υποβάθμιση του καναλιού UMTS, και το φορτίο του ρεύματος κατά τη εξυπηρέτηση εσωτερικών χρηστών από το επίπεδο macro,

Περισσότερα από την Υποβάθμιση Ορθογωνιότητας

Εκτός από την υποβαθμισμένη ορθογωνιότητα, υπάρχουν πολλοί επιπλέον αποικοδομικοί παράγοντες για να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος στο Macro επίπεδο από τους χρήστες στο εσωτερικό των κτιρίων (Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.5).

Η απώλεια συνδέσεων αυξάνεται με την απόσταση από το σταθμό βάσης, την ελεύθερη απώλεια χώρου και την πρόσθετη απώλεια διείσδυσης μέσα στο κτίριο. Η απώλεια διείσδυσης εξαρτάται από τον τύπο τοιχώματος, το πάχος και το υλικό. Οι τυπικές απώλειες διείσδυσης του εξωτερικού τοιχώματος ενός κτιρίου μπορεί να ποικίλουν από 15 έως 50 dB ή και περισσότερο, ανάλογα με τον τύπο και τη συχνότητα.

Εκτός από τη διείσδυση και την απώλεια ελεύθερου χώρου από το σταθμό βάσης, και η αταξία στο εσωτερικό του κτιρίου θα προστεθεί στην εξασθένηση του RF συνδέσμου. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές για τους χρήστες στον εσωτερικό πυρήνα στο εσωτερικό του κτιρίου και εκείνους από την πλευρά του κτιρίου απέναντι από τον εξυπηρέτησης Macro σταθμό βάσης. Αυτοί οι εσωτερικοί χρήστες θα έχουν μια σχετικά υψηλή απώλεια σύνδεσης, και απαιτούν υψηλή πηγή ενέργειας στο σταθμό βάσης.

Προκειμένου να διατηρηθεί η σύνδεση φόρτωσης, ο σταθμός βάσης έχει να δώσει μεγαλύτερη δύναμη σε αυτούς τους υψηλής απώλειας χρήστες στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτά τα κινητά τηλέφωνα θα πρέπει επίσης να ενισχύσουν την ισχύ εκπομπής τους, προκειμένου να διατηρηθεί η ανοδική ζεύξη.

1.3.2 Φορτίο Ισχύος ανά Χρήστη

Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα υψηλό φορτίο ισχύος ανά χρήστη για χρήστες με υψηλές απώλειες στο εσωτερικό των κτιρίων . Είναι γεγονός ότι οι πόροι δυναμικότητας του σταθμού βάσης UMTS σχετίζονται άμεσα με την πηγή ενέργειας. Όσο υψηλότερη είναι η PLPU είναι , τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη αποστράγγισης του σταθμού βάσης και τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα αποστράγγισης στο σταθμό βάσης ανά εσωτερικό χρήστη. Αυτή η υψηλής ισχύος αποστράγγιση ανά εσωτερικό χρήστη έχει μεγάλο αντίκτυπο στην εναπομένουσα αποθήκη ισχύος (ικανότητας) του σταθμού βάσης, που απαιτείται για την εξυπηρέτηση άλλων χρηστών . Αυτό συνδέεται άμεσα με την υπόθεση των επιχειρήσεων.

1.3.3 Έλεγχος Παρέμβασης στο κτίριο

Για να προστεθεί ακόμη περισσότερη πολυπλοκότητα στο θέμα, όσο υψηλότερο είναι οι χρήστες σε ένα κτίριο, τόσο πιθανότερο είναι ότι θα λάβουν πιο απομακρυσμένη εξυπηρέτηση από το σταθμό βάσης (πilotική ρύπανση). Αυτό είναι ιδιαίτερα μια ανησυχία σε πολυώροφα κτίρια στους πιο υψηλούς ορόφους που διαμορφώνονται πάνω από το σύνολο των άλλων κτιρίων της περιοχής (βλ. Ενότητα 1.5.3), Αυτό είναι ιδιαίτερο πρόβλημα για τους χρήστες που βρίσκονται κοντά στα παράθυρα, απέναντι από την πλευρά του κτιρίου του σταθμού βάσης εξυπηρέτησης. Αυτοί οι χρήστες θα είναι σε θέση να ανιχνεύσουν σήματα pilotικά από απομακρυσμένους σταθμούς βάσης. Η pilotική ρύπανση υποβαθμίζει την ποιότητα: η E_b/N_0 (the energy per bit to noise power spectral density ratio- η ενέργεια ανά bit στο θόρυβο φασματικής ισχύος στην πυκνότητα των ραδιοδικτύων) του σήματος UMTS. Για το GSM το Rx - Qual (ποσοστό σφάλματος ανά bit) θα είναι υποβαθμισμένο, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή κλήσεων, ακόμη και αν η στάθμη του σήματος είναι σχετικά υψηλή. Το UMTS Macro κελί κοντά στο κτίριο πρέπει να είναι πάντα στη γειτονική λίστα (σετ παρακολούθησης) καθώς η ομαλή επιστροφή θα είναι ενεργή κάθε φορά που τα pilotικά σήματα από το εξωτερικό του κτιρίου θα είναι υψηλά, προκειμένου να αποφευχθεί η pilotική ρύπανση και η διακοπή κλήσεων. Ωστόσο, η ομαλή επιστροφή θα αποτελεί επίσης ένα δυνητικό πρόβλημα. Όταν το κινητό στο εσωτερικό του κτιρίου μπαίνει σε ομαλή επιστροφή, περισσότερες συνδέσεις θα χρησιμοποιούνται για να διατηρηθεί η ίδια κλήση, έτσι ώστε όλη η υποβαθμισμένη ορθογωνιότητα και το φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας στην πραγματικότητα θα εντοπίσει ακόμα πιο πολλούς εξωτερικούς σταθμούς βάσης, αποστραγγίζοντας ακόμη περισσότερους πόρους από το Macro δίκτυο. Ο HSDPA σχεδιασμός χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτό πρόβλημα, καθώς όλα τα κελιά είναι στην ίδια συχνότητα και υπάρχουν παρεμβολές από άλλα κελιά υποβαθμίζοντας το HSDPA ρυθμό δεδομένων.

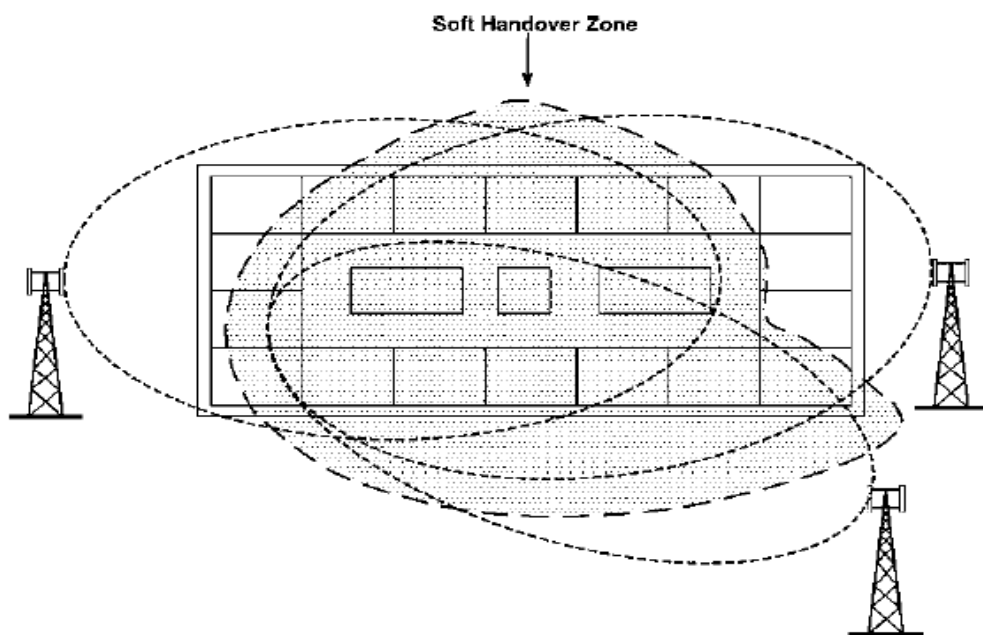
1.3.4 Το φόρτωμα ομαλής επιστροφής

Όπως είναι γνωστό, όλα τα κελιά που υπηρετούν στο UMTS είναι στην ίδια συχνότητα, μόνο που χωρίζονται από κωδικούς. Συνεπώς το UMTS πρέπει να χρησιμοποιήσει ομαλή επιστροφή (SHO- soft handover), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6: Αυτός είναι ο μόνος τρόπος για να μετατοπίσει τις κλήσεις ομαλά όταν ο χρήστης περιπλανιέται από το ένα κελί στο άλλο. Η ομαλή επιστροφή είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό του UMTS, στη διασφάλιση της μετάβασης της κυκλοφορίας μεταξύ των κελιών, αλλά υπάρχει και ένα κόστος. Κατά τη

διάρκεια της ομαλής επιστροφής το κινητό απορροφάει πόρους από όλα τα κελιά που ασχολούνται με την ομαλή επιστροφή. Τυπικά, με δύο έως τρία κελιά, ένα κινητό σε ομαλή επιστροφή θα φορτώσει το δίκτυο με συντελεστή 2-3. Ωστόσο, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ ομαλότερης επιστροφής, η οποία συμβαίνει μέσα στα κελιά στον ίδιο χώρο, και της ομαλής επιστροφής μεταξύ των κελιών σε διαφορετικούς χώρους.

1.3.5 Το Συμπέρασμα για UMTS / HSPA Εσωτερική Κάλυψη

Από τα θέματα που μόλις καλύφθηκαν, είναι σαφές ότι είναι πολύ δαπανηρή η κάλυψη των εσωτερικών χρηστών UMTS από τους σταθμούς βάσης macro, λόγω των επιπτώσεων της διαρροής ρεύματος του στρώματος macro, την υποβάθμιση του καναλιού RF λόγω της χαμηλής ορθογωνιότητας, την πιλοτικά ρύπανση σε πολυώροφα κτίρια και την αύξηση του φορτίου που οφείλεται στην ομαλή επιστροφή (έλλειψη υπεροχής), όταν περισσότερα Macro κελιά εξυπηρετούν χρήστες μέσα σε ένα κτίριο.



Σχήμα 1.6 Τρία κελιά UMTS από το Macro επίπεδο παρέχουν εξαιρετική υπηρεσία εσωτερικού χώρου, αλλά τα περισσότερα από τα κτίριο είναι λειτουργούν σε ομαλή επιστροφή.

Ακόμα και η τέλεια κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους από UMTS τοποθεσίες Macro μπορεί να είναι ένα πρόβλημα.

Στο παράδειγμα του σχήματος 1.6 υπάρχουν τρεις περιοχές macro που παρέχουν καλή κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους. Αυτές οι περιοχές είναι κοντά στο κτίριο, και το επίπεδο του σήματος σε όλη το κτίριο είναι τέλειο.

Συνεπώς, όλοι οι χρήστες στο εσωτερικό του κτιρίου εξυπηρετούνται με υψηλή ποιότητα RF και υψηλής ταχύτητας υπηρεσία δεδομένων. Ωστόσο, οι χρήστες καλύπτονται από τρία διαφορετικά κελιά με Macro σημαντική επικάλυψη. Αυτό είναι μια μεγάλη ανησυχία: Το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης μέσα σε αυτό το κτίριο θα βρίσκεται διαρκώς σε διαδικασία ομαλής επιστροφής.

Σε αυτό το παράδειγμα, ένα κινητό σε ζώνη ομαλής επιστροφής θα είναι σε ταυτόχρονη επικοινωνία με τα τρία κελιά. Επομένως, η ίδια μετάδοση θα φορτώσει τρία κελιά, και επίσης να θέσει ένα συντελεστή 3 φορτίων στο δίκτυο. Αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο στο εξωτερικό δίκτυο, λόγω της χωρητικότητας, αυξάνοντας το κόστος παραγωγής της κίνησης για κινητά στην περιοχή SHO.

Η πιθανότητα ομαλής επιστροφής μειώνεται όταν η διαφορά μεταξύ των κελιών εξυπηρέτησης και τα άλλων γειτονικών κελιών αυξάνεται. Ως κατευθυντήρια γραμμή, χρειάζεται ένα περιθώριο περίπου 10-15 dB για να αποφευχθεί η ομαλή επιστροφή, η οποία δίνει χώρο για ξεθώριασμα.

Η κυκλοφορία στο εσωτερικό των κτιρίων έρχεται σε υψηλό κόστος, όταν εξυπηρετούνται από τους macro σταθμούς βάσης. Αυτό μπορεί να είναι ένα μικρό πρόβλημα, αν αυτό είναι ένα κτίριο με λίγους χρήστες, τότε η επίδραση στο περιβάλλον δίκτυο macro θα είναι οριακή. Στην περίπτωση των hot-spot κτιρίων με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας, όπως ένα εμπορικό κέντρο, ένα μεγάλο εταιρικό κτίριο ή ένα αεροδρόμιο, η επίπτωση στο Macro δίκτυο θα είναι σοβαρή. Είναι σημαντικό να αποδοθεί μια εσωτερική λύση κάλυψης σε αυτά τα είδη των κτιρίων, να εξασφαλιστεί ένα ειδικό κυρίαρχο εσωτερικό σήμα, με αρκετή χωρητικότητα για να φιλοξενήσει την κυκλοφορία.

Κάλυψη των hot-spot κτιρίων από το εσωτερικό, από την πρώτη μέρα

Είναι πραγματικά σημαντικό να υπολογιστούν τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην προσπάθεια για κάλυψη των εσωτερικών χρηστών από εξωτερικό σταθμό: το γεγονός είναι ότι μόνο μερικά hot-spot κτίρια σε μια πόλη μπορούν να υπερφορτώσουν το Macro δίκτυο. Οι χρήστες στο εσωτερικό του κτιρίου θα μπορούσαν να έχουν άψογη εξυπηρέτηση, αλλά το

γεγονός είναι ότι οι Macro σταθμοί βάσης μπορούν να μην διαθέτουν απομείναντες πόρους για να διατηρήσουν την εξυπηρέτηση σε άλλους χρήστες εκτός αυτών των hot-spots κτίρια.

Αυτό μπορεί να μην είναι εμφανής σε ένα Macro δίκτυο UMTS με μόνο ένα μικρό φορτίο της κυκλοφορίας, όπως στο στάδιο ανάπτυξης του δικτύου UMTS. Ωστόσο, μπορεί να γίνει σοβαρό όταν η κίνηση αυξάνεται στο δίκτυο. Μέχρι τότε, θα μπορούσε να είναι πολύ αργά, στο να περιμένετε να αντιμετωπίσετε το UMTS εσωτερικό ζήτημα κάλυψης, καθώς αυτό θα θέσει σε κίνδυνο την αντίληψη των χρηστών του UMTS υπηρεσιών και την ποιότητα του δικτύου. Οι χρήστες ενδέχεται να στραφούν σε άλλους φορείς και η επιχειρησιακή περίπτωση για το δίκτυο θα έχει παραβιαστεί. Ο σχεδιαστής ραδιοδικτύων έχει άμεσο αντίκτυπο στην περίπτωση των επιχειρήσεων για το δίκτυο: είναι μια μεγάλη ευθύνη, που δεν πρέπει να υποτιμηθεί.

1.4 Κοινά λάθη ανοιχτών UMTS

Είναι πολύ δελεαστικό να τοποθετήσετε ένα κοντινό χώρο macro κοντά σε ένα από αυτά τα hot-spot κτίρια, ειδικά όταν προέρχονται από ένα υπόβαθρο σχεδιασμού των ραδιοδικτύων GSM. Συχνά, το αποτέλεσμα είναι ότι η πλευρά του κτιρίου που αντιμετωπίζει ο Macro χώρος θα έχει πραγματικά υψηλό επίπεδο σήματος. Ωστόσο, τελικά μπορεί να είναι ακόμη ορισμένες περιοχές στην αθέατη πλευρά και στο υπόγειο που εξακολουθούν να έχουν ανεπαρκές επίπεδο κάλυψης.

1.4.1 Το Macro λάθος

Το κλασικό παράδειγμα είναι ένα εμπορικό κέντρο: αυτά είναι συνήθως σημαντικά hot-spot κτίρια με πολλούς χρήστες, και, συνεπώς, στην κορυφή της λίστας, όταν έχουν σαν προτεραιότητα το ανοιχτό σχέδιο. Ένας Macro χώρος ακριβώς απέναντι από το εμπορικό κέντρο θα μπορούσε να είναι μια τέλεια λύση. Τυπικά, ο αρχικός φορέας θα συνειδητοποιήσει ότι δεν υπάρχει επαρκή κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους, ειδικά για την υπηρεσία HSPA δεδομένων. Η ικανότητα που απαιτείται στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να υπερβαίνει και τους πόρους για το Macro χώρο, κυρίως λόγω του υψηλού φορτίου ισχύος ανά χρήστη στο εσωτερικό του κτιρίου. Στη συνέχεια, ο χειριστής αντιλαμβάνεται ότι το επόμενο βήμα είναι μια εσωτερική λύση UMTS.

1.4.2 Μην εφαρμόζετε GSM στρατηγικές

Η προσπάθεια να καλυφθεί ένα εμπορικό κέντρο από τον εξωτερικό ιστό Macro είναι δλεαστική, αλλά τότε προκύπτει η GSM περίπτωση: αυτή είναι το πώς το δίκτυο GSM υπήρξε και εξακολουθεί να σχεδιάζεται. Ωστόσο, αυτή η νοοτροπία είναι ακριβή να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ραδιοδικτύων UMTS, γιατί μετά την εφαρμογή του εσωτερικού συστήματος UMTS στο κτίριο, ο χειριστής θα πρέπει τώρα να συνειδητοποιήσει ότι περίπου 60-80% της κίνησης στο εσωτερικό του κτιρίου βρίσκεται σε ομαλή επιστροφή, λόγω του υψηλού σήματος που έρχεται μέσα από το κτίριο από την κοντινή περιοχή Macro, προκαλώντας έλλειψη κυριαρχίας. Αυτό, επίσης, θα υποβαθμίσει σοβαρά την απόδοση HSDPA στο κτίριο λόγω των υψηλών παρεμβολών μεταξύ των κελιών. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί εύκολα για το GSM, με τη χρήση διαφόρων συχνοτήτων, αλλά το UMTS πρέπει να χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα σε όλα τα κελιά. Μπορεί να μπειτε στον πειρασμό να εκχωρήσετε ένα ειδικό κανάλι για την εσωτερική λύση UMTS, αλλά και πάλι αυτό ανήκει στα πλαίσια GSM σχεδιασμό, γιατί με αυτόν τον τρόπο θα έχετε χρησιμοποιήσει ένα τεράστιο μέρος των δυνατοτήτων σας. Συνήθως έχετε μόνο δύο ή τρία κανάλια UMTS στο σύνολο: μια εκχώρηση για το UMTS, μια για HSPA και αν έχετε ένα τρίτο κανάλι αποδίδεται στην εσωτερική λύση, δεν υπάρχει κανένας τρόπος για να αξιοποιήσετε αυτό το κανάλι για τις μελλοντικές ανάγκες χωρητικότητας.

Η καλύτερη λύση στη συνέχεια είναι ο επαναπροσανατολισμός ή η αφαίρεση του τομέα της Macro εντολής που καλύπτει το εμπορικό κέντρο. Ωστόσο, συχνά ο τομέας αυτός θα εξυπηρετήσει άλλα πιο μακρινά κτίρια και περιοχές που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν χωρίς αυτόν τον τομέα. Συχνά, η μόνη έγκυρη λύση είναι να αφαιρέσετε τον τομέα και να αναπτύξετε ένα μικρότερο χώρο στη νέα προβληματική περιοχή έξω από το εμπορικό κέντρο.

1.4.3 Ο σωστός τρόπος για το σχεδιασμό UMTS / HSPA κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους

Ο σωστός τρόπος για να γίνει UMTS εσωτερικό και Macro σχεδιασμό, είναι να σχεδιαστεί το δίκτυο UMTS «από μέσα προς τα έξω» και όχι από έξω προς τα μέσα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στους υψηλής παραγωγικής ικανότητας τομείς, δηλαδή, περιοχές με hot-spot κτίρια. Οι επιχειρηματίες που κάνουν ανοιχτά UMTS πρέπει να συνειδητοποιούν ότι ένα μέρος του κόστους ανοίγματος θα πρέπει να προορίζεται για εσωτερική κάλυψη στα υψηλής επισκεψιμότητας κτίρια. Η ανάπτυξη εσωτερικών συστημάτων σε αυτά τα κτίρια hot spot θα μειώσει πολύ το κόστος και την ταλαιπωρία σε μακροπρόθεσμη βάση .

Αυτό σίγουρα θα είναι η πιο οικονομική στρατηγική, παρέχοντας καλύτερες υπηρεσίες δεδομένων με υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων και υψηλότερη ποιότητα στο δίκτυο.

Καλύτερη Επιχειρηματική Περίπτωση με Εσωτερική UMTS Λύση

Είναι γεγονός ότι το κόστος παραγωγής, όταν εξυπηρετούνται οι χρήστες εντός των hot-spot κτιρίων από τους Macro σταθμούς βάσης είναι πολύ υψηλό, ακόμη και αν η υπηρεσία στο εσωτερικό των hot-spot κτιρίων φαίνεται να είναι τέλεια. Αυτό οφείλεται στη λιγότερο αποτελεσματική σύνδεση RF από το σταθμό βάσης Macro, κυρίως λόγω της υψηλής διαρροής ρεύματος ανά χρήστη που χρησιμοποιεί τη χωρητικότητα του σταθμού βάσης UMTS.

Ανάλογα με το σενάριο, μια μείωση του κόστους έως και 65 % μπορεί να επιτευχθεί καλύπτοντας τους UMTS χρήστες από το εσωτερικό του κτιρίου με εσωτερικά συστήματα κάλυψης, αντί να χρησιμοποιούν σε κοντινή απόσταση Macro σταθμούς βάσης για την παροχή σταθερής κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους.

Δεν είναι ρεαλιστικό να καλυφθεί κάθε κτίριο από το εσωτερικό, αλλά και τα hot-spot κτίρια τουλάχιστον πρέπει να εξεταστούν από το πρωταρχικό ανοιχτό σχέδιο. Τα κτίρια αυτά θα έχουν μεγάλο αντίκτυπο στο Macro επίπεδο. Αν ληφθεί μέριμνα για αυτά, το Macro επίπεδο μπορεί να χρησιμοποιήσει τους δυναμικούς πόρους τους, για να εξυπηρετήσει όλα τα άλλα κτίρια και τις περιοχές, και τα έσοδα του δικτύου θα ενισχυθούν.

Οι περισσότεροι φορείς κάνουν ένα ανοιχτό σχέδιο για το Macro δίκτυο τους με προοπτική λειτουργικότητας τρία έως πέντε έτη: τα πιο σημαντικά κτίρια θα πρέπει να είναι ένα μέρος αυτού του σχεδίου, και αυτό θα προσφέρει την καλύτερη επίδοση και την καλύτερη επιχειρησιακή περίπτωση.

1.5 Τα βασικά του εσωτερικού σχεδιασμού RF

Δεν έχει σημασία ποια είναι η ραδιοδικτυακή υπηρεσία, είτε πρόκειται για GSM, UMTS, HSPA ή άλλες τεχνολογίες, υπάρχουν κάποιες βασικές κατευθυντήριες γραμμές του σχεδιασμού, οι οποίες πρέπει να εφαρμοστούν προκειμένου να σχεδιαστεί μια υψηλής απόδοσης εσωτερική λύση κάλυψης.

1.5.1 Η απομόνωση είναι το κλειδί

Εάν πρέπει να επιλέξετε μία παράμετρο και μια παράμετρο μόνο που καθορίζει πραγματικά τη πιο σημαντική παράμετρος επιτυχίας κατά το σχεδιασμό μιας λύσης IB, αυτή θα πρέπει σαφώς να είναι η «Απομόνωση». Ως απομόνωση ορίζεται η διαφορά μεταξύ του σήματος IB και του εξωτερικού δικτύου, και το αντίστροφο.

Οι χρήστες σε κτίρια με γραφεία είναι συνήθως κοντά στα παράθυρα: επομένως, η κυριαρχία του εσωτερικού συστήματος πρέπει να διατηρείται σε όλο το κτίριο, ακόμη και ακριβώς δίπλα στα παράθυρα.

1.5.2 Φιμέ παράθυρα θα βοηθήσουν στην απομόνωση

Σύγχρονα ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα με ένα στρώμα από λεπτή μεταλλική επικάλυψη θα μετριάσουν το Macro σήμα εξυπηρέτησης του κτιρίου. Αυτό το είδος του παραθύρου θα μετριάσει το σήμα RF από το εξωτερικό δίκτυο, και θα δημιουργήσει την ανάγκη για μία ειδική εσωτερική λύση.

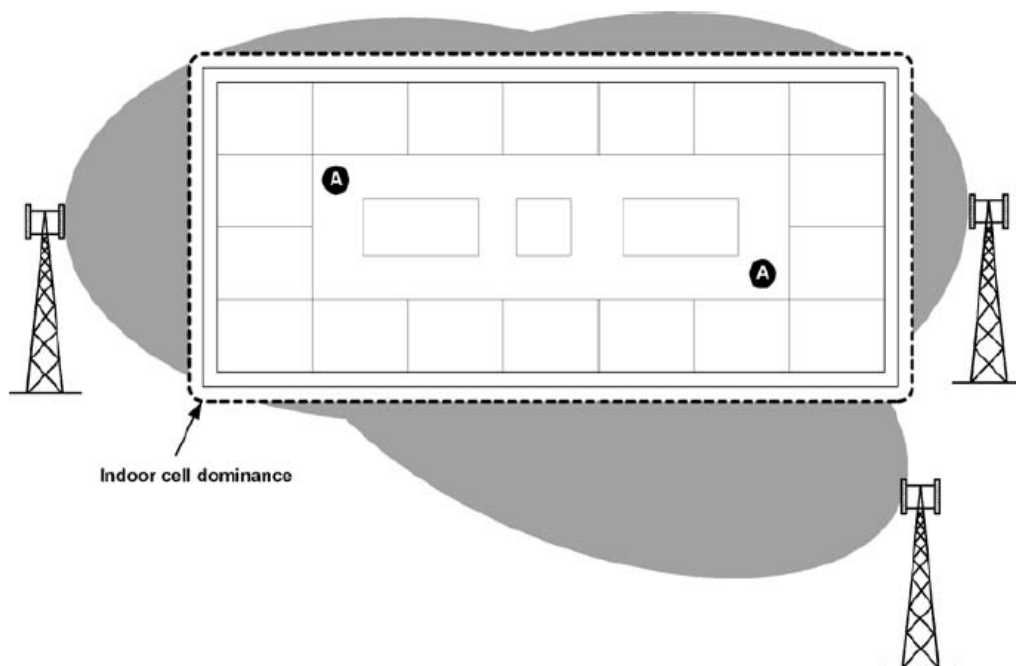
Η θετική παρενέργεια αυτού του «προβλήματος» είναι ότι, όταν το εσωτερικό σύστημα είναι εγκατεστημένο, αυτά τα μεταλλικά επιστρωμένα παράθυρα θα βοηθήσουν πραγματικά στο σχεδιασμό, δίνοντας καλή απομόνωση. Αυτοί οι τύποι των παραθύρων με ένα λεπτό στρώμα μεταλλικού επιχρίσματος θα μετριάσουν τυπικά το σήμα κατά 20 - 40 dB, ανάλογα με τη ραδιοδικτυακή συχνότητα, και τη γωνία πρόσπτωσης του ραδιοσήματος.

Πρόσφατα, νέα είδη παραθύρων χρησιμοποιούνται ή φίλτρα εφαρμόζονται σε υπάρχοντα παράθυρα σε ψηλά κτίρια με γραφεία. Αυτά τα κτίρια είναι εφοδιασμένα με το «γυαλί Wi-Fi-proof». Αυτό αποτρέπει hackers με φορητούς υπολογιστές έξω από την περιοχή του κτιρίου να χρησιμοποιήσουν την υπηρεσία Wi-Fi μέσα από το κτίριο. Αυτό το είδος του παραθύρου ή το φίλτρο εξασθενεί το ραδιοσήμα ακόμη περισσότερο, έως και 50-70 dB.

Αυτό θα βοηθήσει πραγματικά στην παραγωγή ενός καλού εσωτερικού ραδιοδικτυακού σχεδιασμού: αυτά τα παράθυρα, από κοινού με την πρόσοψη αλουμινίου, η οποία είναι τυπική για πολλά σύγχρονα εταιρικά κτίρια, είναι σχετικά εύκολο να υλοποιηθεί, σε σχέση με την απομόνωση (μέχρι που κάποιος ανοίγει ένα παράθυρο ...). Με 40-70 dB απομόνωσης, ακόμη και μια κοντινή θέση Macro θα προστατεύεται αποτελεσματικά, και μπορείτε να βασιστείτε σχετικά στη διανομή από μια κεραία στο εσωτερικό του κτιρίου, όπως φαίνεται στο παράδειγμα στο Σχήμα 1.7, χωρίς διαρροή από το κτίριο προς το εξωτερικό δίκτυο. Το γεγονός αυτό καθιστά εύκολο να σχεδιαστεί η «ζώνη επιστροφής» πολύ κοντά στο κτίριο, έτσι ώστε το εσωτερικό σύστημα να μην εξυπηρετεί εξωτερικούς χρήστες ή να υπάρξει διαρροή παρεμβολών έξω από το κτίριο.

1.5.3 Το «πρόβλημα ανόδου»

Σε μερικά ψηλά κτίρια, συνήθως μεγάλα κτίρια με κανονική παράθυρα (όχι μεταλλική επίστρωση), μπορείτε να βρείτε πολύ υψηλά επίπεδα παρεμβολών από το εξωτερικό Macro δίκτυο: ακόμα και ισχυρά σήματα από απομακρυσμένες βάσεις Macro θα φτάσουν στους εσωτερικούς χρήστες σε εκπληκτικά υψηλά επίπεδα σήματος. Αυτό οφείλεται κυρίως στη χαμηλή (ή καθόλου) εξασθένηση που προκαλούν τα παράθυρα, παρέχοντας μόνον περιορισμένη ή καμία απομόνωση μεταξύ των Macro σταθμών βάσης, καθώς και στην περιοχή στο εσωτερικό του κτιρίου κατά μήκος των παραθύρων.



Σχήμα 1.7 Μια καλά σχεδιασμένη εσωτερική λύση θα είναι κυρίαρχη σε όλο το κτίριο, αλλά δεν θα προσφέρει διαρροή προσβάσιμου σήματος στα δίκτυα που το περιβάλλουν.

Παρά τις φυσικούς παράγοντες, πρέπει να ασφαλιστεί η απομόνωση από το υψηλό επίπεδο υπαίθριο σήμα και την κυριαρχία του εσωτερικού συστήματος κάλυψης σε όλο το κτίριο: πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά η στρατηγική για το σχεδιασμό και την εφαρμογή της λύσης κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους.

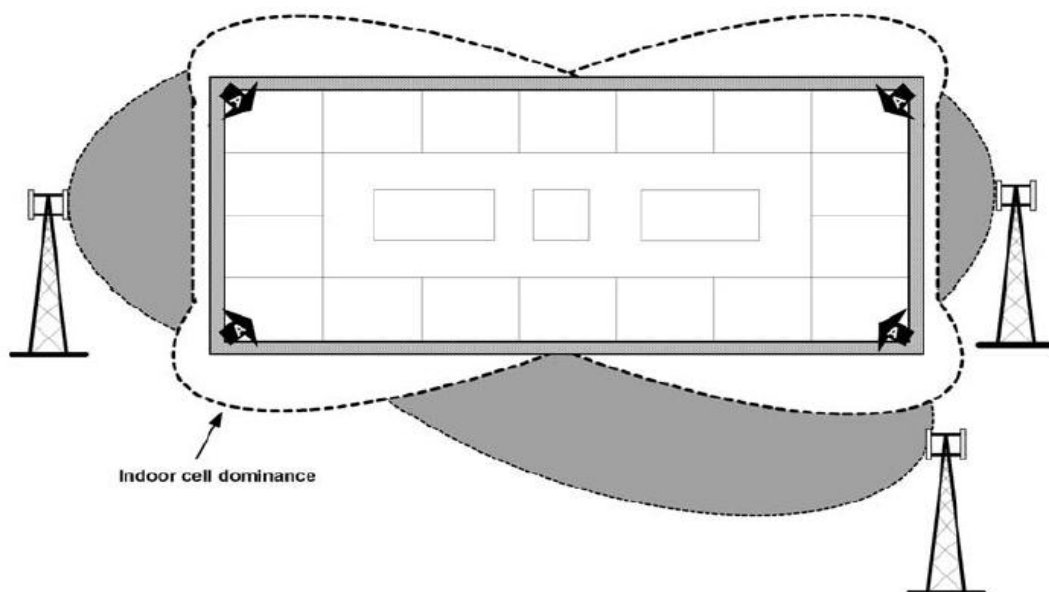
Η παραδοσιακή προσέγγιση θα ήταν να αναπτυχθούν μεμονωμένες κεραίες στα πεζοδρόμια κοντά στον πυρήνα του κτιρίου (όπως στο Σχήμα 1.7), αλλά αυτό μπορεί να προκαλέσει μια ανεπιθύμητη παρενέργεια. Αυτές οι «κεντρικές» μεμονωμένες κεραίες πρέπει να εκπέμπουν υψηλά επίπεδα RF, προκειμένου να αντιμετωπίσουν το υψηλό επίπεδο

σήματος από τους κοντινούς Macro σταθμούς βάσης, και να, επίσης, να καταστήσουν το εσωτερικό κελί κυρίαρχη θέση κατά μήκος των παραθύρων του κτιρίου.

Η ανεπιθύμητη παρενέργεια αυτής της στρατηγικής είναι ότι η υψηλή ισχύ από το εσωτερικό σύστημα θα διαρρεύσει υψηλά επίπεδα σήματος από το εσωτερικό κελί στο Macro δίκτυο, αυξάνοντας το θόρυβο, και υποβαθμίζοντας την ποιότητα και την ικανότητα στο εξωτερικό Macro δίκτυο.

Λύση για το «ανοδικό» πρόβλημα

Η λύση είναι να καταστεί το εσωτερικό κελί το κυρίαρχο κελί σε όλο το κτίριο. το εσωτερικό κελί πρέπει να κυριαρχήσει στη συνολική έκταση στο μήκος των παραθύρων και σε όλη τη διαδρομή μέσα στο κέντρο του κτιρίου, χωρίς να διαρρέει έξω σήμα στο εξωτερικό δίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την δημιουργία κατευθυντήριων κεραιών κατά μήκος των ορίων του κτιρίου, και να κατευθυνθούν προς το κέντρο του κτιρίου (Σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8 Οι πιο ψηλοί όροφοι σε ένα κτίριο θέτουν συγκεκριμένες προκλήσεις στην απομόνωση, λόγω των ισχυρών σημάτων macro. Η λύση είναι να υπάρχει κυριαρχία στα σύνορα της περιμέτρου του κτιρίου, όπως σε αυτό το παράδειγμα που χρησιμοποιούνται κατευθυντήριες κεραιές, τοποθετημένες στις γωνίες του κτιρίου, και στραμμένες προς το κέντρο του κτιρίου.

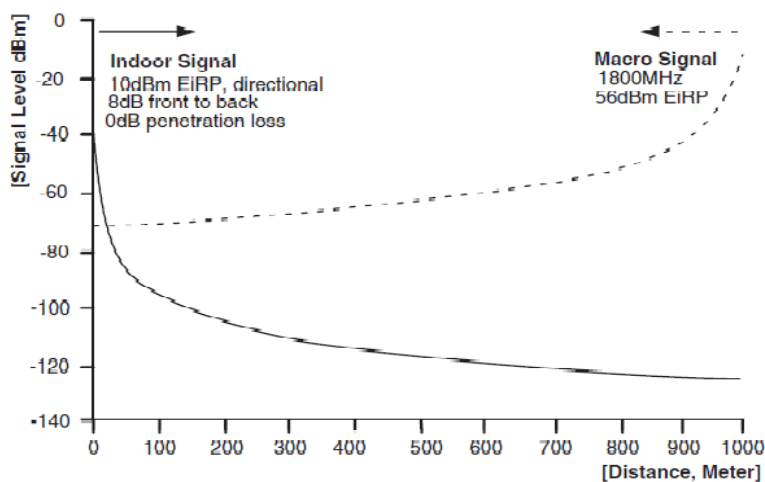
Αυτή η σχεδίαση θα εξασφαλίσει ότι το εσωτερικό σήμα θα είναι ισχυρότερο από ό, τι το εξωτερικό σήμα, ακόμη και με την ύπαρξη πολύ υψηλών σημάτων από τον κοντινό Macro

σταθμό βάσης. Αυτό οφείλεται στην εγγύτητα και εκτός εμβέλειας σήμα του χρήστη από την κοντινή εσωτερική κεραία εξυπηρέτησης. Έτσι, το εσωτερικό κελί είναι κυρίαρχο στα όρια του κτιρίου, και όταν οι κεραίες είναι στραμμένες προς το κέντρο του κτιρίου, το εσωτερικό κελί θα είναι κυρίαρχο σε όλο τον εσωτερικό χώρο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο το εξωτερικό σήμα, όσο και το εσωτερικό σήμα διεισδύουν στην ίδια εσωτερική διαδρομή του σήματος, έτσι ώστε η απομόνωση μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού σήματος θα βρίσκεται στο κέντρο του κτιρίου.

Σχέδιο για τέλεια απομόνωση

Το πόσο αποτελεσματική είναι η στρατηγική «γωνιακής κεραίας», παρουσιάζεται στην προσομοίωση στο Σχήμα 1.9. Το γράφημα δείχνει πόσο αποτελεσματική μπορεί να είναι η λύση όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση των κατευθυντικών κεραιών προς το κέντρο του κτιρίου.

Αυτό είναι μια προσομοίωση, με τις εσωτερικές κατευθυντικές κεραίες να τοποθετούνται σε συγκεκριμένο ελεύθερο χώρο, έχοντας μόνο την από μπροστά προς τα πίσω απομόνωση της κεραίας, 8 dB. Σε μια πραγματική εγκατάσταση, οι κεραίες θα πρέπει να τοποθετηθούν σε γωνία ή πυλώνα επί του εξωτερικού τοιχώματος, πάνω από το παράθυρο, έτσι ώστε η από μπροστά προς τα πίσω αναλογία απομόνωσης να είναι 5-20 dB καλύτερη. Σε κάθε περίπτωση, είναι σαφές ότι αυτό είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για να πραγματοποιηθεί εσωτερική κυριαρχία, ακόμη και σε κτίρια με μικρή απώλεια διείσδυσης, καθώς και σε κτίρια με υψηλά σήματα από το εξωτερικό δίκτυο.



Σχήμα 1.9. Το γράφημα δείχνει πόσο αποτελεσματική μπορεί να είναι η λύση, όταν χρησιμοποιείτε η προσέγγιση των κατευθυντικών κεραιών προς το κέντρο του κτιρίου.

Η εγκατάσταση είναι μια πρόκληση

Τοποθετώντας κεραίες στις γωνίες κατευθυνόμενες προς το κέντρο του κτιρίου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.8 μπορεί να προσφερθεί μια τέλεια λύση σχεδιασμού ραδιοδικτύων στο «ανοδικό πρόβλημα», αλλά πρακτικά παραμένει μια πρόκληση: η εγκατάσταση κεραιών σε αυτή την τοποθεσία μπορεί να είναι ένα ζήτημα. Ειδικότερα, η επίτευξη της εγκατάστασης των καλωδίων σε αυτές τις «περιμετρικές» κεραίες μπορεί να είναι ένα πρόβλημα, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται παθητικά καταναμημένα συστήματα κεραιών, που βασίζονται σε άκαμπτα παθητική καλώδια. Μπορεί να είναι δύσκολο να βρεθεί μια κατάλληλη διαδρομή καλωδίου, και μπορεί να καταλήξει σε μια ακριβή εγκατάσταση, αλλά η χρήση ενεργά καταναμημένων συστημάτων κεραιών, που θα στηρίζονται σε λεπτή καλωδιακή υποδομή, είναι ένα πιθανή λύση στο πρόβλημα (βλ. Ενότητα 2.4.2).

Ποιο είναι το επίπεδο της απομόνωσης που απαιτείται;

Είναι γνωστό πλέον ότι η κύρια παράμετρος στον σχεδιασμό εσωτερικών ραδιοδικτύων είναι η απομόνωση του Macro επιπέδου, αλλά πόση απομόνωση χρειάζεται στην πραγματικότητα;

GSM (Global System for Mobile communications)

Το σύστημα GSM θα είναι λιγότερο περιορισμένο σχετικά με το ζήτημα της απομόνωσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι διαφορετικές συχνότητες έχουν οριστεί για τα εσωτερική και εξωτερική κελιά. Ωστόσο, η απομόνωση είναι ακόμα σημαντική, ειδικά κατά το σχεδιασμό λύσεων εσωτερικών χώρων σε πολυώροφα κτίρια υψηλής με Macro δίκτυα υψηλής χωρητικότητας. Αυτό είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα σε πόλεις: σε αυτές τις περιοχές θα πρέπει να αντιμετωπιστεί το γεγονός ότι οι εσωτερικές συχνότητες μπορεί να είναι σε χρήση ακόμη και από γειτονικές περιοχές Macro. Κατά το σχεδιασμό φωνητικών GSM, η απομόνωση του συνεργαζόμενου καναλιού πρέπει να είναι περισσότερη από 11 dB, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα – στην πραγματικότητα αυτό είναι μια θεωρία, καθώς εξαρτάται κατά πολύ από το πραγματικό εξασθενείς περιβάλλον, έτσι ώστε γίνεται σκόπιμο να προστεθεί ένα περιθώριο 6-10 dB. Κατά τον σχεδιασμό για GSM δεδομένα, EDGE MCS-6 (Enhanced Data Rates for GSM Evolution- Modulation and Coding Scheme-6/ Ενισχυμένες ταχύτητες εξέλιξης δεδομένων για GSM- Σχέδιο διαμόρφωσης και

κωδικοποίησης-6), θα χρειαστεί η απομόνωση ενός συνεργαζόμενου καναλιού άνω των 17 dB συν ένα περιθώριο.

Επίσης, για το GSM, η κυριαρχία είναι μια ανησυχία, προκειμένου να διευκολυνθεί η βελτιστοποίηση, και να αποφευχθούν οι «αμφίδρομες επιστροφές», όπου οι χρήστες εναλλάσσονται μεταξύ των εξωτερικών και εσωτερικών κελιών. Ακόμη και με τέλεια Rx-Qual (αυτή είναι μια ακέραια τιμή, η οποία μπορεί να είναι μεταξύ 0 και 7 και αντανακλά την ποιότητα της φωνής. 0 είναι η καλύτερη ποιότητα, 7 είναι η χειρότερη) η αντιληπτή ποιότητα του χρήστη κατά τη διάρκεια της «αμφίδρομης» επιστροφής είναι υποβαθμισμένη. Αυτό οφείλεται στο «κλέψιμο των bit» του καναλιού κυκλοφορίας, προκειμένου να εκτελεστεί γρήγορη σηματοδότηση για τη GSM επιστροφή. Αυτό συχνά οδηγεί σε εκρήξεις των αριθμών των «κλικ» στον ήχο της κλήσης, υποβαθμίζοντας της ποιότητας της φωνής.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)/ HSPA (High Speed Packet Access)

Όπως γνωρίζετε , στο UMTS, όλοι οι χρήστες χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι RF , και προκειμένου να διατηρηθεί ο σύνδεσμος, όταν δύο ή περισσότερα κελιά εξυπηρέτησης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο σήματος, το κινητό εισέρχεται σε ομαλή επιστροφή, φορτώνοντας περισσότερους από έναν συνδέσμους και καταλαμβάνει πόρους σε διάφορα στοιχεία και επαφές του δικτύου. Εάν δεν υπάρχει κυρίαρχο εσωτερικό σύστημα κάλυψης, τότε συνήθως δύο ή τρεις σταθμοί βάσης θα εξυπηρετήσουν ένα χρήστη μέσα σε ένα αστικό κτίριο. Ακόμη και η εφαρμογή εσωτερικών λύσεων, θα χρειαστεί να γίνει σίγουρο ότι τα κινητά τηλέφωνα στο εσωτερικό του κτιρίου θα εξυπηρετούνται μόνο από τον εσωτερικό σταθμό βάσης

Θα πρέπει να είναι σίγουρο ότι ο σταθμός βάσης είναι κυρίαρχος σε όλο το κτίριο: λιγότερη επικράτηση, μεγαλύτερη πιθανότητα ύπαρξης ομαλής επιστροφής. Ως γενική κατευθυντήρια γραμμή , θα πρέπει να καταστεί το εσωτερικό κελί 10-15 dB πιο ισχυρό στο εσωτερικό του κτιρίου, από οποιοδήποτε εξωτερικό Macro σήμα. Ωστόσο, αυτό είναι μια λεπτή ισορροπία. Θα πρέπει να σχεδιαστεί η εσωτερική λύση, προκειμένου να γίνει βέβαιο ότι το εσωτερικό σύστημα δεν διαρρέει πάρα πολύ σήμα έξω από το κτίριο, «σπρώχνοντας» με αυτό τον τρόπο την ομαλή ζώνη επιστροφής έξω από το κτίριο.

Ευτυχώς ο μοντέρνος σχεδιασμός κτιρίων θα βοηθήσει, με τους επενδυμένους με αλουμίνιο εξωτερικούς τοίχους, τα μεταλλικά λεπτού υμένιου παράθυρα, κλπ. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στα κτίρια έχουν εγκατασταθεί « WLAN- proof παράθυρα» προκειμένου να

προστατευθεί το σύστημα IT (Information Technology) εντός του κτιρίου από τους hackers έξω, προσπαθώντας να κλειδώσει το σήμα Wi-Fi. Εξασθένιση πάνω από 50 dB είναι ένα γεγονός σε πολλές περιπτώσεις.

Ωστόσο, πρώτα απ' όλα θα πρέπει να εφαρμοστεί πραγματικά καλός προγραμματισμός ραδιοδικτύων κατά το σχεδιασμό εσωτερικών συστημάτων κάλυψης UMTS. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν γωνιακά εγκατεστημένες κεραιές για να ξεπεραστεί το ανοδικό πρόβλημα και να διανείμει περισσότερες κεραιές στο εσωτερικό του κτιρίου, να ακτινοβολεί χαμηλότερη ισχύ, ώστε να επιτευχθεί ένα καλό ομοιόμορφο επίπεδο σήματος. Θα πρέπει να αποφευχθούν οποιεσδήποτε «καυτές» κεραιές, δηλαδή κεραιές που ακτινοβολούν πολύ υψηλή ισχύ (όσον αφορά την πρόσβαση των 25-30 dBm) για την κάλυψη μεγάλων εσωτερικών χώρων. Αυτές οι «καυτές» κεραιές θα προκαλέσουν συχνά περισσότερα προβλήματα από ότι λύσεις, κυρίως λόγω διαρροής από το κτίριο στο κοντινό δίκτυο Macro, αυξάνοντας το φορτίο του θορύβου σε κοντινούς σταθμούς βάσης και εξουτελισμό της χωρητικότητας.

1.5.4 Ποιότητα ραδιοδικτυακής εξυπηρέτησης

Η απόδοση της κάθε ραδιοζεύξης, περιλαμβανομένων των GSM, UMTS και HSPA, δεν έχει σχέση με το απόλυτο επίπεδο σήματος, αλλά μάλλον με την ποιότητα του σήματος. Αυτό είναι περιγράφεται ως σήμα- προς- θόρυβο αναλογία (SNR- Signal-to-noise), και όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία μεταξύ του επιθυμητού σήματος- το σήμα από το εσωτερικό κελί εξυπηρέτησης- και το θόρυβο - τα ανεπιθύμητα σήματα από Macro επίπεδο – τόσο καλύτερη απόδοση σύνδεσης θα έχει και θα είναι υψηλότερο το ποσοστό των δεδομένων που μπορούν να μεταφερθούν με τις ραδιοζεύξεις.

Ένας καλός σχεδιαστής ραδιοδικτύων, ο οποίος κάνει εσωτερικές λύσεις κάλυψης, θα προσπαθήσει να πετύχει ότι ο σχεδιασμός προσφέρει το την υψηλότερη απομόνωση από το εξωτερικό δίκτυο. Αν και είναι δελεαστικό μερικές περιοχές του κτιρίου να εξυπηρετούνται από το Macro επίπεδο, στις περιοχές όπου η κάλυψη Macro είναι ισχυρή, ωστόσο, αυτός ο πειρασμός θα πρέπει να αποφεύγεται αν είναι δυνατό: θα έχει σαν αποτέλεσμα για 3G να προκύψουν μεγάλες περιοχές του μεγάλης επιστροφής και μεγάλες περιοχές υποβαθμισμένη επίδοση HSPA.

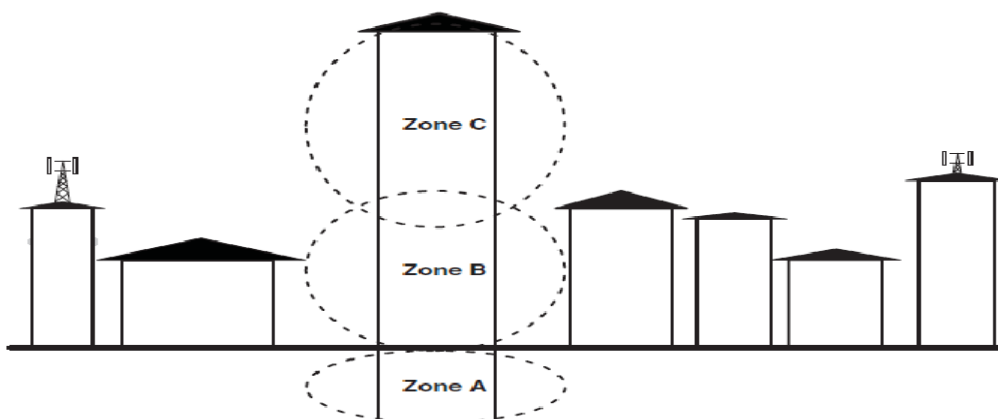
1.5.5 Εσωτερικά επίπεδα σχεδιασμού RF

Συχνά οι χειριστές χρησιμοποιούν μόνο ένα επίπεδο σχεδιασμού για εσωτερική κάλυψη. Ωστόσο, όπως είναι γνωστό, η διακίνηση και η ποιότητα των δεδομένων του ραδιοδικτυακού σήματος εξαρτάται από την SNR, και όχι από το απόλυτο σήματος επίπεδο. Πώς επηρεάζει αυτό το σχεδιασμό ραδιοδικτύων για εσωτερικά συστήματα;

Όπως είναι γνωστό, η απομόνωση παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του εσωτερικού συστήματος. Συνεπώς, το πραγματικό επίπεδο του σχεδιασμού για το σήμα του εσωτερικού συστήματος πρέπει να προσαρμόζεται στο συγκεκριμένο κτίριο, στην υπάρχουσα κάλυψη Macro στο εσωτερικό του κτιρίου και στην απομόνωση του κτιρίου. Η χρήση περισσότερων από έναν επιπέδων σχεδιασμού στην εσωτερική διαδικασία σχεδιασμού θα βοηθήσει επίσης στη διαβεβαίωση της επιχειρησιακής περίπτωσης. Είναι πολύ ακριβό να παρεχθεί πολύ υψηλού επιπέδου κάλυψη σε περιοχές του κτιρίου, όπου δεν είναι απαραίτητη.

1.5.6 Η έννοια Σχεδιασμού Ζώνης

Η ουσία είναι να μην επικεντρωθεί ο σχεδιασμός στο απόλυτο επίπεδο του σήματος, και να μην χρησιμοποιηθεί μόνο ένα επίπεδο σχεδιασμού. Το επίπεδο του σχεδιασμού θα πρέπει να προσαρμοστεί το πρακτικό έργο. Στην πράξη, μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν δύο ή τρία διαφορετικά επίπεδα σχεδιασμού στο ίδιο κτίριο, πράγμα που εξαρτάται από τη αρχική υπάρχουσα κάλυψη από τις γύρω περιοχές Macro. Ένα παράδειγμα για να περιγράψει την ανάγκη για προσαρμογή του επιπέδου σχεδιασμού είναι εμφανής στο τυπικό πολυώροφο κτίριο του σχήματος 1.10.



Σχήμα 1.10 Λόγω των διαφορετικών επιπέδων παρέμβασης στο εσωτερικό του κτιρίου, είναι συνετό να προσαρμοστούν ανάλογα τα επίπεδα σχεδιασμού, διαιρώντας το κτίριο σε διαφορετικές ζώνες, κάθε ζώνη έχει ξεχωριστό επίπεδο σχεδιασμού: αυτό μπορεί να μειώσει το κόστος και να διατηρήσει την απόδοση RF.

Χωρίστε το κτίριο σε διαφορετικές ζώνες σχεδιασμού

Για ένα ψηλό κτίριο, όπως το παράδειγμα στο Σχήμα 1.10 , μπορεί να διαιρεθεί συνήθως το κτίριο σε τρεις διαφορετικές ζώνες σχεδιασμού, κάθε ζώνη έχει ειδική αντιμετώπιση και ο σχεδιαστικές απαιτήσεις.

Ζώνη A: Περιορισμένης κάλυψης περιοχή

Η απομόνωση στο εξωτερικό δίκτυο σε αυτό το μέρος του κτιρίου είναι πραγματικά καλό. Η τυπική απομόνωση είναι καλύτερη από 70-80 dB και το επίπεδο του σχεδιασμού για το εσωτερικό κελί μπορεί να είναι σχετικά χαμηλό, επειδή δεν χρειάζεται να υπολογιστεί η Macro παρεμβολή στην απόδοση.

Το επίπεδο κάλυψης για το εσωτερικό κελί και το επίπεδο θορύβου του εσωτερικού κελιού είναι οι κύριοι παράγοντες καθοδήγησης. Ένα τμήμα της ζώνης A που χρειάζεται προσεκτική εξέταση είναι η είσοδος και η έξοδος του κτιρίου , αν η Ζώνη A περιλαμβάνει υπόγειο χώρο στάθμευσης. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί επαρκές επίπεδο επιστροφής, και επιτρεπτός χρόνος για τους χρήστες που εισέρχονται και εξέρχονται από το κτίριο. Τα τυπικά επίπεδα σχεδιασμού για τη ζώνη A είναι:

- 85 dBm για το επίπεδο GSM BCCH (Broadcast control channel).
- 90 dBm για το επίπεδο UMTS CPICH (Common pilot channel).

Ζώνη B: Περιορισμένης κάλυψης και παρεμβολής περιοχή

Αυτό το μεσαίο μέρος του κτιρίου εξυπηρετείται συχνά από τα κοντινά Macro κελιά. Το κτίριο είναι σε κάποιο βαθμό απομονωμένο από τις παρεμβολές που προέρχονται από απομακρυσμένες περιοχές Macro, από τα γειτονικά κτίρια. Κατά το σχεδιασμό κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους για τη ζώνη B, θα πρέπει να ξεπεραστούν σχετικά χαμηλές παρεμβολές που προέρχονται από απομακρυσμένες περιοχές Macro, και να διασφαλιστεί ότι το εσωτερικό κελί θα είναι ο κυρίαρχος διακομιστής, εξουδετερώνοντας την κάλυψη από τα Macro κελιά, που επί του παρόντος καλύπτουν αυτόν τον τομέα. Τυπικά είναι απαραίτητο ένα μέσο επίπεδο σήματος, για να παρεχθεί επαρκή κυριαρχία/ απομόνωση, προκειμένου να αποφευχθεί αμφίδρομη επιστροφή (GSM) και να περιοριστούν ομαλές ζώνες επιστροφής (UMTS). \

Θα πρέπει να είστε προσεκτικοί με τη διαρροή από τη ζώνη B , και να βεβαιωθείτε ότι το εσωτερικό σύστημα DAS (Distributed antenna system –Καταναμημένο σύστημα κεραίας) δεν εξυπηρετεί υπαίθριους χρήστες που βρίσκονται κοντά, πεζούς κτίριο ή αυτοκίνητα. Χαρακτηριστικά σχεδιαστικά επίπεδα για τη ζώνη B είναι:

- 70 dBm για το επίπεδο GSM KEE.
- 80 dBm για το επίπεδο CPICH UMTS.

Ζώνη Γ: Περιορισμένης παρεμβολής περιοχή

Το ανώτερο τμήμα του ψηλού κτιρίου είναι συνήθως πάνω από το τοπικό επίπεδο των γειτονικών κτιρίων. Οι χρήστες κατά μήκος της περιμέτρου του κτιρίου στα παράθυρα θα έχουν σαφής διεπαφή σε πολλές απομακρυσμένες περιοχές Macro . Αυτοί οι μακρινοί σταθμοί βάσης θα προκαλέσουν συνεργατικές παρεμβολές και όλα τα συνήθη ανοδικά προβλήματα. Προκειμένου να ξεπεραστεί το υψηλό επίπεδο θορύβου και η πιλοτική ρύπανση που προκαλούνται από τα ανεπιθύμητα σήματα από όλες τις απομακρυσμένες περιοχές Macro, χρειάζεται ένα υψηλό επίπεδο σχεδιασμού.

Οι παρεμβολές και η πιλοτική ρύπανση μπορεί να έρθουν ακόμη και από πολύ απομακρυσμένες περιοχές Macro, μέχρι 10-20 χιλιόμετρα μακριά , και ως εκ τούτου τα κελιά αυτά θα είναι αδύνατο να προβλεφθούν όσον αφορά τη συχνότητα και τον κώδικα μέσα το κτίριο. Η παρεμβολή έχει μια παρενέργεια: χωρίς εσωτερικό σύστημα τα κινητά τηλέφωνα θα λειτουργούν με μια υψηλή συνδυαστική ενέργεια, προκειμένου να ξεπεράσουν τις υψηλές παρεμβολές στο σταθμό βάσης, ειδικά όταν συνδέονται με μακρινούς, ακούσιους διακομιστές. Αυτό θα δημιουργήσει αύξηση θορύβου στο Macro δίκτυο και στο εσωτερικό κελί, υποβαθμίζοντας την χωρητικότητα και την υπηρεσία δεδομένων για το UMTS/ HSPA, και υποβαθμίζοντας την ποιότητα στο Macro σταθμό βάσης. Η υψηλή μετάδοση ρεύματος από το κινητό θα εκθέσει επίσης τον εσωτερικό χρήστη σε υψηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας.

Τυπικά, οι χρήστες θα βιώσουν υψηλό επίπεδο σήματος στην οθόνη του κινητού, αλλά θα υποστούν υποβαθμισμένες υπηρεσίες, κακή ποιότητα φωνής, μειωμένη υπηρεσία δεδομένων, διακοπή κλήσεων ή ακόμα και παντελής έλλειψη της υπηρεσίας, λόγω του υψηλού επιπέδου παρεμβολής. Χαρακτηριστικά επίπεδα σχεδιασμού για τη ζώνη C είναι:

- 60 dBm για το επίπεδο GSM KE .
- 70 dBm για το επίπεδο CPICH UMT .

Χρειάζεται προσοχή με τη διαρροή από τη Ζώνη C

Ωστόσο, σε ακραίες περιπτώσεις , θα πρέπει να υπάρξει σχεδιασμός για ακόμη υψηλότερα επίπεδα σήματος από το εσωτερικό σύστημα. Πρέπει πάντα να δίνεται προσοχή κατά το σχεδιασμό ραδιοδικτύων στη ζώνη C και αποφεύγεται η διαρροή υπερβολικής ισχύς από το κτίριο. Πρέπει να γίνει χρήση γωνιακά τοποθετημένων κεραιών, οι οποίες να είναι στραμμένες προς τον πυρήνα του κτιρίου, και να γίνεται χρήση χαμηλής προς μέσης ισχύος κεραιών ομοιόμορφα κατανεμημένων σε όλη την ζώνη C. Δεν πρέπει η εκπεμπόμενη ισχύς να είναι άνω των 15-20 dBm στη ζώνη C , καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει υπερβολική διαρροή στο δίκτυο Macro, και εξευτελισμό της απόδοσης και της χωρητικότητας.

Πέρα από τη ζώνη C

Για τα πολύ ψηλά κτίρια , υπάρχει πράγματι μια ζώνη D. Στη ζώνη αυτή η παρεμβολή από το εξωτερικό δίκτυο αρχίζει να μειώνεται. Ωστόσο, θα πρέπει ακόμα να είστε προσεκτικοί σχετικά με τη διαρροή από το κτίριο στη ζώνη D.

Κεφάλαιο 2

2. Κατανεμημένα συστήματα κεραιών

Το μάθημα που πήραμε από το κεφάλαιο 1.5 είναι σαφές: θα πρέπει να καταναίμετε ένα ενιαίο κυρίαρχο σήμα στο εσωτερικό του κτιρίου, από το εσωτερικό κελί, χρησιμοποιώντας εσωτερικές κεραιές, προκειμένου να παράσχετε επαρκή κάλυψη και κυριαρχία. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να διαχωρίσετε το σήμα από το εσωτερικό σταθμό βάσης σε διάφορες κεραιές σε όλη το εσωτερικό του κτιρίου.

Ιδανικά αυτές κεραιές-σημεία θα πρέπει να λειτουργούν περίπου στο ίδιο επίπεδο ισχύος, και να έχουν την ίδια απώλεια θορύβου στο uplink του σταθμού βάσης εξυπηρέτησης. Το κίνητρο για το ομοιόμορφα κατανεμημένο επίπεδο κάλυψης για όλες τις κεραιές στο κτίριο είναι το γεγονός ότι όλες οι κεραιές θα πρέπει να λειτουργούν στο ίδιο κελί, το οποίο ελέγχεται από την ίδια ρύθμιση παραμέτρων. Στην πράξη το παθητικό DAS δεν θα παρέχει συχνά ένα ενιαίο σχέδιο σε όλες τις κεραιές μπορεί να έχετε μία κεραιά με 10 dB απώλεια από το σταθμό βάσης, και στο ίδιο κελί μια κεραιά με 45 dB απώλεια από το σταθμό βάσης, και η πραγματική ρύθμιση παραμέτρων για τον έλεγχο της επιστροφής του, κλπ. στο σταθμό βάσης μπορεί να μην είναι σε θέση να παρέχει προμήθεια και για τα δύο σενάρια. Επομένως, η ομοιόμορφη απόδοση σε όλο το κατανεμημένο σύστημα κεραιάς είναι μια βασική παράμετρος για την βελτιστοποίηση της απόδοσης του εσωτερικού συστήματος κάλυψης.

2.1 Τι τύπος κατανεμημένου συστήματος κεραιάς είναι καλύτερος;

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις για το πώς μπορείτε να σχεδιάσετε ένα εσωτερικό σύστημα κάλυψης με ομοιόμορφο κατανεμημένο επίπεδο κάλυψης: η παθητική διανομή, η ενεργητική διανομή, οι υβριδικές λύσεις, οι επαναλήπτες ή ακόμη και τα κατανεμημένα μικρό-κελιά στο κτίριο. Κάθε μία από αυτές τις προσεγγίσεις έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της, και εξαρτώνται με την πρακτική εργασία που προωθήθηκε. Μια σχεδιαστική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι τέλεια για ένα συγκεκριμένο έργο, αλλά μια πολύ κακή επιλογή για το επόμενο έργο - όλα εξαρτώνται από το κτίριο, τις απαιτήσεις σχεδιασμού για το τρέχον έργο, και τις μελλοντικές ανάγκες που θα προκύψουν στο κτίριο.

Βλέποντας καθαρά ένα διορατικό σχεδιασμό ραδιοδικτύων, θα πρέπει να επιλέξετε ιδανικά το σύστημα που μπορεί να προσφέρει την περισσότερη downlink ενέργεια στα

σημεία κεραίας και το λιγότερο φορτίο θορύβου και την απώλεια για το uplink του σταθμού βάσης, και ταυτόχρονα να παρέχει ομοιόμορφη κάλυψη και καλή απομόνωση στο Macro δίκτυο. Στην κορυφή των απαιτήσεων του σχεδιασμού ραδιοδικτύων, άλλες παράμετροι, όπως ο χρόνος και το κόστος εγκατάστασης, η επιτήρηση και η αναβάθμιση παίζουν σημαντικό ρόλο. Στην πράξη, οι απαιτήσεις εξυπηρέτησης και ο συνδυαστικός προϋπολογισμός (Link Budget- βλ. Ενότητα 4.1.3) θα υπαγορεύσουν πόσο μεγάλη απώλεια και θόρυβο που μπορείτε να αντέξετε οικονομικά, ώστε να εξακολουθήσετε να προσαρμόζετε το επίπεδο των υπηρεσιών στο εσωτερικό του κτιρίου που σχεδιάζετε.

2.1.1 Παθητικό ή ενεργητικό DAS

Έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς παραδοσιακά παθητικά καταναμημένα συστήματα κεραιών για το GSM τα τελευταία 15 χρόνια. Επομένως, πολλοί σχεδιαστές ραδιοδικτύων θα δουν αυτά ως την πρώτη επιλογή για το σχεδιασμό κάλυψης εσωτερικών χώρων για 3G συστήματα. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι, για το UMTS και ειδικά για το HSPA, ενεργητικά καταναμημένα συστήματα κεραιών συχνά θα δώσουν την καλύτερη απόδοση στη ραδιοδικτυακή σύνδεση και τις υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων. Το κύριο ανατρεπτικό φαινόμενο από τα παθητικά συστήματα είναι οι υψηλές απώλειες, οι οποίες υποβαθμίζουν το επίπεδο ισχύος στα σημεία της κεραίας και αυξάνουν το θόρυβο στο σταθμό βάσης στις υψηλότερες συχνότητες που χρησιμοποιούνται για το UMTS / HSPA. Τα UMTS και HSPA μπορούν να εκτελούν πολύ υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, αλλά μόνο αν η ποιότητα ραδιοζεύξης είναι επαρκής, και τα παθητικά συστήματα σε μεγάλο βαθμό θα συμβιβάσουν την απόδοσή τους.

Μια άλλη μεγάλη ανησυχία σχετικά με τα παθητικά καταναμημένα συστήματα κεραίας είναι η έλλειψη εποπτείας. Αν ένα καλώδιο έχει αποσυνδεθεί, ο σταθμός βάσης δεν θα σημάνει κανένα συναγερμό τάσης στάσιμου ραδιοκύματος (VSWR- voltage standing wave radio), λόγω της μεγάλης απώλειας επιστροφής μέσω του καταναμημένου παθητικού συστήματος κεραίας. Τα καταναμημένα εσωτερικά συστήματα κεραιών εφαρμόζονται στα πιο σημαντικά κτίρια, τα οποία εξυπηρετούν τους πιο σημαντικούς χρήστες, και δημιουργούν έσοδα στο δίκτυο. Σίγουρα θα προτιμούσατε να έχετε την εποπτεία όλων των προβλημάτων στο σύστημα DAS.

Από την άλλη πλευρά τα παθητικά συστήματα είναι σχετικά εύκολο να σχεδιαστούν: αν τα εξαρτήματα και τα καλώδια είναι άκαμπτα και σταθερά, οι φυσικοί έχουν εγκατασταθεί σωστά. Τα παθητικά συστήματα διανομής μπορούν να εγκατασταθούν σε πραγματικά

αντίξοες συνθήκες, σε υγρές και με σκόνη εγκαταστάσεις παραγωγής, σε σήραγγες, κ.α., χώροι όπου τα ενεργητικά συστατικά εύκολα θα αποτύχουν, αν δεν προστατεύονται από το σκληρό περιβάλλον. Τα παθητικά συστήματα κατανομής μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να εκτελούν υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, ακόμη και για εσωτερική HSPA λύσεις- αλλά μόνο για σχετικά μικρά κτίρια. Σε αυτά τα έργα μπορείτε να σχεδιάσετε παθητικά καταναμημένα συστήματα με χαμηλή απώλεια.

2.1.2 Μάθετε να χρησιμοποιήσετε όλα τα εσωτερικά εργαλεία

Είναι σημαντικό ότι ο σχεδιαστής ραδιοδικτύων πρέπει να ξέρει τα βασικά του συνόλου των διαφόρων τύπων των εσωτερικών καταναμημένων λύσεων κάλυψης. Σε πολλά σχέδια, η καλύτερη λύση θα είναι ένας συνδυασμός των διαφόρων ειδών των μηχανημάτων διανομής. Ένας καλός εσωτερικός ραδιοδικτυακός σχεδιασμός έχει να κάνει αποκλειστικά με μια καλά εξοπλισμένη εργαλειοθήκη: όσο περισσότερα εργαλεία έχετε στην εργαλειοθήκη σας, τόσο πιο εύκολο είναι να κάνετε ένα τέλειο σχεδιασμό για εσωτερική λύση. Έχοντας μόνο ένα σφυρί, αυτό μπορεί να λύσει πολλά προβλήματα, αλλά μόνο με ένα σφυρί στην εργαλειοθήκη σας θα περιορίσετε τις δυνατότητες σας. Αν γνωρίζετε μόνο για τη παθητική κατανομή, θα πρέπει να μάθετε και για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της ενεργητικής διανομής, για τους αναμεταδότες και τα μικρά κελιά. Αυτό θα σας βοηθήσει να σχεδιάσετε υψηλής απόδοσης εσωτερικά καταναμημένα συστήματα κάλυψης, τα οποία θα είναι μια μελλοντική απόδειξη και θα μπορούν να υλοποιήσουν μια σταθερή επιχειρηματική περίπτωση.

2.1.3 Συνδυάζοντας τα εργαλεία

Ο σχεδιασμός ραδιοδικτύων εσωτερικών χώρων δεν πρέπει να γίνεται, χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση μόνο. Μάθετε τα υπέρ και τα κατά όλων των διαφόρων τρόπων σχεδιασμού κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους, και έπειτα θα ξέρετε ποια είναι η καλύτερη προσέγγιση για τον χειρόγραφο σχεδιασμό. Συχνά, η καλύτερη προσέγγιση θα είναι ένας συνδυασμός διαφορετικών τύπων λύσεων.

2.2 Παθητικά συστατικά

Πριν ξεκινήσετε την εξερεύνηση του σχεδιασμού των παθητικών καταναμημένων συστημάτων κεραιών, θα πρέπει να έχετε μια καλή κατανόηση της λειτουργίας και της

χρήσης του πιο κοινού τύπου παθητικών συστατικών, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό των εσωτερικών παθητικών καταναμημένων συστημάτων κεραιών.

2.2.1 Γενικά

Μέσα στα κτίρια πρέπει να πληρούνται εσωτερικές κατευθυντήριες γραμμές και κώδικες που θα ισχύουν μόνο για το συγκεκριμένο κτίριο. Σε γενικές γραμμές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται CFC ανθεκτικά στη φωτιά καλώδια και συστατικά.

Να γνωρίζετε πολύ καλά πώς να ελαχιστοποιήσετε τυχόν PIM (passive intermodulation-παθητική ενδοδιαμόρφωση) προβλήματα. Επίσης να βεβαιωθείτε ότι τα συστατικά που χρησιμοποιούνται πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές, ιδίως κατά το σχεδιασμό υψηλής ισχύος παθητικών καταναμημένων συστημάτων κεραιών. Η επίδραση του συνδυασμού πολλών μεταφορέων υψηλής ισχύος στο ίδιο καταναμημένο παθητικό σύστημα κεραιάς, χρησιμοποιώντας υψηλής ισχύος σταθμούς βάσης θα παράγει μια υψηλής ισχύος πυκνότητα στους διαχωριστές και τα συστατικά κοντά στους σταθμούς βάσης. Χρησιμοποιήστε μόνο ποιοτικά παθητικά στοιχεία που μπορούν να καλύψουν τη PIM και τις απαιτήσεις της ισχύος, 130 dBc ή καλύτερα συγκεκριμένα συστατικά (βλ. Ενότητα 1.7.4).

2.2.2 Ομοαξονικό καλώδιο

Προφανώς το ομοαξονικό καλώδιο χρησιμοποιείται ευρέως σε όλους τους τύπους των καταναμημένων συστημάτων κεραιάς, ιδιαίτερα σε παθητικά συστήματα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να πάρετε τη σωστή βάση σε σχέση με τους τύπους καλωδίων, και τις ζημίες. Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει τις τυπικές απώλειες για τα είδη παθητικών ομοαξονικών καλωδίων που χρησιμοποιούνται συνήθως. Συχνά, θα υπάρξει ένας δείκτης απόστασης τυπωμένος στο καλώδιο σε κάθε 50 cm ή 1 m, γεγονός που καθιστά εύκολο να ελέγξετε τις εγκατεστημένες αποστάσεις καλωδίων.

Πίνακας 2.1 Τυπική εξασθένιση του ομοαξονικού καλωδίου.

| Cable type | Frequency/typical loss per 100 m (dB) | | |
|----------------------|---------------------------------------|----------|----------|
| | 900 MHz | 1800 MHz | 2100 MHz |
| $\frac{1}{4}$ inch | 13 | 19 | 20 |
| $\frac{1}{2}$ inch | 7 | 10 | 11 |
| $\frac{7}{8}$ inch | 4 | 6 | 6.5 |
| 1 $\frac{1}{4}$ inch | 3 | 4.4 | 4.6 |
| 1 $\frac{5}{8}$ inch | 2.4 | 3.7 | 3.8 |

Υπολογίζοντας την απώλεια απόστασης του παθητικού καλωδίου

Είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί η συνολική απώλεια του παθητικού ομοαξονικού καλωδίου σε μία δεδομένη συχνότητα.

Παράδειγμα

Υπολογίζοντας το συνολικό μήκος απώλειας 67 μ. μισής ιντσών επιτυγχάνεται το 1800 MHz, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1:

$$\text{total loss} = \text{distance (m)} \times \text{attenuation per meter}$$

$$\text{total loss} = 67 \text{ m} \times 0.1 \text{ dB/m} = 6.7 \text{ dB}$$

Μείωση του κόστους του έργου κατά την επιλογή καλωδίου

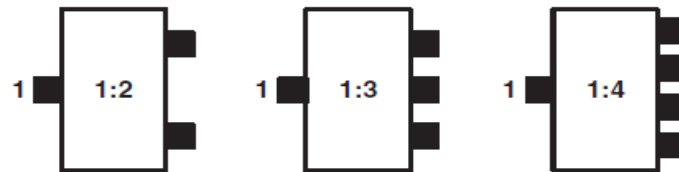
Η κύρια δαπάνη στην εφαρμογή παθητικών συστημάτων εσωτερικών χώρων δεν είναι το κόστος καλωδίου, αλλά μάλλον η τιμή για την εγκατάσταση του καλωδίου. Η εγκατάσταση ενός βαρίου άκαμπτου παθητικού καλωδίου μπορεί να είναι μια μεγάλη πρόκληση σε ένα κτίριο. Ειδικότερα, οι βαρύτεροι τύποι καλωδίων μεγέθους 7/8 ιντσών και επάνω είναι μια σημαντική πρόκληση. Αυτά τα βαριά καλώδια σηκώνουν κυριολεκτικά ολόκληρες ομάδες εγκαταστατών: ωστόσο, το καλώδιο είναι βαρύ, και είναι πρόκληση να το εγκαταστήσετε χωρίς να το διαχωρίσετε σε μικρότερα τμήματα.

Εξετάστε προσεκτικά την τιμή της εγκατάστασης του καλωδίου κατά την εκτέλεση. Ίσως να είστε εντάξει με 2 dB πρόσθετη απώλεια καλωδίου, αν μπορέσετε να γλιτώσετε το 50% των εξόδων εγκατάστασης. επιλέγοντας απλά ένα λεπτότερο μέγεθος καλωδίου. Από την άλλη πλευρά, να είστε σίγουροι ότι το σύστημα διανομής θα να είναι σε θέση να φιλοξενήσει τις υψηλότερες συχνότητες και ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων για 3G και HSPA.

2.2.3 Διαχωριστές

Οι διαχωριστές και οι διαιρέτες ισχύος πιο συχνά χρησιμοποιούνται σε παθητικά συστατικά σε καταναμημένα συστήματα κεραίας, διαιρώντας το σήμα προς ή από τις περισσότερες κεραίες. Οι διαχωριστές (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1) χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό ενός ομοαξονικού καλωδίου σε δύο ή περισσότερες γραμμές, και

αντιστρόφως. Κατά το διαχωρισμό του σήματος, η δύναμη κατανέμεται μεταξύ των θυρών. Αν υπάρξει διαχωρισμός σε δύο θύρες, μόνο η μισή δύναμη μείον την απώλεια παρεμβολής, συνήθως περίπου 0,1 dB, είναι διαθέσιμη στις δύο θύρες. Είναι πολύ σημαντικό να τερματιστούν όλες οι θύρες στο διαχωριστή: Δεν πρέπει να μένει μία θύρα ανοιχτή. Αν είναι αχρησιμοποίητη, τερματίστε την με ένα εικονικό φορτίο.



Σχήμα 2.1 Εφαρμογή διαχωριστικής ισχύος.

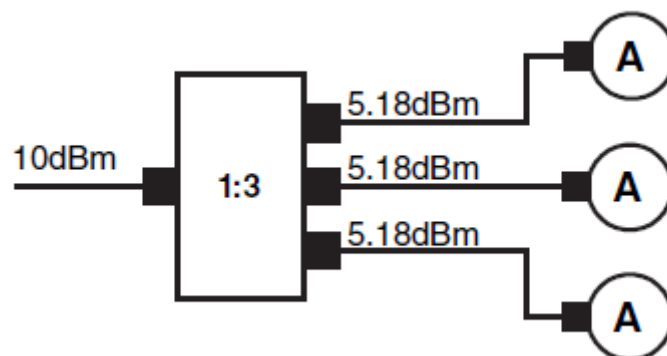
Παράδειγμα

Μπορείτε να υπολογίσετε την απώλεια μέσα από το διαχωριστή:

$$\text{splitter loss} = 10 \log (\text{no. of ports}) + \text{insertion loss}$$

Για έναν 1:3 διαχωριστή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2), η εξασθένιση θα είναι:

$$10 \log (3) + 0.1 \text{ dB} = 4.87 \text{ dB}$$



Σχήμα 2.2 Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος ενός τυπικού 1:3 διαχωριστή.

Σε αυτό το παράδειγμα, όταν τροφοδοτούμε έναν 1:3 διαχωριστή ισχύος 10 dBm στη θύρα 1, η ισχύς εξόδου στις θύρες 2-4 θα είναι $10 - 4.87 = 5.18 \text{ dBm}$.

2.2.4 Συλλεκτικοί / Άνισοι διαχωριστές

Οι συλλεκτικοί διαχωριστές (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3) χρησιμοποιούνται σαν διαχωριστές, οι οποίοι διαιρούν το σήμα/ισχύ από μία σε δύο γραμμές. Η διαφορά από τον πρότυπο 1:2 διαχωριστή είναι ότι η ισχύς δεν διαιρείται ισότιμα μεταξύ των θυρών.



Σχήμα 2.3 Συνδεδετικά, ρυθμιζόμενα και σταθερά.

Αυτό είναι πολύ χρήσιμο για σχέδια, στα οποία μπορείτε να εγκαταστήσετε ένα βαρύ κύριο καλώδιο μέσω από το κτίριο, και στη συνέχεια να συνδέσετε μικρές μερίδες ισχύος στις κεραίες μαζί με το κύριο καλώδιο. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε, να μειώσετε την ανάγκη να εγκαταστήσετε πολλά παράλληλα βαριά καλώδια, και να εξακολουθείτε να διατηρείτε την απώλεια σε χαμηλά επίπεδα.

Αυτή είναι μια εφαρμογή που χρησιμοποιείται συνήθως σε πολυώροφα κτίρια, όπου μπορείτε να εγκαταστήσετε ένα βαρύ «κάθετο» καλώδιο και να ενισχύσετε την παροχή ρεύματος στους επιμέρους ορόφους (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4). Με τη ρύθμιση της απώλειας ζεύξης στους διαφορετικούς συλλέκτες και επιλέγοντας την κατάλληλη τιμή, μπορείτε πραγματικά να εξισορροπήσετε την απώλεια σε όλους τους ορόφους στο ψηλό κτίριο, παρέχοντας το απαραίτητο ομοιόμορφο επίπεδο κάλυψης.

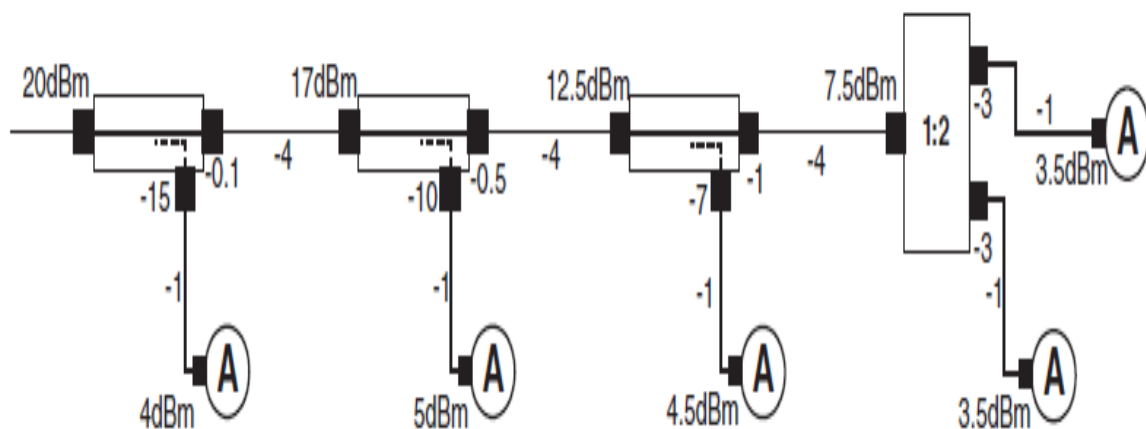
Οι συλλέκτες υπάρχουν σε διάφορους τύπους, η αρχή είναι ότι υπάρχει μια χαμηλής απώλειας θύρα (1-2) και στη συνέχεια μια υψηλότερης απώλειας θύρα (3), όπου η συλλεκτική ισχύς βρίσκεται σε ένα τοπικό σύμπλεγμα κεραιών. Σε ένα ψηλό κτίριο, μπορείτε να εγκαταστήσετε ένα κάθετο βαρύ 7/8 ή 1 1/4 ιντσών καλώδιο στη κάθετη καλωδιακή ανύψωση, και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσετε συλλέκτες σε κάθε όροφο, ώστε να τροφοδοτήσετε ένα διαχωριστή που καταφέρνει να χωρίζει την τροφοδότηση δύο έως τεσσάρων κεραιών. Πρότυποι συλλέκτες είναι διαθέσιμοι με τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 2.2.

Παράδειγμα χρήσης

Σε αυτό το παράδειγμα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4), μπορούμε να δούμε ότι, ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις (200 m σε GSM1800), με τη χρήση 7/8 ιντσών κύριο καλώδιο, καθώς και με τη χρήση διαφόρων ειδών συλλεκτών και ενός διαχωριστή, μπορούμε να κρατήσουμε μια σχετική σταθερή εξασθένηση του συνόλου όλων των κεραιών μέσα σε μια παραλλαγή του 1,5 dB, ακόμη αν και η διαμήκης απώλεια του κύριου καλωδίου ποικίλλει έως 12 dB. Είναι προφανές ότι είναι δυνατόν να εξισορροπηθούν οι απώλειες αποτελεσματικά όταν χρησιμοποιούνται συλλεκτικοί διαχωριστές.

Πίνακας 2.2 Τυπικοί συλλέκτες και η σύζευξη των ζημιών τους.

| Type | Loss port 1–2 | Loss port 1–3 |
|----------|---------------|---------------|
| 1/7 Tap | 1 dB | 7 dB |
| 0.5/10 | 0.5 dB | 10.5 dB |
| 0.1/15 | 0.1 dB | 15.1 dB |
| Variable | 0.1–1.2 dB | 6–15 dB |

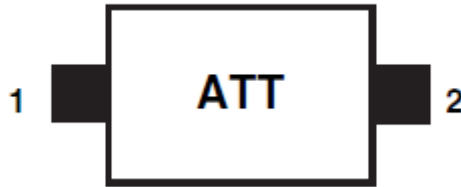


Σχήμα 2.4 Τυπικές διαμορφώσεις των συλλεκτών σε ένα καταμεμημένο σύστημα κεραιών , ώστε να κρατηθεί ένα ενιαίο επίπεδο κάλυψης για όλες τις κεραιές πάνω από μια μεγάλη απόσταση.

2.2.5 Εξασθενητές

Οι εξασθενητές (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5), εξασθενούν το σήμα. Για παράδειγμα, ένας 10 dB εξασθενητής θα μετριάσει το σήμα κατά 10 dB (θύρα 2 = θύρα 1 - εξασθένηση). Οι εξασθενητές χρησιμοποιούνται για να φέρουν υψηλότερα σήματα ισχύος και να τα

προσαρμόσουν σε ένα επιθυμητό εύρος λειτουργίας, τυπικά για να αποφευχθεί τυχόν υπερφόρτωση του ενισχυτή, ή να περιορίσουν την επίπτωση της ισχύος θορύβου από το ενεργητικό κατανεμημένο σύστημα κεραίας.

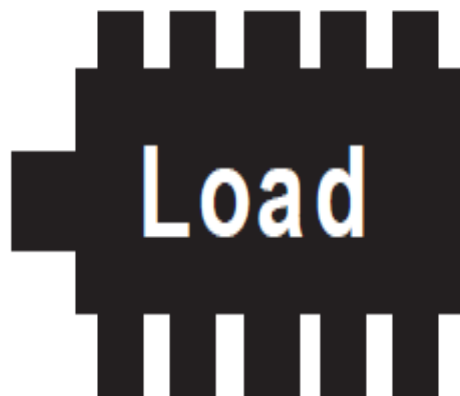


Σχήμα 2.5 RF Εξασθενητής

Τυπικές πρότυπες τιμές εξασθενητή είναι οι 1, 2, 3, 6, 10, 12, 18, 20, 30 και 40 dB. Όταν τις συνδέετε, μπορείτε να πάρετε την επιθυμητή τιμή: ποικίλεις εξασθενητές είναι επίσης διαθέσιμοι, αλλά τυπικά μόνο για σήματα χαμηλής ισχύος. Σημειώστε ότι, όταν γίνεται εξασθένιση σημάτων υψηλής ισχύος για πολλούς μεταφορείς, συνήθως για πολύ χειριστικές εφαρμογές θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε έναν ειδικό τύπο εξασθενητή, ένα «απορροφητικό καλώδιο», για να αποφευχθούν PIM προβλήματα

2.2.6 Εικονικά φορτία ή τερματιστές

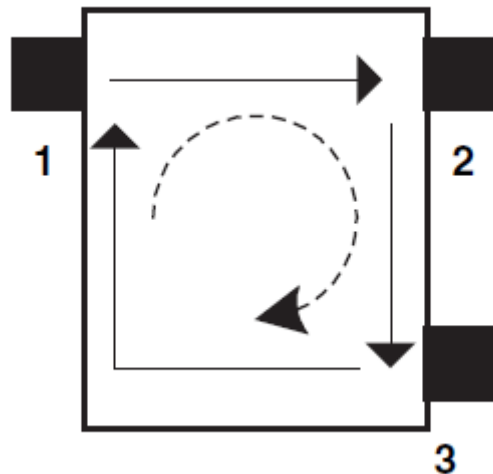
Οι τερματιστές (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.6), χρησιμοποιούνται για να ταιριάξουν φορτία επί των γραμμών μεταφοράς, συχνά σε μια θύρα ενός κυκλοφορητή, ή οποιαδήποτε «ανοικτή» ή αχρησιμοποίητη θύρα σε άλλα συστατικά. Σε εφαρμογές που είναι ευαίσθητες σε PIM, η καλύτερη επιλογή είναι να χρησιμοποιήσετε ένα απορροφητικό καλώδιο (-160 dBc).



Σχήμα 2.6 Πρότυπο 50 Ω εικονικό φορτίο ή τερματιστής

2.2.7 Κυκλοφορητές

Ο κυκλοφορικός διαχωριστής (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.7) είναι ένα μη-αμοιβαίο συστατικό με χαμηλή απώλεια παρεμβολής στην προς τα εμπρός κατεύθυνση (θύρες 1-2, 2-3 και 3-1) και υψηλή απώλεια παρεμβολής στην αντίστροφη κατεύθυνση (θύρες 2-1, 3-2 και 1-3).

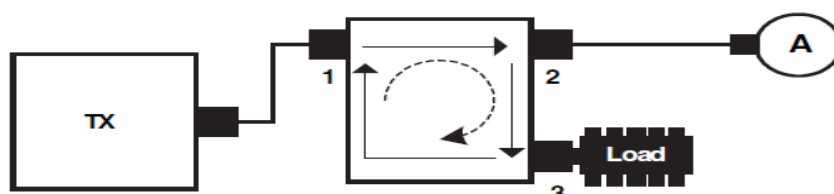


Σχήμα 2.7 RF κυκλοφορητής

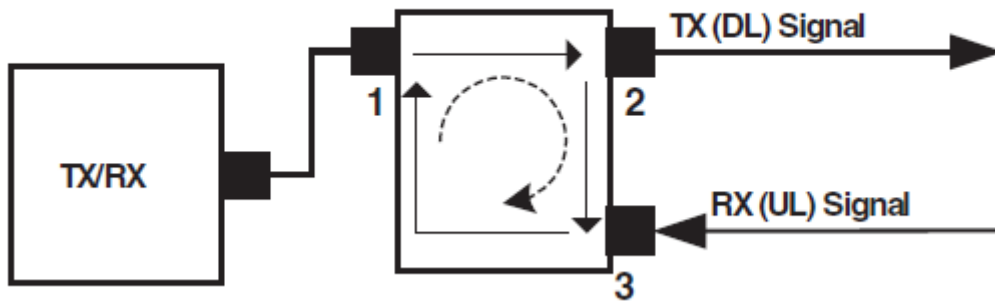
Η απώλεια παρεμβολής στην προς τα εμπρός κατεύθυνση είναι συνήθως μικρότερη από 0,5 dB και στην αντίστροφη κατεύθυνση καλύτερη από 23 dB. Μπορείτε να πάρετε «διπλού σταδίου» μονωτήρες με αντίστροφη απομόνωση καλύτερη από 40 dB, αν χρειαστεί.

Παραδείγματα χρήσης

Ο κυκλοφορητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατεύσει την θύρα ενός πομπού (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8) από την ανάστροφη ισχύ από ανακλάσεις που προκαλούνται από μια αποσυνδεδεμένη κεραία ή από το καλώδιο στην κεραία του συστήματος.



Σχήμα 2.8 Ο κυκλοφορητής που χρησιμοποιείται για την προστασία ενός πομπού από την ανακλώμενη ενέργεια



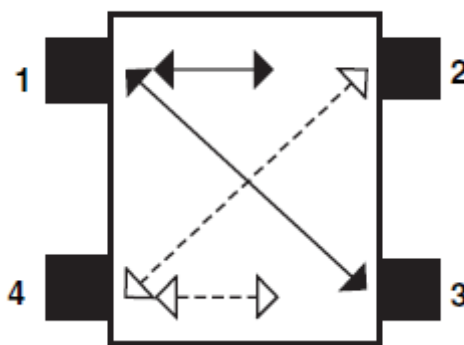
Σχήμα 2.9 Ο κυκλοφορητής που χρησιμοποιείται ως εξάρτημα απόδοσης διπλής όψης, χωρίζει την Rx και την Tx από μια συνδυαστική Rx/Tx γραμμή.

Μια κοινή εφαρμογή για τους κυκλοφορητές σε ασύρματα συστήματα είναι η χρήση του κυκλοφορητή για το διαχωρισμό των κατευθύνσεων μετάδοσης και λήψης από μια συνδυαστική Tx/Rx θύρα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.9). Αυτό ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται για εφαρμογές χαμηλής ισχύος, λόγω των PIM θεμάτων του κυκλοφορητή. Για εφαρμογές υψηλής ισχύος, συνιστάται να χρησιμοποιήσετε ένα φίλτρο διπλής κοιλότητας για το διαχωρισμό των δύο σημάτων.

Οι κυκλοφορητές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση των πομπών σε ένα συνδυαστικό δίκτυο για ένα πολύ-χειριστικό σύστημα.

2.2.8 Ένας συζεύκτης 3 dB

Ο 3 db συζεύκτης φαίνεται στο Σχήμα 2.10 χρησιμοποιείται κυρίως για το συνδυασμό σημάτων από δύο πηγές σήματος. Την ίδια στιγμή ο συζεύκτης θα χωρίσει τα δύο συνδυασμένα σήματα σε δύο θύρες εξόδου. Αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο κατά το σχεδιασμό παθητικών κατανεμημένων συστημάτων κεραιών.

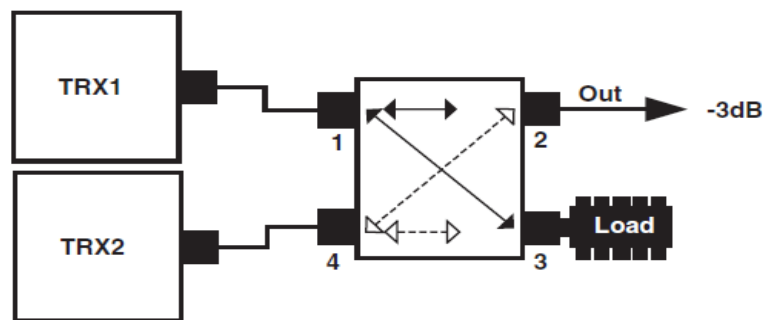


Σχήμα 4.10 Ένας 3 dB συζεύκτης

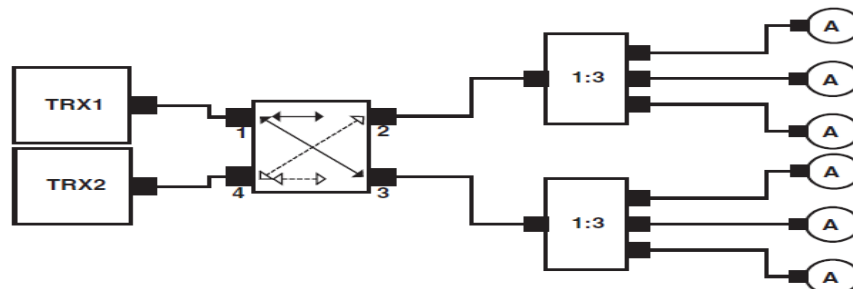
Ο 3 dB συζεύκτης έχει τέσσερις θύρες: τα δύο σύνολα από αυτές έχουν απομονωθεί το ένα από το άλλο (θύρες 2 και 3 = 1 και 4). Εάν η ισχύς τροφοδοτείται στη θύρα 1, η ισχύς αυτή κατανέμεται στις θύρες 2 και 3 (3 dB). Η θύρα 4 θα είναι αδύναμη υπό την προϋπόθεση ότι οι θύρες 2 και 3 ταιριάζουν ιδανικά. Κανονικά ένας τερματιστής θα να συνδεθεί στη θύρα 4.

Παράδειγμα χρήσης

Εάν πρέπει να συνδυάσετε δύο πομπούς ή δύο πομποδέκτες (TRXs / TRUS), μπορείτε να χρησιμοποιήσετε έναν απλούστερο συζευκτή 3 dB (όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.11). Ωστόσο, αν πρέπει να συνδυάσετε τους δύο πομπούς και συγχρόνως να διανέμετε τη δύναμη σε ένα παθητικό κατανεμημένο σύστημα κεραιών με πολλές κεραιές, θα πρέπει να συνδέσετε ένα μέρος του DAS στην θύρα 2 και το άλλο στη θύρα 3 (όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.12). Έτσι, θα αυξήσετε την τροφοδοσία του DAS από ένα παράγοντα 2 (3 dB). Αυτή η μέθοδος προτιμάται, και θα αυξήσει το επίπεδο σήματος κατά 3 dB στο κτίριο, παρά θα ξοδέψει των 3 dB εικονικό φορτίο στη θύρα 3 (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.11) - αυτό θα δημιουργήσει μόνο θερμότητα.



Σχήμα 2.11 Ο 3 dB συζεύκτης χρησιμοποιείται ως συνδυαστής δύο θυρών.



Σχήμα 2.12 Ο συνδυασμός δύο TRX και ο διαχωρισμός σε ένα κατανεμημένο σύστημα κεραιάς

2.2.9 Φορτίο ισχύος σε παθητικά συστατικά

Μια παράμετρος που είναι πολύ σημαντική να έχουμε κατά νου, κατά τον σχεδιασμό με παθητικά συστατικά, είναι να μην υπερβαίνουμε τη μέγιστη ονομαστική ισχύ που το παθητικό συστατικό μπορεί να χειριστεί . Αυτό είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα για υψηλή χωρητικότητα ή για πολύ-χειριστικές παθητικές λύσεις DAS, όπου συνδυάζετε πολλούς μεταφορείς και σταθμούς βάσης σε υψηλά επίπεδα ισχύος στο ίδιο παθητικό συστήματος διανομής .

Υπολογίζοντας τη συνολική ισχύ από τους σταθμούς βάσης.

Πώς θα υπολογιστεί η συνολική ισχύς;

Παράδειγμα, υπολογίζοντας τη σύνθετη ισχύ εξουσία σε ένα παθητικό DAS

Έχουμε ένα πολύ-χειριστικό σύστημα σε ένα αεροδρόμιο: υπάρχουν τρεις GSM φορείς που συνδέονται με το ίδιο σημείο, και κάθε φορέας έχει έξι TRX. Ο σταθμός βάσης δίνει 46 dBm στο κατανεμημένο σύστημα κεραίας. Συνολικά έχουμε $3 \times 6 = 18$ TRX.

Η χειρότερη περίπτωση είναι ότι όλοι οι μεταφορείς έχουν φορτωθεί 100%: επομένως κάθε GSM ραδιοδικτυακός πομποδέκτης μεταδίδει πλήρη 46 dBm συνεχώς σε όλες τις χρονικές τοποθεσίες. Πρέπει να συνοψίσετε όλη την ισχύ, αλλά πρώτα να μετατρέψετε από dBm σε Watt :

$$P \text{ (mW)} = 10^{\frac{\text{dBm}}{10}} = 40\,000 \text{ (mW)} + = 40 \text{ W}$$

Έχουμε 16 σήματα των 40 W το καθένα: η συνολική σύνθετη ισχύς είναι:

$$\text{Total power} = 16 \times 40 \text{ W} = 640 \text{ W}$$

Στη συνέχεια, πίσω στο dBm $= 10 \log (640\,000 \text{ [mW]}) = 58 \text{ dBm}$

Ως εκ τούτου , πρέπει να διασφαλίσετε ότι τα παθητικά συστατικά μπορούν να χειριστούν 640 [Watt]/58 dBm συνεχώς , ώστε να βεβαιωθείτε ότι το σύστημα είναι σταθερό.

Η Ισχύς PIM (Passive Intermodulation- Παθητική Ενδοδιαμόρφωση)

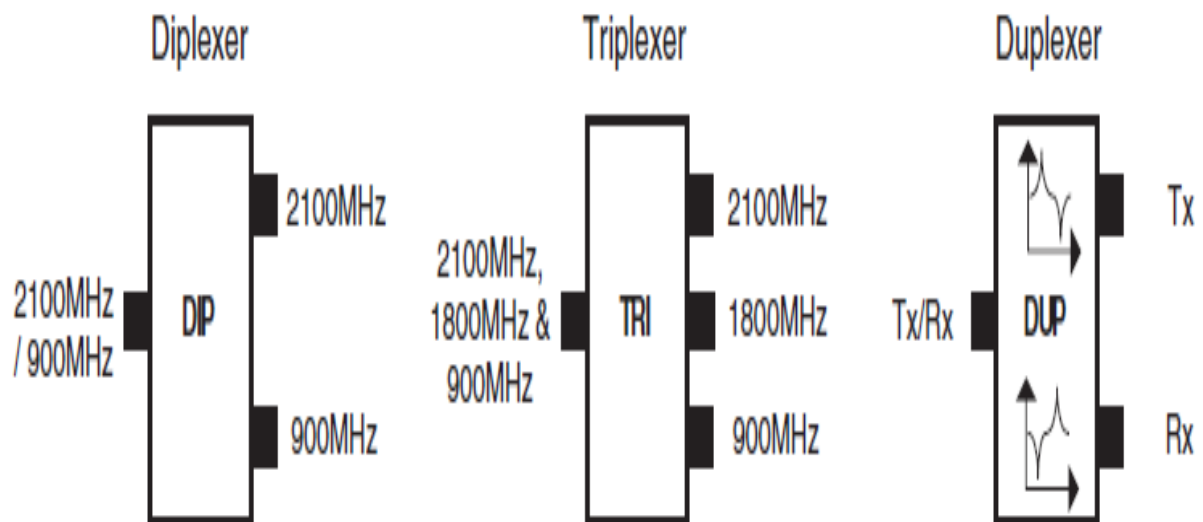
Η PIM καλύπτεται στο κεφάλαιο 3.7.4. Ωστόσο, ας υπολογίσουμε το επίπεδο των PIM σημάτων. Αν πάρετε ένα παθητικό συστατικό, με προδιαγραφές PIM των -120 dBc, η μέγιστη PIM αποδοχή θα είναι 120 dB κάτω από την υψηλότερη ισχύ μεταφορέα. Για παράδειγμα, σε συνέχεια από το προηγούμενο παράδειγμα, μπορούμε να αναμένουμε τη χειρότερη περίπτωση PIM αποδοχής για να έχουμε ένα επίπεδο σήματος $46 \text{ dBm} - 120 \text{ dB} = -74 \text{ dBm}$.

Αυτή είναι μια σημαντική ανησυχία: -74 dBm σε ανεπιθύμητο σήμα, ειδικά αν η διαφοροποιημένη αποδοχή εμπίπτει στην UL ζώνη σε ένα από τα συστήματα, θα γίνει ένα πολύ μεγάλο πρόβλημα, το οποίο θα υποβαθμίσει την απόδοση του συστήματος/καναλιού.

Υπερβαίνοντας τη μέγιστη ονομαστική ισχύ σε ένα παθητικό συστατικό θα το κάνει ακόμα χειρότερο. Να χρησιμοποιήσετε σίγουρα παθητικά συστατικά με πολύ καλές προδιαγραφές, όταν σχεδιάζετε υψηλής ισχύος, μεγάλης χωρητικότητας λύσεις, και να είστε απόλυτα σίγουροι στο να κρατήσετε εντός των προδιαγραφών ισχύος όλα τα συστατικά.

2.2.10 Φίλτρα

Κατά το σχεδιασμό λύσεων εσωτερικών χώρων υπάρχουν βασικά δύο τύποι φίλτρων που θα αντιμετωπίσετε, το εξάρτημα εκτύπωσης διπλής όψης και ο διπλέκτης ή τριπλέκτης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.13.



Εικόνα 2.13 Τα τυπικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των ζωνών συχνοτήτων: διπλέκτης και τριπλέκτης. Επίσης, ο διπλέκτης χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει την uplink από την downlink ζεύξη.

Εξάρτημα απόδοσης διπλής όψης

Το εξάρτημα αυτό χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει ένα συνδυασμένο TX/RX σήμα σε ξεχωριστές TX και RX γραμμές. Να θυμίσουμε την απομόνωση μεταξύ των ζωνών, καθώς και την απώλεια παρεμβολής και τις PIM προδιαγραφές .

Διπλέκτης /τριπλέκτης

Ο διπλέκτης θα διαχωρίσει ή θα συνδυάσει ολόκληρες ζώνες τη μια με την άλλη ή τη μία από την άλλη, για παράδειγμα, ζώνες με εισροές με συνδυασμό 2100 και 1800 MHz και εξόδους με 2100 και 1800 MHz. Να λάβετε υπόψη σας την απομόνωση μεταξύ των ζωνών, καθώς και την απώλεια παρεμβολής και τις προδιαγραφές PIM.

Μια τριών ζωνών έκδοση που μπορεί να διαχωρίσει ή να συνδυάσει 900, 1800 και 2100 MHz είναι επίσης διαθέσιμη, και ονομάζεται τριπλέκτης. Ορισμένοι κατασκευαστές κάνουν ακόμα και συνδυαστικά συστατικά αποτελούμενα τόσο από διπλέκτες ή τριπλέκτες και ένα εξάρτημα απόδοσης διπλής όψης.

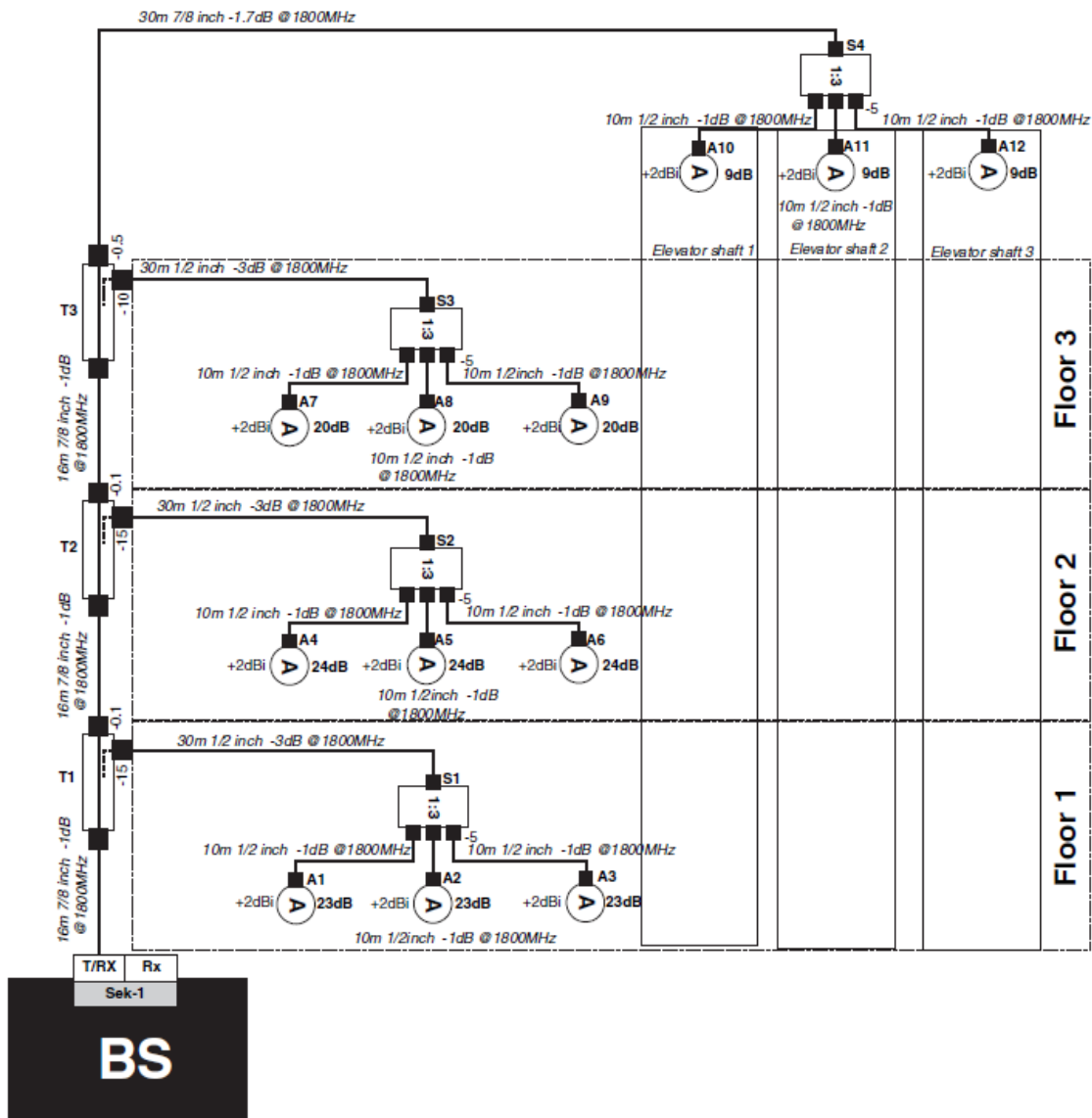
2.3 Το παθητικό DAS

Τώρα που γνωρίζουμε τη λειτουργία όλων των παθητικών συστατικών, είμαστε σε θέση να κάνουμε ένα σχέδιο ενός κατανεμημένου παθητικού συστήματος κεραιών. Τα παθητικά συστήματα DAS είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη προσέγγιση κατά την παροχή εσωτερικών λύσεων, ειδικά σε μικρά κτίρια.

2.3.1 Σχεδιασμός του παθητικού DAS

Το παθητικό DAS είναι σχετικά εύκολο να σχεδιαστεί: το κύριο πράγμα που πρέπει να κάνετε είναι να υπολογίσετε τη μέγιστη απώλεια για κάθε κεραία του συστήματος, και να κάνετε το συνδυαστικό προϋπολογισμό ανάλογα με το ποιές συγκεκριμένες περιοχές κάθε κεραία καλύπτει. Θα χρειαστεί να προσαρμόσετε το σχεδιασμό του παθητικού DAS στους περιορισμούς του κτιρίου σε σχέση με τους περιορισμούς για το πού και πώς θα εγκατασταθεί το βαρύ ομοαξονικό καλώδιο. Συχνά, ο RF σχεδιαστής θα κάνει μια προμελέτη με βάση τα σχέδια των ορόφων πριν από την αρχική μελέτη του χώρου, και στη συνέχεια θα προσαρμόσει τον εν λόγω σχεδιασμό, ώστε αυτός να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της εγκατάστασης του κτιρίου. Στην πραγματικότητα, ο ρόλος του σχεδιαστή RF συχνά

περιορίζεται στο σχεδιασμό της εγκατάστασης, και όχι στον RF σχεδιασμό, κατά το σχεδιασμό παθητικού DAS.



Σχήμα 2.14 Τυπικό διάγραμμα παθητικού DAS με τις βασικές πληροφορίες και τα δεδομένα.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζετε όλες τις αποστάσεις καλωδίων και τα είδη, ώστε να μπορείτε να υπολογίσετε την απώλεια από το σταθμό βάσης σε κάθε κεραία. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να κάνετε μια λεπτομερή μελέτη του χώρου του κτιρίου, διασφαλίζοντας ότι υπάρχουν διαδρομές καλωδίων σε όλες τις προγραμματισμένες κεραίες. Όταν σχεδιάζετε ένα παθητικό DAS, συχνά θα περιορίζεστε ως προς το πού μπορείτε να εγκαταστήσετε το άκαμπτα παθητικά καλώδια. Συχνά, οι περιορισμοί των δυνατοτήτων εγκατάστασης θα υπαγορεύσουν το πραγματικό παθητικό σχεδιασμό DAS, και εξαιτίας αυτής της τελικής παθητικής λύσης θα υπάρξει συχνά ένας συμβιβασμός μεταξύ της ραδιοδικτυακής απόδοσης και των πραγματικών περιορισμών της εγκατάστασης. Χρειάζεται να εξάγεται την ακριβή

απώλεια σε κάθε τμήμα του συστήματος, προκειμένου να ελέγξετε το συνδεδετικό προϋπολογισμό (βλέπε κεφάλαιο 8), και να τοποθετήσετε τις κεραίες.

Ένα τυπικό σχέδιο παθητικού DAS φαίνεται στο Σχήμα 2.14, και δείχνει ένα μικρό κτίριο γραφείων. Αυτό το σχέδιο βασίζεται σε ένα κύριο κατακόρυφο 7/8 ιντσών καλώδιο, το οποίο χρησιμοποιεί συλλέκτες και διαχωριστές σε κάθε όροφο.

2.3.2 Κύρια σημεία για το παθητικό DAS

Υπάρχουν πολλά επιχειρήματα υπέρ και κατά της χρήσης παθητικού DAS. Να θυμάστε ότι το παθητικό DAS είναι μόνο ένα από τα εργαλεία στη σχεδίαση ραδιοδικτύων εσωτερικού χώρου, και μερικές φορές το παθητικό DAS θα είναι η καλύτερη επιλογή, μερικές φορές όχι.

Τα πλεονεκτήματα του παθητικού DAS είναι:

- Είναι απλή, αλλά χρονοβόρα στο σχεδιασμό.
- Συστατικά από διαφορετικούς κατασκευαστές είναι συμβατά.
- Μπορεί να εγκατασταθεί σε δυσμενές περιβάλλον.

Τα μειονεκτήματα του παθητικού DAS είναι :

- Δεν υπάρχει καμία επιτήρηση των σφαλμάτων στο σύστημα – ο σταθμός βάσης δεν θα δώσει VSWR συναγερμό ακόμη και με λάθη κοντά στο σταθμό βάσης, λόγω της υψηλής απώλειας επιστροφής.
- Δεν είναι ευέλικτο σε αναβαθμίσεις.
- Οι υψηλές απώλειες θα υποβαθμίσουν τα δεδομένα απόδοσης.
- Είναι δύσκολο να ισορροπήσει το συνδεδετικό προϋπολογισμό σε όλες τις κεραίες, και να πάρει ένα ομοιόμορφο επίπεδο κάλυψης .
- Απαιτεί έναν υψηλής ισχύος σταθμό βάσης και ειδική αίθουσα εξοπλισμού για την υποστήριξη της τοποθεσίας του εξοπλισμού, της τροφοδοσίας , κλπ.

Το γεγονός παραμένει ότι το παθητικό DAS είναι το πιο εφαρμοστέο είδος του DAS σε παγκόσμια βάση. Ωστόσο, η μελλοντική ανάγκη για 3G/UMTS και HSPA εξυπηρέτηση και

ακόμη μεγαλύτερη υπηρεσία δεδομένων υψηλής ταχύτητας θα επηρεάσει την προτίμηση για την επιλογή κάποιου τύπου DAS.

2.4 Ενεργητικό DAS

Η αρχική λειτουργία ενός ενεργητικού κατανεμημένου συστήματος κεραιών είναι ότι, όπως ένα παθητικό DAS, διανέμει το σήμα σε μια σειρά από εσωτερικές κεραιές. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες μεγάλες διαφορές. Το ενεργητικό DAS στηρίζεται συνήθως πάνω σε λεπτά καλώδια, οπτικές ίνες και ΙΤ τύπου καλώδια, κάνοντας το έργο εγκατάστασης πολύ πιο εύκολο σε σύγκριση με τα άκαμπτα καλώδια που χρησιμοποιούνται για παθητικό DAS. Το ενεργητικό DAS αποτελείται από διάφορα συστατικά, η ακριβής διάταξη εξαρτάται από τον συγκεκριμένο κατασκευαστή. Όλα τα ενεργά DAS θα είναι σε κάποιο βαθμό σε θέση να αντισταθμίσουν την απόσταση και την εξασθένηση των καλωδίων.

2.4.1 Εύκολη σχεδίαση

Η ικανότητα της αντιστάθμισης των απωλειών των καλωδίων στη διασύνδεση των μονάδων σε ένα ενεργητικό DAS καθιστά το σύστημα πολύ εύκολο και γρήγορο στο σχεδιασμό, και εύκολο στην εφαρμογή στο κτίριο.

Ωστόσο, κατά το σχεδιασμό ενός παθητικού DAS, θα πρέπει να γνωρίζετε την ακριβή διαδρομή και απόσταση κάθε καλωδίου, προκειμένου να υπολογίσετε την απώλεια του συνδετικού προϋπολογισμού, κατά το σχεδιασμό ενός ενεργητικού DAS και δεν έχει σημασία αν η κεραία είναι τοποθετημένη 20 μ. από το σταθμό βάσης ή ακόμα και 5 χμ. Η απόδοση θα είναι η ίδια για όλες τις κεραιές στο σύστημα.

Επομένως, ο σχεδιαστής ραδιοδικτύων δεν θα χρειαστεί να εκτελέσει μια λεπτομερή μελέτη του χώρου. Δεν έχει σημασία, που είναι εγκατεστημένα τα καλώδια, και αν το σύστημα θα βαθμονόμηση κάθε ανισορροπία των καλωδίων. Ούτε ο σχεδιαστής του ραδιοδικτύου πρέπει να κάνει υπολογισμούς του συνδετικού προϋπολογισμού για όλες τις κεραιές στο κτίριο: όλοι οι κεραιές θα έχουν τον ίδιο θόρυβο και την ίδια download ισχύ, δίνοντας πραγματικά ομοιόμορφη κάλυψη σε όλο το κτίριο. Αυτά τα ενεργητικά DAS είναι πολύ γρήγορα και εύκολά στο σχεδιασμό, στην εφαρμογή και στη βελτιστοποίηση.

Είναι γεγονός ότι τα σύγχρονα κτίρια είναι πολύ δυναμικά όσον αφορά τη χρήση τους. Έχοντας ένα κατανεμημένο σύστημα κεραιάς, είναι σημαντικό αυτό να μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί και να προσαρμοστεί στις ανάγκες του κτιρίου. Είναι σημαντικό για τους χρήστες του κτιρίου, τον ιδιοκτήτη του κτιρίου και τους ασύρματους χρήστες. Το ενεργητικό

DAS μπορεί να φιλοξενήσει αυτή την ανησυχία, καθώς είναι εύκολο και ευέλικτο στην προσαρμογή και την αναβάθμιση. Δεν υπάρχει καμία ανάγκη να επαναλάβετε το σύνολο του σχεδιασμού και της εγκατάστασης, εάν προκύψουν τροποποιήσεις και προσθήκες στο σύστημα: υπάρχει πάντα η ίδια ισχύ στην κεραία, ανεξάρτητα από τον αριθμό και την απόσταση των κεραιών.

2.4.2 Αμιγώς ενεργητικό DAS για μεγάλα κτίρια

Ιδανικά σε ένα ενεργητικό DAS δεν θα υπάρχουν παθητικά συστατικά, τα οποία δεν αντισταθμίζονται από το σύστημα. Ως εκ τούτου το ενεργητικό DAS είναι σε θέση να παρακολουθεί τις από άκρο σε άκρο επιδόσεις του συνολικού DAS και να δώσει συναγερμό σε περίπτωση βλάβης ή αποσύνδεσης των καλωδίων και των κεραιών. Αυτά τα ενεργητικά DAS μπορούν να υποστηρίξουν μία ζώνη - ενός φορέα, ή μεγάλες πολύ-χειριστικές λύσεις.

Δεν υπάρχει ανάγκη για υψηλή ισχύ

Η φιλοσοφία πίσω από τις αμιγώς ενεργητικές DAS αρχιτεκτονικής είναι να βρίσκονται ο τελευταίος ενισχυτής DL και ο πρώτος UL ενισχυτής όσο πιο κοντά στην κεραία όσο το δυνατόν. Η απομακρυσμένη μονάδα (RU) συστεγάζεται με την κεραία, αποφεύγοντας έτσι κάθε περιττή απώλεια του παθητικού ομοαξονικού καλωδίου.

Όταν χρησιμοποιείτε αυτήν την φιλοσοφία, με το RU να βρίσκεται κοντά στην κεραία, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να χρησιμοποιείτε υπερβολική downlink ισχύ εκπομπής από το σταθμό βάσης για να αντισταθμίσετε τις απώλειες του παθητικού ομοαξονικού καλωδίου: συνεπώς, το σύστημα μπορεί να βασίζεται σε χαμηλής έως μεσαίας ισχύος μετάδοσης από το RU, διότι όλη η RU downlink ισχύ θα πρέπει να παραδοθεί στην κεραία χωρίς απώλειες.

Καλύτερη απόδοση δεδομένων στο Uplink

Τα αμιγώς ενεργητικά DAS έχουν μεγάλα πλεονεκτήματα στην εκτέλεση uplink ζεύξης δεδομένων. Έχοντας την πρώτη uplink ζεύξη στο RU, χωρίς απώλειες πίσω στο σταθμό βάσης, θα ενισχυθεί η απόδοση των δεδομένων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την απόδοση των δεδομένων υψηλής ταχύτητας, για την υψηλότερη EDGE κωδικοποίηση σχημάτων για GSM, για τα δεδομένα υψηλής ταχύτητας για UMTS και, ειδικότερα, για τη HSUPA απόδοση.

Η κύρια διαφορά μεταξύ του παθητικού και του ενεργητικού DAS σχετικά με την απόδοση της uplink ζεύξης είναι ότι, ακόμη και αν το ενεργητικό DAS έχει κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό θορύβου, θα είναι πολύ χαμηλότερο σε σύγκριση με το υψηλό ποσοστό θορύβου σε παθητικά συστήματα DAS υψηλών απωλειών. Η αποτελεσματική NF απόδοση είναι βασική στο σχεδιασμό ραδιοδικτύων.

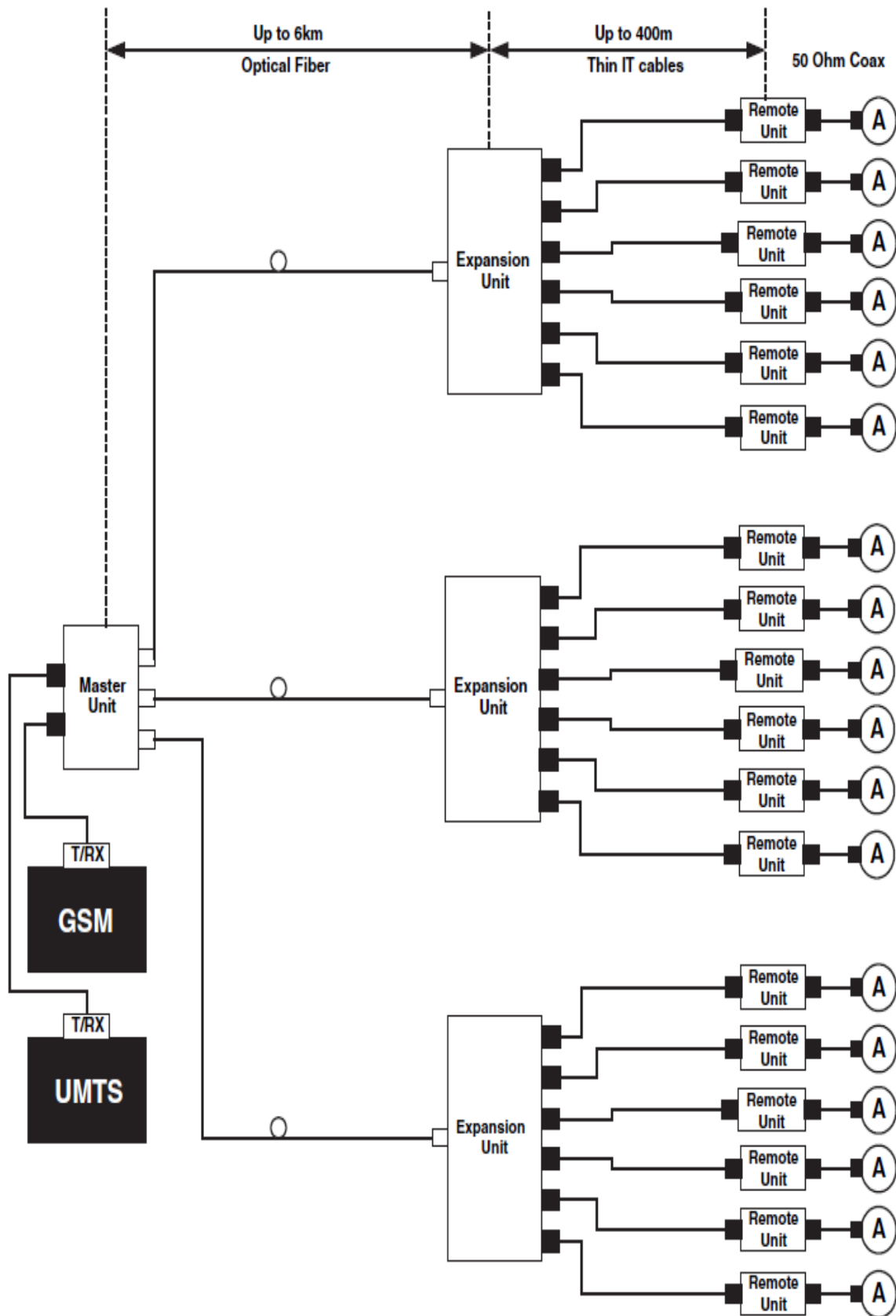
Μεσαίες και μεγάλες λύσεις

Με τη χρήση μετάδοσης μέσω χαμηλής απώλειας οπτικών ινών, ένα τυπικό ενεργητικό DAS μπορεί να φτάσει αποστάσεις άνω των 5 χμ. Το καλώδιο μεταξύ της EU και της RU μέχρι 250 μ. κάνει αυτούς τους τύπους των λύσεων εφαρμόσιμους σε μέτρια έως μεγάλα κτίρια, συνήθως μεγάλα κτίρια γραφείων, εμπορικά κέντρα, νοσοκομεία και σήραγγες .

Τα συστατικά του ενεργητικού DAS

Για να καταλάβετε πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το ενεργητικό DAS για εσωτερικό σχεδιασμό κάλυψης, θα πρέπει να έχετε κατανοήσει τα συστατικά του. Μερικά ενεργητικά DAS χρησιμοποιούν καθαρά αναλογικά σήματα: άλλα συστήματα μετατρέπουν το RF σε ψηφιακό και μπορεί επίσης να εφαρμόσουν εσωτερική IP μετάδοση.

Τα ονόματα των μονάδων, οι αριθμοί των θυρών, οι αποστάσεις και οι τύποι των καλωδίων θα είναι ελαφρώς διαφορετικά, αλλά η αρχή είναι η ίδια (Σχήμα 2.15). Συνήθως, αυτά τα είδη των DAS είναι σε θέση να υποστηρίξουν τόσο τα GSM όσο και τα UMTS, οπότε θα χρειαστείτε μόνο ένα DAS στο κτίριο για να καλύψετε για όλες τις ασύρματες υπηρεσίες και τους χρήστες.



Εικόνα 2.15 Παράδειγμα του αμιγώς ενεργητικού διπλής ζώνης DAS για μεγάλα κτίρια: έως 6 χιλιόμετρα από το σταθμό βάσης και κεραίες χωρίς απώλεια

Κύρια μονάδα (Main unit)

Η κύρια μονάδα (MU) συνδέεται με το χαμηλής ισχύος σταθμό βάσης: η MU διανέμει τα σήματα στο υπόλοιπο του συστήματος μέσω μονάδων επέκτασης (EU –expansion units). Η MU τυπικά θα συνδέεται με τις EU μέσω οπτικών ινών. Η MU είναι ο « εγκέφαλος » του συστήματος και παράγει και ελέγχει τα εσωτερικά σήματα βαθμονόμησης στο σύστημα μαζί με τη χρήση εσωτερικών ενισχυτών, και μέσω μετατροπέων προσαρμόζει τα οφέλη και τα επίπεδα των διαφόρων θυρών, προκειμένου να αντισταθμίσει τη διακύμανση της εσωτερικής απώλεια καλωδίων μεταξύ όλων των μονάδων.

Η MU θα παρακολουθεί επίσης την απόδοση του DAS, παρέχοντας επικοινωνία μεταξύ όλων των στοιχείων του. Σε περίπτωση βλάβης ή προειδοποίησης είναι σε θέση να στείλει ένα σήμα συναγερμού στο σταθμό βάσης που επιτρέπει στο χειριστή να εντοπίσει ακριβώς τη ρίζα του προβλήματος και να επιλύσει το πρόβλημα γρήγορα. Το σύστημα θα εντοπίσει κανονικά το ακριβές καλώδιο, την κεραία ή το συστατικό που είναι η ρίζα του προβλήματος.

Είναι δυνατό να δείτε την κατάσταση του όλου συστήματος και τις μεμονωμένες μονάδες της MU, χρησιμοποιώντας LEDs, μια εσωτερική οθόνη LCD ή να συνδέσετε ένα υπολογιστή- όλα εξαρτώνται από την κατασκευή του συστήματος.

Είναι επίσης δυνατή η πρόσβαση στη MU εξ αποστάσεως μέσω modem ή μέσω της IP, εκτελώντας με αυτό τον τρόπο τυχόν έρευνα κατάστασης, αναδιάρθρωση και άρση συναγερμών.

Μονάδα επέκτασης (Expansion unit)

Οι EU διανέμονται σε όλο το κτίριο ή πανεπιστημιούπολη και τοποθετούνται σε κεντρικές καλωδιακές ανυψώσεις ή IT συνδεδεμένα δωμάτια. Η EU συνδέεται με την MU με τη χρήση οπτικών ινών, τυπικά χωριστές ίνες για την UL και την DL. Η EU μετατρέπει το οπτικό σήμα από τη MU σε ηλεκτρικό σήμα και το διανέμει στο RU.

Ιδανικά, η EU θα τροφοδοτήσει επίσης την ισχύ DC στα RUs μέσω του υπάρχοντος καλωδίου σήματος, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη για τοπική τροφοδοσία σε κάθε σημείο της κεραίας (RU). Σε πολλές περιπτώσεις τα LEDs θα παρέχουν ένα συγκεκριμένο καθεστώς της τοπικής EU και του υποσυστήματος (οι RUs).

Εγκαταστάσεις Οπτικών Ινών

Μερικά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιήσουν τόσο μονό-λειτουργικές ίνες (SMF- single mode fiber) όσο και πολύ-λειτουργικές ίνες (MMF- multi mode fiber), και κάποια συστήματα μόνο SMF. Είναι σημαντικό να το εξετάσετε αυτό όταν σχεδιάζετε να χρησιμοποιήσετε ήδη χρησιμοποιημένες εγκαταστάσεις ινών στο κτίριο, δεδομένου ότι οι παλιές εγκαταστάσεις ινών είναι συνήθως μόνο MMF. Η εγκατάσταση των ινών απαιτεί τόσο εκπαίδευση όσο και πειθαρχία, και πάντα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες εγκατάστασης από το κατασκευαστή του DAS.

Απομακρυσμένη μονάδα (Remote unit)

Η RU έχει εγκατασταθεί κοντά στην κεραία, για να κρατήσει τις παθητικές απώλειες στο ελάχιστο και για να βελτιώσει την απόδοση της ραδιοδικτυακής ζεύξης. Η RU μετατρέπει το σήμα της EU σε κανονικά DL ραδιοδικτυακά σήματα και το ραδιοδικτυακό σήμα από τα κινητά τηλέφωνα στη UL μετατρέπεται και μεταδίδεται πίσω στην EU. Η RU που βρίσκεται κοντά στην κεραία, συνήθως συνδέεται μόνο με ένα κοντό καλώδιο στη RF. Αυτό θα εξασφαλίσει την καλύτερη απόδοση RF και τη δυνατότητα του ενεργητικού DAS να ανιχνεύει, όταν η κεραία έχει αποσυνδεθεί από το σύστημα.

Η RU συνδέεται με την EU με ένα λεπτό ομοαξονικό καλώδιο, CAT5 καλώδια ή παρόμοια λεπτά καλώδια, γεγονός που καθιστά πολύ εύκολη και γρήγορη την εγκατάσταση της, σε σύγκριση με τα άκαμπτα παθητικά ομοαξονικά καλώδια που χρησιμοποιούνται για το παθητικό DAS .

2.4.3 Αμιγώς ενεργητικό DAS για μικρά και μεσαίου μεγέθους κτίρια

Ακόμη και αν το ενεργητικό DAS συνήθως θεωρείται εφαρμοστέο και για μεγάλα κτίρια, και τα μικρά κτίρια μπορούν να σχεδιαστούν με αμιγώς ενεργητικό DAS (σχήμα 2.16), χρησιμοποιώντας έτσι τα οφέλη που έχει ένα υψηλής απόδοσης DAS, με ελαφριά υποδομή καλωδίωσης, έναν μικρό χαμηλής ισχύος σταθμό βάσης και την πλήρη επιτήρηση του DAS.

Κύρια μονάδα

Το σύστημα αποτελείται από μια MU, η οποία συνδέεται απευθείας με τις RUs με λεπτό ομοαξονικό καλώδιο, CAT5 ή άλλα « IT - τύπου » καλώδια: δεν υπάρχει καμία χρήση των

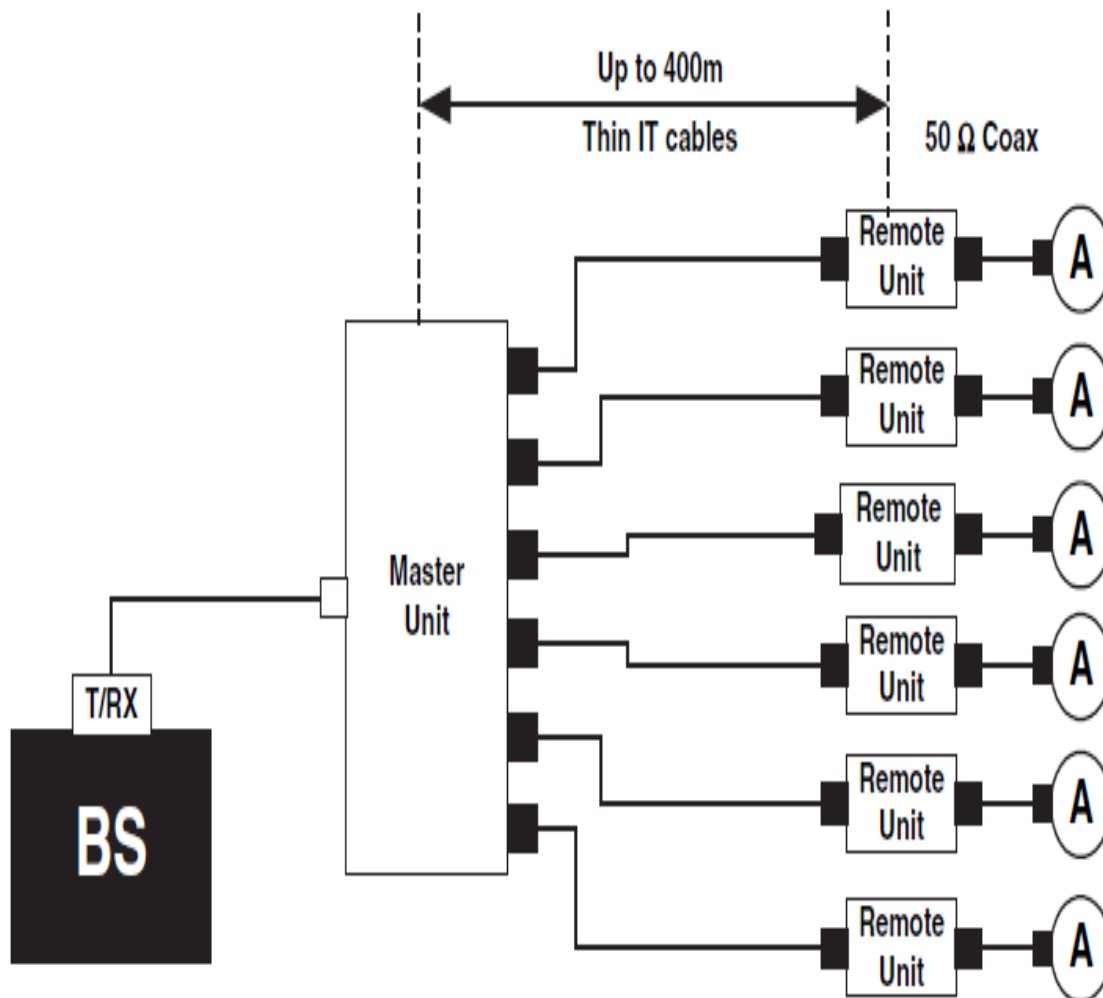
οπτικών ινών. Αυτό το μικρό σύστημα έχει όλες τις λειτουργίες και τα πλεονεκτήματα, όσον αφορά την αυτόματη βαθμονόμηση, την ομοιόμορφη απόδοση και τη βελτίωση της ραδιοδικτυακής ζεύξης, όπως τα μεγάλα συστήματα. Ακόμη και η λεπτομερής παρακολούθηση είναι η ίδια: πλήρης παρακολούθηση του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων και των κεραιών.

Για μεσαία κτίρια, μπορείτε να τροφοδοτείτε παράλληλα όλα αυτά τα συστήματα, ώστε να αποκτήσετε περισσότερα σημεία κεραιών. Αυτό καθιστά αυτό το μεσαίο σύστημα ένα πολύ αποδοτικό.

Εφαρμογές του αμιγώς ενεργητικού DAS

Μια μεγάλη εκδοχή του αμιγώς ενεργητικού DAS, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.15, είναι ουσιαστικά ένα πολύ ευπροσάρμοστο εργαλείο για μεγάλα κτίρια ή πανεπιστημιούπολεις. Το χαμηλό αντίκτυπο εγκατάστασης αυτού του DAS, με τη χρήση λεπτής καλωδίωσης IT - τύπου », το κάνει την ιδανική λύση σε εταιρικά κτίρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Η εγκατάσταση είναι εύκολη και γρήγορη , καθιστώντας δυνατή την άμεση αντίδραση στις απαιτήσεις της εσωτερική κάλυψης. Η έννοια της ύπαρξης κοντά στην κεραία μιας RU ενισχύει τα δεδομένα απόδοσης σε αυτά τα υψηλά κτίρια, όπου απαιτείται 3G/HSPA υπηρεσία.

Η μικρή εκδοχή του αμιγώς ενεργητικού DAS φαίνεται στο Σχήμα 2.16 και έχει όλα τα πλεονεκτήματα ενός μεγάλου συστήματος, αλλά δεν βασίζεται στην εγκατάσταση ινών. Αυτό αφαιρεί κάποια από την πολυπλοκότητα της διαδικασίας εγκατάστασης. Το σύστημα είναι ιδανικό και αποδοτικό για μικρά και μεσαίου μεγέθους κτίρια. Δεδομένου ότι το σύστημα μπορεί να φτάσει πάνω από 200 μ. από τη MU στην RU, και αν είναι εγκατεστημένο στο κέντρο ενός ψηλού πύργου θα μπορούσε να καλύψει ένα 300 μ. ψηλό κτίριο, χωρίς οποιαδήποτε ανάγκη για ίνες. Τα συστήματα εποπτεύονται πλήρως σε όλο το μήκος της κεραίας: υπάρχει πλήρης ορατότητα των επιδόσεων του DAS .

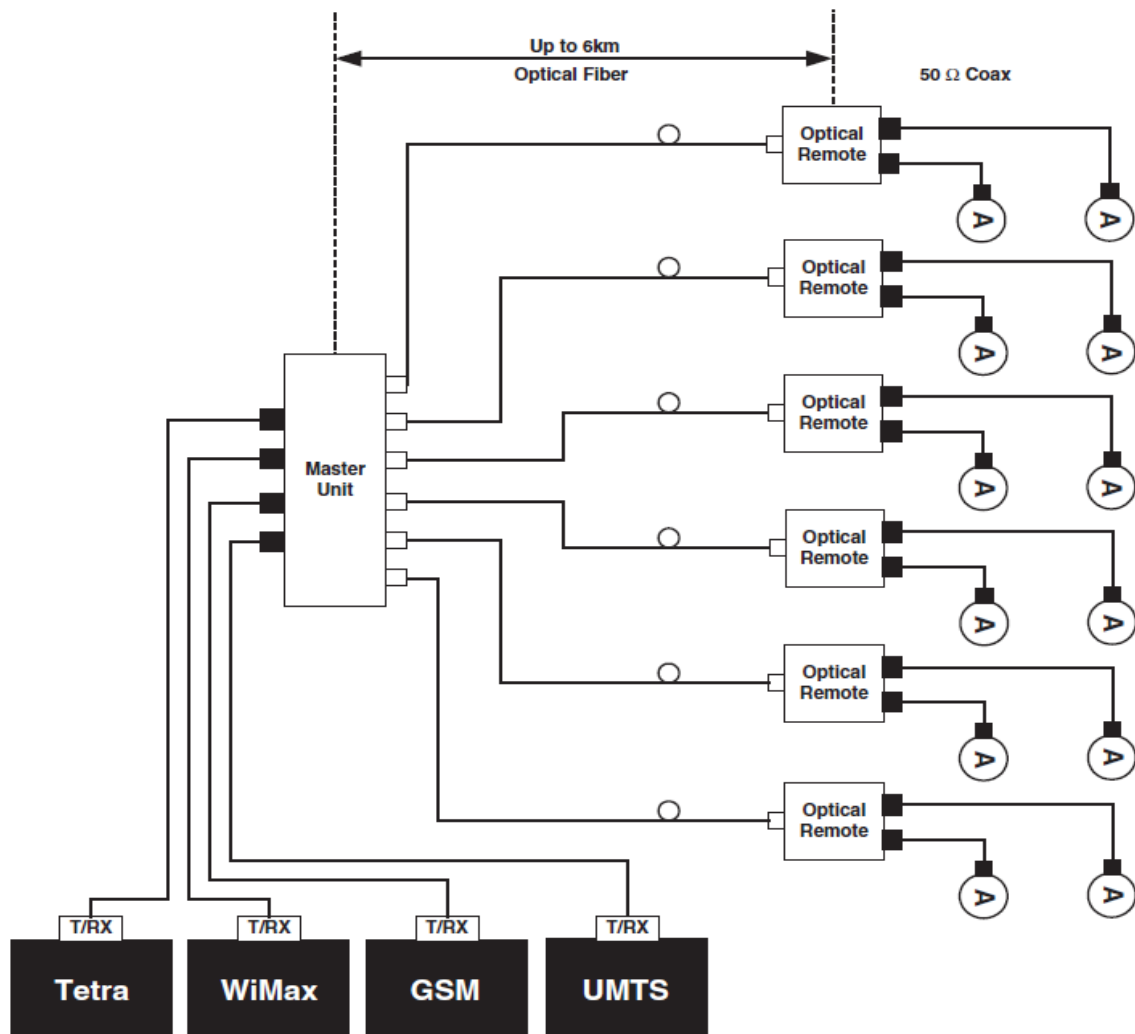


Σχήμα 2.16 Παράδειγμα ενός αμιγώς ενεργητικού DAS για μικρά κτίρια: Έως και 400 μ. απόσταση μεταξύ του σταθμού βάσης και των κεραιών χωρίς να υπάρχει απώλεια.

Η αξιοπιστία είναι μια ανησυχία, λόγω του αριθμού των μονάδων που διανέμονται σε όλο το κτίριο. Πρέπει να επιλέξετε έναν προμηθευτή που μπορεί να προσφέρει αξιοπιστία και να καλύψει το μέσο χρόνο μεταξύ των στατιστικών βλαβών. Θα πρέπει επίσης να βεβαιωθείτε ότι η θέση όλων των εγκατεστημένων μονάδων είναι τεκμηριωμένη, έτσι ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση παντού. Πρέπει να είστε προσεκτικοί κατά την εγκατάσταση αυτών των τύπων συστημάτων σε υγρά και με σκόνη περιβάλλοντα και για την προστασία τους αναλόγως.

2.4.4 Ενεργητικό DAS ιών

Η αυξανόμενη ανάγκη για όλο και περισσότερο εύρος ζώνης πάνω στο DAS, ώστε να υποστηρίζει πολλαπλές ραδιοδικτυακές υπηρεσίες, GSM, DCS, UMTS, Wi-Fi, WiMAX, Tetra, κλπ. Έχει αναγκάσει το ενεργητικό DAS ινών να υποστηρίζει ένα μεγαλύτερο εύρος ζώνης, προκειμένου να φιλοξενήσει όλες τις ραδιοδικτυακές υπηρεσίες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.17.



Σχήμα 2.17 Οπτικός κατανομημένα DAS για πολύ-υπηρεσιακές λύσεις.

Τα συστατικά του DAS ινών

Κύρια μονάδα

Η MU διασυνδέει το DAS ινών στους διαφορετικούς σταθμούς βάσης. Η MU διανέμει τα σήματα άμεσα στις οπτικές απομακρυσμένες μονάδες με τη χρήση των οπτικών ινών. Σε

πολλές περιπτώσεις αυτή η ίνα είναι ένα σύνθετο καλώδιο, που περιέχει τόσο την ίνα και το καλώδιο χαλκού, ώστε να παρέχει ισχύ στην απομακρυσμένη μονάδα. Εναλλακτικά, η ισχύς τροφοδοτείται τοπικά στην οπτική απομακρυσμένη μονάδα.

Η MU είναι ο «εγκέφαλος» του συστήματος, η οποία δημιουργεί και ελέγχει τα εσωτερικά βαθμονομημένα σήματα στο σύστημα μαζί με τους εσωτερικούς ενισχυτές και μετατροπείς και προσαρμόζει τα κέρδη και τα επίπεδα στις διάφορες θύρες, προκειμένου να αντισταθμίσει την διακύμανση της εσωτερικής οπτικής απώλειας των καλωδίων μεταξύ της MU και των απομακρυσμένων μονάδων.

Η MU θα παρακολουθεί επίσης την απόδοση του συστήματος DAS. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή προειδοποίησης, πρέπει να είναι σε θέση να στείλει ένα σήμα συναγερμού στον σταθμό βάσης, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους φορείς εκμετάλλευσης να εντοπίσουν ακριβώς τη ρίζα του προβλήματος και την επίλυση του γρήγορα.

Είναι δυνατό να δείτε την κατάσταση όλου του συστήματος και τις μεμονωμένες μονάδες στη MU χρησιμοποιώντας LEDs, μια εσωτερική LCD οθόνη ή να συνδέσετε έναν υπολογιστή. Είναι επίσης δυνατή η πρόσβαση σας στη MU εξ αποστάσεως μέσω ενός μόντεμ ή με τη χρήση μιας IP.

Οπτικές απομακρυσμένες μονάδες (Optical Remote Unit)

Η ORU έχει εγκατασταθεί σε όλο το κτίριο. Η ORU τυπικά θα πρέπει να λειτουργεί σε μέτρια προς υψηλή ισχύ εξόδου RF και θα έχει συχνά δύο ή περισσότερες συνδέσεις κεραίας, για τις DAS κεραίες.

Εφαρμογές του οπτικώς ενεργητικού DAS

Αυτό το σύστημα είναι ιδανικό για συστήματα όπου υπάρχει ανάγκη για πολλαπλές υπηρεσίες, πλην «απλών» GSM και UMTS. Ωστόσο, ο συνδυασμός όλων αυτών των ραδιοδικτυακών υπηρεσιών στο ίδιο DAS είναι μια πρόκληση, όταν πρόκειται για ενδό-διαφοροποίηση και σύνθετες πηγές ενέργειας.

Η τροφοδοσία της ORU μπορεί επίσης να είναι μια πρόκληση: όταν χρησιμοποιείτε το σύνθετο καλώδιο, το οποίο περιέχει το καλώδιο χαλκού για την ισχύ DC και το καλώδιο οπτικών ινών, πρέπει να είστε προσεκτικοί σχετικά με τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ των κτιρίων και της γείωσης. Η άποψη να υπάρχει η ORU κοντά στην κεραία βελτιώνει την απόδοση των δεδομένων σε αυτά τα ψηλά κτίρια, όπου απαιτείται 3G / HSPA υπηρεσία.

Η ακτινοβολία από τα κινητά και τα DAS είναι μια ανησυχία για τους χρήστες του κτιρίου. Το οπτικώς ενεργητικό DAS έχει τη ORU εγκατεστημένη κοντά στην κεραία: αυτό θα ενισχύσει την απόδοση των uplink δεδομένων. Επιπλέον, όμως υπάρχει μια παρενέργεια: επειδή το σύστημα διορθώνει τις απώλειες των καλωδίων, δεν υπάρχει καμία εξασθένηση του σήματος από την κεραία προς το σταθμό βάσης. Επομένως, το κινητό μπορεί να λειτουργήσει με πολύ χαμηλή ισχύ μετάδοσης, επειδή δεν πρέπει επηρεάζεται από οποιαδήποτε παθητική απώλεια καλωδίων από το σταθμό βάσης, προκειμένου να επιτευχθεί το uplink επίπεδο, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ισχύος. Αυτό κάνει αυτή την προσέγγιση ιδανική για εγκαταστάσεις σε νοσοκομεία, για παράδειγμα. Βλέπε το υποκεφάλαιο 2.13 για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα συστήματα εμποτεύονται πλήρως σε όλη τη διαδρομή προς την κεραία: υπάρχει πλήρης ορατότητα της απόδοσης του DAS. Η αξιοπιστία είναι μια ανησυχία, λόγω του αριθμού των διανεμομένων μονάδων σε όλο το κτίριο. Είναι απαραίτητο να επιλέξετε έναν προμηθευτή που μπορεί να προσφέρει απόλυτη αξιοπιστία.

Θα πρέπει επίσης να βεβαιωθείτε ότι η θέση όλων των εγκατεστημένων μονάδων είναι τεκμηριωμένη, έτσι ώστε να μπορείτε να έχετε πρόσβαση σε περίπτωση συντήρησης. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα κατά την εγκατάσταση αυτών των τύπων συστημάτων, όταν αυτή γίνεται σε υγρά ή με σκόνη περιβάλλοντα. Αυτή είναι μια ιδιαίτερη πρόκληση για εγκαταστάσεις σε σήραγγες, όπου αυτός ο τύπος DAS χρησιμοποιείται συχνά .

2.5 Ενεργητικές υβριδικές λύσεις DAS

Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ του αμιγώς ενεργητικού DAS και των υβριδικών λύσεων DAS. Όπως υποδηλώνει το όνομα, ένα «υβριδικό» DAS είναι ένα μείγμα από ένα ενεργητικό και ένα παθητικό DAS.

Το παθητικό μέρος του υβριδικού DAS θα, όπως και για το αμιγώς παθητικό DAS, περιορίσει τις δυνατότητες εγκατάστασης, επιδρώντας στην απόδοση των δεδομένων για 3G/HSPA και σε κάποιο βαθμό θα υποβαθμίσει τον σχεδιασμό, λόγω των περιορισμών εγκατάστασης.

2.5.1 Η DL ισχύ κεραίας

Ακόμα κι αν το τυπικό υβριδικό DAS παράγει μεσαίου έως υψηλού επιπέδου ισχύ από τη HRU, η ισχύς στα σημεία των κεραιών τυπικά θα είναι σημαντικά χαμηλότερα. Ο λόγος για αυτό είναι ότι η ισχύς είναι εξασθενημένη από το παθητικό DAS μεταξύ της HRU και της

κεραίας, αλλά αν εξυπηρετείτε μόνο μερικές κεραίες και κρατάτε τις απώλειες χαμηλά, μπορείτε να αποκτήσετε σχετικά υψηλή ακτινοβολούμενη ισχύ από τις κεραίες.

2.5.2 Εποπτεία κεραίας

Το μικρό παθητικό DAS θα δώσει μια υψηλή απώλεια επιστροφής πίσω στη HRU: επομένως προκύπτει συχνά ένα πρόβλημα για τη HRU να είναι σε θέση να ανιχνεύσει τυχόν προβλήματα VSWR(voltage standing wave ratio- αναλογία τάσης στάσιμου κύματος), λόγω της εξασθένησης από τις ανακλάσεις από μια αποσυνδεδεμένη κεραία. Αυτό, στην πράξη, καθιστά την εποπτεία της κεραία ανύπαρκτη.

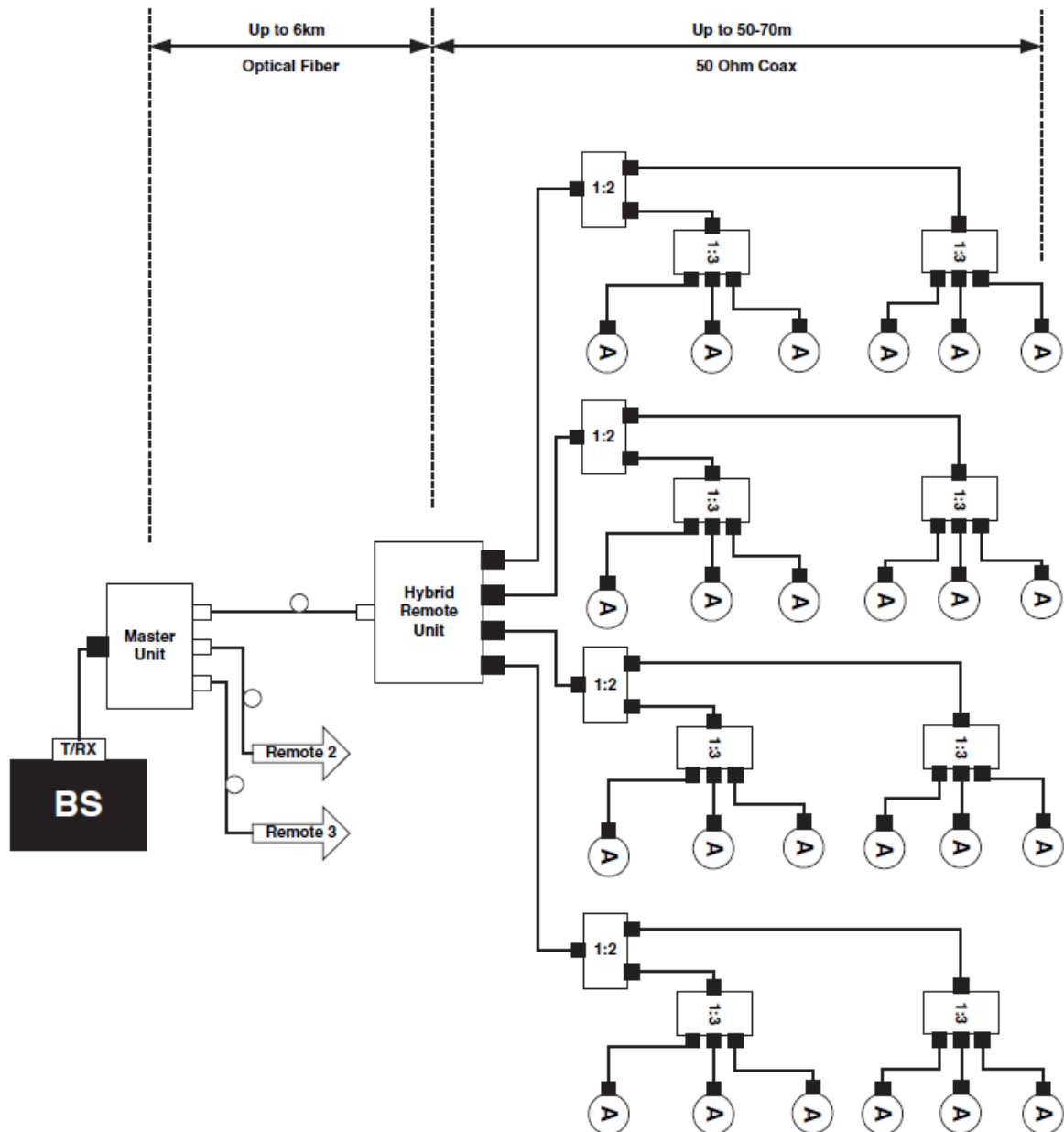
2.6 Τα στοιχεία του ενεργητικού υβριδικού DAS

Κύρια μονάδα

Η MU συνδέεται με το χαμηλής ισχύος σταθμό βάσης, και διανέμει το σήμα στις HRUs στο σύστημα. Τυπικά η MU είναι συνδεδεμένη με τη HRU χρησιμοποιώντας οπτικές ίνες. Η MU είναι το στοιχείο ελέγχου, ο « εγκέφαλος » του συστήματος και επίσης παράγει και ελέγχει τα εσωτερικά σήματα βαθμονόμησης του συστήματος, και στη συνέχεια προσαρμόζει τα οφέλη και τα επίπεδα βαθμονόμησης στις διαφορετικές θύρες, προκειμένου να αντισταθμίσει την εσωτερική απώλεια καλωδίου μεταξύ της MU και της HRU. Ωστόσο, το σύστημα δεν μπορεί να περιλάβει το παθητικό DAS μετά τη HRU: το τμήμα αυτό εξακολουθεί να βασίζεται σε αυτόματους υπολογισμούς και διακριβώσεις.

Η MU θα παρακολουθεί επίσης την απόδοση του συστήματος DAS. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή προειδοποίησης, πρέπει να είναι σε θέση να στείλει ένα σήμα συναγερμού στον σταθμό βάσης, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους φορείς εκμετάλλευσης να εντοπίσουν ακριβώς τη ρίζα του προβλήματος και την επίλυση του γρήγορα.

Είναι δυνατό να δείτε την κατάσταση όλου του συστήματος και τις μεμονωμένες μονάδες στη MU χρησιμοποιώντας LEDs, μια εσωτερική LCD οθόνη ή να συνδέσετε έναν υπολογιστή. Είναι επίσης δυνατή η πρόσβαση σας στη MU εξ αποστάσεως μέσω ενός μόντεμ ή με τη χρήση μιας IP.



. Σχήμα 2.18 Παράδειγμα ενός υβριδικού ενεργητικού DAS, ένα μίγμα ενεργητικών στοιχείων και διανομής, σε συνδυασμό με παθητικό DAS.

Οι εφαρμογές υβριδικών DAS

Οι υβριδικές λύσεις DAS είναι ιδανικές λύσεις όπου χρειάζεται υψηλή ισχύ εξόδου στην απομακρυσμένη μονάδα. Αυτό θα μπορούσε να είναι μέσα στις σήραγγες: για «T-Feed συστήματα», βλέπε παράγραφο 2.8.

Ωστόσο, πρέπει να είστε προσεκτικοί με την υψηλή ισχύ εξόδου, και να βεβαιωθείτε ότι το uplink μπορεί να παρακολουθεί την περιοχή κάλυψης του downlink, γιατί αλλιώς το DAS

θα είναι εκτός ισορροπίας. Πρέπει επίσης να προσέξετε να μην χρησιμοποιείτε την υψηλή ισχύ μόνο σε μια δυναμική «hot» κεραία στο κτίριο: αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (EMR- electromagnetic radioation) (βλ. Ενότητα 2.13) και να προκαλέσει παρεμβολές στο περιβάλλοντα δίκτυο.

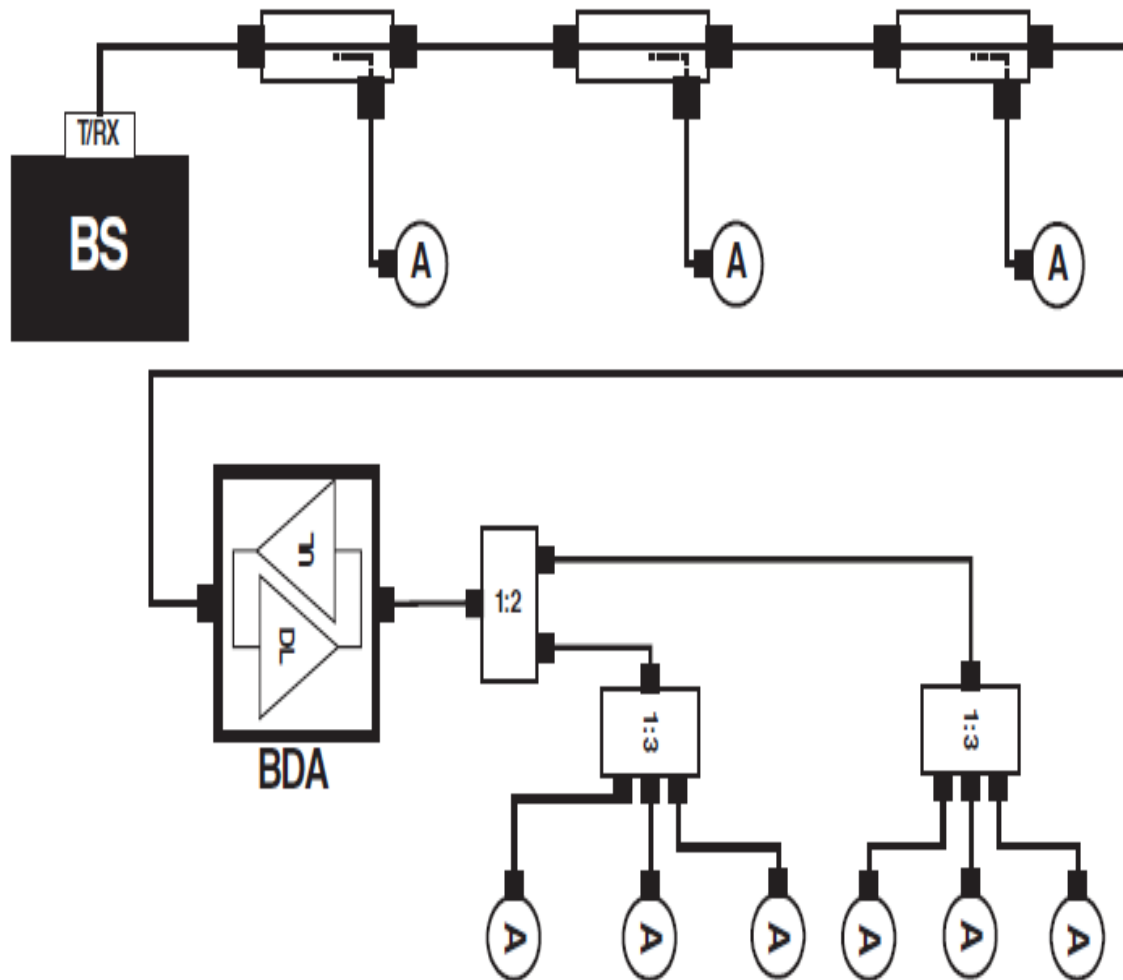
Το σχετικά υψηλό κόστος του υβριδικό DAS, το καθιστά εφαρμοστέο μόνο σε μεγάλες κατασκευές με μεγάλη κυκλοφορία και υψηλή βάση εσόδων.

2.6.1 Συνδυάζοντας το παθητικό και ενεργητικό εσωτερικό DAS

Συχνά, η πιο ιδανική λύση για ένα εσωτερικό έργο θα ήταν να συνδυάσετε τα καλύτερα μέρη του παθητικού και τα καλύτερα μέρη του ενεργητικού DAS σχεδιασμού (Σχήμα 2.19). Το παθητικό DAS είναι οικονομικώς αποδοτικό σε υπόγεια, εύκολο στην εγκατάσταση σε σχάρες καλωδίων που βρίσκονται σε υπόγεια και χώρους στάθμευσης, και με χαμηλές αποστάσεις και εξυπηρετώντας μόνο λίγες κεραίες, η απόδοση RF μπορεί να είναι καλή. Το ενεργητικό DAS είναι συχνά πιο ακριβό, αλλά έχει το πλεονέκτημα στην απόδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις, και είναι ευκολότερο να εγκατασταθεί στα πιο προκλητικά μέρη του κτιρίου.

Στο τυπικό έργο για εσωτερικούς χώρους θα διαπιστώσετε ότι το δωμάτιο εξοπλισμού που έχετε εκχωρήσει για το σταθμό βάσης βρίσκεται στο υπόγειο. Ως εκ τούτου, θα ήταν φυσικό να καλύπτει τους τομείς κοντά στο σταθμό βάσης, τους χώρους στάθμευσης, το υπόγειο, κλπ., χρησιμοποιώντας ένα παθητικό DAS με λίγες κεραίες. Αυτή είναι η «ζώνη Α» (βλ. Ενότητα 1.5.6), ώστε να μπορείτε να έχετε ένα σχετικά χαμηλό επίπεδο κάλυψης.

Ωστόσο, στις περιοχές μακριά από το δωμάτιο εξοπλισμού, σε ορόφους γραφείων στο ανώτερο τμήμα του κτιρίου, η μεγάλη απώλεια ενός παθητικού DAS μπορεί να υποβαθμίσει την απόδοση. Επίσης, η πρόκληση της εγκατάστασης με άκαμπτα βαριά παθητικά καλώδια μπορεί να είναι ένα ζήτημα, και μάλιστα πολύ ακριβό. Στη συνέχεια, η λογική επιλογή θα ήταν να χρησιμοποιήσετε παθητικό DAS κοντά στο σταθμό βάσης, αλλά ενεργητικό DAS στις πιο δύσκολες περιοχές. Στη συνέχεια, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα καλύτερα στοιχεία και των δύο εφαρμογών, και να αποφύγετε τα μειονεκτήματά τους.

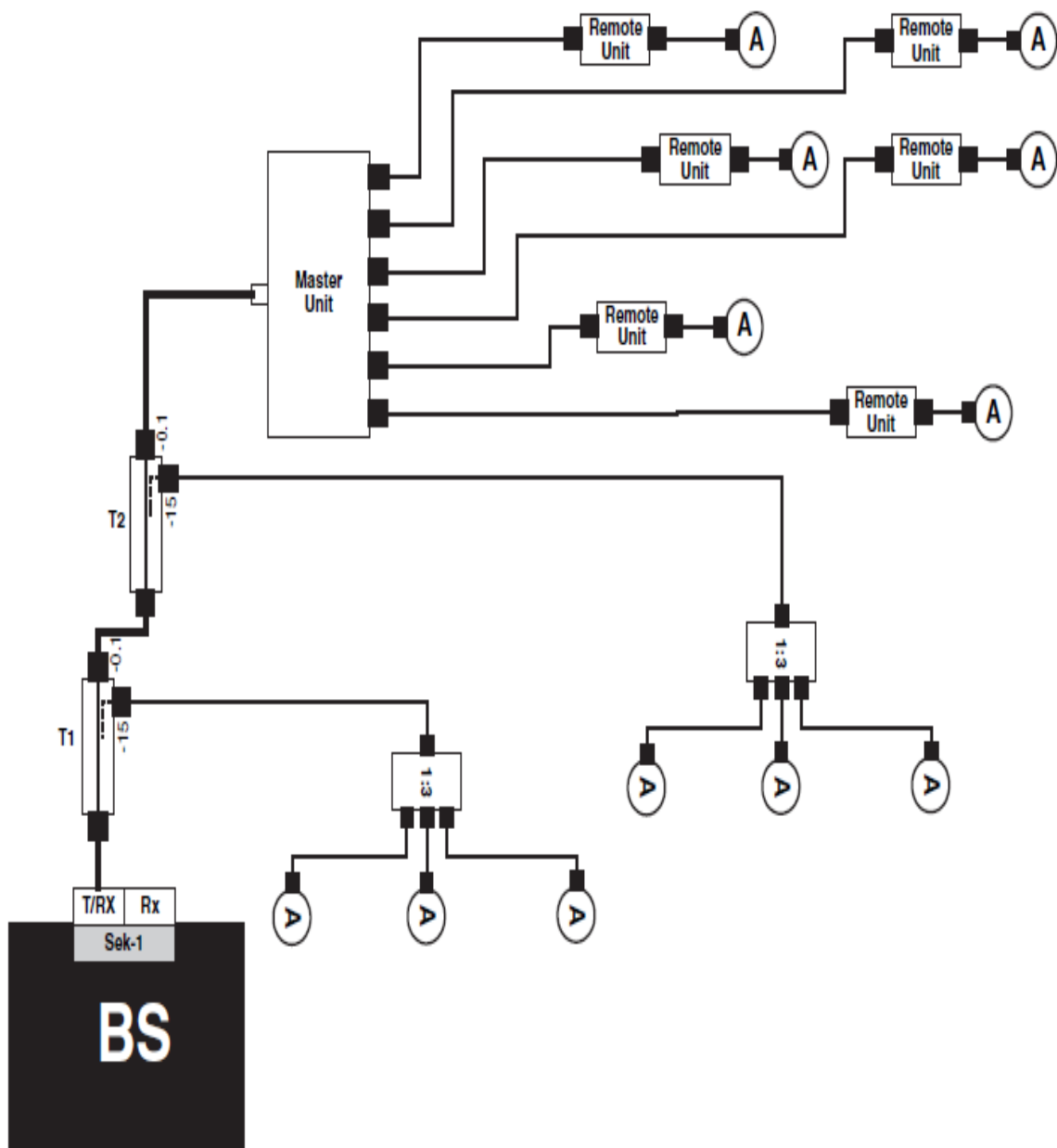


Εικόνα 2.19 Παράδειγμα ενός υβριδικού DAS, προστέθηκε ένα παθητικό σύστημα με BDA.

Υπολογίστε την ισχύ του θορύβου

Υπάρχει ένα θέμα στο οποίο πρέπει να είστε προσεκτικοί σχετικά με το πότε θα συνδυάζετε ενεργητικά και παθητικά DAS, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.20, το οποίο αφορά την ισχύ του θορύβου που το δραστικό DAS θα προσδώσει στο παθητικό σύστημα (σταθμός βάσης). Εάν έχετε ένα σενάριο όπου η uplink ζεύξη στο παθητικό τμήμα του DAS είναι ο περιοριστικός παράγοντας, τότε η αύξηση του θορύβου που προκλήθηκε από το ενεργητικό DAS μπορεί να υποβαθμίσει την κάλυψη uplink στο παθητικό τμήμα της DAS.

Ωστόσο, το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με την προσεκτική επιλογή της σωστής τιμής του UL εξασθενητή στον κεντρικό κόμβο του ενεργητικού συστήματος.

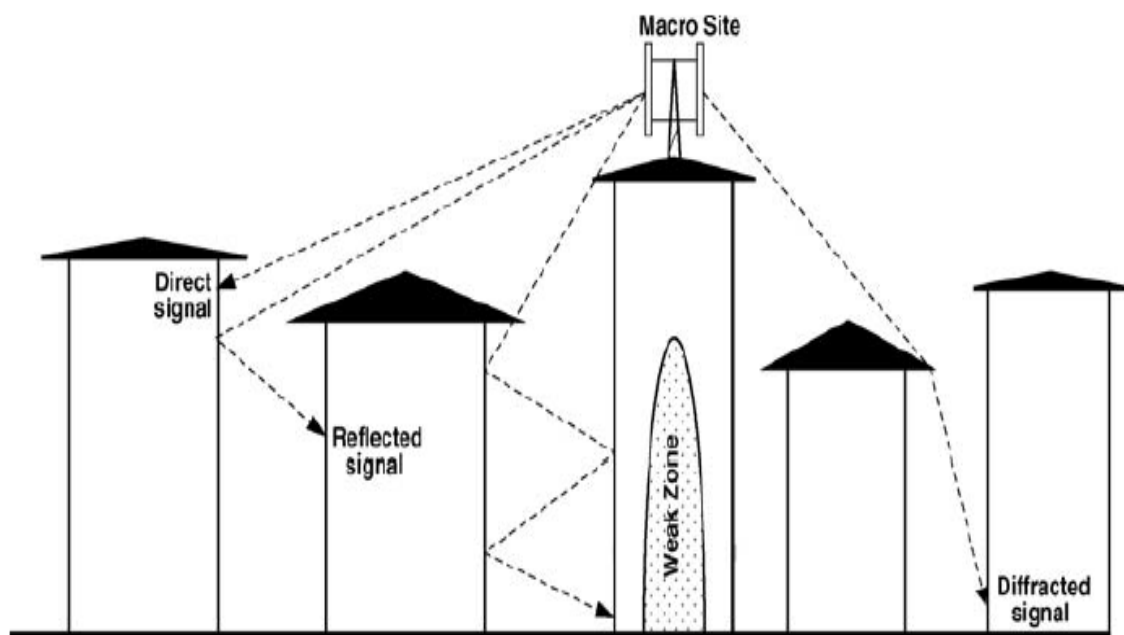


Σχήμα 2.20 Παράδειγμα ενός υβριδικού DAS, ένα παθητικό σύστημα με ενεργητικό DAS στο απομακρυσμένο τμήμα του κτιρίου.

2.6.2 Συνδυάζοντας την Εσωτερική και Εξωτερική κάλυψη

Συχνά θα διαπιστώσετε ότι ένα κτίριο, όπου ένας Macro σταθμός βάσης βρίσκεται στον τελευταίο όροφο έχει απρόσμενα χαμηλή κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους κοντά στον κεντρικό πυρήνα, ειδικά στους χαμηλότερους ορόφους. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η ραδιοδικτυακή ισχύς ακτινοβολείται μακριά από το κτίριο από τις υψηλού κέρδους κεραιές: η κάλυψη στο εσωτερικό του κτιρίου πρέπει να βασίζεται σε ανακλάσεις από τα

παρακείμενα κτίρια και κατασκευές. Αυτό είναι ένα πρόβλημα ιδιαίτερα σε πολυώροφα κτίρια που δεν περιβάλλονται από ψηλές κατασκευές, οι οποίες μπορούν να ανακλάσουν το RF σήμα πίσω στο κτίριο (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.21). Σε αυτές τις περιπτώσεις θα μπορούσε να έχει νόημα να χρησιμοποιήσετε το Macro σταθμό βάσης στον τελευταίο όροφο ως χορηγό για το εσωτερικό DAS. Αυτό εξοικονομεί το κόστος ενός εσωτερικού σταθμού βάσης. Η χωρητικότητα ζευτικοποιείται μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Αν η κυκλοφορία μεταξύ των δύο περιοχών αντισταθμίζεται, αυτό θα μπορούσε να είναι μια πολύ αποδοτική χρήση των πόρων.



Σχήμα 2.21 Κάλυψη RF στο κτίριο με την Macro τοποθεσία να είναι χαμηλά, λόγω της ανάγκης για ανακλάσεις, ώστε να παρέχετε εσωτερική κάλυψη.

Ελαχιστοποιώντας την επίπτωση στον χορηγικό Macro τομέα

Όταν κάνετε διαχωρισμό ενός σε ψηλό όροφο Macro κελιού, ώστε να εξυπηρετήσει και αυτό ένα εσωτερικό DAS, τότε προκύπτουν ανησυχίες που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μια επιλογή είναι να διαχωρίσετε την ισχύ από έναν από τους υπαίθριους τομείς σε ένα παθητικό DAS. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή κοστίζει ισχύ και μείωση περιοχής κάλυψης του εξωτερικού κελιού, ειδικά αν πρέπει να τροφοδοτήσετε ένα μεγάλο εσωτερικό DAS.

Η λύση θα μπορούσε να είναι να αξιοποιήσετε ένα κλάσμα της ισχύος (0,1 dB) στο Macro κελί στο ενεργητικό DAS (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.22). Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι η εξωτερική κάλυψη για το χορηγικό κελί διατηρείται. Το

ενεργητικό DAS συνήθως χρειάζεται μόνο +5 dBm ισχύ εισόδου, έτσι ώστε μόνο πολύ λίγη δύναμη πρέπει να αξιοποιηθεί από τον εξωτερικό τομέα.

Υπολογίζοντας την ισχύ θορύβου από το DAS

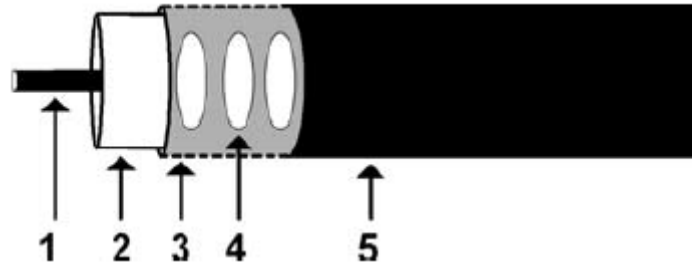
Υπάρχει ένα θέμα στο οποίο πρέπει να είστε προσεκτικοί, η ισχύς του θορύβου που θα δώσει το ενεργητικό DAS στην UL του Macro δότη-τομέα. Αυτό μπορεί να απευαισθητοποιήσει τον δέκτη στο σταθμό βάσης, περιορίζοντας την απόδοση uplink και επηρεάζοντας την UL περιοχή κάλυψης, και στο UMTS το φορτίο του θορύβου θα αντισταθμίσει τον έλεγχο αποδοχής. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με την εγκατάσταση εξασθενητή στη θύρα uplink ζεύξης του ενεργητικού DAS και πολύ προσεκτικά επιλέγοντας τη σωστή τιμή του εξασθενητή.

2.7 Λύσεις για το ακτινοβολούν καλώδιο (Radiating Cable)

Η εργασία επικεντρώνεται σε λύσεις κάλυψης για εσωτερικούς χώρους για κτίρια και παραδοσιακά το ακτινοβολούν καλώδιο χρησιμοποιείται μόνο για λύσεις κάλυψης σε σήραγγες. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένα κτίριο έχει ένα ή περισσότερα κτίρια που συνδέονται με μεγάλες σήραγγες σε μια πανεπιστημιούπολη, σε μακριά κατακόρυφα φρεάτια, σε σκάλες έκτακτης ανάγκης ή φρεάτια ανελκυστήρων, όπου ένα ακτινοβολούν καλώδιο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως πιθανή λύση.

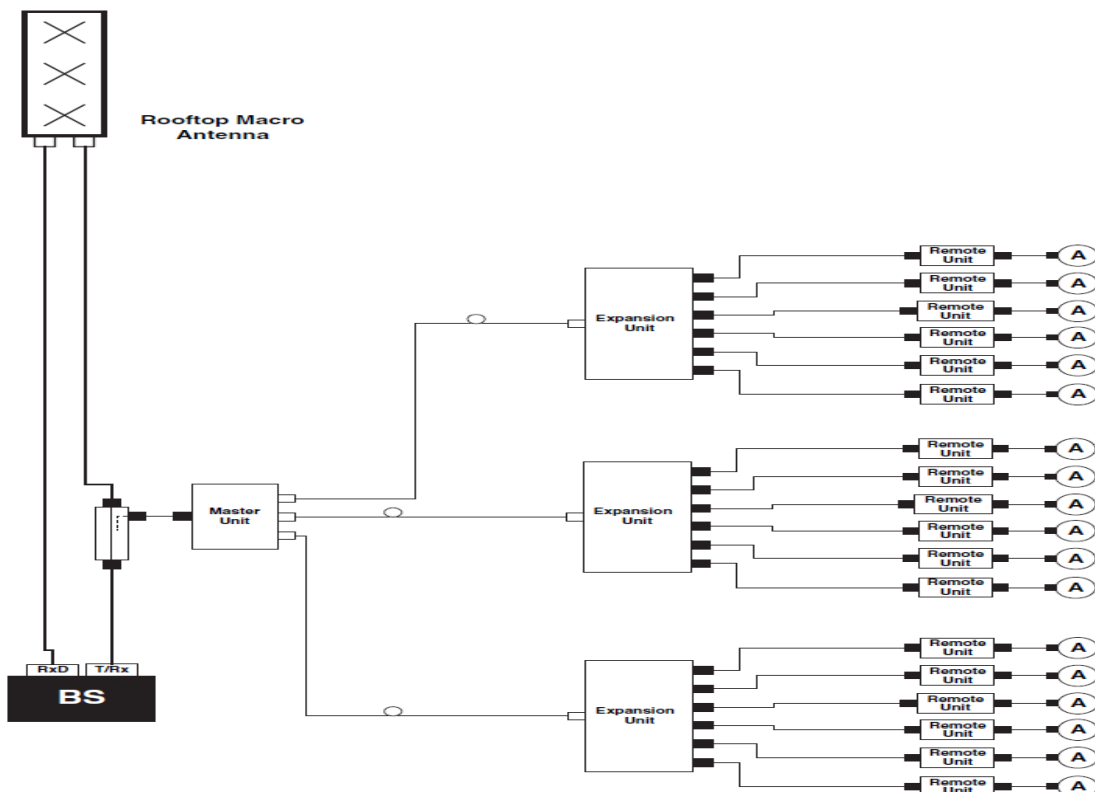
2.7.1 Το ακτινοβολούν καλώδιο (RC)

Το ακτινοβολούν καλώδιο ή «τροφοδότης διαρροής» (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.23) συνήθως βασίζεται σε ένα παραδοσιακή ομοαξονικό καλώδιο με (1) ένα εσωτερικό αγωγό, (2) ένα διηλεκτρικό, (3) μια εξωτερική ασπίδα, (4) κάποιες συντονισμένες σχισμές στην εξωτερική ασπίδα και τέλος (5) το περίβλημα. Το μέγεθος, το σχήμα, ο προσανατολισμός και η τοποθέτηση των σχισμών έχουν βελτιστοποιηθεί για να εναρμονίσουν την κάλυψη από το καλώδιο. Το καλώδιο μπορεί να είναι συντονισμένο σε σχέση με την απώλεια σύζευξης σε ορισμένες αποστάσεις, το εύρος ζώνης συχνοτήτων, την εισαγωγή (μήκος) και την απώλεια.



Σχήμα 2.23 Η αρχή του ακτινοβολούν καλωδίου.

Το καλώδιο λειτουργεί στην πραγματικότητα ως μια μεγάλη κεραία, ή στην ουσία ως πολλές μικρές κεραίες. Οι σχισμές θα ακτινοβολούν και θα πάρουν σήμα σε όλο το μήκος του καλωδίου. Τυπικά, το καλώδιο θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί για να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων του φάσματος RF, και να βελτιστοποιηθεί για μέγιστη κάλυψη μέσα σε μια ορισμένη απόσταση, εντός του χώρου της σήραγγας. Κανονικά ένα ακτινοβολούν καλώδιο δεν εφαρμόζεται στην εξυπηρέτηση χρηστών που δεν είναι στο βέλτημα του καλωδίου: είναι συνήθως ιδανικό για αποστάσεις των 2-10 μ. κάθετα στο καλώδιο.



Σχήμα 2.22 Αναπαράγοντας ένα κλάσμα (0,1 dB) της ισχύς στον εξωτερικό τομέα είναι αρκετό για να τροφοδοτήσει ένα ενεργητικό εσωτερικό DAS, βελτιώνοντας τη χρησιμοποίηση του σταθμού βάση.

Τα τεχνικά στοιχεία του RG

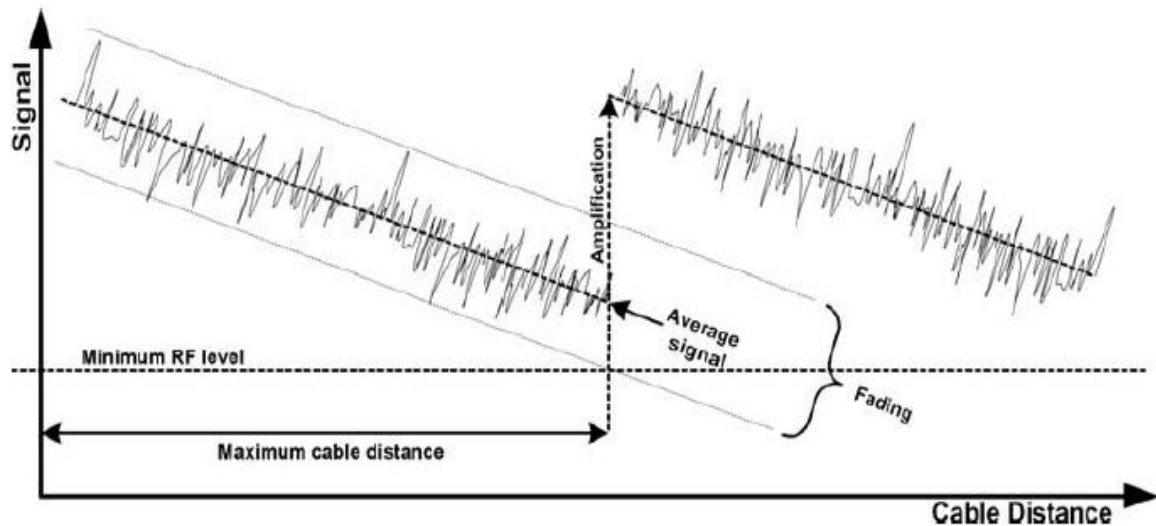
Το RC μπορεί αρχικά να φανεί πολύ απλό και εύκολο στην κατανόηση, αλλά ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση του σε λύσεις κάλυψης είναι μια πρόκληση. Για να καταλάβετε πώς να χρησιμοποιήσετε το καλώδιο, θα πρέπει πρώτα απ' όλα να κατανοήσετε τις βασικές παραμέτρους του καλωδίου. Οι πιο σημαντικές παράμετροι για την επιλογή, τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση των RC είναι:

- Η εμβέλεια συχνότητας
- Η διαμήκης απώλεια
- Η απώλεια σύζευξης
- Η απώλεια συστήματος
- Οι μηχανικές προδιαγραφές
- Οι καθυστερήσεις στο σύστημα

2.7.2 Υπολογίζοντας το επίπεδο κάλυψης

Συνειδητοποιήστε ότι η εξασθένιση στη σήραγγα και η διακύμανση της ζεύξης από το καλώδιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.24 πρέπει να καταχωρούνται στο συνδετικό προϋπολογισμό. Είναι αρκετά εύκολο να υπολογιστεί το επίπεδο εξυπηρέτησης στη σήραγγα. Είναι σημαντικό να περιλαμβάνετε το ξεθώριασμα των περιθωρίων: τα περιθώρια αυτά θα εξαρτηθούν από διάφορους «τούνελ παράγοντες», όπως το μέγεθος της σήραγγας, το σχήμα, το υλικό, την ταχύτητα των χρηστών και τα εμπόδια στη σήραγγα. Οι περισσότεροι κατασκευαστές RC θα σας προσφέρουν σχεδιαστική υποστήριξη και θα βοηθήσουν με τα εργαλεία που μπορούν να σας βοηθήσουν να πραγματοποιήσετε το ραδιοδικτυακό σχεδιασμό των τμημάτων της σήραγγας.

Ιδανικά, ειδικά σε ένα μεγάλο έργο της σήραγγας, συνιστάται να ελέγξετε τους RF υπολογισμούς και το συνδετικό προϋπολογισμό με μια δοκιμαστική εγκατάσταση σε ένα τμήμα της σήραγγας. Μπορεί να κοστίζει πολύ ακριβά, αν γίνουν λάθη σε έργα σήραγγων.



Σχήμα 2.24 Το ξεθώριασμα και η διακύμανση του σήματος σε μια σήραγγα μπορεί να είναι υψηλό, γι' αυτό συνιστώνται καλά περιθώρια σχεδιασμού.

2.7.3 Προκλήσεις εγκατάστασης με τη χρήση RC

Σε έργα σε σήραγγας, οι προκλήσεις εγκατάστασης, ο περιορισμένος χώρος και η έλλειψη πρόσβασης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο έργο, ιδίως όσον αφορά την κατανάλωση του χρόνου και το κόστος εγκατάστασης. Κάποιες ενέργειες και περιοχές εγκατάστασης που πρέπει να προσέξετε ιδιαίτερα αφορούν τα εξής:

- Τη γείωση
- Την πιστή ακολουθία των οδηγιών εγκατάστασης
- Την χρήση σφιγκτήρων
- Την ευθυγράμμιση του καλωδίου
- Τη μηχανική καταπόνηση
- Τον καθαρισμό του καλωδίου

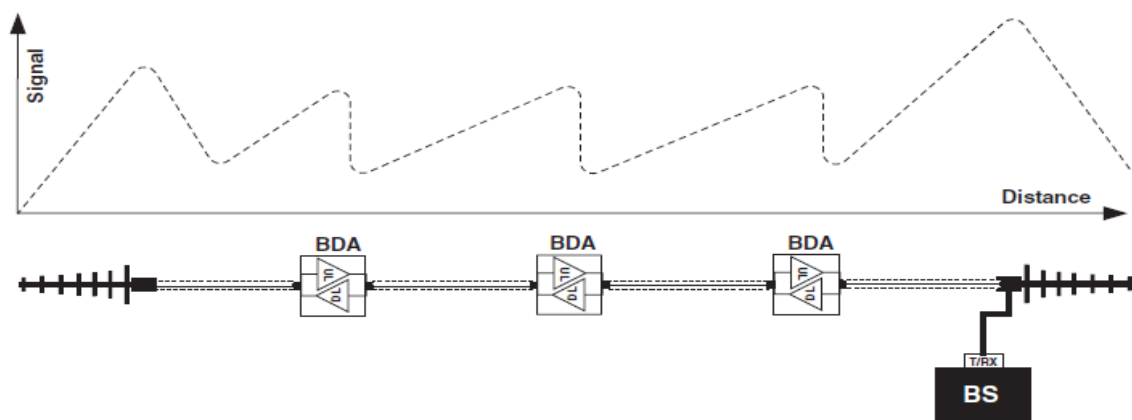
Η μεγαλύτερη πρόκληση στη χρήση RC είναι η εγκατάσταση. Είναι συχνά πολύ ακριβή και χρονοβόρα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα αν το σύστημα πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια επιχειρησιακή σήραγγα. Σε αυτή την περίπτωση μπορείτε να αποκτήσετε πρόσβαση στη σήραγγα για λίγες ώρες κάθε βράδυ, ενώ είναι κλειστή για προγραμματισμένη συντήρηση. Σπάνια θα επιτρέπετε να κλείσετε τη σήραγγα, μόνο με σκοπό την εγκατάσταση του

ασύρματου ραδιοδικτυακού συστήματος. Η εγκατάσταση του RC είναι μια υλικοτεχνική πρόκληση. Τα καλώδια πρέπει να μεταφέρονται σε ειδικό φορείο με ακροδέκτες.

2.8 Λύσεις σιράγγων, κλιμακωμένες BDAs

Ένας τρόπος για να σχεδιάσετε ένα σύστημα τούνελ με RC είναι να χρησιμοποιήσετε αλυσιδωτές BDAs για να ενισχύσετε το σήμα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (Εικόνα 2.25), προκειμένου να αντισταθμίσετε τη διαμήκη εξασθένηση και να κρατήσετε το επίπεδο κάλυψης πάνω από το απαιτούμενο επίπεδο σχεδιασμού.

Σε αυτό το είδος της εφαρμογής, η αύξηση των BDAs συνήθως θα προσαρμόζετε έτσι ώστε να αντισταθμίσει τη διαμήκη απώλεια του προηγούμενου καλωδίου, αλλά όχι υψηλότερα - αυτό θα προκαλέσει απλά συσσωρευμένο θόρυβο και υποβαθμισμένο δυναμικό εύρος. Αυτή η μεθοδολογία σχεδιασμού κάποτε αναφερόταν ως «συστήματα μηδενικής απώλειας».

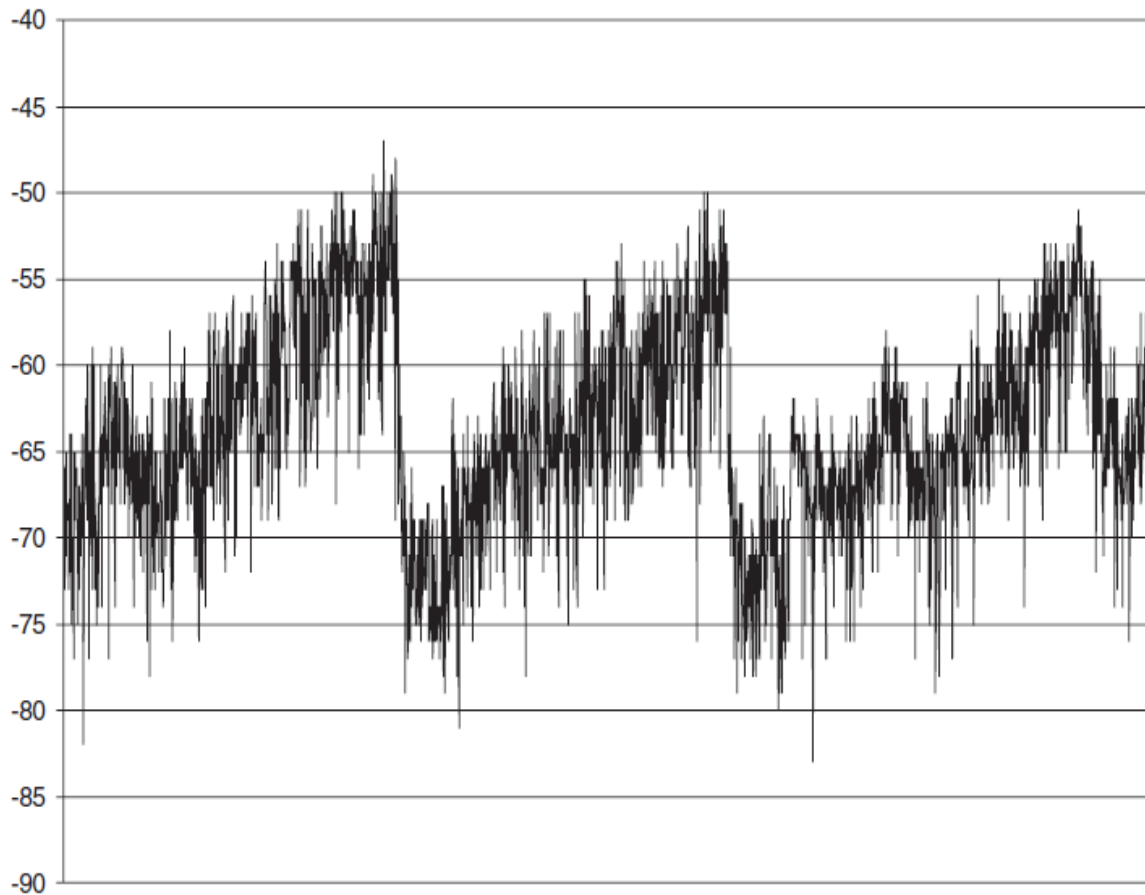


Σχήμα 2.25 Το RC τρέφεται με τη χρήση των BDAs σε γραμμή (κλιμακωμένο σύστημα) και του αντίστοιχου RF σήματος

2.8.1 Παράδειγμα πραγματικού κλιμακωμένου BDA συστήματος

Η μέτρηση που φαίνεται στο Σχήμα 2.26 είναι μια πραγματική μέτρηση ενός κλιμακωμένου BDA ή διαρροούμενου συστήματος τροφοδοσίας σε μια σήραγγα, και δείχνει ένα τμήμα της σήραγγας με τρία BDAs. Μπορείτε να δείτε καθαρά την HO κεραία που βρίσκεται λίγο πριν από το δεξιότερο BDA, την «αιχμή» στο επίπεδο σήματος, και στην αριστερή πλευρά του γραφήματος είναι μια παρόμοια αιχμή από μία κεραία. Η μέτρηση που φαίνεται είναι σε ένα πάνω από 880 μ. τμήμα σήραγγας, από ένα σταθμό του μετρό στον επόμενο σταθμό. Το RC τοποθετήθηκε σε μια 5 μ. ευρεία κυκλική σκυρόδεμη σήραγγα, που

ευθυγραμμίζεται πλήρως με την τοποθέτηση των παραθύρων του τρένου. Οι μετρήσεις έγιναν σε 2 μ. από το RC, στο κέντρο της τροχιάς κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής με τα πόδια στην άδεια σήραγγα. Η απόσταση μεταξύ των BDAs ήταν περίπου 260 μ., και το RC ήταν ένα βαρύ καλώδιο 1 ¼ ιντσών.



Σχήμα 2.26 Πραγματική μέτρηση ενός κλιμακωμένου συστήματος BDA σε μια σήραγγα του μετρό.

Το επίπεδο του σχεδιασμού ήταν -75 dBm στο 98% του GSM1800 στην άδεια σήραγγα(η απώλεια διείσδυσης μέσα στο τρένο επαληθεύεται από τις μετρήσεις να είναι μόνο 5 dB). Η διαμήκης απώλεια ανά 100 μ. ήταν 6 dB, ανάλογα με την προδιαγραφή του καλωδίου. Από τη μέτρηση, η διαμήκη απώλεια μπορεί να εκτιμηθεί ότι θα είναι περίπου 15 dB.

Να σημειωθεί ότι η μέτρηση έγινε κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής με τα πόδια, σε μια αρκετά αργή ταχύτητα σε σύγκριση με την ταχύτητα των τελικών χρηστών (στο εσωτερικό ενός τρένου μετρό). Αυτό η αργής κίνησης μέτρηση τείνει να τονίσει το ξεθώριασμα, όπως αυτό μπορεί να φανεί στο Σχήμα 2.26.

2.9 Λύσεις σηράγγων, T- Systems

Ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα σχέδια είναι να χρησιμοποιήσετε ένα σύστημα «T-feed». Το σύστημα αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με το κλιμακωμένο σύστημα από την Ενότητα 2.8. Η διανομή του σήματος στις BDAs γίνεται παράλληλα με το RC σύστημα. Κάθε BDA τροφοδοτείται με μια είσοδο, και παρέχει έξοδο και στις δύο κατευθύνσεις του RC. Στην περίπτωση BDA δυσλειτουργίας, ή ενός σπασμένου RC, το μεγαλύτερο μέρος του συστήματος στην πραγματικότητα θα εξακολουθήσει να λειτουργεί.

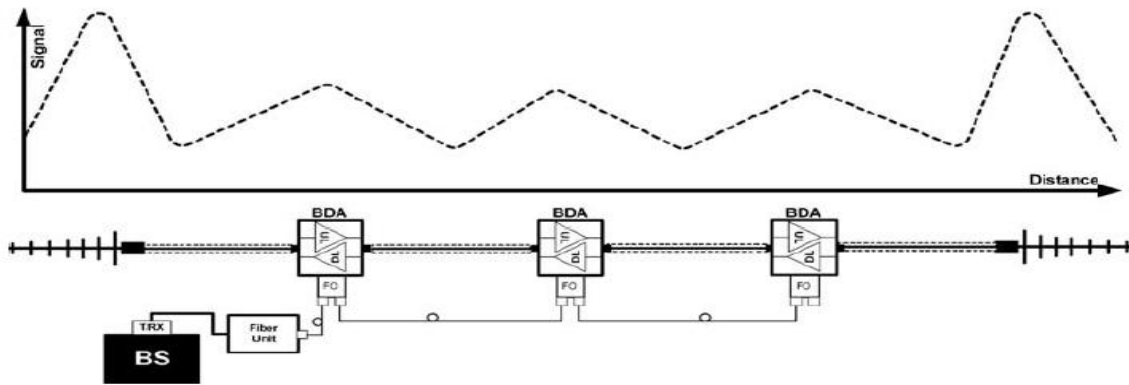
Ο κεντρικός έλεγχος και η παρακολούθηση γίνονται στη «μονάδα ινών» που συστεγάζεται με το σταθμό βάσης. Η κύρια μονάδα του συστήματος της σήραγγας τροφοδοτεί επίσης το σταθμό βάσης με εξωτερικούς συναγερμούς σε περίπτωση δυσλειτουργίας. Απομακρυσμένη ρύθμιση μπορεί να γίνει μέσω ενός modem RF ή IP για τη διευκόλυνση βλαβών και τη συντήρηση. Ακόμη και αν η οπτική μετάδοση και οι μετατροπείς προσθέτουν θόρυβο στο σύστημα, τα T-Systems θα είναι συχνά ανώτερα σε απόδοση στην uplink σε σύγκριση με τα κλιμακωμένα συστήματα.

2.9.1 Η αρχή των T-Systems

Η αρχή του συστήματος «T-feed» (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.27), είναι ότι ο σταθμός βάσης συνδέεται με έναν οπτικό μετατροπέα που μετατρέπει την RF σε οπτικά σήματα. Η χρήση οπτικής μετάδοσης το σήμα μπορεί να μεταδοθεί σε μεγάλες αποστάσεις με μοναδικό περιορισμό την υποβάθμιση της RF μετάδοσης μέσω ομοαξονικού καλωδίου.

Κάθε BDA έχει μια οπτική διεπαφή και μετατρέπει το σήμα πίσω σε RF, και στη συνέχεια ένας ενισχυτής μεταδίδει τη ραδιοδικτυακή ισχύ και στις δύο κατευθύνσεις στο RC. Φυσικά η BDA έχει έναν αντίστροφο ενισχυτή και έναν RF οπτικό μετατροπέα για το uplink σήμα.

Το παράδειγμα στο Σχήμα 2.27 δείχνει την αρχή μιας κοινής αλυσιδωτής κατανομής του οπτικού σήματος, από BDA σε BDA, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για οπτική ίνα σε μία μόνο σύνδεση. Αυτό είναι μια μεγάλη εξοικονόμηση κόστους, αν θα πρέπει να βασίζεστε στο δανεισμό προεγκατεστημένης «σκοτεινής ίνας» από ένα τρίτο μέρος.



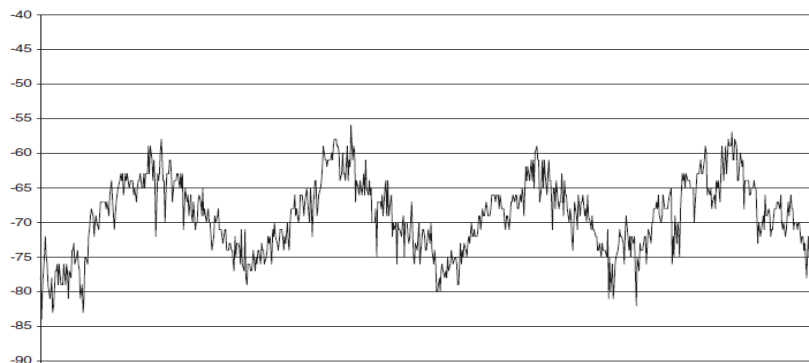
Σχήμα 2.27 Το RC τροφοδοτείται από ένα « T- System»: το σήμα διανέμεται μέσω οπτικής ίνας και τροφοδοτείται μέσω ένα αλυσιδωτό σύστημα οπτικών ινών.

2.9.2 Παράδειγμα πραγματικού T- System με BDAs

Ένα παράδειγμα ενός σήματος σε μια σήραγγα χρησιμοποιώντας ένα T- system για τη διανομή του σήματος φαίνεται Σχήμα 2.28. Η μέτρηση δείχνει περίπου 2,6 χμ. μιας 4χμ. σήραγγας. Όπως μπορείτε να δείτε υπάρχουν τέσσερα κατανεμημένα BBAs που εξυπηρετούν αυτό το τμήμα της σήραγγας, με το καθένα να υποστηρίζει 660 μ. της σήραγγας, 330 μ. σε κάθε κατεύθυνση.

Το σύστημα σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας ένα RC καλώδιο 1 5/8 ιντσών, το οποίο εγκαταστάθηκε σε αυτή (περίπου 4 x 6 μ.) τη μεγάλη σιδηροδρομική σήραγγα σκυροδέματος. Η μέτρηση στο Σχήμα 2.28 έγινε πάνω σε ένα ανοιχτό ντίζελ τρόλεϊ, το οποίο πήγαινε με 80 km/h .

Το επίπεδο σχεδιασμού για αυτό το τούνελ ήταν -75 dBm στο 98 % της περιοχής για GSM900 για το downlink.



Σχήμα 2.28 Μέτρηση του GSM900 σήματος σε ένα RC που τροφοδοτείται από ένα «T- system» ,με οπτικά διανεμημένα BDAs.

2.10 Σχεδιασμός επιστροφής σε σήραγγες

Μεγάλα συστήματα σηράγγων πρέπει συχνά να διαιρεθούν σε διάφορα κελιά, ειδικά αν πρόκειται για ένα σιδηροδρομικό σύστημα σήραγγας σε μια μεγάλη περιοχή. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να σχεδιάσετε μια ζώνη επαρκής επιστροφής μεταξύ των παρακείμενων κελιών που θα εξασφαλίσει την επιτυχή επιστροφή της κυκλοφορίας. Υπάρχουν κάποιες βασικές παράμετροι και κόλπα που είναι αναγκαία για τον επιτυχή σχεδιασμό επιστροφής.

2.10.1 Γενικά θέματα

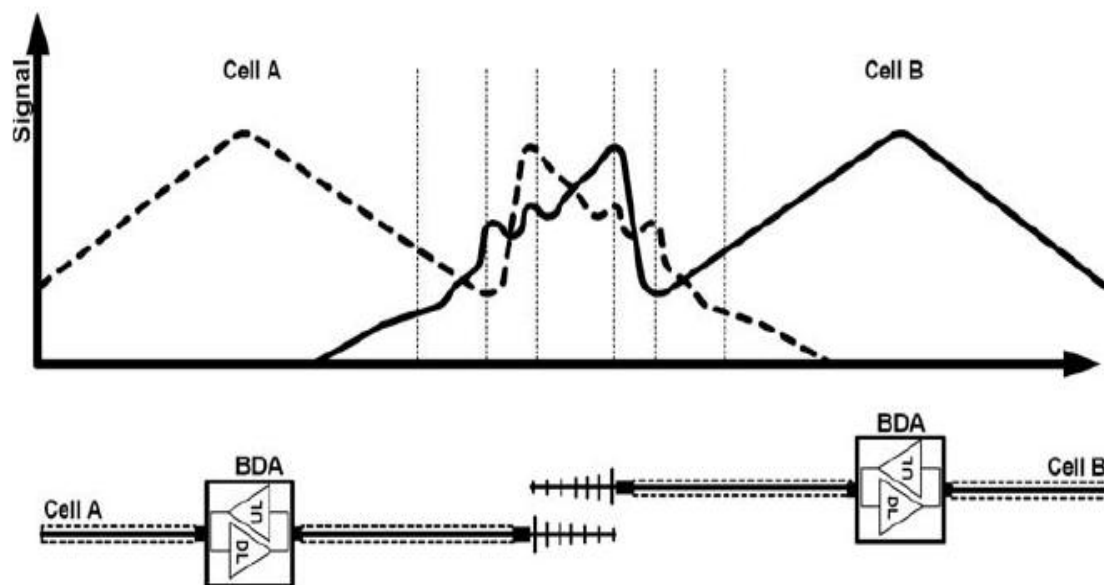
Τοποθέτηση ΗΟ ζώνης

Σε μια εφαρμογή σιδηροδρόμων μετρό είναι χρήσιμο να εξεταστεί ο προγραμματισμός της ζώνης ΗΟ στην περιοχή των σταθμών, κατά προτίμηση σε μια καλά καθορισμένη ζώνη, με σαφή καθορισμό της διαφοράς επιπέδου στα δύο κελιά στο κέντρο της πλατφόρμας. Η προσέγγιση αυτή θα έχει πολλά οφέλη:

- Αργή κίνηση στο κυκλοφοριακό
- Επικάλυψη της χωρητικότητας
- Πλεονασμός στις ραδιοδικτυακές υπηρεσίες
- UMTS
- Μέγεθος ΗΟ ζώνης

2.10.2 Χρήση κεραιών για τη ζώνη ΗΟ σε σήραγγες

Όσο δελεαστικό κι αν μπορούσε να είναι, δεν συνιστάται η χρήση κεραιών ως κύρια πηγή σήμα στη ζώνη ΗΟ. Οι κεραιές πρέπει σαφώς να χρησιμοποιηθούν στην αρχική ζώνη αίθουσας του σταθμού και στη ζώνη των πεζών, αλλά στην ΗΟ ζώνη για το τρένο το σήμα από δύο κεραιές είναι πάρα πολύ απρόβλεπτο και πολύ εύκολα μπορεί να επηρεαστεί από τη φυσική παρουσία των τρένων ή των αυτοκινήτων που καταλαμβάνουν τη σήραγγα. Είναι πολύ δύσκολο να εγκατασταθούν κεραιές στη σήραγγα, κατά τέτοιον τρόπο ώστε να καλύπτουν μια καλά καθορισμένη ζώνη επιστροφής με σαφή διαφορά περιθωρίου σήματος μεταξύ των κελιών, ώστε να γίνει μια καλά καθορισμένη ζώνη επιστροφής.



Σχήμα 2.30 Η ζώνη HO σχεδιάστηκε με τη λήξη των RC με yagi κεραίες.

Το παράδειγμα στο σχήμα 2.30 δείχνει το πιθανό πρόβλημα: δεν υπάρχει σαφής ορισμός της HO ζώνης, λόγω της εξασθένησης της κάθε κεραίας. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει «αμφίδρομη» πιθανή HO, όπου το κινητό HO θα κάνει πραγματικά πέντε HO προς κάθε κατεύθυνση, πριν τελικά εγκατασταθεί στο νέο κελί.

Αυτό θα αυξήσει την φόρτωση σήματος κατά ένα συντελεστή 5, και θα αυξήσει την πιθανότητα για ατελής κλήσεις και υποβάθμιση της ποιότητας (το «κλέψιμο bit» σε GSM για HO σηματοδότηση μπορεί να ακουστεί στον ήχο της κλήσης κατά τη διάρκεια HO).

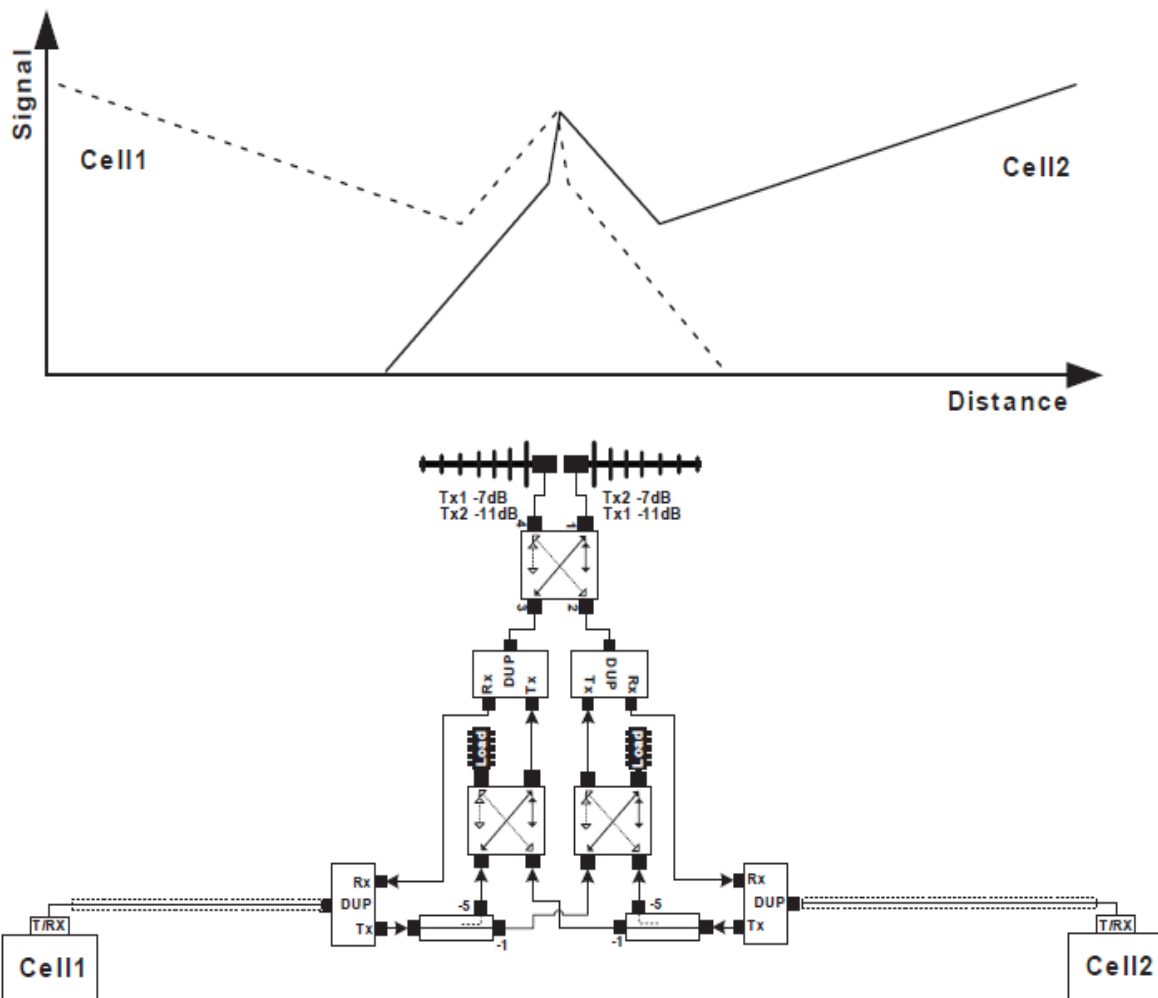
Έλεγχος της ζώνης HO με κεραίες

Σε μερικές εγκαταστάσεις, δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση RC στη σήραγγα, οπότε μπορείτε να κάνετε την HO ζώνη να δουλεύει μόνο με κεραίες. Το κόλπο είναι να έχετε ένα ξεκάθαρο περιθώριο HO ως συγκεκριμένο σημείο, κατά προτίμηση συμμετρικά και στις δύο κατευθύνσεις (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.31). Η σαφής επιστροφή είναι εξασφαλισμένη, αν και τα δύο σήματα στρέψουν τις εντάσεις σήματος τους σε ένα ορισμένο σημείο, και αν και τα δύο σήματα χρησιμοποιούν την ίδια διαδρομή σήματος, σε αυτή την περίπτωση τις ίδιες κεραίες.

Η ζώνη HO στο Σχήμα 2.31 λειτουργεί με συμψηφισμό των δύο σήματα μετάδοσης με ένα συγκεκριμένο περιθώριο, σε αυτή την περίπτωση 4 dB . Επιλέγοντας άλλες τιμές για τους συλλέκτες, μπορείτε να σχεδιάσετε την HO ζώνη για το ακριβές περιθώριο που θέλετε.

Τα σήματα από τα κελιά διαχωρίστηκαν σε DL και UL: η DL αντισταθμίζεται σε επίπεδο, και τροφοδοτείται σε δύο κεραίες. Η διαδρομή του σήματος που λαμβάνετε είναι η ίδια και από τις δύο κατευθύνσεις ή τα κελιά. Επομένως, η έναρξη HO θα πρέπει να είναι το επίπεδο του σήματος DL. Αυτός ο σχεδιασμός της ζώνης HO θα έχει ένα καλό περιθώριο για προσπάθειες επιστροφής, αν θα πρέπει η πρώτη προσπάθεια να αποτύχει.

Σε μια σήραγγα όπου υπάρχει κυκλοφορία και στις δύο κατευθύνσεις, η ζώνη HO έχει σχεδιαστεί για να είναι συμμετρική. Ωστόσο, θα μπορούσατε να κάνετε μια ασύμμετρη σχεδίαση ζώνης HO, αν αυτό προτιμάται σε μια μονόδρομη σήραγγα.



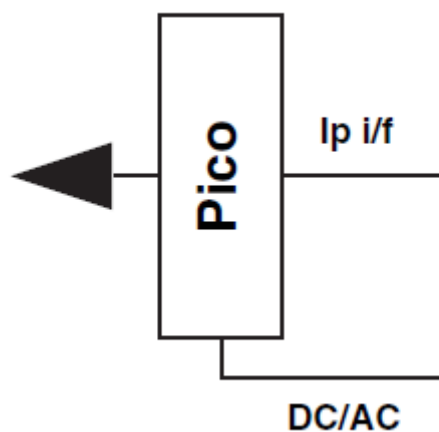
Σχήμα 2.31 Η Yagi HO ζώνη σχεδιάστηκε με σαφή περιθώριο επιστροφής.

2.11 Σχεδιάζοντας με Pico και Femto κελιά

2.11.1 Η αρχή των Pico/Femto κυττάρων

Ο σταθμός βάσης pico (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.34) είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη της κάλυψης των κτιρίων με χαμηλό κόστος σε αυτόνομη βάση. Πρόκειται για μια μικρή συσκευή με ενσωματωμένη κεραία, συνήθως σχεδιασμένα για ορατό τοίχο σε ένα περιβάλλον γραφείων. Τα περισσότερα pico κελιά θα χρησιμοποιήσουν IP για backhaul μετάδοση, κάνοντας το pico μια πολύ γρήγορη λύση για εφαρμογή.

Η ισχύς εξόδου από το pico είναι επαρκής για να καλύψει περίπου 20-40 μ. απόστασης ανάλογα με τις απαιτήσεις της υπηρεσίας, το ραδιοδικτυακό επίπεδο του σχεδιασμού και το περιβάλλον, όπου το pico είναι εγκατεστημένο. Σε περισσότερες περιπτώσεις, το κελί Pico θα χρειαστεί μια τοπική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, παρόλο που μερικοί τύποι μπορεί να τροφοδοτούνται από το καλώδιο Ethernet, το οποίο επίσης τροφοδοτεί την IP. Μια τοπική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να είναι ακριβή, και συχνά δεν έχετε τη δυνατότητα να το συνδέσετε στην υπάρχουσα ομάδα ισχύος στο κτίριο, αλλά θα πρέπει να εγκαταστήσετε μια ειδική ομάδα AC για όλα τα κελιά pico στο κτίριο.



Σχήμα 2.34 Pico/femto, χαμηλής ισχύος σταθμός βάσης με εσωτερική κεραία

Femto κελιά

Οι μικρότερες εκδόσεις των κελιών pico αρχίζουν να αναδύονται στην αγορά, όπως το κελί femto (για UMTS). Το femto έχει πολύ περιορισμένη παραγωγή, ικανότητα και

επεξεργαστική ισχύ, και συνήθως έγκειται μόνο για χρήση σε κατοικίες. Η χαμηλή ακτινοβολούμενη ενέργεια RF και τα αυτόματου συντονισμού χαρακτηριστικά του femto το κάνουν να αυτο-ρυθμίζει τις παραμέτρους σε κάποιο βαθμό στο δίκτυο. Ωστόσο, προσεκτικές δοκιμές θα πρέπει να γίνουν πριν από την ανάπτυξη femto κελιών σε μεγάλη κλίμακα.

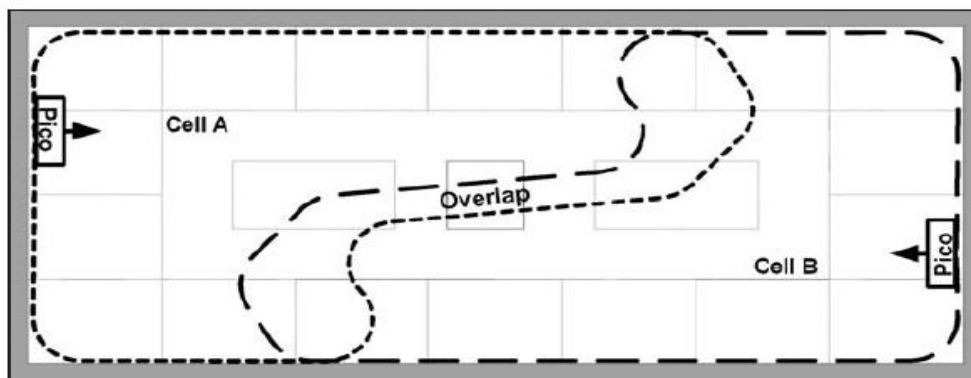
Πολλοί χρήστες κινητών τηλεφώνων είναι πιθανό να συγκρίνουν το κελί femto με το σημείο πρόσβασης WiFi τους, και θα μπορούσαν να μπουν στον πειρασμό να «βελτιώσουν» την κάλυψη γύρω από το σπίτι τους, εγκαθιστώντας το femto κοντά στο παράθυρο, ακτινοβολώντας κάλυψη στη γύρω περιοχή. Σκεφτείτε το εξής σενάριο: σε ένα κτίριο με 50 ενοικιαζόμενα διαμερίσματα, όπου κάθε ένα έχει ένα UMTS femto κελί ακτινοβολεί κάλυψη στην ίδια συχνότητα για να καλύψει την κοινή υπαίθρια εγκατάσταση, ακόμη και με τη χαμηλή ισχύ του femto κελιού θα μπορούσε να προκαλέσει ένα σημαντικό φορτίο θορύβου στο περιβάλλοντα δίκτυο.

Ωστόσο, ακόμα και με αυτά τα πιθανά προβλήματα, η έννοια της χρήσης Femto κελιών στο δίκτυο για την κάλυψη ορισμένων τμημάτων είναι συχνά ελκυστική από την άποψη των εσόδων του δικτύου, αλλά είναι και μια λεπτή ισορροπία.

Οι αρχές ραδιοδικτυακού σχεδιασμού είναι οι ίδιες όπως και για τα κελί pico, απλά ακτινοβολούν με μια χαμηλότερη ισχύ.

2.11.2 Τυπικός σχεδιασμός κελιών Pico

Η τυπική εφαρμογή pico γίνεται σε ένα μικρό ή μεσαίου μεγέθους κτίριο γραφείων(όπως φαίνεται στην Σχήμα 2.35), όπου δύο Pico κελιά καλύπτουν έναν όροφο γραφείων. Αυτό θα μπορούσε να επαναληφθεί κατά τη διάρκεια πολλών ορόφων. Στην περίπτωση ενός κτιρίου με πολλούς ορόφους, βεβαιωθείτε ότι έχετε τοποθετήσει τα Pico κελιά «συμμετρικά», δηλαδή στην ίδια θέση σε κάθε όροφο, έτσι ώστε το ένα pico κελί δεν θα διαρρεύσει κάλυψη σε γειτονικούς ορόφους, δημιουργώντας ομαλής επιστροφής ζώνες ή υποβαθμισμένη HSDPA χωρητικότητα. Να θυμάστε ότι τα κελιά pico είναι μεμονωμένα κελιά, ως εκ τούτου η έννοια της «παρεμβολής» (βλ. Ενότητα 1.3.9), δεν μπορεί να εφαρμοστεί.



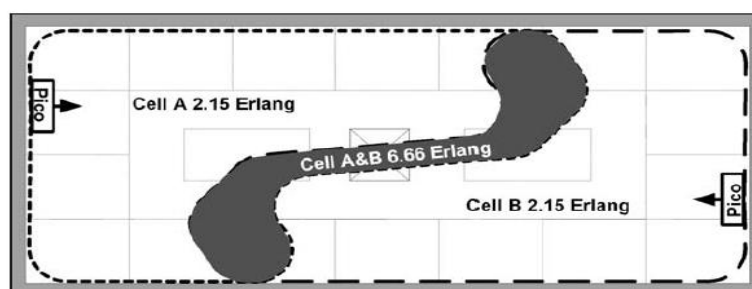
Σχήμα 2.35 Δύο Pico κελιά καλύπτουν έναν όροφο γραφείων.

Επικάλυψη κάλυψης

Όπως και για κάθε άλλο περιβάλλον με πολλά κελιά, θα πρέπει να σχεδιάσετε για κάποια επικάλυψη των κελιών για να εξασφαλίσετε συνεκτική κάλυψη και επαρκή ζώνη HO, αλλά προσπαθήστε να ελαχιστοποιήσετε τη ζώνη HO, με τη χρήση βαριών κατασκευών, firewalls, φρεάτια ανελκυστήρων, κ.λπ., για τον διαχωρισμό των κελιών.

Επικάλυψη χωρητικότητας (GSM)

Η επικάλυψη της κάλυψη των κελιών Pico, για το GSM, θα δίνουν επικάλυψη χωρητικότητας και κέρδος ζεύξης στην περιοχή επικάλυψης (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.36). Στην περιοχή όπου καλύπτει μόνο ένα pico, η χωρητικότητα θα είναι 2,15 Erlang (GSM, 7TCH 0,5% GOS), και στην περιοχή όπου επικαλύπτονται και τα δύο κελιά, οι χρήστες θα έχουν πρόσβαση σε αμφότερα τα κελιά, από την πλευρά του ελέγχου της επιστροφής: αν ένα κελί είναι φορτωμένο, μπορούν να κάνουν κλίσεις στο άλλο κελί.



Σχήμα 2.36 Δύο Pico κελιά GSM με επαρκή κάλυψη και χωρητικότητα.

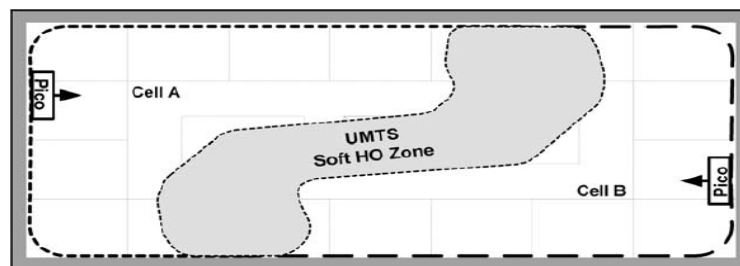
Αυτή η επικάλυψη της χωρητικότητας των κελιών αποδίδει 6,66 Erlang σε χωρητικότητα στην περιοχή κάλυψης.

Hot-spots

Η επικάλυψη της χωρητικότητας καθιστά δυνατό να ληφθεί μέριμνα για τα GSM hot spots στο κτίριο με το να εγκατασταθούν pico κελιά σε αυτές τις hot-spot περιοχές. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, αυτά τα hot-spots στο κτίριο τείνουν να είναι δυναμικά και δεν εμφανίζονται πάντα στην ίδια θέση στο κτίριο. Αυτό καθιστά τον σχεδιασμό GSM hot-spot με Pico κελιά μια πρόκληση.

Επικάλυψη UMTS

Σε μια εφαρμογή UMTS Pico κελιών (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.37) με τα ίδια δύο κελιά Pico να επικαλύπτουν με ένα περιθώριο 3-6 dB, θα υπάρξει μια μεγάλη ομαλής απόδοσης ζώνη. Εάν δεν είστε προσεκτικοί και δεν περιορίσετε την επικάλυψη των κελιών Pico με τη χρήση εσωτερικών βαριών δομών στο κτίριο, κατά το σχεδιασμό της ανάπτυξης pico κελιών, η επικάλυψη μπορεί να ανισορροπήσει την χωρητικότητα του συστήματος: να θυμάστε ότι αυτά είναι δύο διαφορετικά κελιά, οπότε χρειάζεστε και την ραδιοδικτυακή επεξεργασία, αλλά και τη μεταφορική χωρητικότητα στα δύο κελιά για μία κλήση σε ομαλή επιστροφή.



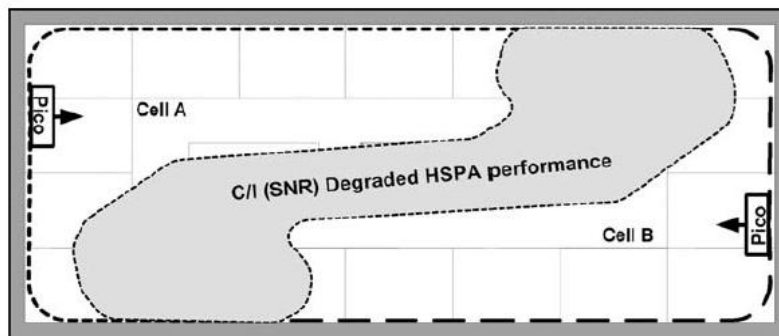
Σχήμα 2.37 Η επικάλυψη κελιών Pico σε UMTS δημιουργεί μια ομαλής επιστροφής ζώνη.

Επικάλυψη HSPA

Τα δύο εσωτερικά κελιά pico (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.38) τυπικά θα λειτουργούν με βάση την ίδια συχνότητα. Σε αντίθεση με ένα φορέα που είναι επιφορτισμένος με τη UMTS

R99 κυκλοφορία, το HSDPA δεν χρησιμοποιεί ομαλή HO. Το πρόβλημα είναι ότι τα κελιά θα προκαλέσουν καναλιακή παρεμβολή μεταξύ τους («παρεμβολές κελιών»).

Αυτό θα υποβαθμίσει σοβαρά την απόδοση HSPA στο κτίριο. Θα υπάρξει HSPA διακίνηση στην περιοχή επικάλυψης, αλλά η ταχύτητα θα πρέπει να περιορίζεται, όσο τα δύο σήματα γίνονται όλο και πιο πολύ ισότιμα. Όταν στηρίζεστε σε Pico κελιά για εφαρμογές εσωτερικού χώρου HSPA, είναι υψίστης σημασίας να χρησιμοποιείται εσωτερικές δομές και τείχη προστασίας για να διαχωρίσετε τα κελιά και να αποφύγετε επικάλυψη κάλυψης σε περιοχές υψηλής κυκλοφορίας. Με προσεκτικό σχεδιασμό, τα Pico κελιά θα μπορούσαν να είναι ένα πολύ ισχυρό και βιώσιμο εργαλείο για εφαρμογές εσωτερικού χώρου, αλλά προσπαθήστε να αποφύγετε τη χρήση περισσότερων του ενός pico σε ένα «ανοικτό» περιβάλλον, με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας.



Σχήμα 2.38 Τα Pico κελιά προκαλούν «παρεμβολές κελιών», υποβαθμίζοντας την απόδοση HSPA στο κτίριο.

2.11.3 Επέκταση κάλυψης των κελιών Pico με ενεργητικό DAS

Ο σταθμός βάσης pico είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη εσωτερικής κάλυψης με χαμηλό κόστος σε αυτόνομη βάση. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η περιοχή κάλυψης του σταθμού βάσης pico πρέπει να επεκταθεί χωρίς να αυξήσει την χωρητικότητα του συστήματος, σε αποθήκες (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.39) και οικιστικούς πύργους κτιρίων για παράδειγμα.

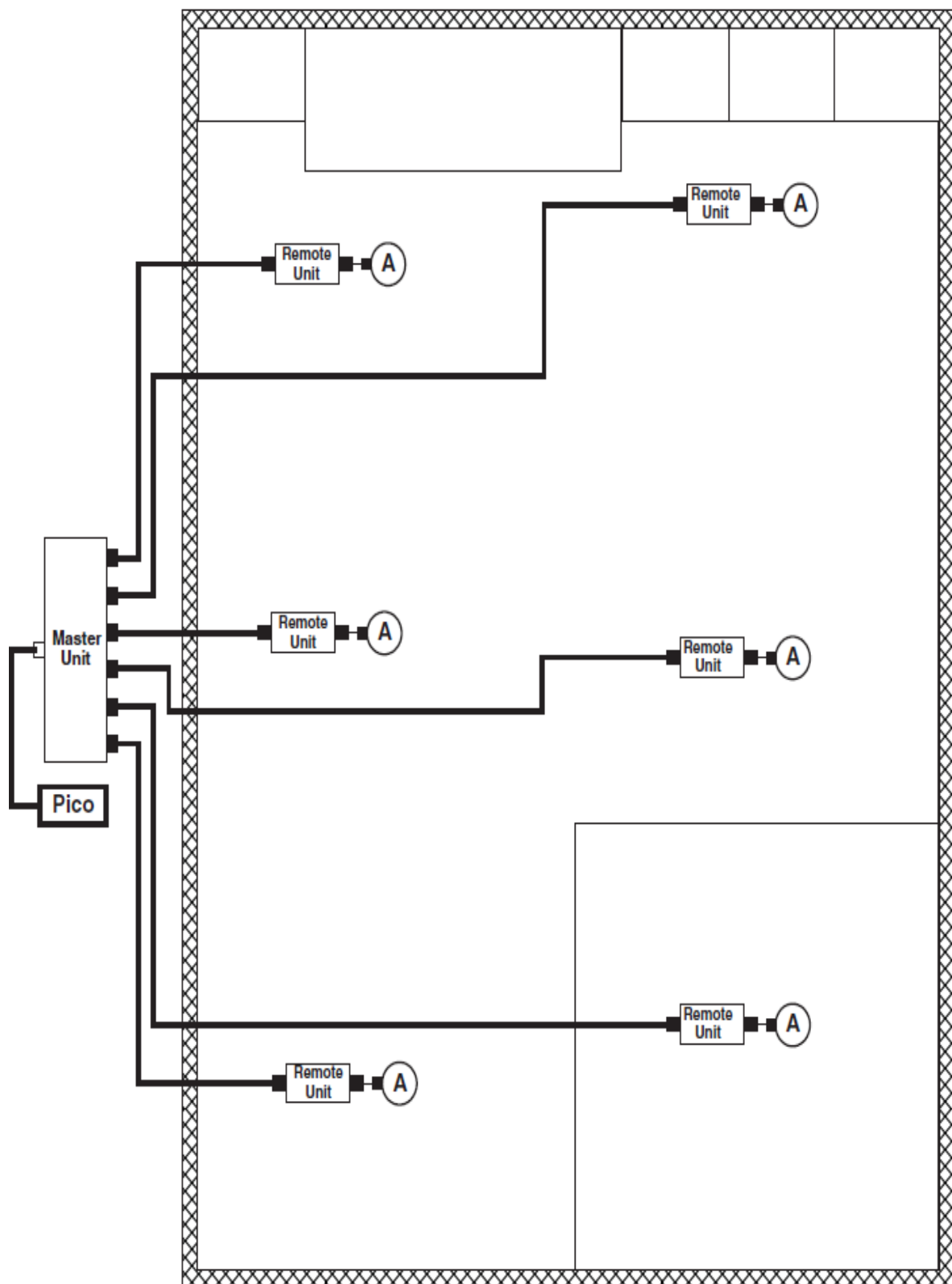
Αν συνδυάσετε το μικρό ενεργητικό DAS από το υποκεφάλαιο 2.4.3, μπορείτε να επεκτείνετε το αποτύπωμα κάλυψης ενός και μόνο κελιού pico. Ο λόγος της επιλογής του ενεργητικού DAS είναι «έννοια καμίας απώλειας» του ενεργητικού συστήματος. Η εξασθένηση της παθητικής διανομής θα υποβαθμίσει την απόδοση τόσο του downlink όσο και του uplink.

Σε GSM εφαρμογές μπορείτε επίσης να αυξήσετε τη χωρητικότητα συνδέοντας δύο Pico κελιά ή περισσότερα για το ίδιο ενεργητικό DAS, και να αφήσετε την ελεγχόμενη επιστροφή κυκλοφορίας να φροντίσει τη κίνηση μεταξύ των δύο κελιών. Δεν θέλετε να συνδυάσετε δύο ή περισσότερα κελιά pico για UMTS ή HSPA στην ίδια DAS: Αυτό θα μετατρέψει όλο το κελί σε μια HO ζώνη UMTS ή θα δώσει παρεμβολές καναλιών στο 100% της περιοχής και ως εκ τούτου θα υποβαθμίσει την HSPA απόδοση.

2.11.4 Συνδυάζοντας Pico κελιά στο ίδιο DAS, μόνο GSM/DCS

Σε ορισμένες εφαρμογές των κελιών pico, υπάρχουν σενάρια όπου μια ιδιαίτερα κοινότητα χρηστών κινητών τηλεφώνων μέσα σε ένα κτίριο που έχει πολλούς σταθμούς βάσης pico μπορεί να ξεπεράσει τη χωρητικότητα ενός ενιαίου pico συστήματος σταθμού βάσης (hot-spot μπλοκάρισμα). Ένα παράδειγμα είναι όταν οι εργαζόμενοι συγκεντρώνονται στο δωμάτιο γεύματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί με τη λήψη του ίδιου αριθμού pico GSM συστημάτων σταθμών βάσης τροφοδοτώντας τα σε ένα ενεργητικό σύστημα DAS για να καλύψει την ίδια περιοχή. Τα αποτελέσματα είναι ότι όλα τα ραδιοδικτυακά κανάλια γίνονται διαθέσιμα σε όλο το κτίριο, οδηγώντας σε υψηλότερη αποτελεσματικότητα ζεύξης, μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα σε μια ευρύτερη περιοχή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.40) και hot-spot χωρητικότητα σε όλο το κτίριο.

Ορισμένοι κατασκευαστές GSM Pico κελιών σας επιτρέπουν να συνδυάσετε τα Picos σε ένα λογικό κελί με ένα μόνο BCCH, απελευθερώνοντας έτσι χωρητικότητα στα μεμονωμένα κελιά Pico και ενισχύοντας την απόδοση ζεύξης ακόμη περισσότερο.



Σχήμα 2.39 Η κάλυψη ενός και μόνο κελιού pico μπορεί να επεκταθεί, με το ενεργητικό DAS να διανέμει το σήμα σε μια ευρύτερη περιοχή.

Μόνο για GSM!

Μην συνδυάζετε δύο ή περισσότερα κελιά pico για το UMTS ή το HSPA στο ίδιο DAS: Αυτό θα καταστήσει όλο το κελί σε μια ομαλή HO ζώνη για το UMTS ή θα δώσει καναλιακή παρεμβολή στο 100% της περιοχής, υποβαθμίζοντας την απόδοση του HSPA σε ολόκληρη την περιοχή κάλυψης.

2.11.5 Μείωση κόστους συνδυασμού χωρητικότητας σε GSM Pico κελιά

Υπάρχει μεγάλη προοπτική στην εξοικονόμηση κόστους, συνδυάζοντας τη χωρητικότητα δύο ή τριών Pico κελιών από ότι αναπτύσσοντας αρκετά περισσότερα για να καλύψουν την ίδια περιοχή. Αυτή η εξοικονόμηση στον αριθμό των σταθμών βάσης pico που χρειάζεται για να καλύψει ένα κτίριο προσφέρει εξοικονόμηση κόστους στην ανάσυρση λόγω:

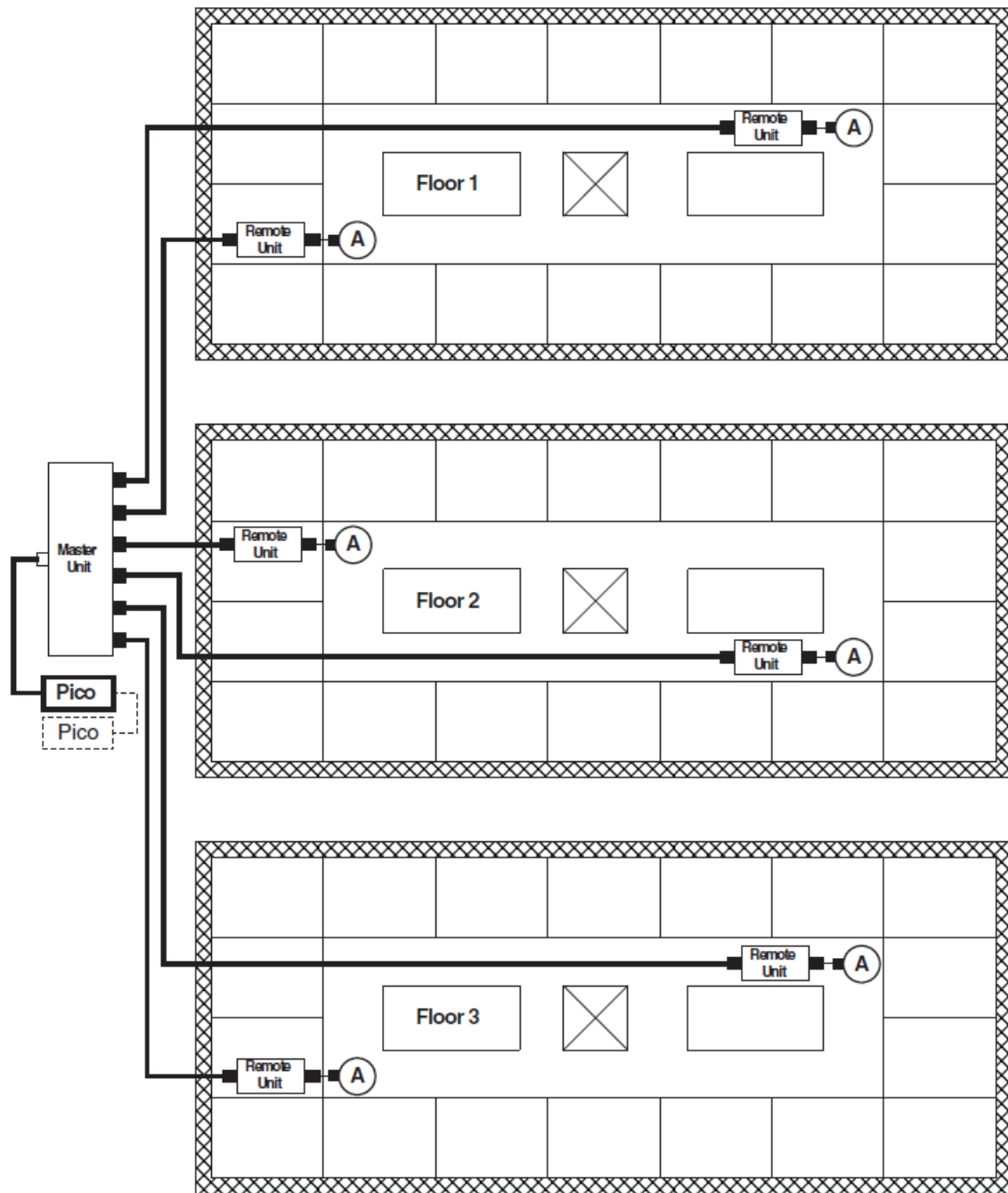
- Καλύτερη απόδοση ζεύξης του pico BS
- Εξοικονόμηση στο κόστος BSC (πρέπει να υποστηρίζει λιγότερες BTSs στο ίδιο κτίριο) - κάθε BTS είναι ένα «στοιχείο» για την BSC, και υπόκεινται σε ετήσιο τέλος αδείας.
- Εξοικονόμηση στο κόστος επανακωδικοποίησης και διασύνδεσης.
- Εξοικονόμηση στο κόστος MSC.
- Εξοικονόμηση στο ASDL κόστος.

Η γρήγορη ανάπτυξη θα προσφέρει εξοικονόμηση λόγω:

- Της έννοιας της διανομής των Pico κελιών μέσω ενός μικρού ενεργητικού DAS παρέχει στον ασύρματο φορέα την ικανότητα να αντιδρά γρήγορα στα αιτήματα κάλυψης των πελατών.
- Των λιγότερων αναταράξεων.
- Των περισσότερων εσόδων.
- Της εύκολης και γρήγορης επέκτασης της κάλυψης, όταν νέες περιοχές στο κτίριο πρέπει να προστεθούν στο σύστημα.

Η επιχειρησιακή εξοικονόμηση θα προέλθει από:

- Την ομοιόμορφη κάλυψη από το σύστημα DAS, η οποία είναι εύκολο να σχεδιαστεί, να εφαρμοστεί και να βελτιστοποιηθεί.
- Τα όσο λιγότερα κανάλια GSM RF χρησιμοποιούνται στο κτίριο, με λιγότερη διαρροή παρεμβολών.
- Τον λεπτομερή συναγερμό στο DAS, ο οποίος θα περιορίσει το χρόνο.



Σχήμα 2.40 Τα Pico κελιά διανέμονται μέσω ενός μικρού ενεργητικού DAS πάνω από τρεις ορόφους.

2.12 Δεδομένα ενεργητικού DAS

Τα ενεργητικά DAS αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από συστήματα ενισχυτών και αναμεταδότες/BDA: Επομένως, είναι σημαντικό για το σχεδιαστή RF να κατανοήσει τα βασικά στοιχεία των εν λόγω συστημάτων. Πολλές από αυτές τις τυπικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται για τη συγκριτική αξιολόγηση των ραδιοδικτυακών επιδόσεων των

διαφορετικών κατασκευαστών και των συστημάτων. Βεβαιωθείτε ότι τα δεδομένα που συγκρίνετε όλα χρησιμοποιούν το ίδιο πρότυπο αναφοράς.

Οι ενισχυτές που χρησιμοποιούνται στο ενεργητικό DAS, οι αναμεταδότες και τα BDAs πρέπει να είναι πολύ γραμμικά, προκειμένου να μη νοθεύσουν το σήμα και να υποβαθμίσουν την διαφοροποίηση. Όσο πιο περίπλοκη είναι η διαμόρφωση που θα χρησιμοποιηθεί, τόσο υψηλότερες θα είναι οι απαιτήσεις στην γραμμικότητα και στην απόδοση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για τα υψηλότερη συστήματα κωδικοποίησης για EDGE, UMTS και HSPA ιδιαίτερα. Να είστε προσεκτικοί κατά την επιλογή εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για εσωτερικά DAS, δεδομένου ότι η απόδοση του συστήματος είναι συχνά άμεσα σχετιζόμενη με την τιμή. Οι πιο βασικές παράμετροι και πλεονεκτήματα περιγράφονται σε αυτή την ενότητα.

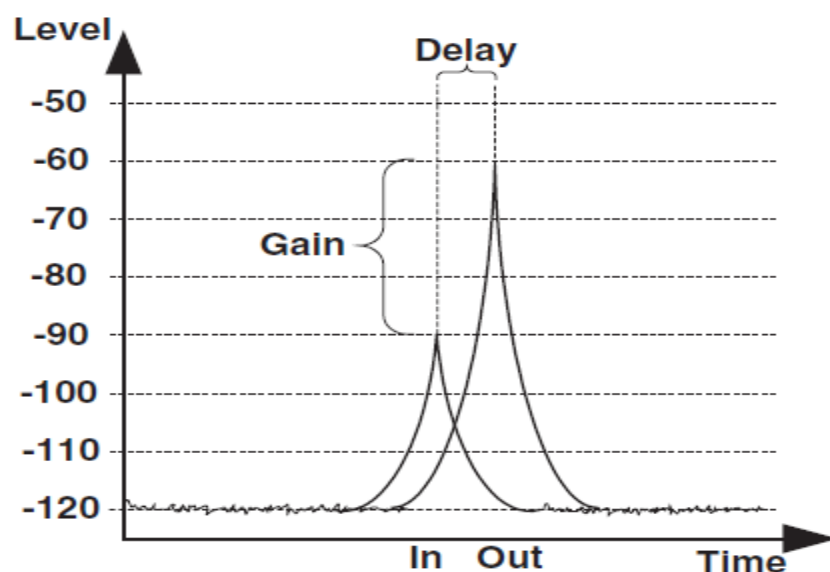
2.12.1 Κέρδος και επιβράδυνση

Κέρδος

Το κέρδος είναι η ενίσχυση του συστήματος (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.41), η διαφορά μεταξύ της ισχύος του σήματος εισόδου και εξόδου. Η ισχύς του σήματος εξόδου είναι:

$$\text{output signal} = \text{input signal} + \text{system gain (dB)}, \text{ or } \text{input} \times \text{gain factor (linear value)}$$

Το κέρδος τυπικά αναφέρεται σε dB. Για ένα σύστημα με συντελεστή 2 κέρδους απολαβής, για παράδειγμα, 1 W εισόδου (+30 dBm) θα οδηγήσει σε 2 W εξόδου.



Σχήμα 2.41 Το σήμα εισόδου/εξόδου ενός ενισχυτή εναντίον του χρόνου.

Το κέρδος ισχύος σε dB μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\text{Gain (W)} = 10 \log(\text{gain factor}) = 3 \text{ dB, thus the output power will be } +33 \text{ dBm}$$

Για την τάση, οι παράγοντες κέρδους μπορεί να μετατραπούν σε dB με τη χρήση:

$$\text{Gain (voltage)} = 20 \log (\text{gain factor})$$

Το κέρδος μπορεί να είναι αρνητικό: συχνά θα αναφέρεται ως εξασθένιση ή απώλεια.

Επιβράδυνση

Η επιβράδυνση είναι η διαφορά χρόνου μεταξύ του σήματος της εισόδου και της εξόδου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.41). Στην πράξη αυτό θα αντισταθμίσει το χρονοδιάγραμμα για τα ασύρματα συστήματα. Στο GSM το πλεονέκτημα χρόνου θα είναι εκτός ορίων (αυξημένο), και το παράθυρο συγχρονισμού στο δίκτυο σταθμών βάσης UMTS θα πρέπει να προσαρμοστεί ευρύτερα, για να φιλοξενήσει το εισαγόμενη καθυστέρηση.

Σημειώστε ότι θα πρέπει να περιλαμβάνετε τόσο την καθυστέρηση των ενεργών στοιχείων, όσο και την καθυστέρηση των καλωδίων (επίσης οπτική) λόγω της μειωμένης ταχύτητας του πολλαπλασιασμού επί του καλωδίου, για τα μεγάλα συστήματα.

dBm

Η στάθμη του σήματος στο σχεδιασμό RF περιγράφεται ως απόλυτη ισχύ που σχετίζεται με 1 mW (σε 50 Ω) και εκφράζεται σε dBm.

$$P \text{ (dBm)} = 10 \log \left(\frac{P(W)}{1\text{mW}} \right)$$

$$P \text{ (mW)} = 10^{\text{dBm}/10}$$

2.12.2 Ισχύς ανά μεταφορέα

Οι ενισχυτές σε ενεργητικά DAS, σε αναμεταδότες και σε BDAs είναι συνήθως σύνθετοι ενισχυτές. Αυτό σημαίνει ότι ο ίδιος ενισχυτής ενισχύει όλους τους μεταφορείς σε όλο το εύρος ζώνης. Όλοι οι μεταφορείς μοιράζονται τον ίδιο πόρο ενισχυτή: το αποτέλεσμα από

αυτό είναι ότι όσο περισσότεροι μεταφορείς ο ενισχυτής πρέπει να υποστηρίζει, τόσο λιγότερη ισχύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε μεταφορέα. Το άθροισμα όλων των ισχύων θα παραμείνει το ίδιο, εξ ου και η ονομασία σύνθετη ισχύς.

Κάθε φορά που θα διπλασιάζετε τον αριθμό των μεταφορέων, η ισχύς θα μειώνεται περίπου κατά 3 dB ανά μεταφορέα, ανάλογα με την αποτελεσματικότητα του ενισχυτή . Για παράδειγμα, βλ. Πίνακα 2.3.

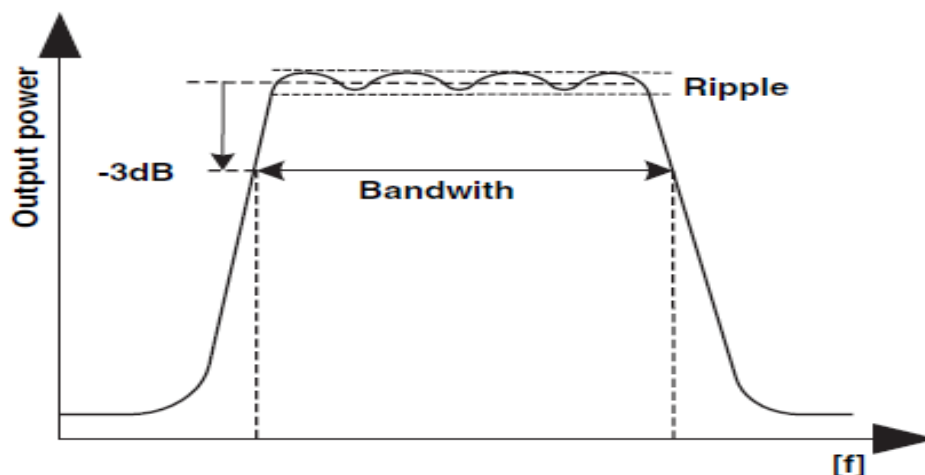
| Number of carriers | Power per carrier |
|--------------------|-------------------|
| 1 | 20 dBm |
| 2 | 17 dBm |
| 4 | 14 dBm |
| 8 | 10 dBm |

Πίνακας 2.3 Ισχύς ανά μεταφορέα από το ενεργητικό DAS.

2.12.3 Εύρος ζώνης, κυματισμός

Φάσμα συχνότητας

Κανονικά , κατά τον καθορισμό του εύρους ζώνης ενός ενισχυτή, είναι το εύρος ζώνης 3 dB (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.42) στο οποίο αναφέρεται. Το εύρος ζώνης 3 dB είναι η ζώνη που υποστηρίζει την ενίσχυση με ένα κέρδος μείωσης μέχρι 3 dB.



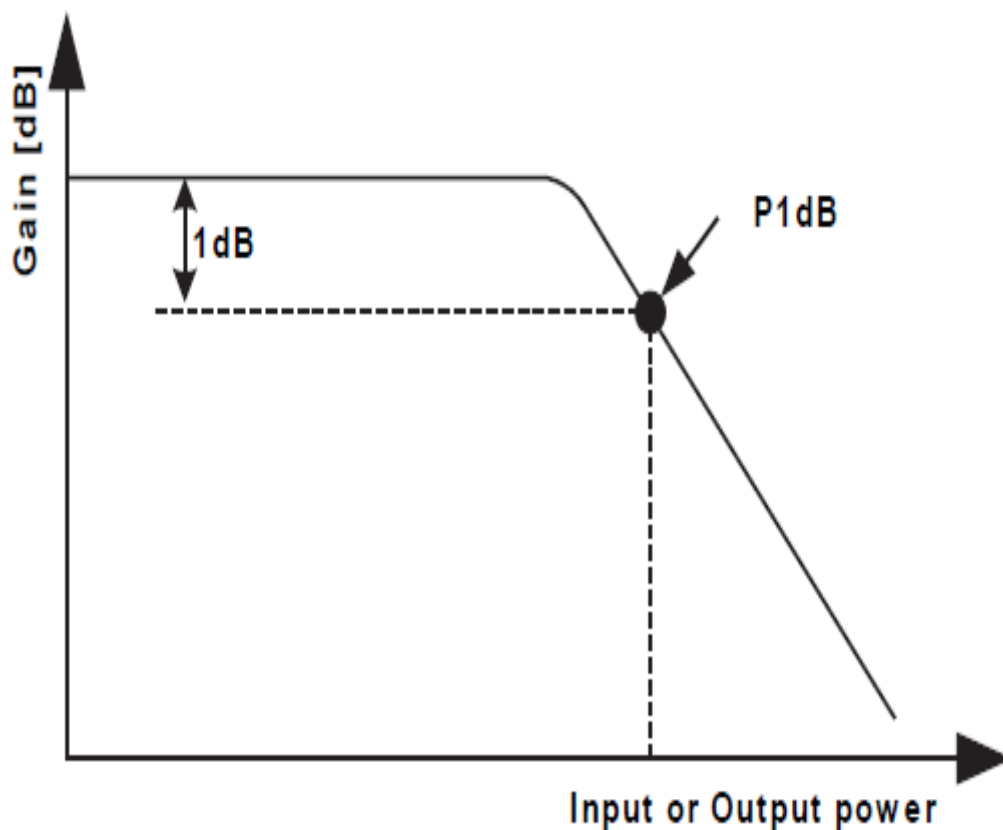
Σχήμα 2.42 Το σήμα εξόδου ενός ενισχυτή, σε όλο το εύρος λειτουργίας.

Κέρδος κυματισμού

Το κέρδος κυματισμού περιγράφει τη διακύμανση του κέρδους πάνω από το εύρος ζώνης (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.42).

2.12.4 Το 1 dB σημείο συμπίεσης

Το 1 dB σημείο συμπίεσης (P1dB) είναι μια μέτρηση του εύρους γραμμικότητας. Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται για τον καθορισμό τις ικανότητες της ισχύος εξόδου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.43). Το κέρδος ενός ενισχυτή πέφτει καθώς η έξοδος του ενισχυτή φτάνει σε κορεσμό: ένα υψηλότερο σημείο συμπίεσης σημαίνει υψηλότερη ισχύ εξόδου. Το P1dB βρίσκεται σε μία είσοδο (ή έξοδο) ισχύος, όπου το κέρδος του ενισχυτή είναι 1dB κάτω από το ιδανικό γραμμικό κέρδος. Το P1dB είναι ένα βολικό σημείο στο οποίο πρέπει να ορίσετε την ισχύ εξόδου ενός ενισχυτή.



Σχήμα 2.43 Το P1dB σημείο συμπίεσης.

Αν η έξοδος P1dB είναι +20 dBm, η ισχύς εξόδου από τον ενισχυτή υπολογίζεται σε +20 το υψηλότερο.

Αποφεύγοντας προβλήματα ενδοδιαμόρφωσης

Η μείωση της ισχύος εξόδου κάτω από το P1dB μειώνει την στρέβλωση. Κανονικά οι κατασκευαστές εξοικονομούν περίπου 10 dB από το P1dB σημείο: ένας ενισχυτής με 20 dBm P1dB συνήθως χρησιμοποιείται μέχρι +10 dBm.

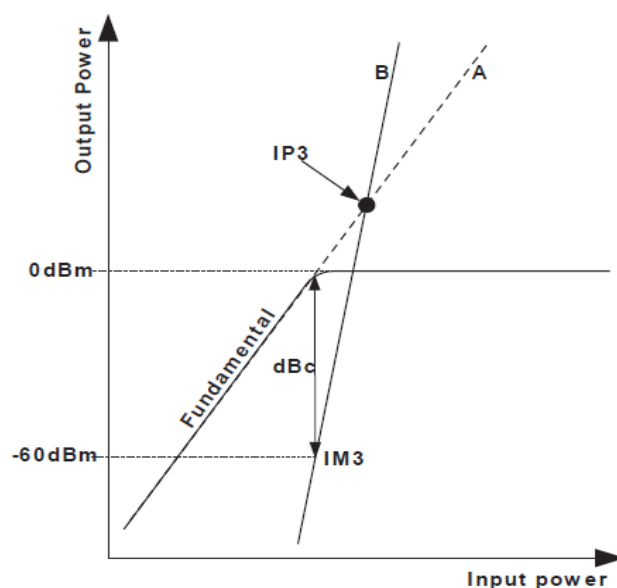
2.12.5 IP3 τρίτης-οριοθέτησης σημείο τομής

IP3

Η IP3 είναι ένας μαθηματικός όρος (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.44). Είναι ένα θεωρητικό σημείο εισόδου, στο οποίο το θεμελιώδες (ζητούμενο) σήμα και το τρίτης-οριοθέτησης διαστρεβλωμένο (ανεπιθύμητο) σήμα είναι ίσα σε επίπεδο στο ιδανικό γραμμικό σήμα (οι γραμμές A και B).

Το υποθετικό σημείο εισόδου είναι η IP3 είσοδος και η ισχύς εξόδου είναι η IP3 έξοδος. Η IM3 «κλίση» (B) είναι τρεις φορές πιο απότομη (σε dB), όπως είναι η επιθυμητή θεμελιώδης A κλίση κέρδους

Σε αντίθεση με η P1dB, η IP3 περιλαμβάνει δύο σήματα εισόδου. Η P1dB και η IP3 συνδέονται στενά: περίπου $IP3 = P1dB + 10 \text{ dB}$.



Σχήμα 2.44 Η IP3, τρίτης-οριοθέτησης σημείο τομής

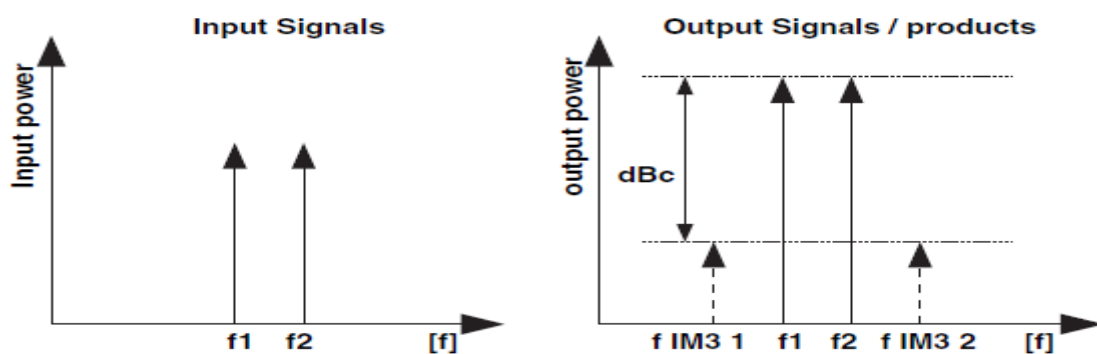
IP3 Δοκιμές

Η IP3 χρησιμοποιείται ως πλεονέκτημα γραμμικότητας ή παραμόρφωσης. Υψηλότερη IP3 σημαίνει καλύτερη γραμμικότητα και λιγότερη παραμόρφωση. Τα τρίτης-οριοθέτησης και ενδοδιαμόρφωσης προϊόντα είναι το αποτέλεσμα της ανάμειξης των εισόδων από τις μη γραμμικότητες του ενισχυτή:

$$f_{IM3\ 1} = 2 \times f_1 - f_2$$

$$f_{IM3\ 2} = 2 \times f_2 - f_1$$

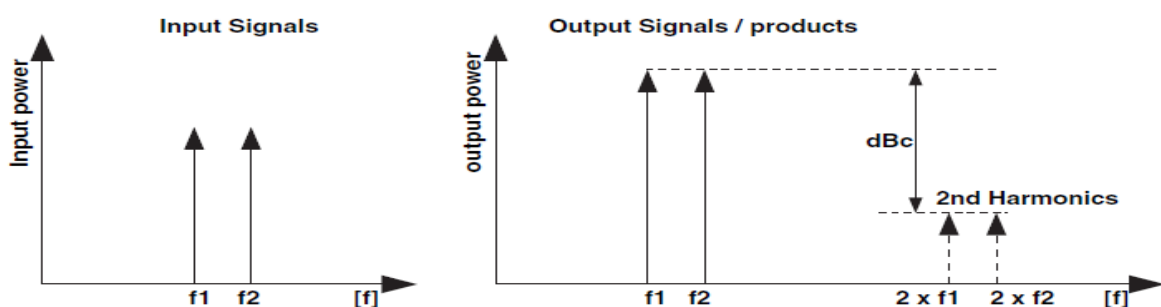
Η διτονική δοκιμή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.45) χρησιμοποιείται συχνά για IP3 δοκιμή. Τα τρίτης-οριοθέτησης και ενδοδιαμόρφωσης προϊόντα είναι σημαντικά, δεδομένου ότι οι συχνότητες τους πέφτουν κοντά στο επιθυμητό σήμα, κάνοντας το φιλτράρισμα IM3 ένα ζήτημα.



Σχήμα 2.45 Η διτονική δοκιμή της IM3.

2.12.6 Αρμονική παραμόρφωση, ενδοδιαφοροποίηση

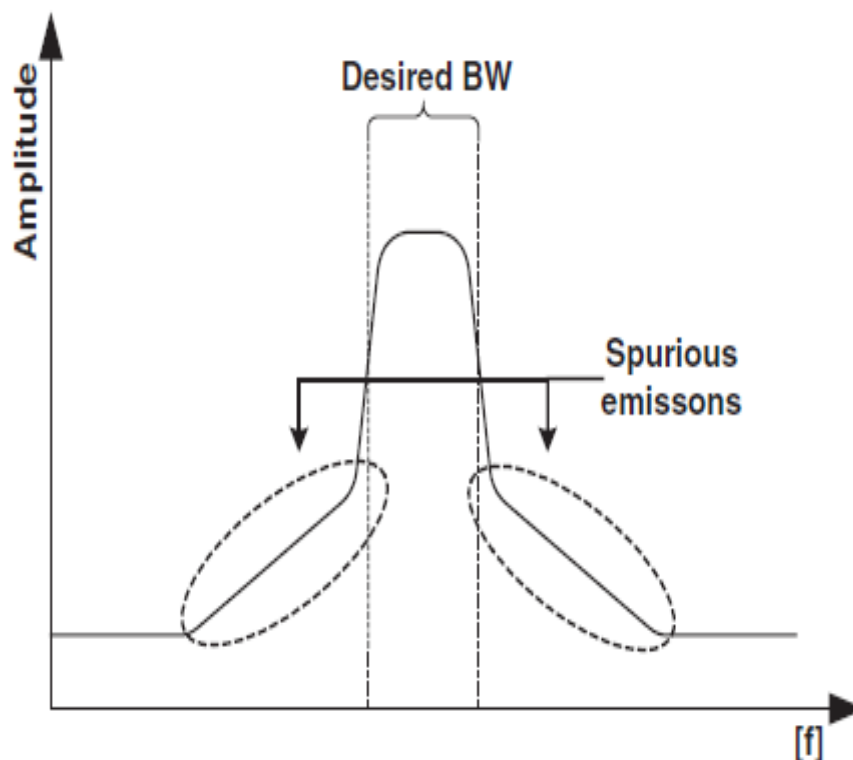
Η αρμονική παραμόρφωση (Σχήμα 2.46) προσδιορίζει τα προϊόντα στρέβλωσης που δημιουργούνται στο ακέραιο της θεμελιώδης συχνότητας: dBc σημαίνει dB σε σχέση με το μεταφορέα.



Σχήμα 2.46 Αρμονική παραμόρφωση

2.12.7 Παρασιτικές εκπομπές

Οι παρασιτικές εκπομπές (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.47) είναι οι εκπομπές, οι οποίες δημιουργούνται από ανεπιθύμητες ενέργειες του πομπού, όπως οι αρμονικές εκπομπές ή τα προϊόντα ενδοδιαμόρφωσης.



Σχήμα 2.47 Παρασιτικές εκπομπές από έναν πομπό.

2.12.8 Εικόνα θορύβου (Noise Figure)

Το επίπεδο θορύβου είναι ο συντελεστής θορύβου που περιγράφεται σε dB, και είναι ο πιο σημαντικός αριθμός για να σημειώσετε στην άνω ζεύξη ενός συστήματος ενισχυτή. Το NF θα επηρεάσει την ευαισθησία του DAS στο uplink.

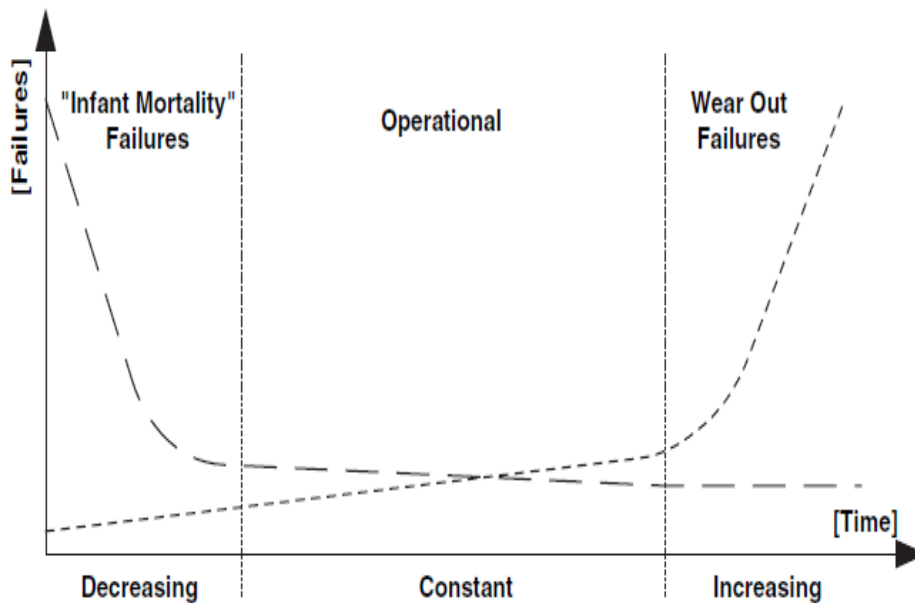
Ο παράγοντας θόρυβος (F) ορίζεται ως αναλογία εισόδου σήματος προς θόρυβο, η οποία χωρίζεται από την αναλογία εξόδου σήματος προς θόρυβο. Με άλλα λόγια, ο παράγοντας θόρυβος είναι η ποσότητα του θορύβου που εισήγαγε ο ίδιος ο ενισχυτής, στην κορυφή του εισαγόμενου θορύβου.

$$\text{noise factor } (F) = \frac{\text{SNR}_{(\text{input})}}{\text{SNR}_{(\text{output})}}$$

$$\text{noise figure (NF)} = 10 \log(F)$$

2.12.9 MTBF (Mean time between failures- Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών)

Οι αποτυχίες είναι μια ανησυχία, όταν εγκαταστάτε διανεμημένα ενεργητικά στοιχεία σε ένα κτίριο. Όλα τα συστατικά, ενεργητικά ή παθητικά, θα αποτύχουν στο τέλος: το κόλπο για τον κατασκευαστή είναι να εξασφαλίσει ότι η αναμενόμενη αποτυχία έρχεται μετά τον αναμενόμενο χρόνο λειτουργίας του συστήματος (όπως φαίνεται στο σχ. 2.48). Τυπικά θα υπάρξει μια αναμενόμενη διάρκεια ζωής ενός ασύρματου συστήματος περίπου 10-15 χρόνια. Δεν έχει κανένα νόημα να σχεδιάσετε συστήματα, που μπορεί να διαρκέσουν για 130 χρόνια, τα οποία είναι πάρα πολύ ακριβά.



Σχήμα 2.48 Η καμπύλη MTBF - «η καμπύλη μπανιέρα» - της διανομής των αποτυχιών.

Λειτουργική περίοδος

Για ένα ενεργητικό στοιχείο, υποτίθεται ότι κατά την ωφέλιμη διάρκεια της ζωής λειτουργίας τα τμήματα έχουν σταθερά ποσοστά αποτυχίας, και τα ποσοστά αποτυχίας εξοπλισμού ακολουθούν έναν εκθετικό κανόνα διανομής. Ο MTBF του εξοπλισμού μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$MTBF = 1/(\text{sum of all the part failure rates})$$

Πιθανότητα αποτυχιών

Η πιθανότητα ότι ο εξοπλισμός θα λειτουργήσει για κάποιο χρόνο T χωρίς αποτυχία δίνεται από:

$$\text{reliability} = \exp^{-T/MTBF}$$

Έτσι, για ένα προϊόν με MTBF 450 000 h, και ένα χρόνο λειτουργίας του ενδιαφέροντος 7 ετών (61320 h):

$$\text{reliability} = \exp^{-61\,320/450\,000} = 0.873$$

Υπάρχει μια πιθανότητα 87,3% ότι το σύστημα θα λειτουργεί για τα 7 χρόνια χωρίς αποτυχία, ή ότι το 87,3% των μονάδων στον τομέα θα εξακολουθούν να λειτουργούν μετά από 7 χρόνια.

Αυτή είναι μια χρήσιμη κατευθυντήρια γραμμή για την εκτίμηση του αριθμού των ανταλλακτικών που απαιτούνται για τη βάση εγκατάστασης του εξοπλισμού.

2.13 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Electromagnetic Radiation)

Η EMR είναι μια ανησυχία για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων σε όλο τον κόσμο. Από καιρό σε καιρό υπάρχουν συζητήσεις στα μέσα ενημέρωσης, αλλά οι σχεδιαστές εσωτερικών ραδιοδικτύων δεν πρέπει να δίνουν σημασία σε αυτές τις συναισθηματικές συζητήσεις και να προσπαθούν να είναι ουδέτεροι και αντικειμενικοί. Πάνω απ' όλα, θα πρέπει να αποδέχεστε και να σέβεστε ότι αυτό είναι στην πραγματικότητα μια ανησυχία για τους χρήστες, όσο απίθανος κι αν πιστεύετε ότι είναι ο κίνδυνος. Θα πρέπει να συμμορφώνεστε με τις εκάστοτε προδιαγραφές EMR και τις κατευθυντήριες γραμμές που ισχύουν στην περιοχή εργασίας και να βεβαιωθείτε ότι τα συστήματα εσωτερικών χώρων DAS που θα σχεδιάσετε και θα εφαρμόσετε πληρούν τους εγκεκριμένους κανονισμούς της χώρας όπου εφαρμόζονται τα συστήματα.

Οι διάφορες περιοχές σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν διαφορετικά πρότυπα και κανονισμούς, και αυτοί οι κανονισμοί αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Μάθετε πιο ακριβώς πρότυπο ισχύει στη χώρα σας.

2.13.1 Κατευθυντήριες γραμμές για ICNIRP EMR

Σήμερα πολλές χώρες χρησιμοποιούν τις κατευθυντήριες γραμμές που καθορίζονται από την ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection- Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες), οι οποίες έχουν αναγνωρισθεί από τον WHO (World Health Organization- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές καθορίζουν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο έκθεσης EMR για το ευρύ κοινό για 24 ώρες/ 7 ημέρες/ 52 εβδομάδες του έτους (τα υψηλότερα επίπεδα που επιτρέπονται για επαγγελματίες χρήστες).

Μια προδιαγραφή μέτρησης (EN50382) καθορίζει πώς αυτές οι μετρήσεις θα πρέπει να διεξαχθούν και ότι ένας ασύρματος πομπός πρέπει να εκπέμπει χαμηλότερο από:

900 MHz, maximum 4.5 W/m².
1800 MHz, maximum 9 W/m².
2100 MHz, maximum 10 W/m².

Η μέτρηση θα πρέπει να είναι κατά μέσο όρο πάνω από 6 λεπτά.

Οι κατευθυντήριες γραμμές είναι διαφορετικές για τις διάφορες χώρες, και θα προσαρμοστούν με την πάροδο του χρόνου. Ελέγξτε ακριβώς τι ισχύει στην περίπτωσή σας: ορισμένες χώρες εφαρμόζουν ένα πρότυπο που είναι πολύ αυστηρότερο από ότι τα επίπεδα της ICNIRP.

Παράδειγμα

Αυτό είναι ένα παράδειγμα μιας μέτρησης σε μια πραγματική εγκατάσταση ενός DAS, χρησιμοποιώντας DCS 1800 MHz 18 dBm που ακτινοβολείται από την κεραία DAS, τέσσερις TRX με πλήρες φορτίο:

50 cm distance from the antenna : 0.630 W/m² (average over 6 min)

200 cm distance from the antenna : 0.0067 W/m² (average over 6 min)

Η μέτρηση δείχνει σαφώς ότι, στην πράξη, είστε πολύ χαμηλότερα από τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα της ICNIRP.

Τα DAS είναι συνήθως πολύ πιο κάτω από τα επίπεδα αυτά

Τα τυπικά DAS, παθητικά ή ενεργητικά, είναι πολύ πιο κάτω από τα επίπεδα αυτά. Ωστόσο, υπάρχουν παραδείγματα υψηλού κέρδους τομέα εξωτερικής κεραίας, που συνδέεται απευθείας σε εσωτερικούς χώρους με έναν υψηλής ισχύος σταθμό βάσης, και οι χρήστες είναι τόσο κοντά, ώστε να μπορούν να αγγίζουν την κεραία. Αυτό σαφώς δεν είναι ένας σωστός σχεδιασμός: αυτή η κεραία θα μπορούσε να ανατινάξει σήματα μακριά, προσφέροντας μεγάλη κάλυψη στον κοντινό εσωτερικό χώρο, και πιθανότατα διαρροή παρεμβολών έξω από το κτίριο. Σε αυτήν την ακραία περίπτωση θα μπορούσατε να υπερβείτε τα όρια. Ωστόσο, η κοινή λογική πρέπει να εφαρμόζεται τόσο σε σχέση με τον καλό εσωτερικό σχεδιασμό ραδιοδικτύων όσο και για την ελαχιστοποίηση της EMR από το εσωτερικό DAS.

Είναι ασφαλές;

Λοιπόν, αυτό είναι το ερώτημα: Οι ισχύουσες κατευθυντήριες γραμμές EMR ορίζονται με ένα μεγάλο περιθώριο για οποιαδήποτε επίπεδο, το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει οποιαδήποτε γνωστή επίδραση στον άνθρωπο. Συχνά, θα σας ζητηθεί να μπορέσετε να αποδείξετε ότι αυτά τα επίπεδα EMR είναι ασφαλή. Αυτή είναι μια κατανοητή ερώτηση, αλλά η επιστήμη δεν μπορεί να αποδείξει ένα μη-φαινόμενο, αλλά μόνο ένα φαινόμενο, και μέχρι σήμερα κανένα φαινόμενο δεν έχει ποτέ τεκμηριωθεί, όταν ακολουθούνται αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές για τα επίπεδα σχεδιασμού.

2.13.2 Τα κινητά είναι η ισχυρότερη πηγή EMR

Οι περισσότεροι χρήστες στο εσωτερικό των κτιρίων ανησυχούν για την ακτινοβολία από την κεραία DAS, αλλά είναι γεγονός ότι η κύρια πηγή της EMR όταν χρησιμοποιούνται κινητά τηλέφωνα δεν είναι η εσωτερική DAS κεραία, αλλά το κινητό τηλέφωνο. Αυτό οφείλεται στην εγγύτητα του ακουστικού με το χρήστη κινητού. Ακόμη και αν ένας υψηλής ισχύος υπαίθριος σταθμός βάσης μπορεί να παράγει 700 W και το κινητό μόνο 2 W, η προσδιοριστική παράμετρος είναι η απόσταση από την κεραία. Έχοντας το κινητό κοντά στο κεφάλι του χρήστη, θα εκθέσει το χρήστη σε περισσότερη ισχύ από ότι ένας υπαίθριος σταθμός βάσης, ακόμη κι αν είναι αυτός στα 50 μ..

2.13.3 Το εσωτερικό DAS θα προσφέρει χαμηλότερα επίπεδα EMR

Το φαινόμενο είναι ότι , ακόμη και σε κτίρια πολύ κοντά σε έναν εξωτερικό σταθμό βάσης, και όπου η κινητή κάλυψη φαίνεται τέλεια, το κινητό τυπικά θα λειτουργεί σε ή κοντά στην πλήρη ισχύς εκπομπής. Η υψηλή ισχύς downlink από το σταθμό βάσης μπορεί να παρέχει υψηλά επίπεδα σήματος που λαμβάνονται από το κινητό, αλλά ο έλεγχος ισχύος εξαρτάται από το επίπεδο uplink στο σταθμό βάσης, και το κινητό μεταδίδει σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από το πομπό υψηλής ισχύος κατά το σταθμό βάσης.

Τα εσωτερικά συστήματα κεραιών με χαμηλή εξασθένηση θα βοηθήσουν. Με την ανάπτυξη ενός εσωτερικού DAS μπορείτε να δημιουργήσετε μικρότερη απώλεια διαδρομής για τον κινητό προς τον σταθμό βάσης, και το κινητό θα λειτουργεί με μειωμένη μετάδοση ισχύος.

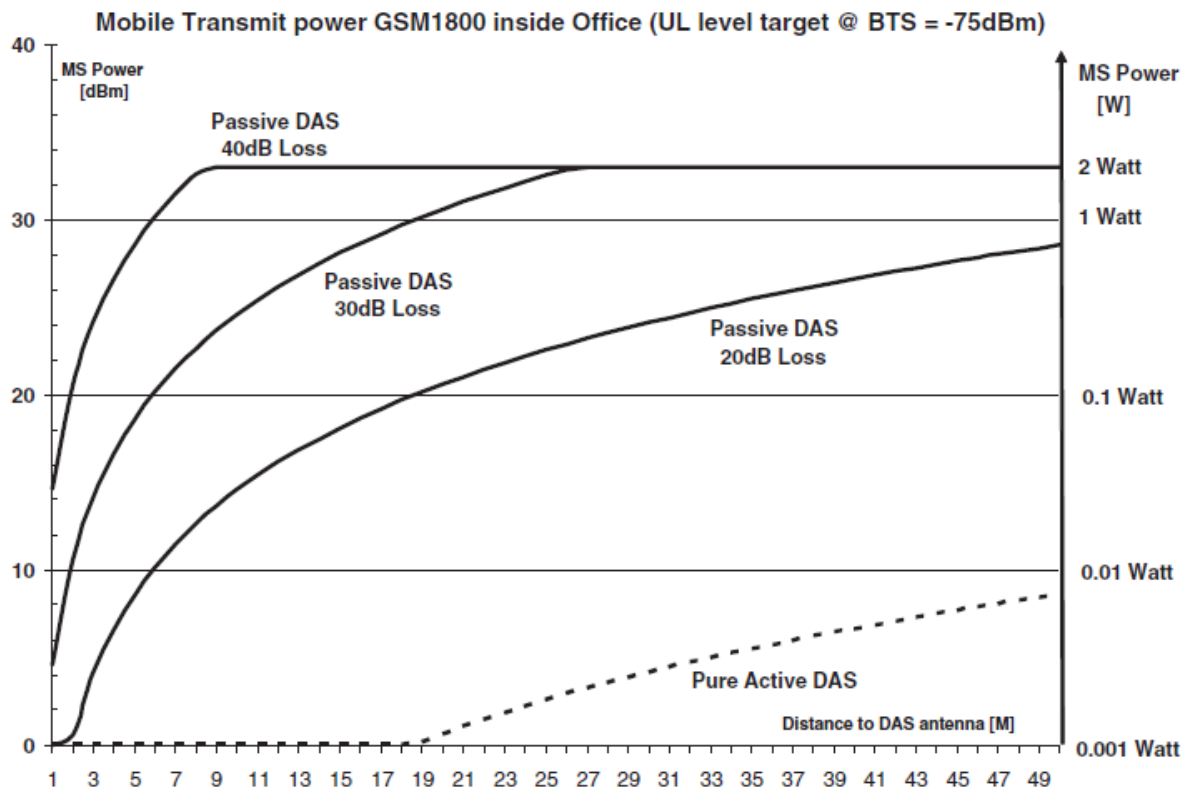
Λιγότερη ακτινοβολία με το ενεργητικό DAS

Η εγκατάσταση ενός παθητικού DAS μέσα σε ένα κτίριο, θα μειώσει σε κάποιο βαθμό την εκπομπή ισχύος του κινητού, αλλά είναι γεγονός ότι το κινητό χρειάζεται ακόμη να ξεπεράσει την εξασθένηση του παθητικού DAS, έτσι ώστε να λειτουργεί σε σχετικά υψηλή ισχύ ακόμα και σε ένα εσωτερικό σύστημα κοντά στην DAS κεραία. Η ασύρματη ισχύς μετάδοσης εξαρτάται προφανώς από την εξασθένηση του παθητικού DAS, αλλά με 20 dB εξασθένησης για το παθητικό DAS, το κινητό έχει να μεταδώσει 20 dB μεγαλύτερη ισχύ σε σύγκριση με το ενεργητικό DAS από το υποκεφάλαιο 2.4.2.

Με την ανάπτυξη ενός ενεργητικού DAS στο εσωτερικό των κτιρίων, η εξασθένηση μεταξύ των κινητών τηλεφώνων και των εσωτερικών κεραιών είναι χαμηλή. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ότι το κινητό θα τρέχει σε ή κοντά σε ελάχιστη μετάδοση ισχύος. Αυτό οφείλεται στο ότι το ενεργητικό DAS είναι μια «μηδενικής απώλειας» σύστημα: είναι ένα ενεργητικό σύστημα, όπου όλες οι απώλειες των καλωδίων αντισταθμίζονται από μικρούς ενισχυτές κοντά στις κεραίες. Αυτό εφαρμόζεται μόνο σε αμιγώς ενεργητικά DAS: με τη χρήση υβριδικών DAS το κινητό θα πρέπει ακόμα να αντισταθμίσει τις παθητικές απώλειες πριν από την HRU (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.18).

Παράδειγμα, χαμηλή ασύρματη ισχύ μετάδοσης με ενεργητικό DAS

Η χαμηλή ασύρματη ισχύς μετάδοσης, με τη χρήση ενός ενεργητικού DAS, είναι εμφανής σε αυτό το γράφημα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.49). Το γράφημα δείχνει την τυπική ισχύ εκπομπής του κινητού μέσα σε ένα περιβάλλον γραφείων εναντίον της απόστασης από την εσωτερική κεραία DAS.



Σχήμα 2.49 Ισχύς εκπομπής του κινητού για παθητικό και ενεργητικό DAS.

Αυτό είναι ένα παράδειγμα DCS1800, όπου το ελάχιστο λαμβανόμενο επίπεδο στο σταθμό βάσης ρυθμίζεται έως 75 dBm, οπότε ο σταθμός βάσης θα προσαρμόσει την ισχύ εκπομπής του κινητού με σκοπό να φτάσει το uplink επίπεδο.

Στην γραφική παράσταση (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.49), το αμιγώς ενεργητικό σύστημα συγκρίνεται με τυπικά παθητικά συστήματα με 20, 30 και 40 dB εξασθένησης από το σταθμό βάσης στην DAS κεραία.

Όπως φαίνεται, η ισχύς μετάδοσης από το κινητό που καλύπτεται από ένα παθητικό DAS θα χρησιμοποιήσει μόνο το χαμηλότερο επίπεδο ισχύος, όταν βρίσκεται πολύ κοντά στις κεραίες, ενώ το ίδιο κινητό στο ίδιο είδος περιβάλλοντος σε ένα ενεργητικό DAS θα παραμείνει στη χαμηλότερη δυνατή εκπομπή ισχύος, ακόμη και σε απόσταση μέχρι 19 μ. από την εσωτερική κεραία, και θα παραμείνει σε χαμηλό επίπεδο σε σύγκριση με το παθητικό DAS. Το κινητό που συνδέεται με το παθητικό DAS θα ενισχύσει την ισχύ

μετάδοσης ακόμη και κοντά στην DAS κεραία, γεγονός που οφείλεται στην παθητική εξασθένηση. Αυτό είναι εμφανές στο γράφημα, ακόμη και για τη «χαμηλής απώλειας» 20 dB εξασθένηση του παθητικού DAS.

2.14 Συμπέρασμα

Είναι προφανές ότι το κινητό που συνδέεται με το αμιγώς ενεργητικό σύστημα διατηρεί μια σταθερή ισχύ εξόδου κάτω από 0,01 W, και το κινητό που συνδέεται με ένα παθητικό σύστημα μπορεί εύκολα να φτάσει το 1 ή ακόμα και τα 2 W (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.49). Η χρήση ενός παραδοσιακού παθητικού DAS θα βοηθήσει σε κάποιο βαθμό με την ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα, ειδικά με τα κινητά τηλέφωνα που εξυπηρετούνται από κεραίες με σχετικά χαμηλές απώλειες, κοντά στην αίθουσα του σταθμού βάσης. Ωστόσο, γεγονός είναι ότι, λόγω των ζημιών στο παθητικό σύστημα, το κινητό έχει να αντισταθμίσει τις απώλειες στο παθητικό καλώδιο, με αποτέλεσμα να προκύψει υψηλότερη ισχύ εκπομπής από το κινητό και, επομένως, υψηλότερη έκθεση των χρηστών σε EMR.

Ακόμα κι αν συχνά χρειάζεται να εγκαταστήσετε έναν uplink εξασθενητή μεταξύ του ενεργητικού DAS και του σταθμού βάσης για να ελαχιστοποιηθεί το φορτίο του θορύβου του σταθμού βάσης, είναι σαφές ότι το ενεργητικό DAS θα κρατήσει ακτινοβολία από τα κινητά με τη χαμηλότερη δυνατή ισχύ.

Τόσο το παθητικό όσο και το ενεργητικό DAS θα συμβάλουν στη μείωση της εκπομπής ισχύος από τα κινητά τηλέφωνα, αν η εναλλακτική λύση είναι να στηριχθεί η κάλυψη σε εξωτερικά Macro δίκτυα. Όλα τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να εφαρμόζουν ένα ορισμένο όριο ακτινοβολίας, έτσι ώστε ακόμη και όταν λειτουργούν στο υψηλότερο επίπεδο ισχύος, κανένα απ' αυτά δεν θα είναι επικίνδυνο.

Κεφάλαιο 3

3. Σχεδιάζοντας λύσεις εσωτερικών DAS

Προτού ξεκινήσει ο σχεδιασμός της πρώτης λύσης για τις εσωτερικές διεργασίες, συνιστάται ιδιαίτερα να αναπτυχθεί ένα καλά διαρθρωμένο και τεκμηριωμένο σχέδιο ροής εργασιών για το έργο αυτό. Αυτή η διαδικασία πρέπει να περιλαμβάνει κάθε πτυχή της εργασίας από την αρχή μέχρι το τέλος. Έτσι θα εξασφαλιστεί μια ομοιόμορφη ροή εργασιών από σχέδιο σε σχέδιο, και επιβεβαιώσει ότι όλες αυτές οι λύσεις (επενδύσεις) ακολουθούν την ίδια διαδικασία, βοηθώντας να τεθούν σε προτεραιότητα τα έργα και οι επενδύσεις.

3.1 Η εσωτερική διαδικασία σχεδιασμού

Οι διαχειριστές χρειάζονται μια καλά δομημένη διαδικασία ώστε να αξιολογήσουν την επιχειρηματική υπόθεση και την διαδικασία εφαρμογής των λύσεων εσωτερικά. Συχνά η ανάγκη για την κάλυψη εσωτερικών λύσεων σε ένα συγκεκριμένο κτίριο έχει ξεκινήσει από το εμπορικό τμήμα και το τμήμα πωλήσεων του προσώπου που ευθύνεται για τη συγκεκριμένη περιοχή ή τον πελάτη. Η διαδικασία θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις πτυχές του σχεδίου, προκειμένου να κάνει κατανοητή για όλες τις ομάδες εργασίας στο πλαίσιο του διαχειριστή: πώς, γιατί και πότε πρέπει να εφαρμοστεί μια λύση DAS; ποιος είναι υπεύθυνος για ποιο μέρος της διαδικασίας; τί έγγραφα χρειάζονται; και η γενική ροή εργασιών της διαδικασίας.

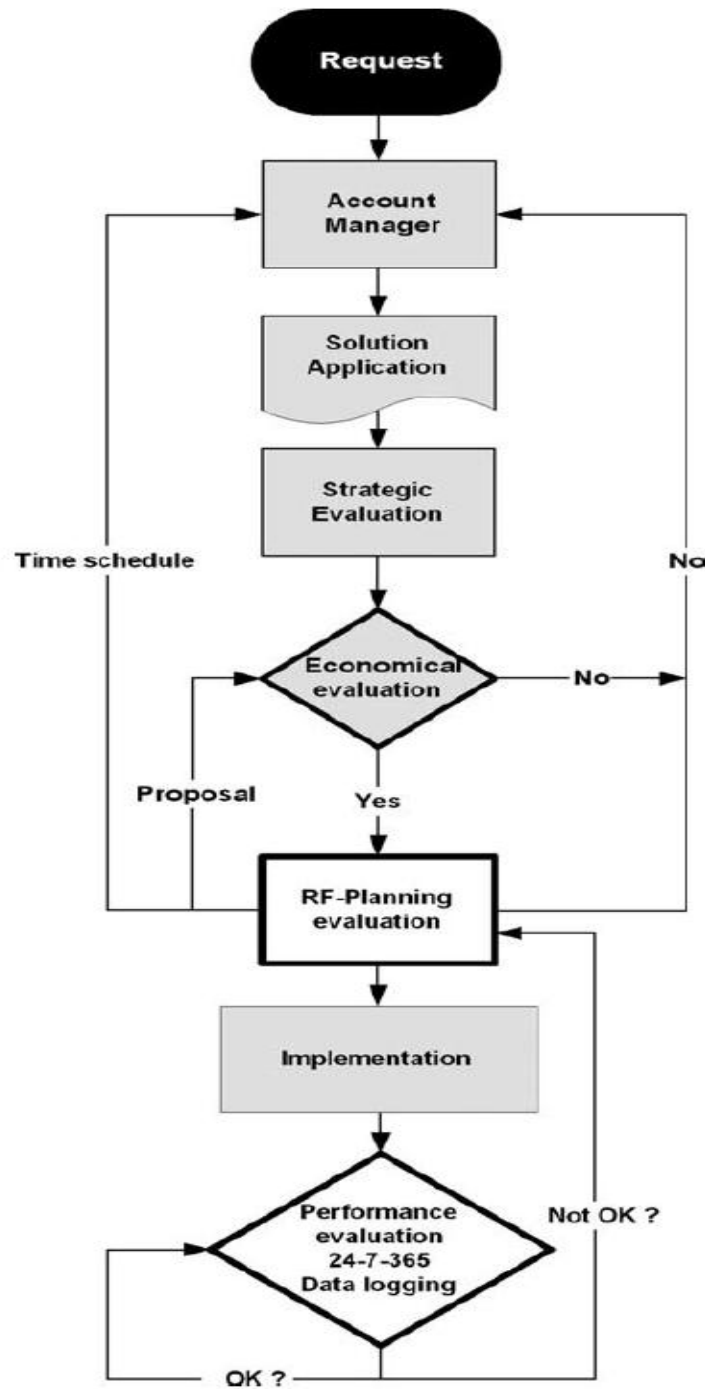
Υπάρχουν πολλές έγκυρες μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν κατά την οργάνωση μια ροής εργασιών, μία τυπική δομή θα μπορούσε να είναι όπως αυτή που εμφανίζεται στην εικόνα 3.1

3.1.1 Σχεδιασμός εσωτερικής ροής διεργασιών

Εν συντομία, αυτές είναι οι κυριότερες παράμετροι: στην είσοδο και την έξοδο των διαφόρων μερών της διαδικασίας (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1).

Είσοδος από την ομάδα πωλήσεων/Βασικός επιμελητής λογαριασμού

Η διαδικασία ξεκινά με τις απαιτήσεις από το δυνητικό πελάτη, κατά προτίμηση σε πρώιμο στάδιο, πριν ο πελάτης αρχίσει να χρησιμοποιεί κινητά τηλέφωνα σε ευρύτερη κλίμακα. Η ομάδα πωλήσεων στη συνέχεια κάνει μια αίτηση ώστε να πάρει έγκριση για να εφαρμόσει μια αποκλειστική λύση. Πρέπει να υπάρχει ένας σαφώς καθορισμένος στόχος εσόδων.



Σχήμα 3.1 Ένας τρόπος σχεδιασμού την διαδικασία εσωτερικού σχεδιασμού

Η εφαρμογή πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Επιχειρηματική είσοδος

- Τον αριθμό των χρηστών
- Τους τύπους των χρηστών
- Τους τύπους των απαιτήσεων εξυπηρέτησης, τις ταχύτητες δεδομένων, κ.λπ., που χρειάζονται
- Τη διάρκεια της κατασκευής
- Τον αναμενόμενο χρόνο ανά χρήστη
- Την αναμενόμενη κίνηση δεδομένων στο κτίριο

Τεκμηρίωση του κτιρίου

- Τα σχέδια ορόφων
- Τα σημεία σε κάθε όροφο που δείχνουν την απαραίτητη κάλυψη σε διαφορετικές βαθμίδες και περιοχές:
 - 100% κάλυψη
 - 90% κάλυψη
 - περιοχές όπου είναι καλό να υπάρχει κάλυψη
- Τα σημεία σε κάθε όροφο που δείχνουν τους διαφορετικούς τύπους περιβάλλοντος:
 - πυκνές περιοχές με ισχυρά τοιχώματα
 - περιοχές που είναι πιο ανοικτές
 - χώρους αποθήκευσης
- Τις φωτογραφίες του κτιρίου (συχνά φωτογραφίες υπάρχουν στη σελίδα της εταιρείας στο διαδίκτυο)
- Τις λεπτομέρειες και τα σχέδια των προγραμματισμένων ανακατασκευών ή επεκτάσεων των κτιρίων
- Τις λεπτομέρειες για τον υπεύθυνο, ο οποίος έχει αναλάβει την έγκριση της εγκατάστασης

Τα σχέδια των ορόφων αποτελούν τη βάση του σχεδιασμού

Συχνά μπορεί να είναι δύσκολο να λάβετε χρήσιμα σχέδια των ορόφων, αλλά στις περισσότερες χώρες είναι υποχρεωτικό να έχουν κάποιο σχέδιο της τοποθεσίας σε μορφή A3

που βρίσκεται στα κεντρικά γραφεία ασφαλείας, ώστε η πυροσβεστική υπηρεσία να βρει τον δρόμο της γύρω από τα κτίρια.

Τα σχέδια αυτά συχνά παρέχουν εξαιρετική βάση για το σχεδιασμό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- Έγγραφα σχετικά με τον σχεδιασμό
- Έγγραφα σχετικά με την εγκατάσταση

3.1.2 Το κομμάτι της διαδικασίας σχεδιασμού του RF

Ο προγραμματιστής του RF χρησιμοποιεί την είσοδο δεδομένων από τις πωλήσεις προκειμένου να κάνει ένα πρόχειρο σχέδιο. Συχνά αυτό το πρόχειρο σχέδιο μπορεί να γίνει από έναν έμπειρο σχεδιαστή, χωρίς να κάνει μια επίσκεψη στον χώρο. Αυτό φυσικά εξαρτάται από την ποιότητα και τη λεπτομέρεια των δεδομένων, το μέγεθος της λύσης και την εμπειρία του σχεδιαστή RF.

Ο σχεδιαστής RF παρέχει το εξής αποτέλεσμα:

- Σχέδια κατόψεων με προτεινόμενη τοποθέτηση των κεραιών και του εξοπλισμού.
- Σχεδιάγραμμα της DAS.
- Λίστα εξοπλισμού.
- Υπολογιζόμενο κόστος εφαρμογής.
- Εκτιμώμενος χρόνος έργου.

Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνται από τον προγραμματιστή RF ως τελική είσοδος δεδομένων στην "Επιτροπή κάλυψης", η οποία είναι υπεύθυνη για την έγκριση ή απόρριψη της εφαρμογής της λύσης. Η Επιτροπή κάλυψης, η οποία είναι επίσης υπεύθυνη για την ανάπτυξη του προϋπολογισμού σχετικά με τις εσωτερικές λύσεις, έχει τεχνική, εμπορική και μάρκετινγκ εκπροσώπηση.

3.1.3 Η μελέτη του χώρου

Πριν από την μελέτη του χώρου, ο προγραμματιστής RF κάνει έναν πρόχειρο σχεδιασμό, χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο συνδετικού προϋπολογισμού, έναν RF πολλαπλασιασμό προσομοίωσης και εμπειρίας. Για να κάνει την τελική σχεδίαση, ο RF προγραμματιστής χρησιμοποιεί προσχέδιο ως βάση για μια μελέτη του χώρου, και το προσαρμόζει σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του χώρου.

Ο σκοπός επίσκεψης στον χώρο είναι:

- Να εγκριθεί η λύση από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

- Η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τον εξοπλισμό αιθουσών, τις δυσκολίες εγκατάστασης, τους αγωγούς καλωδίων κ.λπ.
- Η λήψη των απαραίτητων φωτογραφιών για την ομάδα εγκατάστασης, και για τον προγραμματιστή RF.
- Η λήψη φωτογραφιών από την ταράτσα, όπου πρέπει να φαίνεται η προοπτική για άλλες τοποθεσίες, αν πρέπει να χρησιμοποιηθεί εκπομπή μικροκυμάτων.

Αυτοί που θα συμμετέχουν στην επίσκεψη είναι:

Ο προγραμματιστής RF

- Ο προγραμματιστής RF είναι ο υπεύθυνος του έργου.
- Μετά την έρευνα ο προγραμματιστής RF θα παραδώσει το τελικό σχέδιο που θα πρέπει να εγκριθεί από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου, και να χρησιμοποιηθεί από εκείνον που θα αναλάβει την εγκατάσταση.
- Ο προγραμματιστής RF ίσως χρειαστεί να κάνει μετρήσεις της κάλυψης που υπάρχει ήδη που παρέχεται από το επίπεδο macro.
- Ο προγραμματιστής RF ενδέχεται, επίσης, να χρειαστεί να κάνει έρευνα για το RF στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να επαληθεύσει το προσχέδιο.

Ο υπεύθυνος εξαγοράς

- Ο υπεύθυνος εξαγοράς είναι αρμόδιος για την αδεία, νομική σύμβαση, κ.λπ.

Ο υπεύθυνος εγκατάστασης

- Ο υπεύθυνος εγκατάστασης είναι αρμόδιος για την εφαρμογή του σχεδίου.
- Θα παρέχει τεκμηρίωση ολοκλήρωσης μετά την εφαρμογή.

Ο επιστάτης και ο υπεύθυνος εγκατάστασης εξοπλισμού IT και βοηθητικού εξοπλισμού

- Γνωρίζει όλες τις λεπτομέρειες και αγωγούς καλωδίων.
- Ο ίδιος και η ομάδα του υπεύθυνου εγκατάστασης είναι σε άμεση επαφή, σχετικά με τις λεπτομέρειες εγκατάστασης, αφού ο προγραμματιστής RF παρείχε την τελική σχεδίαση.

Ο ιδιοκτήτης του κτιρίου

- Ο ιδιοκτήτης του κτιρίου θα εγκρίνει το σχεδιασμό, τις τοποθετήσεις κεραιών, κ.λπ., καθώς η ομάδα προχωράει στο έργο, μαζί με τον επιστάτη και το τμήμα IT.

Διαδικασία ελέγχου

Είναι σημαντικό ότι όλοι οι εμπλεκόμενοι, όλα τα μέλη της Επιτροπής κάλυψης και η ομάδα εφαρμογής, εργάζονται όλοι με προκαθορισμένα χρονοδιαγράμματα, και καλά καθορισμένα έγγραφα εισόδου/έξοδου και διαδικασίες, προκειμένου να ελέγχουν τη διαδικασία.

3.1.4 Το χρονικό πλαίσιο για την εφαρμογή εσωτερικού DAS

Σε μια φυσιολογική διαδικασία εσωτερικού σχεδιασμού, το τυπικό χρονικό πλαίσιο θα είναι:

- Το τμήμα πωλήσεων με τον τελικό χρήστη, παρέχουν δεδομένα εισόδου και τεκμηρίωση 1-2 εβδομάδες.
- Το προσχέδιο από το RF 1-2 ημέρες.
- Η επίσκεψη στον χώρο 2-6 ώρες.
- Ο τελικός σχεδιασμός και η τεκμηρίωση 1-4 ημέρες μετά από την επίσκεψη στον χώρο.
- Η αρχή εφαρμογής του σχεδίου 1-2 εβδομάδες μετά από την επίσκεψη

Μετάδοση

Βασιζόμενοι στην εμπειρία, είναι σύνηθες το φαινόμενο να υπάρχει αργοπορία στην μετάδοση. Ως εκ τούτου, είναι πολύ σημαντικό το τμήμα μετάδοσης να φροντίσει μόλις η λύση εγκριθεί από την Επιτροπή κάλυψης, ώστε να αποφευχθεί η τυπική κατάσταση όπου μια λύση είναι ακόμη εν αναμονή μετάδοσης 5-8 εβδομάδες μετά την εφαρμογή.

3.1.5 Μετά την υλοποίηση

Ο προγραμματιστής RF ή αυτός που έχει αναλάβει την εγκατάσταση είναι υπεύθυνος για τη δοκιμή του συστήματος μόλις αυτό είναι σε θέση να λειτουργήσει. Η κάλυψη είναι τεκμηριωμένη σε σχέδια κατόψεων, χρησιμοποιώντας λογισμικό επεξεργασίας. Ο προγραμματιστής RF θα πρέπει επίσης να έρθει σε επαφή με τον τελικό χρήστη, για να βεβαιωθεί ότι η κάλυψη είναι όπως αναμενόταν, και να παρακολουθήσει την απόδοση του συστήματος με τη βοήθεια στατιστικών εργαλείων που είναι διαθέσιμα, αξιολογώντας τα δεδομένα του δικτύου και ελέγχοντας γειτονικές λίστες, ποιότητα, χωρητικότητα, κ.λπ. Αυτά τα αποτελέσματα (η δοκιμή του συστήματος και τα εργαλεία απόδοσης) χρησιμοποιούνται για να τελειοποιήσουν τις παραμέτρους, βελτιώνοντας την απόδοση του συστήματος.

Ένα σημαντικό σημείο ελέγχου είναι ότι η κίνηση που παράγεται είναι μέσα στο αναμενόμενο εύρος, με βάση την είσοδο δεδομένων από τις πωλήσεις, και ο προγραμματιστής RF παρέχει ανατροφοδότηση σχετικά με την συνολική απόδοση στον υπεύθυνο έργου. Μετά από 2 εβδομάδες, η ευθύνη για την απόδοση του RF παραδίδεται στις διαδικασίες: μετά από αυτά είναι δική τους ευθύνη να παρακολουθούν το σύστημα. Ο RF σχεδιαστής παραλαμβάνει και εγκρίνει τα τιμολόγια από τους τεχνικούς εγκατάστασης, οπότε γνωρίζει (και μαθαίνει) εάν η εκτιμώμενη τιμή ήταν εντός του ορίου, και είναι σε θέση πλέον να προβλέψει το κόστος του έργου για μελλοντικά συστήματα.

3.2 Διαδικασία σχεδιασμού RF

3.2.1 Ο ρόλος του προγραμματιστή RF

Αφού ρίξαμε μια γρήγορη ματιά στην γενική διαδικασία για τη συνολική εσωτερική διαδικασία υλοποίησης, θα έχουμε μια πιο προσεκτική ματιά στα σχεδιαστικά καθήκοντα του προγραμματιστή RF, μιας και, αυτός είναι ο σκοπός αυτής της εργασίας.

Προσχέδιο και μελέτη του χώρου

Με βάση τα δεδομένα που προέρχονται από τις πωλήσεις, ο προγραμματιστής RF θα κάνει ένα προσχέδιο του ραδιοδικτυακού συνδετικού προϋπολογισμού και θα προετοιμάσει ένα σχέδιο πριν από τη μελέτη του χώρου. Έτσι, ο προγραμματιστής ραδιοδικτύων μπορεί να ελέγξει όλες τις προβλεπόμενες θέσεις των κεραιών και να προσαρμόσει τον σχεδιασμό αναλόγως. Με βάση την εμπειρία από τη μελέτη του χώρου, ο σχεδιαστής ραδιοδικτύων θα είναι σε θέση να προσαρμόσει το προσχέδιο με την πραγματικότητα και τους περιορισμούς του κτιρίου, προκειμένου να κάνει την τελική σχεδίαση. Κατά τη διάρκεια της έρευνας RF, είναι σημαντικό να ελεγχθούν οι τύποι των τοίχων, να ληφθούν σημειώσεις σχετικά με τα σχέδια κατόψεων των διαφόρων τύπων, κ.λπ.

Λήψη φωτογραφιών

Ο προγραμματιστής RF θα πρέπει να φέρει μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, να πάρει πολλές φωτογραφίες και να σημαδέψει τη θέση της κάθε φωτογραφίας στο σχέδιο της κάτοψης· αυτό θα βοηθήσει στο να ολοκληρωθεί το τελικό σχέδιο. Κάλο είναι να βγάλει μια

φωτογραφία για την θέση της κάθε κεραίας, προκειμένου να τεκμηριώσει την ακριβή της θέση.

Μια καλή ιδέα είναι να φέρει ένα δείκτη laser, και να δείχνει ακριβώς το σημείο στο οποίο είναι προγραμματισμένο να τοποθετηθεί η κάθε κεραία κατά τη λήψη της φωτογραφίας. Η κόκκινη κουκκίδα από το λέιζερ θα είναι πολύ σαφής στην φωτογραφία. Για την τεκμηρίωση του σχεδιασμού, κάθε φωτογραφία θα παίρνει το όνομα της από τον αριθμό της κεραίας A1, A2, Αυτό βοηθά την ομάδα εγκατάστασης να τοποθετήσει όλες τις κεραίες στη σωστή θέση και να αποφευχθούν έτσι δαπανηρά λάθη.

3.2.2 Μετρήσεις RF

Οι μετρήσεις RF είναι ένα σημαντικό μέρος του σχεδιασμού και επαλήθευσης λύσεων στην εσωτερική κάλυψη. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το όριο RF (την υπάρχουσα κάλυψη) τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου, προκειμένου να καθορίσουμε την σωστή οργάνωση και τις παραμέτρους που χρησιμοποιούμε κατά το σχεδιασμό του εσωτερικού DAS.

Αρχείο καταγραφής και αποθήκευσης των στοιχείων

Συνιστάται να χρησιμοποιείτε πάντα ένα σύστημα μέτρησης που σας επιτρέπει να καταγράφετε τα δεδομένα των μετρήσεων σε H/Y για να μπορείτε να τα αναλύσετε αργότερα. Κατά προτίμηση θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε ένα σύστημα με το οποίο μπορείτε να πλοηγηθείτε και να τοποθετήσετε τις μετρήσεις σε ένα αντίστοιχο σχέδιο ορόφου, και να υποδεικνύετε το αποτέλεσμα της μέτρησης, με χρώμα ή κείμενο.

Αυτά τα σχέδια κατόψεων, με παρατηρητήρια της στάθμης του σήματος, ποιότητα και ΗΟ ζώνες είναι επίσης ζωτικής σημασίας έγγραφα που αποδεικνύουν ότι το σύστημα εφαρμόστηκε πλήρως με τα συμφωνηθέντα κριτήρια σχεδιασμού, και είναι πολύ χρήσιμο ως σημείο αναφοράς για την επίλυση προβλημάτων σε μεταγενέστερο στάδιο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να αποθηκεύονται σε μια δομημένη βάση δεδομένων. Αυτό μπορεί να είναι πολύ πολύτιμη εμπειρία σε μελλοντικά σχέδια.

3.2.3 Οι μετρήσεις των αρχικών ραδιοσυχνοτήτων (RF)

Οι διαδρομές για τις αρχικές μετρήσεις που απαιτούνται, προκειμένου να σχεδιαστεί το σύστημα ραδιοδικτύων εμφανίζονται στο Σχήμα 3.2 . Η πρώτη μέτρηση που χρειάζεται είναι

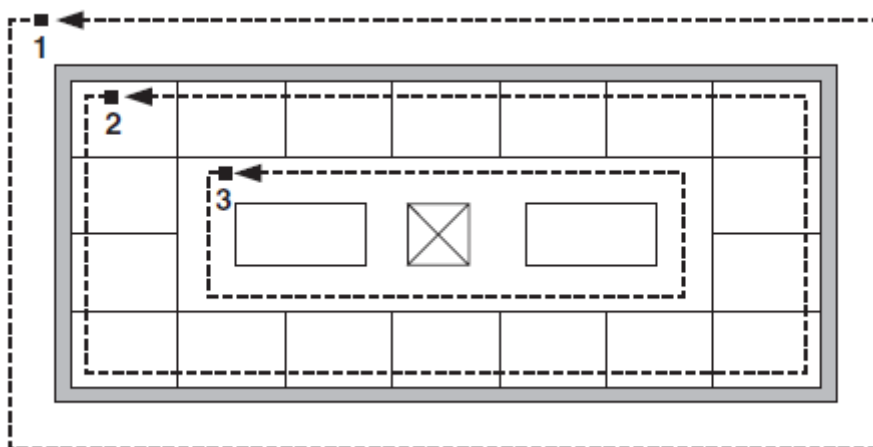
η υπαίθρια μέτρηση 1 στο Σχήμα 3.2, προκειμένου να προσδιοριστεί το επίπεδο σε εξωτερικούς χώρους και η εξυπηρέτηση των κελιών. Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί το εξωτερικό επίπεδο σήματος, προκειμένου να σχεδιαστεί η HO ζώνη μεταξύ της εσωτερικής λύσης στο εξωτερικό δίκτυο. Αυτή η σημαντική HO ζώνη θα καλυφτεί για την επιστροφή των χρηστών στην είσοδο και έξοδο από το κτίριο.

Η μέτρηση 1 στο Σχήμα 3.2 μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της απώλειας μέσα στο κτίριο σε σύγκριση με τις μετρήσεις 2 και 3 στο Σχήμα 3.2 , και μπορεί να είναι χρήσιμη για να υπολογιστεί η απομόνωση στο κτίριο. Με αυτό τον τρόπο μπορείτε να υπολογίσετε το επιθυμητό επίπεδο-στόχο για το εσωτερικό σύστημα.

Οι μετρήσεις 2 και 3 στο σχήμα 3.2. εξυπηρετούν το σκοπό της απόκτησης ενός ορίου γραμμής RF για τα υπάρχοντα επίπεδα κάλυψης στο κτίριο. Είναι πολύ σημαντικό να θεσπίσετε αυτά τα όρια πριν από το σχεδιασμό και την εφαρμογή της εσωτερικής λύσης προκειμένου να γίνει επιλογή του σωστού σχεδιασμού επιπέδων για την DAS σχεδίαση, σύμφωνα με τυχόν παρεμβολές από εξωτερικούς σταθμούς βάσης.

Μετρώντας την απομόνωση

Με την μέθοδο μέτρησης που περιγράφεται παραπάνω, μπορείτε να υπολογίσετε την απομόνωση του κτιρίου και να την σχεδιάσετε αναλόγως. Συνήθως θα χρειαστεί να πραγματοποιήσετε τη μέτρηση 2 τουλάχιστον στο ισόγειο, στο μεσαίο πάτωμα και στο πιο ψηλό όροφο. Σε ένα ψηλό κτίριο συνιστάται να επαναλάβετε τη μέτρηση 2 κάθε 5 ορόφους.



Σχήμα 3.2 Αρχική RF έρευνα μέτρησης διαδρομών

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος GSM, πρέπει να σχεδιάσετε τη δεσπόζουσα θέση των κελιών σε εσωτερικούς χώρους. Κατά το σχεδιασμό GSM, το εσωτερικό σύστημα θα πρέπει κατά προτίμηση να υπερβαίνει το επίπεδο σήματος για οποιοδήποτε εξωτερικό macro κελί που υπάρχει στο κτίριο από 6-10 dB. Αυτό θα διασφαλίσει ότι το εσωτερικό κελί είναι κυρίαρχο και αποτρέπει τις κινητές συσκευές να χρησιμοποιήσουν το εξωτερικό δίκτυο Macro. Αυτό μπορεί μερικές φορές να είναι μια πρόκληση για να ολοκληρωθεί, ιδίως με κοντινές τοποθεσίες δίπλα από το κτίριο. Υπάρχουν κόλπα στο GSM που "κλειδώνουν" την κυκλοφορία στο εσωτερικό κελί, ακόμη, και αν αυτο έχει ένα χαμηλότερο επίπεδο σήματος (δείτε την ενότητα 2.5.1), αλλά είναι προτιμότερο να επιλυθεί το πρόβλημα κυριαρχίας με τον προσεκτικό προγραμματισμό ραδιοδικτύων.

Για τον UMTS σχεδιασμό αυτές οι μετρήσεις είναι επίσης πολύ σημαντικές. Με βάση τις μετρήσεις πρέπει να δοκιμάσετε τον σχεδιασμό του συστήματος σε εσωτερικούς χώρους να είναι 10-15 dB πιο ισχυρό, προκειμένου να αποφύγετε εκτεταμένες ομαλές HO ζώνες. Είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθούν οι ομαλές ζώνες επιστροφής στο κτίριο για να αποφευχθεί ο κανιβαλισμός της χωρητικότητας για περισσότερα από ένα κελία. Ειδικότερα, οι hot-spot περιοχές στο κτίριο με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας δεν πρέπει να έχουν οποιαδήποτε ομαλή HO ζώνη.

3.2.4 Μετρήσεις των υπαρχόντων επιπέδων κάλυψης

Οι μετρήσεις των υπαρχόντων επιπέδων κάλυψης, η διαπεραστικότητα των απωλειών και η επαλήθευση των μετρήσεων είναι ένα σημαντικό μέρος του σχεδιασμού RF. Οι εν λόγω μετρήσεις παρέχουν στον σχεδιαστή RF πολύτιμες πληροφορίες που πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση και βελτιστοποίηση της εσωτερικής λύσης. Εκτός από τις αρχικές μετρήσεις όπως περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 1.2.3, αρκετές άλλες μετρήσεις είναι εξίσου σημαντικές. Υπάρχουν διάφοροι τύποι από μετρήσεις που πρέπει να γίνουν.

Σαρώσεις καναλιών

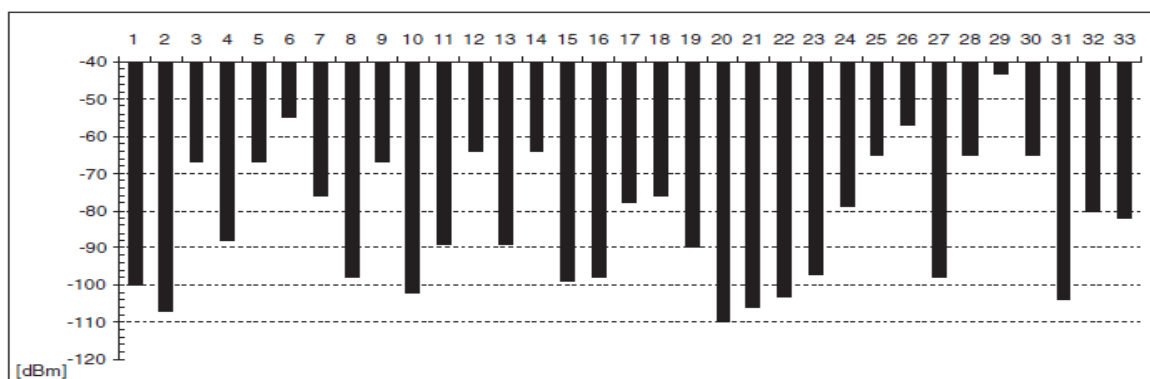
Πρέπει πάντοτε να εκτελείτε σάρωση καναλιών στους ίδιους ορόφους, όπως στη μέτρηση 2, κατά προτίμηση κοντά στα παράθυρα (ή ακόμα και να ανοίξετε το παράθυρο εάν είναι δυνατόν), σε κάθε κατεύθυνση του κτιρίου. Μια σάρωση καναλιών μπορεί να εκτελείται από τα περισσότερα εργαλεία μέτρησης χρησιμοποιώντας μια δοκιμαστική κινητή συσκευή.

Συνήθως ο χρήστης καθορίζει το αρχικό και τελικό κανάλι, και η κινητή συσκευή θα σαρώσει και θα μετρήσει όλα τα κανάλια στην καθορισμένη εμβέλεια. Για το UMTS θα χρησιμοποιήσετε ένα σαρωτή κώδικα που καταγράφει όλα τα αποκωδικοποιημένα κελία και αποκρυπτογραφεί κώδικες και CPICH επίπεδα. Ο σκοπός της σάρωσης καναλιών είναι η μέτρηση δυναμικών ρύπων, η αναγνώριση απροσδόκητων γειτόνων και ο καθορισμός της γραμμής αναφοράς για τη στάθμη του θορύβου στο ραδιοδικτυακό κανάλι.

Παράδειγμα σάρωσης καναλιών GSM

Στο παράδειγμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.3, η δοκιμή κινητών συσκευών έχει προγραμματιστεί για τη σάρωση από CH01 έως το CH33, για όλα τα GSM δίκτυα του ειδικού φορέα GSM CH1-CH32 που έχει αναλάβει τον σχεδιασμό του εσωτερικού συστήματος, συμπεριλαμβανόμενου του πρώτο γειτονικού καναλιού του επόμενου χρήστη στο φάσμα CH33. Είναι προφανές ότι τα υψηλά επίπεδα σήματος του CH29 (43 dBm), του CH06 και του CH26 είναι ισχυρά. Είναι πιθανόν να είναι γειτονικές τοποθεσίες macro κατά μήκος της οδού απέναντι από το κτίριο. Δεν μπορείτε να απομονώσετε αυτά τα ισχυρά κελιά, κι έτσι θα πρέπει να τα λάβετε υπόψη κατά τον καθορισμό και τη βελτιστοποίηση της γειτονικής λίστας και των HO ζωνών.

Η σάρωση είναι επίσης χρήσιμη στο να επιλέξετε κατάλληλες συχνότητες για το εσωτερικό σύστημα. Σε αυτή την περίπτωση οι CH20, CH02 και CH31 μοιάζουν καλοί υποψήφιοι για χρήση στο εσωτερικό του κτιρίου. Ωστόσο, πρέπει να προσέχετε· ο λόγος που αυτά τα κανάλια είναι σε χαμηλό επίπεδο θα μπορούσε να είναι απλώς η έλλειψη της κυκλοφορίας σε αυτήν την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Πρέπει πάντα να ελέγχετε το κανάλι που προτείνετε να χρησιμοποιηθεί μέσα στο κτίριο στο εργαλείο σχεδιασμού της συχνότητας Macro.



Σχήμα 3.3 Παράδειγμα σαρωτικής μέτρησης καναλιού σε GSM CH1-33

3.2.5 Ερευνητική μέτρηση RF

Σε ορισμένες περιπτώσεις θα πρέπει, επίσης, να επιβεβαιώσετε το RF μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της κάλυψης στο συγκεκριμένο κτίριο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα πρώτα 10-20 έργα. Μέχρι τότε θα έχετε αποκτήσει αρκετή εμπειρία και αρκετά αποτελέσματα από τις μετρήσεις, για να ρυθμίσετε και να εμπιστευτείτε το μοντέλο που έχετε επιλέξει (βλ. Ενότητα 2.1.5) και το "RF ένστικτο" σας για το συγκεκριμένο περιβάλλον.

Εκτελώντας ερευνητική μέτρηση RF

Η εκτέλεση μιας τυπικής μέτρησης μπορεί να φανεί στο Σχήμα 3.4. Σε αυτό το παράδειγμα δύο προτεινόμενες θέσεις κεραίας επαληθεύονται στο προσχέδιο, A και B. Η ιδέα του σχεδιασμού, με αυτές τις δύο κεραίες είναι η χρήση της "επίδρασης διαδρόμου" σε ένα ανώτατο όριο· χρησιμοποιήστε τους διαδρόμους για να διανείμετε το σήμα γύρω από τον πυρήνα του κτιρίου και να φτάσετε στους χρήστες στα γραφεία κατά μήκος της περιμέτρου του κτιρίου. Δεδομένου ότι και οι δύο κεραίες τοποθετούνται στο ίδιο είδος περιβάλλοντος, με μια συμμετρική τοποθέτηση, συνήθως θα κάνετε έλεγχο μετρήσεων σε μια από τις κεραίες.

Στο παράδειγμα που φαίνεται στο σχήμα 3.4 θέλουμε να επαληθεύσουμε την τοποθεσία της κεραίας A, και για να γίνει αυτό θα πρέπει να γίνει παραπομπή πηγής σήματος, μια κεραία δοκιμής. Η κεραία δοκιμής θα πρέπει κατά προτίμηση να είναι ο ίδιος τύπος κεραίας και να εκπέμπει με την ίδια ισχύ, όπως αυτή που σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο τελικό σχέδιο. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να τοποθετείτε την κεραία όσο το δυνατόν πιο κοντά στην προβλεπόμενη θέση εγκατάστασης. Κατά προτίμηση η κεραίας εκπομπής RF πρέπει να τοποθετηθεί στην οροφή στην κανονική θέση ή τουλάχιστον όσο το δυνατόν πιο κοντά.

Η θέση της δοκιμαστικής κεραίας είναι πολύ σημαντική, διότι η απόδοση των κεραιών θα επηρεαστεί σε σημαντικό βαθμό από το άμεσο περιβάλλον. Η απόδοση μπορεί να είναι διαφορετική εάν είναι τοποθετημένη σε τρίποδο 1,5 μ. από το δάπεδο, σε σύγκριση με την πραγματική θέση στην οροφή, δηλαδή ανάποδα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι τοπικές δομές και το περιβάλλον γύρω από την κεραία θα επηρεάσουν την άμεση απόδοση της κεραίας και γιατί θέλετε η έρευνα RF να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες της τελικής εγκατάστασης.

3.4, όπου ο λόγος της μέτρησης είναι να επικυρώσουμε την προγραμματισμένη θέση της κεραίας Α.

Είναι πολύ σημαντικό να διεξάγονται μετρήσεις κοντά στα παράθυρα σε κάθε πλευρά του κτιρίου και ειδικότερα στα γραφεία που βρίσκονται σε γωνίες. Αυτές οι περιοχές είναι επιρρεπείς σε συχνές ανταλλαγές επιστροφών (GSM) και ζώνες ομαλής επιστροφής (UMTS) και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποβαθμισμένη ποιότητα λόγω της παρεμβολής και των πρότυπων ρύπανσης. Συνεπώς, θα πρέπει να επιλέξετε προσεκτικά ένα επίπεδο μελέτης βασιζόμενοι στις μετρήσεις με ιδιαίτερη έμφαση σε αυτούς τους τομείς, για να βεβαιωθείτε ότι μπορείτε να υπερνικήσετε τα Macro σήματα, και ταυτόχρονα να αποφύγετε διαρροή της πληροφορίας από το κτίριο.

Είναι επίσης σημαντικό να πραγματοποιήσετε μια μέτρηση έξω από το κτίριο για να εκτιμήσετε τη διαρροή από το κτίριο. Ωστόσο, για προφανείς λόγους, αυτό μπορεί να γίνεται μόνο κατά την διάρκεια μέτρησης της κεραίας που βρίσκεται στο ισόγειο. Δεν θα είναι δυνατόν να μετρήσετε κάθε θέση της κεραίας σε κάθε όροφο, συνήθως μόνο μία ή δύο θέσεις κεραίας επιλέγονται σε κάθε τύπο διαφορετικού περιβάλλοντος, ώστε να επαληθευτεί το μοντέλο που χρησιμοποιείται.

Αυτές οι ερευνητικές μετρήσεις RF είναι ένα σημαντικό μέρος της εμπειρίας που θέλετε να κερδίσετε ως εσωτερικοί σχεδιαστές ραδιοδικτύων. Αφού έχετε πραγματοποιήσει μερικές από αυτές τις μετρήσεις και έχετε αναλύσει τα αποτελέσματα, σύντομα θα αποκτήσετε εμπιστοσύνη στο μοντέλο σας και την εμπειρία του πότε πρέπει να εμπιστευθείτε το μοντέλο RF. Με τον καιρό θα μπορείτε να "δείτε" το περιβάλλον RF, και θα είστε σε θέση να αποφασίσετε πότε θα είναι απαραίτητο να εκτελέσετε έρευνα μετρήσεων RF κατά το σχεδιασμό μελλοντικών σχεδίων και πότε να εμπιστευθείτε το 'RF όραμα'.

Αποθηκεύστε τα αποτελέσματα μετρήσεων σε μια βάση δεδομένων, προκειμένου να αποκτήσετε μια γνωσιακή βάση δεδομένων της απώλειας για τα μελλοντικά έργα και για να τελειοποιήσετε τα μοντέλα προσομοίωσης σας. Αυτό θα σας επιτρέψει να κάνετε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με ένα δομημένο τρόπο, κάτι που είναι χρήσιμο για την αναφορά και την ανταλλαγή εμπειριών.

Χρησιμοποιώντας βαθμονομημένα εργαλεία μέτρησης

Κατά τη διεξαγωγή αυτών των αναγωγικών μετρήσεων RF είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιήσετε ένα βαθμονομημένο πομπό και δέκτη- βαθμονομημένο κινητό δοκιμής. Ένα κινητό δοκιμής είναι παρόμοιο με ένα τυπικό κινητό, αλλά έχει βαθμονομηθεί και

ενεργοποιηθεί με ειδικό λογισμικό μέτρησης. Αυτό το λογισμικό επιτρέπει στο χρήστη να εκτελεί λεπτομερείς μετρήσεις στο δίκτυο. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να διεξάγονται τόσο σε αδρανείς όσο και σε ειδικές λειτουργίες. Συνήθως, ο χρήστης θα είναι σε θέση να διαβάσει τις βασικές πληροφορίες μέτρησης RF στην οθόνη του κινητού. Αυτό θα είναι τυπικά ένας καναλιακός αριθμός, με αναγνωριστικό κελί, RF- ποιότητα, πληροφορίες σχετικά με γειτονικά κελιά, ισχύ του σήματος και ρυθμό δεδομένων. Τα πιο απλά κινητά δοκιμής σας επιτρέπουν να διαβάσετε αυτές τις πληροφορίες στην οθόνη τους: περισσότερα εξελιγμένα μοντέλα σας επιτρέπουν να αποθηκεύσετε τις μετρήσεις για την μετέπειτα επεξεργασία τους.

Συνδέοντας και αποθηκεύοντας τις μετρήσεις

Είναι σημαντικό να χρησιμοποιήσετε ένα κινητό δοκιμής που είναι σε θέση να αποθηκεύσει τις μετρήσεις RF σε ένα συνδεδεμένη PC. Σε αντίθεση με την ευπρεπή μορφή δεδομένων, αυτό επιτρέπει στο χρήστη να αποθηκεύει τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο, για να μπορεί να τα επεξεργαστεί μέσα στο πακέτο λογισμικού, το οποίο έρχεται με το κινητό δοκιμής, είναι σημαντικό ότι το λογισμικό σύστημα μέτρησης σας επιτρέπει επίσης να εξαγάγετε τα RF αποτελέσματα των μετρήσεων σε μορφή κειμένου, έτσι ώστε να μπορείτε να εισαγάγετε τα αποτελέσματα σε τυποποιημένο λογισμικό, όπως το MS Excel. Αυτό σας επιτρέπει να κάνετε διάφορες αναλύσεις μετά την επεξεργασία των μετρήσεων (αυτό δείχνει πως τεκμηριώθηκαν οι μετρήσεις στα Σχήματα 2.26 και 2.28).

Συνδέοντας τις μετρήσεις σύμφωνα με τη μετρούμενη διαδρομή

Συνιστάται ιδιαίτερα να χρησιμοποιήσετε ένα πακέτο λογισμικού μέτρησης, που σας επιτρέπει να εισαγάγετε το σχέδιο των ορόφων του κτιρίου, όπου οι μετρήσεις διεξάγονται. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να σηματοδοτήσει τα σημεία αναφοράς σχετικά με το σχέδιο ορόφων, και έπειτα το λογισμικό διανέμει τα δείγματα μέτρησης μεταξύ των σημείων κατά μήκος της διαδρομής. Αυτό θα μπορούσε ακόμη και να είναι η ίδια πλατφόρμα λογισμικού που χρησιμοποιείτε για εργαλεία RF σχεδιασμού, συγχωνεύοντας τα όλα στο ίδιο εργαλείο.

Η πλοήγηση λειτουργεί συνήθως με σήμανση του επόμενου σημείου, στο οποίο κατευθύνεστε στο σχέδιο ορόφων. Στη συνέχεια, το εργαλείο διανέμει τα δείγματα μετρήσεων μεταξύ των σημείων. Τυπικά αυτά θα είναι τα γωνιακά σημεία σε όλο το μήκος

της διαδρομής. Να είστε βέβαιοι στο να κρατήσετε ένα σταθερό ρυθμό από σημείο σε σημείο, προκειμένου να εξασφαλίσετε την ομοιόμορφη κατανομή των δειγμάτων μέτρησης κατά μήκος της διαδρομής.

Μερικά από τα απλούστερα εργαλεία μέτρησης σας επιτρέπουν μόνο την εισαγωγή «κατευθυντήριων» δεικτών στο αρχείο μέτρησης για την αναφορά θέσης. Τα εργαλεία αυτά θα είναι έγκυρα για μια μέτρηση σε μια σήραγγα, όπου μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τυπικά σημεία αναφοράς, όπως 100 μ., 200 μ., 300 μ., από τη στιγμή που γνωρίζετε ότι η κατεύθυνση είναι από το X προς το Y (αφού δεν υπάρχει Z σε μια σήραγγα) και, διατηρώντας μια σταθερή ταχύτητα, μπορείτε να καταγράψετε τα αποτελέσματα με ακρίβεια στη θέση. Ωστόσο, είναι πολύ απίθανο να χρησιμοποιήσετε μόνο σημεία αναφοράς για μία μέτρηση σε έναν κτιριακό συγκρότημα, εκτός και αν χωρίσετε τη μέτρηση σε πολλά αρχεία, που το καθένα θα καλύπτει ένα συγκεκριμένο χώρο στο κτίριο.

Μην προκαταλαμβάνετε τα αποτελέσματα της μέτρησης

Βεβαιωθείτε ότι ο δέκτης μέτρησης για τις μετρήσεις αυτές είναι σε ουδέτερο set-up. Μην μεταφέρετε το δέκτη μέτρησης ανάποδα στην τσέπη σας κατά τη διεξαγωγή της έρευνας μετρήσεων. Θα πρέπει να είστε σίγουροι ότι η κεραία είναι ανεμπόδιστη προς όλες τις κατευθύνσεις, προκειμένου να μην παραποιήσετε τις μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης της μέτρησης, μπορείτε πάντα να προσθέσετε την απώλεια του σώματος και άλλα περιθώρια σχεδιασμού, αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται όσον το δυνατόν πιο ουδέτερα.

Κατά την εκτέλεση της RF έρευνας μετρήσεων να είστε σίγουροι ότι χρησιμοποιείτε ένα καθαρό κανάλι RF στο φάσμα για τον πομπό της έρευνας, έτσι ώστε άλλες παρεμβολές από άλλους σταθμούς βάσης δεν θα στρεβλώσουν τις μετρήσεις

3.2.7 Μετρήσεις μετά την εφαρμογή

Μετά την εφαρμογή, θα πρέπει επίσης να εκτελέσετε μια μέτρηση, προκειμένου να τεκμηριώσετε το «ήδη ενσωματωμένο» σύστημα. Αυτό θα σας βοηθήσει, επίσης, να βρείτε ποιές κεραίες στο σύστημα δεν εκτελούν, όπως αναμενόταν. Θα πρέπει να μετρήσετε όλους τους ορόφους σε όλα τα επίπεδα του κτιρίου, κατά προτίμηση μέτρηση άκρη προς άκρη, και να κάνετε δείγματα όλων των διαφορετικών περιοχών του κτιρίου.

Οι μετρήσεις αυτές μπορούν επίσης να σας βοηθήσουν να ρυθμίσετε τα εργαλεία σχεδιασμού και τα μοντέλα σας, για μελλοντικά σχέδια. Κατά προτίμηση, ο σχεδιαστής

ραδιοδικτύων θα κάνει αυτές τις μετρήσεις, τουλάχιστον για τα πρώτα 10-20 κτίρια, προκειμένου να αποκτήσετε εμπειρία για το πώς το κτίριο, οι τοίχοι και οι εσωτερικοί χώροι επηρεάζουν το σήμα και τη μετάδοση του σήματος. Αντίγραφο αυτών των αποτελεσμάτων των μετρήσεων θα πρέπει να διατηρηθεί ως ένα μέρος της επί τόπου τεκμηρίωσης: αυτό είναι χρήσιμο για την αντιμετώπιση προβλήματος του συστήματος στο μέλλον.

Οι απλούστερες μετρήσεις, μετά την εγκατάσταση

Η απλούστερη μέτρηση που μπορείτε να εκτελέσετε σε ένα εσωτερικό σύστημα κάλυψης είναι να σταθείτε κάτω από κάθε κεραία στο κτίριο, και με μέσο όρο δειγμάτων περίπου 20 s, χρησιμοποιώντας μόνο την οθόνη του τηλεφώνου. Σημειώστε αυτό το αποτέλεσμα για το σχέδιο των ορόφων ως σημείο αναφοράς για τον έλεγχο της εκπεμπόμενης ισχύς από τις κεραίες, χρησιμοποιώντας το φόρμουλα ελεύθερης απώλειας χώρου, για να εκτιμήσετε αν όλες οι κεραίες αποδίδουν όπως αναμενόταν.

Θα πρέπει επίσης να διενεργήσετε μετρήσεις στις περισσότερες κατανεμημένες θέσεις σε όλη την οικοδόμηση, ιδιαίτερα στις περιοχές όπου θα περιμένατε να βρείτε το χαμηλότερο σήμα. Τυπικά αυτό θα είναι οι γωνίες του κτιρίου, οι σκάλες και οι ανελκυστήρες. Μην ξεχάσετε να μετρήσετε τα υπαλληλικά γραφεία, δεδομένου ότι είναι ωραίο να είστε απολύτως βέβαιοι ότι όλα είναι εντάξει σε αυτή την περιοχή - δεν υπάρχει κανένα νόημα να υπάρχει υπόνοια ότι το εσωτερικό σύστημα εκτελεί με το απαιτούμενο 98 % της περιοχής κάλυψης, εάν το τελευταίο 2 % είναι στο γραφείο του διευθυντή.

3.2.8 Απώλεια ελεύθερου χώρου

Η απώλεια ελεύθερου χώρου είναι μια φυσική σταθερά. Αυτή η απλή φόρμουλα RF ισχύει μέχρι περίπου 50 μ απόστασης από την κεραία, όταν αυτή είναι line- of-sight μέσα σε ένα κτίριο. Η απώλεια ελεύθερου χώρου δεν λαμβάνει υπόψη τυχόν πρόσθετες απώλειες ακαταστασίας ή ανακλάσεων, εξ ου και το όνομα. Ο τύπος της απώλειας ελεύθερου χώρου είναι:

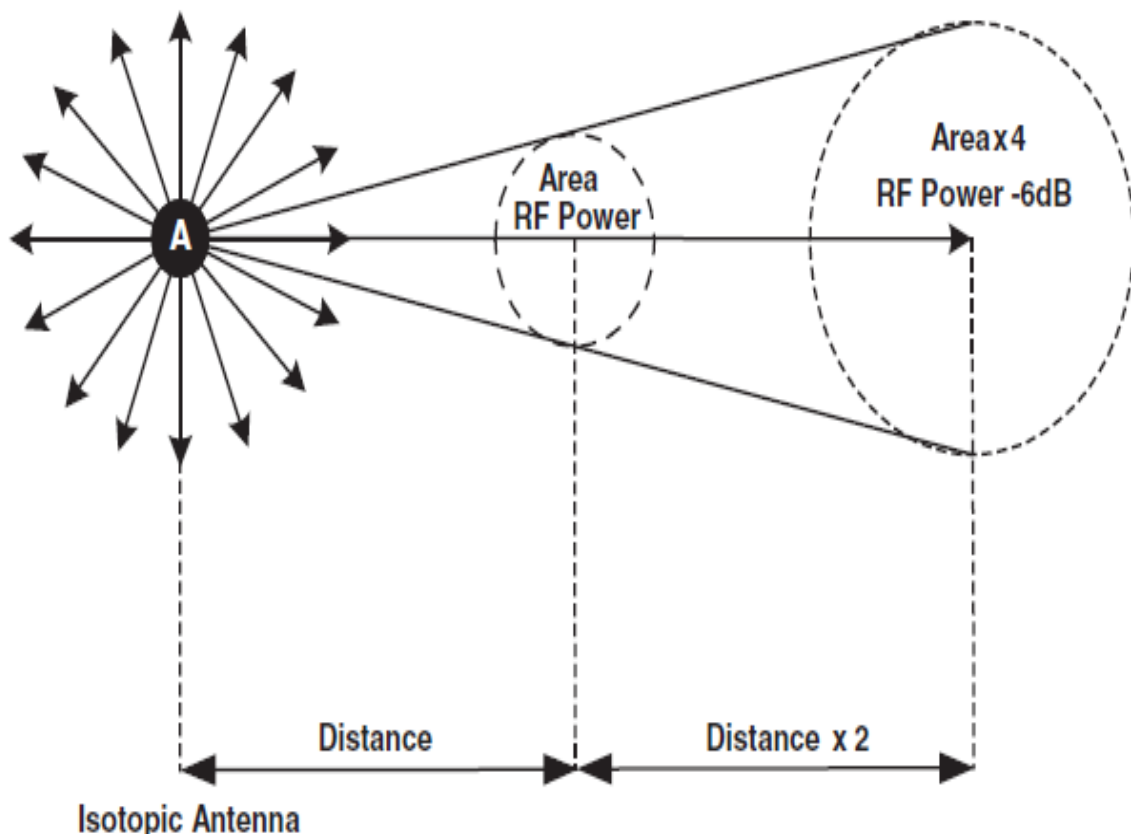
$$\text{free space loss (dB)} = 32.44 + 20(\log F) + 20(\log D)$$

όπου F = συχνότητα (MHz) και D = απόσταση (km). Η απώλεια ελεύθερου χώρου για κάποιο πρότυπο συχνοτήτων θα είναι όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

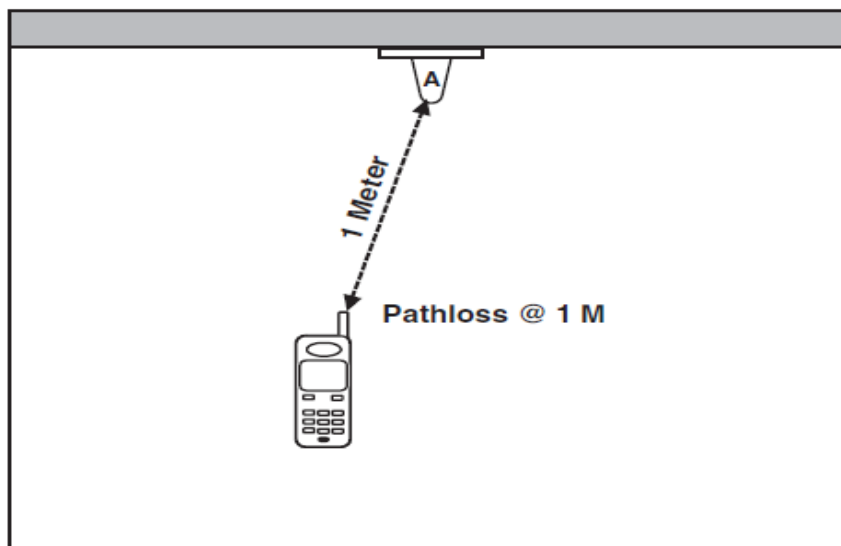
| Free space loss | 1 m | 2 m | 4 m | 8 m | 16 m |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 950 MHz | 32 dB | 38 dB | 44 dB | 50 dB | 56 dB |
| 1850 MHz | 38 dB | 44 dB | 50 dB | 56 dB | 62 dB |
| 2150 MHz | 39 dB | 45 dB | 51 dB | 57 dB | 63 dB |

Πίνακας 3.1 Παραδείγματα για τις απώλειες ελεύθερου χώρου (με στρογγυλοποίηση στο πλησιέστερο dB).

Όπως μπορούμε να δούμε στον Πίνακα 3.1, η απώλεια σε 950 MHz είναι 32 dB στο 1 μ., και κάθε φορά που διπλασιάζουμε την απόσταση ή τη συχνότητα προσθέτουμε 6 dB περισσότερης απώλειας ελεύθερου χώρου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5). Μπορείτε επίσης να δείτε ότι η απώλεια διαδρομής σε 1850 MHz είναι 6 dB πάνω από 950 MHz. Η διαφορά στη συχνότητα μεταξύ DCS1800 (1850 MHz) και UMTS (2150 MHz) είναι μόνο περίπου 1 dB, λόγω τη σχετικά μικρής διαφοράς στη συχνότητα.



Σχήμα 3.5 Είναι μια φυσική σταθερά ότι κάθε φορά που θα διπλασιάζετε την απόσταση, απώλεια ελεύθερου χώρου θα αυξάνεται κατά 6dB.



Σχήμα 3.6 Το τεστ 1 μ. είναι ένας γρήγορος τρόπος για να εκτιμηθεί η ισχύς της κεραίας.

3.2.9 Το τεστ 1 μέτρου

Μετά την υλοποίηση της λύσης, μπορεί κάποιος να μην είναι σίγουρος για το εάν μια κεραία εκτελεί όπως αναμενόταν ή όχι. Συχνά, θέλετε να συνδέσετε ένα μετρητή ισχύος ή ένας αναλυτή φάσματος στο σύστημα της κεραίας για να ελέγξετε αν η κεραία τροφοδοτείται με το σωστό επίπεδο ισχύος. Ωστόσο, αυτό είναι συχνά μια πρόκληση λόγω της εγκατάστασης, με την υποδοχή της κεραίας να είναι κρυμμένη πάνω από το ταβάνι και η πρόσβαση να είναι δύσκολη.

Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι ακόμη και αυτό δεν θα ελέγξει αν η ίδια κεραία δουλεύει ή όχι. Συχνά δεν θα θεωρήσετε ότι η κεραία είναι ένα πιθανό σημείο αποτυχίας. Εμπειρικά, ωστόσο, έγγραφα δείχνουν ότι αυτό είναι ένα κοινό θέμα σε εσωτερικά συστήματα κεραίων. Ένας πολύ πρακτικός τρόπος για να δοκιμάσετε, εάν οι εσωτερικές κεραίες αποδίδουν σωστά, είναι να χρησιμοποιήσετε το τεστ του 1 μ., που βασίζεται στην απώλεια ελεύθερου χώρου.

Δοκιμάζοντας το τεστ 1 μ.

Είναι απλό να ελέγξετε εάν η κεραία ακτινοβολεί την αναμενόμενη δύναμη: το μόνο που χρειάζεται να κάνετε είναι να εφαρμόσετε την απώλεια ελεύθερου χώρου. Μετά από

όλα, αυτό είναι μια φυσική πραγματικότητα, και μια καλή κατευθυντήρια γραμμή για έναν γρήγορο, αποτελεσματικό έλεγχο.

Παράδειγμα 1800 MHz

Η δοκιμαστικές μετρήσεις κινητού -35 dBm σε απόσταση 1 μ.

Η εκπεμπόμενη ισχύς από την κεραία = $-35 \text{ dBm} + 38 \text{ dB} = +3 \text{ dBm}$

Σημειώστε ότι ορισμένα κινητά τηλέφωνα «κορέζονται» σε υψηλότερα επίπεδα σήματος. Θα πρέπει συχνά να «αναλογίσετε» ορισμένα δείγματα. Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας επηρεάζει, επίσης, το επίπεδο, οπότε να είστε σίγουροι ότι μετρήσατε την αναμενόμενη «κύρια δέσμη».

Το τεστ του 1 μ. δεν είναι 100 % ακριβές

Η μέθοδος αυτή δεν πρέπει να θεωρηθεί 100 % σωστή, αλλά είναι πολύ χρήσιμο για μια γρήγορη επαλήθευση, και κάποιος μπορεί εύκολα να εκτιμήσει αν η συσκευή είναι απενεργοποιημένη κατά περισσότερο από 6 dB. Για ακριβείς μετρήσεις, όμως, συνιστάται η σύνδεση ενός μετρητή ισχύος ή ενός αναλυτή φάσματος απευθείας με το καλώδιο τροφοδοσίας.

3.3 Σχεδιάζοντας την καλύτερη εσωτερική λύση

Η βέλτιστη εσωτερική λύση υπάρχει μόνο στη θεωρία. Όλες οι υλοποιήσεις εσωτερικών λύσεων θα είναι σε κάποιο βαθμό ένας συμβιβασμός. Είναι το κύριο καθήκον του σχεδιαστή εσωτερικού RF και της ομάδας εφαρμογής των εσωτερικών λύσεων να κάνουν έναν κατάλληλο συμβιβασμό, μεταξύ της ικανοποίησης των στόχων του σχεδιασμού, της εξασφάλισης του συστήματος για το μέλλον και του σχεδιασμού και της εφαρμογής του συστήματος για να μεγιστοποιηθεί η υπόθεση των επιχειρήσεων. Θα πρέπει επίσης να σχεδιάσετε το DAS, έτσι ώστε το σύστημα κεραίας να χρησιμοποιεί στο μέγιστο τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς στο συγκεκριμένο κτίριο, ώστε να κάνει το σύστημα πρακτικά εφαρμόσιμο.

3.3.1 Προσαρμογή του σχεδιασμού στην πραγματικότητα

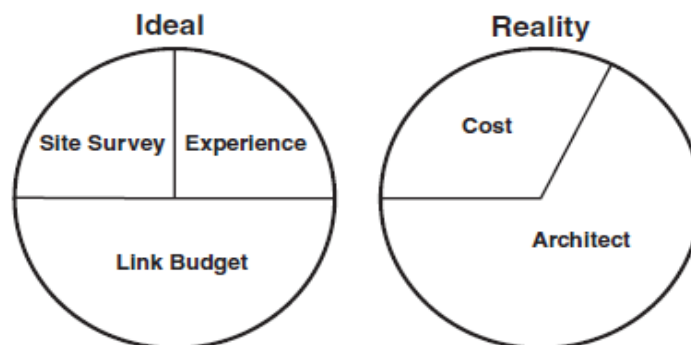
Ακόμη και με τη θεωρητική γνώση για το πώς να σχεδιάσετε την τέλεια εσωτερική λύση, το κύριο καθήκον για το σχεδιαστή RF συχνά θα είναι να γνωρίζει πότε και πού να συμβιβαστεί, προκειμένου να εφαρμόσει το σύστημα στην πράξη και να εξακολουθεί να διατηρεί μια οικονομική και υψηλή αποδοτική λύση.

Η προτιμώμενη προσέγγιση κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή μιας εσωτερικής λύσης κάλυψης θα πρέπει να βασίζεται σε μελέτη του χώρου με τις μετρήσεις, την εμπειρία και το συνδυαστικό προϋπολογισμό. Ωστόσο, η πραγματικότητα συχνά υπαγορεύει ότι οι αρχιτεκτονικοί περιορισμοί και οι περιορισμοί εγκατάστασης και οι ανησυχίες για το κόστος, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική σχεδίαση (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.7).

3.3.2 Μάθετε από τα λάθη των άλλων

Ένα παλιό ρητό λέει: η καλή κρίση προέρχεται από την εμπειρία, αλλά η εμπειρία είναι συχνά αποτέλεσμα της κακής κρίσης! Αυτό ισχύει επίσης για σχεδιασμό εσωτερικής RF. Εκεί είναι ανάγκη να επαναλάβετε τα λάθη των άλλων, οπότε ας μάθουμε από μερικά από τα πιο κοινά σφάλματα. Εδώ είναι μερικά κόλπα για, τα περισσότερα από τα οποία προέκυψαν με τον σκληρό τρόπο: Κρατήστε τα απλά πράγματα σωστά

- Χρησιμοποιήστε μόνο ορατές τοποθετήσεις κεραίας
- Χρησιμοποιήστε μόνο πιστοποιημένα ποιοτικά συστατικά
- Χρησιμοποιείτε μόνο υψηλής ποιότητας κεραίες
- Δώστε σημασία στα μικρά πράγματα- συνδέτες, ενισχυτές, αποδέκτες, κλπ
- Χρησιμοποιήστε μόνο εκπαιδευμένους εφαρμογείς RF συστημάτων
- Σχεδιάστε την τεκμηρίωση



Σχήμα 3.7 Ο σχεδιαστής RF πρέπει να προσαρμοστεί στην πραγματικότητα του κτιρίου.

3.3.3 Κοινά λάθη κατά το σχεδιασμό εσωτερικών λύσεων

Συχνά νέοι σχεδιαστές εσωτερικών RF κάνουν τα ίδια αρχικά λάθη. Προσπαθήστε να αποφύγετε τα εξής:

- Διαστασιολογημένη κάλυψη μόνο για το Downlink
- Υποτίμηση της παθητική ενδοδιαμόρφωσης
- Ανεπαρκής υπολογισμός της απώλειας ρίζης
- Υποτίμηση των εξόδων της εγκατάστασης του συστήματος
- Ανεπαρκής υπολογισμός του συνολικού κόστους του έργου:
 1. DAS κόστος
 2. κόστος εγκατάστασης
 3. κόστος συντήρησης
 4. κόστος υποστήριξης της περιοχής (παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, μετάδοση κ.λπ.)
 5. κόστος αναβάθμισης για μελλοντικές υπηρεσίες και χωρητικότητα
 6. κόστος σχεδιασμού
 7. κόστος πιθανών ριζέων

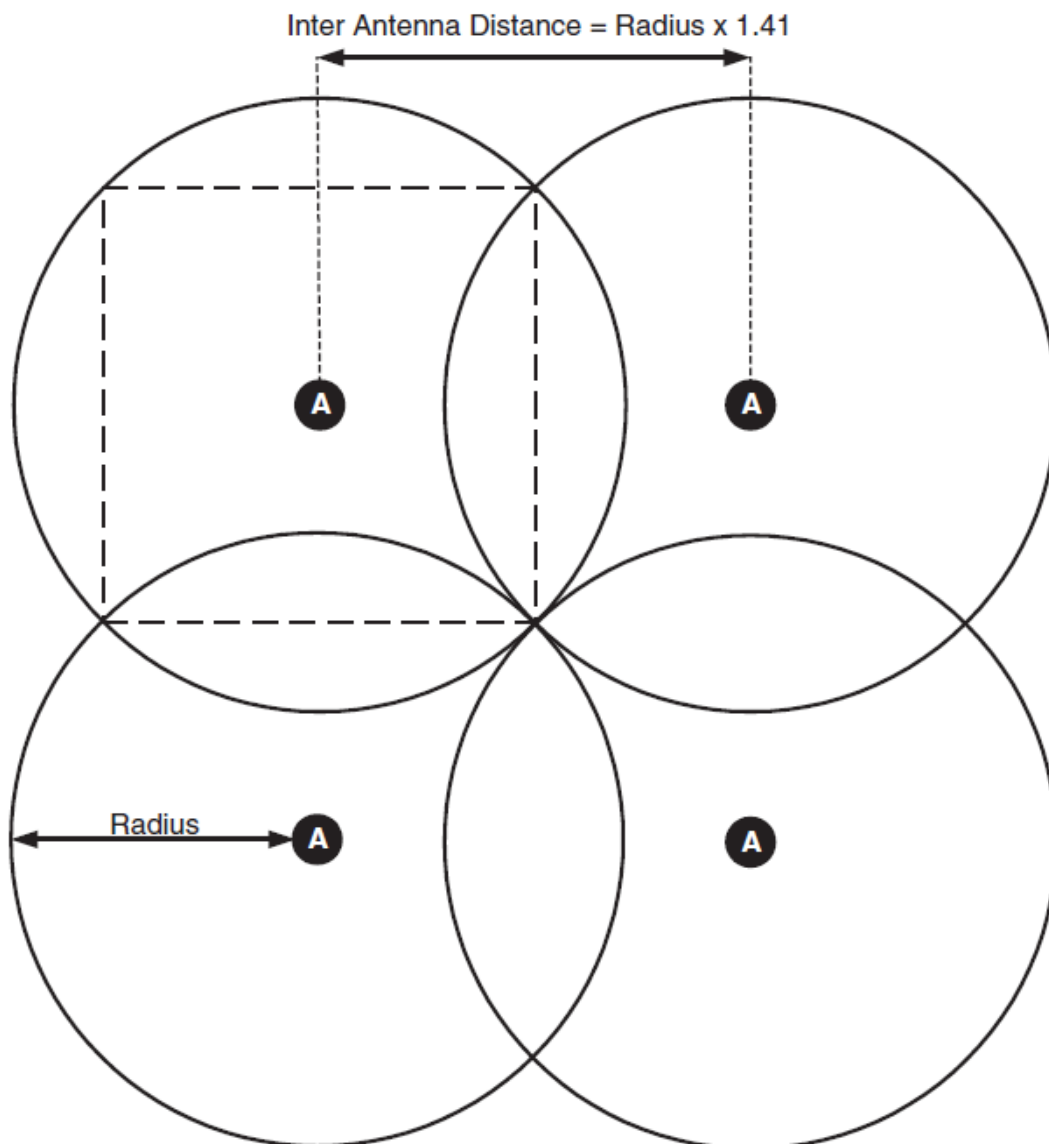
3.3.4 Σχεδιασμός των τοποθεσιών των κεραιών

Η απόσταση των κεραιών, Θεωρία

Αφού έχετε υπολογίσει το συνδετικό προϋπολογισμό μπορείτε να δημιουργήσετε τι είναι ο περιορισμός του συνδέσμου, το uplink (από το κινητό στο σταθμό βάσης) ή το downlink (από το σταθμό βάσης προς το κινητό). Για συστήματα πολλών επιπέδων, δηλαδή συστήματα όπου πολλές ραδιοδικτυακές υπηρεσίες μοιράζονται στην ίδια εγκατεστημένη κεραία, αυτό θα μπορούσε να είναι το GSM και το UMTS στο ίδιο DAS. Μπορεί να υπάρχουν κάποιες διαφορές στο εύρος υπηρεσίας από τα δύο συστήματα, που χρησιμοποιούν την ίδια κεραία DAS. Ένα παράδειγμα αναλογιών εξυπηρέτησης από διάφορες υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας θα μπορούσε να είναι : GSM DL = 28 μ., GSM UL = 78 μ., UMTS DL = 23 μ., UMT UL = 21 μ.. Σε αυτό το παράδειγμα, ο καθοριστικός παράγοντας του συστήματος θα είναι η UMTS UL, και οι κεραιές πρέπει να τοποθετούνται αναλόγως.

Για το θεωρητικό παράδειγμα, φανταστείτε ότι το περιβάλλον στο εσωτερικό ενός κτιρίου είναι σαν ένα ομοιόμορφος πολτός εξασθένησης RF, με ομοιόμορφη εξασθένηση σε όλες τις κατευθύνσεις και καμία «φαινόμενο διαδρόμου» ή παρόμοια πραγματική συμπεριφορά. Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι η απόσταση κεραιών θα πρέπει να είναι 21 μ., όπως υπολογίζεται για την εκπλήρωση των UMTS UL ορίων.

Ωστόσο, αν μια περιοχή είναι να καλυφθεί 100% (δεν υπάρχει τέτοιο πράγμα όπως 100% κάλυψη, αλλά αυτό είναι ένα θεωρητικό παράδειγμα), θα μπορούσε κανείς να πιστεύει ότι η κεραία πρέπει να είναι $2 \times 21 = 42$ μ., αλλά αυτό δεν είναι η περίπτωση.

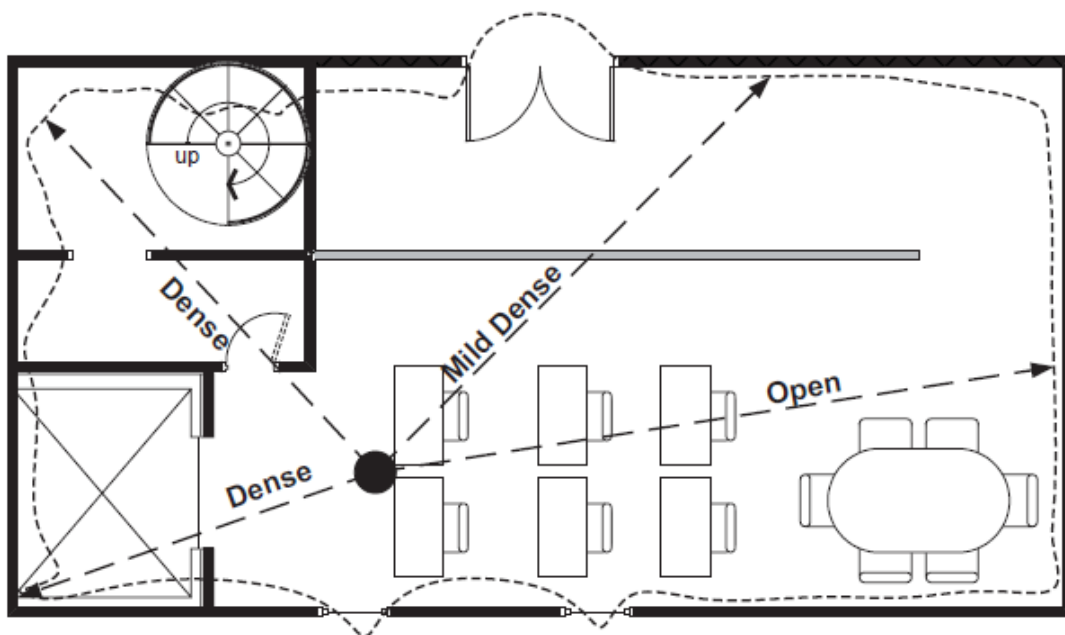


Σχήμα 3.8 Προκειμένου να παρέχουν «πλήρη κάλυψη», οι κεραιές πρέπει να τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία επικάλυψης.

Για να έχετε συνεκτική κάλυψη σε όλη την περιοχή, η κεραία πρέπει να είναι μικρότερη από το διπλάσιο της ακτίνας των υπηρεσιών: το αποτύπωμα της ιδανικής κεραίας είναι κυκλικό, και όχι τετράγωνο (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.8) .

Προσαρμόστε τις τοποθεσίες των κεραιών στην πραγματικότητα

Στον πραγματικό κόσμο, στο εσωτερικό ενός κτιρίου, ποτέ δεν θα έχετε ενιαίες απώλειες προς όλες τις κατευθύνσεις από το κεραία. Στα πραγματικά κτίρια οι κεραίες θα εξυπηρετήσουν συνήθως πολλά είδη «ακαταστασίας» και περιοχές, π.χ. ανοικτούς χώρους γραφείων, πυκνές περιοχές γραφείου, πυκνές περιοχές (σκάλες), βαριά πυκνοδομημένες περιοχές (φρεάτια ανελκυστήρων). Ως εκ τούτου, θα πρέπει να προσαρμόσετε τις θέσεις κεραιών σε αυτά τα ειδικά περιβάλλοντα κατά την εφαρμογή του υπολογισμού του συνδυαστικού προϋπολογισμού, ο οποίος ποικίλει στις κεραίες στο πραγματικό κτίριο.



Σχήμα 3.9 Στην πραγματικότητα, η κάλυψη από μια τυπική εσωτερική κεραία θα είναι άνιση στις διάφορες κατευθύνσεις, λόγω της εξυπηρέτησης των διαφορετικών περιβαλλόντων.

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι θα έχετε μικρότερη εμβέλεια από την κεραία προς την κατεύθυνση προς τις πυκνότερες περιοχές, ενώ θα έχετε μεγαλύτερη εμβέλεια στις πιο ανοικτές κατευθύνσεις (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.9). Σε αυτό το σημείο ο σχεδιαστής των

ραδιοδικτύων πρέπει να χρησιμοποιήσει την εμπειρία του και τις γνώσεις που έχει αποκτήσει κατά τη διάρκεια της έρευνας, για να προσαρμόσει το σχεδιασμό στην πραγματικότητα.

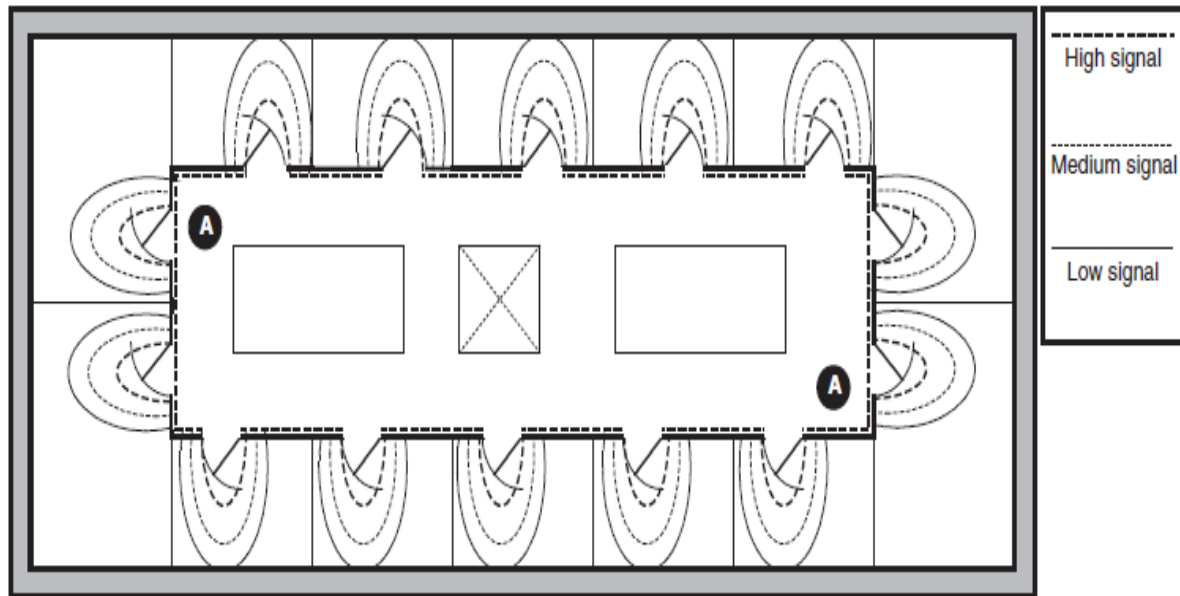
Ο έμπειρος σχεδιαστής RF θα χρησιμοποιήσει τους υπολογισμούς από το συνδυαστικό προϋπολογισμό. Η υπολογιζόμενη υπηρεσία διαφέρει από τις μεμονωμένες κεραιές σε όλες τις ακαταστασίες των περιοχών του κτιρίου, και οι κεραιές πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε το μέγιστο αποτύπωμα λαμβάνεται για κάθε μια από αυτές. Οι θέσεις των κεραιών πρέπει να προσαρμοστούν στο πραγματικό κτίριο, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς της εγκατάστασης των επιμέρους τοποθετήσεων των κεραιών, των διαδρόμων των καλωδίων και των επικαλύψεων της κεραιάς.

3.3.5 «Το φαινόμενο του διαδρόμου»

Μία από τις επιπτώσεις της τοποθέτησης κεραιών μέσα σε ένα κτίριο που είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζετε και να χρησιμοποιείται είναι το «φαινόμενο του διάδρομο». Αυτή είναι η κατανομή της κάλυψης, όταν τοποθετείται μια κεραιά σε μία από τις πιο τυπικές περιοχές, τον διάδρομο (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10).

Η θέση της κεραιάς θα σας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα:

- Συνήθως θα υπάρχει εύκολη πρόσβαση εγκατάστασης σε αγωγούς καλωδίων στους διαδρόμους του κτίριο, το οποίο θα μειώσει το κόστος εφαρμογής.
- Οι διάδρομοι είναι συχνά «στατικοί», όταν τα κτίρια βρίσκονται υπό ανακαίνιση, οπότε μένουν οι κεραιές στη θέση τους χωρίς καμία επίπτωση στην υποβάθμιση της υπηρεσίας, η οποία, συνήθως, προκαλείται από την ανακαίνιση της εσωτερικής δομής του κτιρίου.
- Οι χρήστες του κτιρίου ανησυχούν λιγότερο για την ακτινοβολία, όταν δεν έχουν τοποθετημένες κεραιές στην οροφή πάνω από το γραφείο τους.
- Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το διάδρομο για να διανείμετε το σήμα από την κεραιά: υπάρχει συνήθως εμφανής κάλυψη σε όλο το διάδρομο, και αυτό είναι γνωστό ως το «φαινόμενο του διαδρόμου».



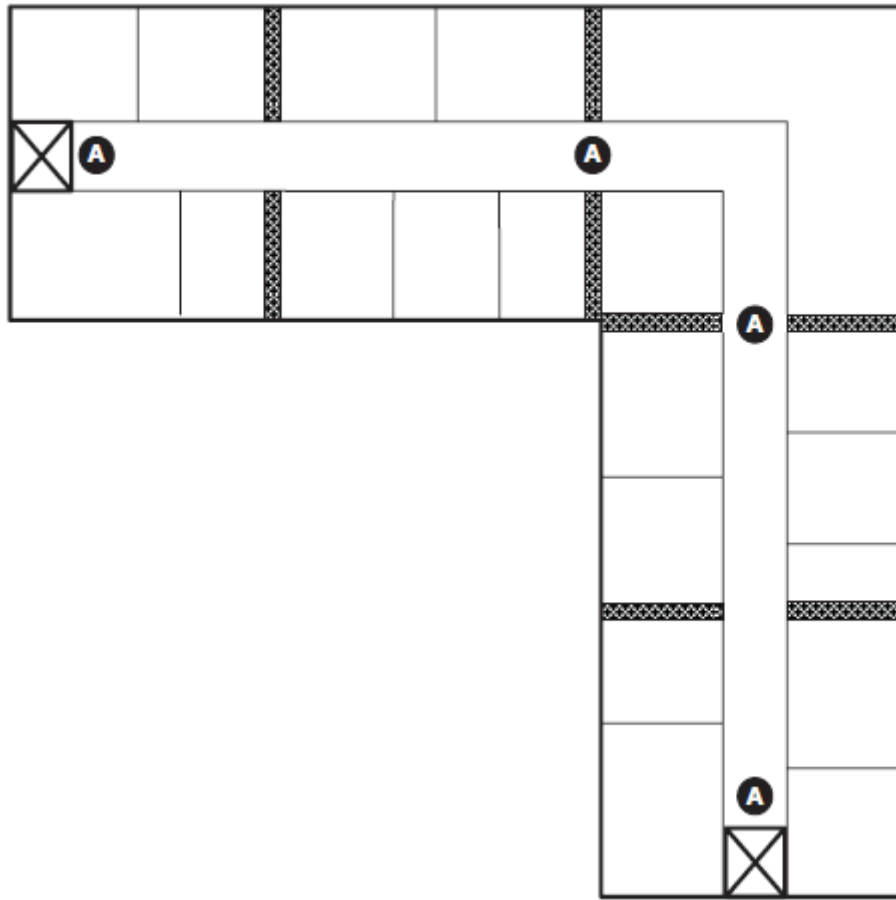
Σχήμα 3.10 «Φαινόμενο του διαδρόμου»: ο διάδρομος του κτιρίου θα διανείμει το σήμα RF

Το μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να είναι δύσκολο να κυριαρχήσετε στην περιοχή κατά μήκος των παραθύρων στην περίμετρο του κτιρίου. Να μετρήσετε το επίπεδο από τυχόν υπάρχοντα σήματα κατά μήκος των παραθύρων, για να είστε σε θέση να επιλέξετε RF επίπεδο στο σχεδιασμό σας. Σε πολλά σύγχρονα κτίρια έχουν εγκατασταθεί μεταλλικά επιστρωμένα φιμέ παράθυρα, και αυτό θα βοηθήσει στην επίλυση αυτού του πιθανού προβλήματος.

Το «Φαινόμενο του διαδρόμου»: είναι ένα ισχυρό εργαλείο, αλλά πρέπει να είστε προσεκτικοί, όταν θα βασίσετε τον σχεδιασμό σας σε αυτή τη μέθοδο.

3.3.6 Εσωτερική απόδοση της κεραίας

Για να εκτελέσετε τον κατάλληλο σχεδιασμό εσωτερικών ραδιοδικτύων, θα πρέπει να κατανοήσετε τη βασική λειτουργία της εσωτερικής κεραίας. Η συμπεριφορά και η ποιότητα της εσωτερικής κεραίας έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση του εσωτερικού DAS.



Σχήμα 3.11 Το εσωτερικό του κτιρίου θα πρέπει να χωρίζεται σε «κελιά πυρός», που χωρίζονται από βαριά τείχη για να περιορίσουν οποιαδήποτε πιθανή πυρκαγιά. Τα τείχη θα μετριάσει το σήμα RF, και στις περισσότερες περιπτώσεις θα χρειαστείτε μια κεραία σε κάθε μία από αυτές τις «ζώνες πυρός».

Οι κεραίες δεν έχουν κανένα κέρδος

Ξέρω ότι αυτή η δήλωση είναι λίγο αμφιλεγόμενη , αλλά παρ 'όλα αυτά είναι όντως αλήθεια. Για τον σχεδιασμό εσωτερικών ραδιοδικτύων είναι πολύ σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι οι κεραίες δεν έχουν κανένα κέρδος! Πώς θα μπορούσε η κεραία να έχει κέρδος - είναι απλά ένα κομμάτι μέταλλο; Το κέρδος του κάθε συστήματος ορίζεται από τη διαφορά μεταξύ της ισχύος που τροφοδοτείτε στο σύστημα και την ισχύ εξόδου: η διαφορά είναι το κέρδος. Οι κεραίες δεν έχουν κανένα κέρδος: η κεραία αποτελείται από μη δραστική στοιχεία. Καμία ισχύ δεν τροφοδοτείται στην κεραία εκτός από το σήμα τροφοδοσίας RF.

Ωστόσο, σε όλες τις βάσεις δεδομένων, θα βρείτε στοιχεία που αφορούν το «κέρδος κεραίας». Στην πραγματικότητα αυτό δεν είναι το κέρδος της κεραίας, αλλά η κατευθυντικότητα της κεραίας, σε σχέση με την «ισοτοπική» κεραία.

Η ισοτοπική κεραία

Η «τέλεια» θεωρητική κατευθυντική κεραία συχνά χρησιμοποιείται ως αναφορά για αυτό το «κέρδος» κατά την αξιολόγηση της απόδοσης των πραγματικών κεραίων. Αυτή η ισοτοπική κατευθυντική κεραία ακτινοβολεί την ισχύ της εξίσου σε κάθε κατεύθυνση, X, Y, Z, ως μια τέλεια σφαίρα RF με το «κέρδος» 0 dBi σε όλες τις κατευθύνσεις (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5), εξ ου και η ονομασία «κατευθυντική»- αλλά αυτή η κεραία υπάρχει μόνο στη θεωρία.

Πού έρχεται το «κέρδος»;

Στην πραγματικότητα ο όρος «κέρδος κεραίας» αναφέρεται στην κατευθυντικότητα της κεραίας, στο πλαίσιο της κύριας δέσμης κατεύθυνσης της ακτινοβολίας της κεραίας. Στην πράξη, ο όρος «κέρδος» αναφέρεται στο γεγονός ότι η ισχύς στην κύρια κατεύθυνση θα είναι υψηλότερη σε σύγκριση με αυτή της ισοτοπικής κεραίας. Η ισχύς θα είναι μικρότερη σε άλλες κατευθύνσεις. Αυτή η σχετική διαφορά στην απόδοση σε σύγκριση με την ισοτοπική κεραία είναι το κέρδος δεδομένων που ο κατασκευαστής αναφέρεται ως «κέρδος κεραίας», εξ ου και το όνομα dBi (το «i» αντιπροσωπεύει την ισοτοπική). Χρησιμοποιείται ως ένα μέτρο για να δηλώνεται το κέρδος μιας κεραίας. Ωστόσο, το «κόστος» αυτού του κέρδους της κεραίας είναι μικρότερης κατευθυντικότητας στις άλλες κατευθύνσεις: η κεραία είναι στην πραγματικότητα λιγότερο ευαίσθητη σε άλλες κατευθύνσεις σε σύγκριση με την ισοτοπική κεραία. Μερικές φορές το κέρδος της κεραίας αναφέρεται στην dBd, όπου η αναφορά γίνεται σε διπολική κεραία. Η σχετική διαφορά μεταξύ dBi και dBd είναι 2,1 dB.

Η αρχή αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.12, όπου είναι σαφές ότι η τέλεια θεωρητική κεραία διανέμει το σήμα εξίσου σε όλες τις κατευθύνσεις, και σχηματίζει μια τέλεια σφαίρα. Το +3 dBi κέρδος της κεραίας είναι οδηγικό, πιο ευαίσθητο στην κύρια κατεύθυνση, με κόστος την λιγότερη ευαισθησία σε άλλες κατευθύνσεις.

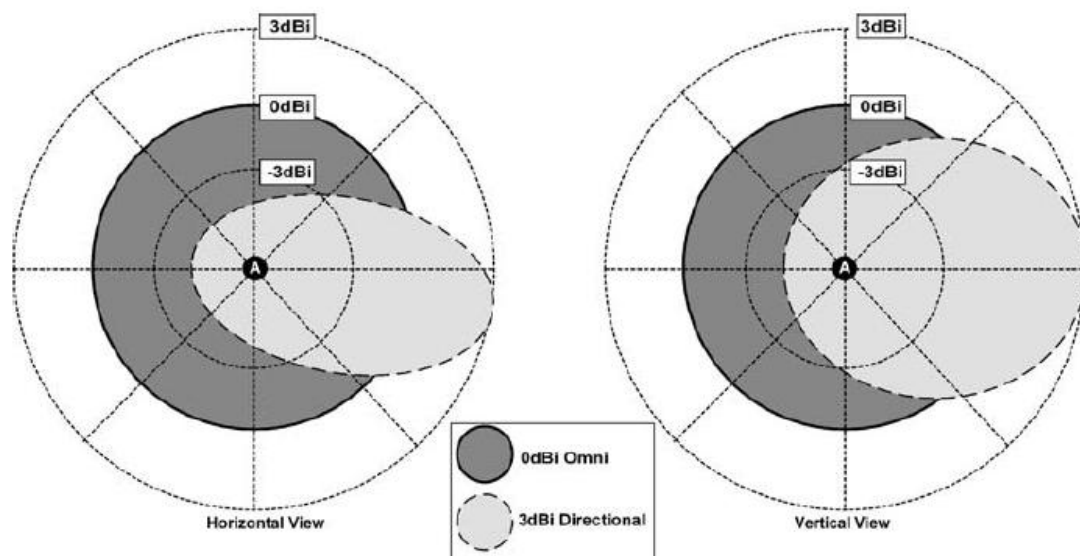
Η εγκατάσταση της κεραίας διαδραματίζει κάποιο ρόλο

Η ακτινοβολία και η κατευθυντικότητα οποιασδήποτε κεραίας που τοποθετείται μέσα σε ένα κτίριο θα επηρεαστεί από την πραγματική εγκατάσταση και το τοπικό περιβάλλον κοντά στην κεραία. Αντικείμενα στο εσωτερικό του κτιρίου, τοίχοι και άλλα αντικείμενα θα μετριάσουν, θα ανακλούν και θα διαθλούν τα ραδιοκύματα που ακτινοβολούνται από το κεραία.

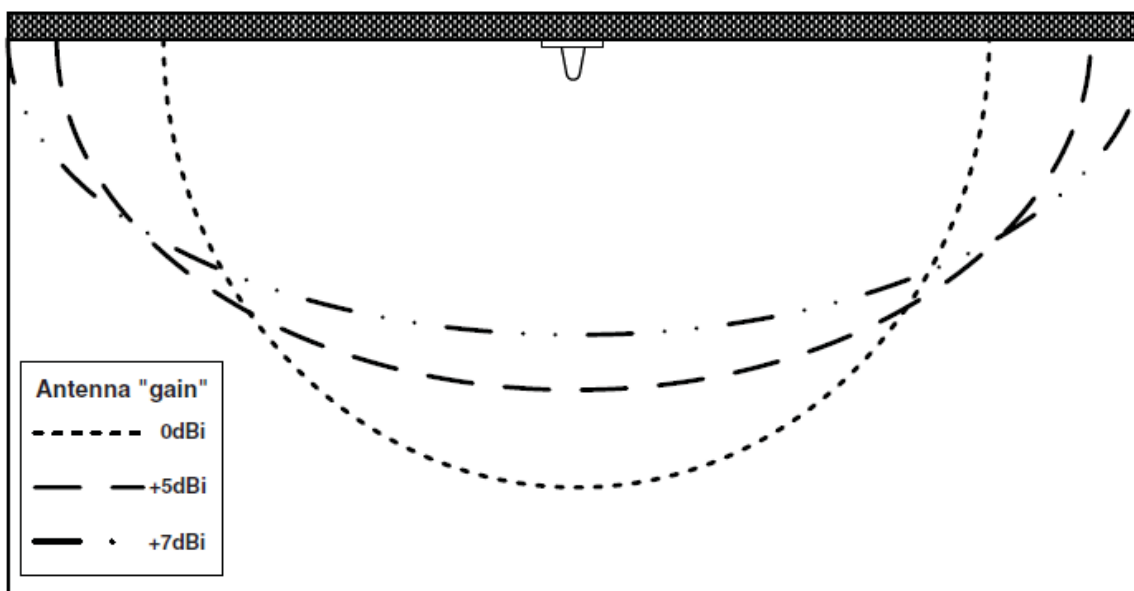
Σε μια μεγάλη ανοικτή αίθουσα η πρότυπη ακτινοβολία από την κεραία μπορεί να μοιάζει με αυτή στο Σχήμα 3.13. Σε αυτό το παράδειγμα απεικονίζονται οι τρεις διαφορετικές κατευθυντικές κεραίες: η ισοτοπική, μια μεσαίου κέρδους και μια κατευθυντική κεραία με +7 dBi κέρδος. Η κεραία χαμηλού κέρδους είναι στην πραγματικότητα πιο ευαίσθητη στο κάτω μέρος, και η κεραία υψηλού κέρδους είναι πιο ευαίσθητη στις πλευρές, και θα δώσει μικρότερη κάλυψη στην μεγάλη περιοχή κάτω από την κεραία. Ωστόσο, το πρότυπο ακτινοβολίας των κεραιών θα επηρεαστεί από το μέγεθος και το σχήμα του δωματίου, στο οποίο η κεραία είναι εγκατεστημένη, λόγω των ανακλάσεων από τους τοίχους. Αυτές οι ανακλάσεις σε κάποιο βαθμό θα μειώσουν τη σχετική διαφορά μεταξύ των κεραιών.

Ένα άλλο τυπικό παράδειγμα επιρροής της κεραίας από το τοπικό περιβάλλον, φαίνεται στο Σχήμα 3.14, το οποίο δείχνει τρεις τύπους κεραιών, με τρία διαφορετικά κέρδη στην πιο χαρακτηριστική τοποθέτηση: ένα χαμηλό διάδρομο σε ένα κτίριο. Η κατευθυντικότητα της κεραίας επηρεάζεται ιδιαίτερα από τους φυσικούς περιορισμούς και το σχήμα του διαδρόμου. Ο διάδρομος καλύπτει προς τα έξω το περισσότερο από το κέρδος της κεραίας ή την κατευθυντικότητα, λόγω των ανακλάσεων που προκαλούνται από τα τοιχώματα. Ως εκ τούτου, μόλις οι κεραίες εγκαταστούν στο εσωτερικό ενός κτιρίου, είναι συχνά δύσκολο να μετρηθούν οι διαφορές των κερδών των διαφόρων κεραιών χαμηλού/ μεσαίου/υψηλού κέρδους.

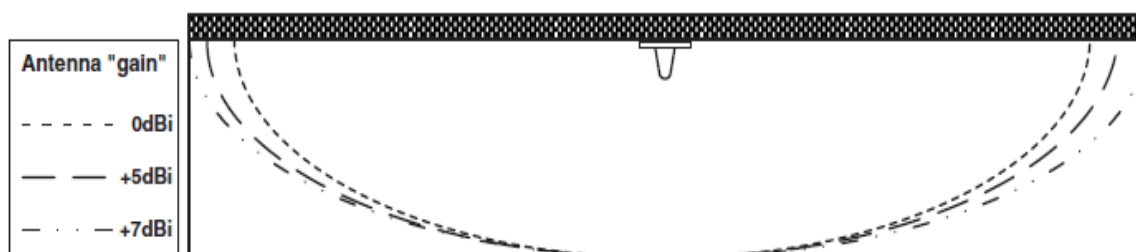
Λόγω των περιορισμών της εγκατάστασης, καθίσταται συχνά πολύ λογικό να χρησιμοποιήσετε μια «κατευθυντική» κεραία στο τέλος ενός μακριού διαδρόμου. Αυτό γίνεται, για μειωθεί το κόστος εγκατάστασης της παροχής κάλυψης στους διαδρόμους.



Σχήμα 3.12 Παράδειγμα κάθετης και οριζόντιας κατευθυντικότητας μιας κεραία.



Σχήμα 3.13 Κεραίες με διαφορετικά κέρδη (κατευθυντικότητα) σε ένα μεγάλο ανοιχτό χώρο.



Σχήμα 3.14 Το κτίριο θα «σχηματίσει» την κατευθυντικότητα των κεραιών, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του «κέρδους».

Στην πραγματικότητα υπάρχει μόνο μια μικρή επίδραση στο κέρδους των εσωτερικών κεραιών

Τα προηγούμενα παραδείγματα δείχνουν ότι, σε μια τυπική εσωτερική εγκατάσταση (όπως φαίνεται στα Σχήματα 3.13 και 3.14), το σχήμα και το μέγεθος του δωματίου, όπου η κεραία είναι εγκατεστημένη θα έχουν ένα μεγάλο αντίκτυπο στην κατευθυντικότητα. Η εγκατάσταση καλύπτει προς τα έξω τα περισσότερα από τα «κέρδη» των διαφόρων τύπων κεραιών: συχνά δεν υπάρχει σημαντική διαφορά σε επίπεδο κατά τη σύγκριση μιας 0 dBi κεραιάς με ένα μια 5 dBi κεραία, αλλά η εγκατάσταση μπορεί να είναι λιγότερο δύσκολη για τις μικρές 0 dBi, λόγω του μικρότερου μεγέθους και του λιγότερου οπτικού αντίκτυπου.

Το πρόβλημα του “γωνιακού γραφείου”

Όταν σχεδιάζετε ένα τυπικό κτίριο γραφείων, μπορεί να είναι δελεαστικό να εγκαταστήσετε μια κεντρικά τοποθετημένη κεραία σε ένα τυπικό μικρό όροφο γραφείων (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.15). Αυτό συχνά θα ενισχύσει θετικά την εγκατάσταση και το κόστος του σχεδίου, και η λύση μπορεί να εκπληρώσει ακόμη και τα επίπεδα RF σχεδιασμού, αλλά να προσέχετε καθώς αυτή η προσέγγιση έχει ένα εγγενές ζήτημα και ένα πιθανό πρόβλημα: την έλλειψη δεσπόζουσας θέσης στα γωνιακά γραφεία.

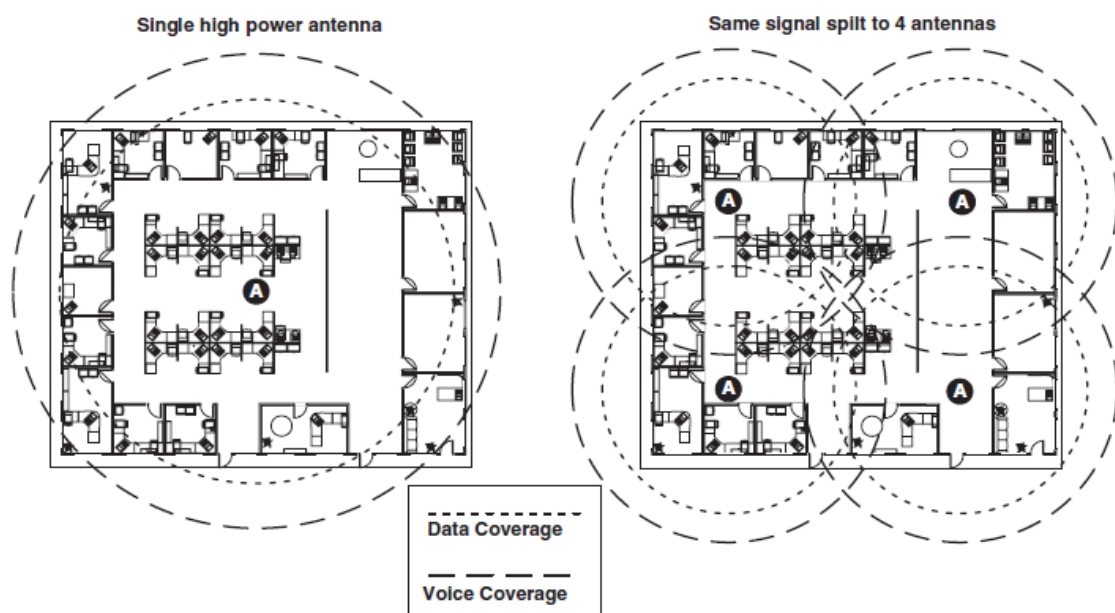
Αυτή η έλλειψη της δεσπόζουσας θέσης στη συνολική επιφάνεια στο εσωτερικό του κτιρίου θα υποβαθμίσει την ποιότητα, θα προκαλέσει επιστροφή φορτίων στο δίκτυο, ακόμη και θα αυξήσει τον κίνδυνο διακοπής κλήσεων. Η κεντρικά τοποθετούμενες κεραιές συχνά θα θέσουν σε κίνδυνο την απομόνωση και την ποιότητα στις γωνιακές περιοχές του κτιρίου. Σε πολλές περιπτώσεις, τα γωνιακά γραφεία καταλαμβάνονται από τους σημαντικότερους χρήστες στο κτίριο, τα άτομα με την υψηλότερη χρήση των ασύρματων υπηρεσιών και τις υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων. Αυτοί είναι οι υψηλών-εσόδων χρήστες, και συχνά αυτοί θα είναι οι χρήστες που θα αποφασίσουν να στραφούν σε έναν άλλο χειριστή, εάν η εσωτερική υπηρεσία δεν έχει φιλοξενήσει τις ανάγκες τους, όσον αφορά την απόδοση και την ποιότητα. Ο σχεδιαστής εσωτερικών ραδιοδικτύων πρέπει να προσπαθήσει να σχεδιάσει άψογη εξυπηρέτηση μέσα στο κτίριο, ειδικά σε αυτά τα σημαντικά γωνιακά γραφεία.

Η επίλυση του προβλήματος γωνιακού γραφείου

Η λύση στο πρόβλημα είναι εύκολη και φθηνή, ειδικά όταν το επιπλέον κόστος συγκρίνεται με την αύξηση στην απόδοση του εσωτερικού συστήματος, και έχει αρκετά

πλεονεκτήματα. Προκειμένου να παρέχετε ένα ομοιόμορφο, κυρίαρχο εσωτερικό σήμα στη συνολική περιοχή, το σήμα χωρίζεται σε περισσότερες κεραίες, τέσσερις, όπως φαίνεται στο παράδειγμα στο Σχήμα 3.15. Το σήμα από κάθε μία από αυτές τις κεραίες θα εξασθενείται από το κάθε διαχωριστή κατά 6 dB και από το καλώδιο εξασθένησης, αλλά το κέρδος από τη διανομή των κεραιών είναι στην πραγματικότητα μεγαλύτερο: είναι τώρα πιο κοντά στους χρήστες με λιγότερη απώλεια ελεύθερου χώρου, και η κατανομή παρέχει ένα περισσότερο ομοιόμορφο επίπεδο κάλυψης και πολύ καλύτερη απόδοση ραδιοζεύξης. Η στρατηγική αυτή θα παράσχει:

- Ένα πιο ομοιόμορφο σήμα
- Μια βελτιωμένη σύνδεση RF
- Καλύτερες υπηρεσίες δεδομένων για GSM, UMTS και HSPA
- Μια διαχρονική λύση
- Κυριαρχία, ακόμα και στα γωνιακά γραφεία του κτιρίου
- Περιορισμένη ομαλή επιστροφή φορτίου στο UMTS στο δίκτυο Macro
- Χαμηλότερη ακτινοβολούμενη ισχύ από την ισχύ downlink κοντά στην κεραία, και έτσι λιγότερη EMR
- Χαμηλότερη uplink ισχύ εκπομπής από το κινητό, μειώνοντας την έκθεση σε EMR των χρηστών κινητών
- Εκτεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας των κινητών τηλεφώνων



Σχήμα 3.15 Το ίδιο κτίριο υλοποιηθεί με τη χρήση δύο διαφορετικών στρατηγικών. Πρέπει να προτιμάται η ομοιόμορφη κάλυψη στο δεξί παράδειγμα με τέλεια εσωτερική κυριαρχία.

3.3.7 Σχεδιασμός για την πλήρη κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους

Η συμπεριφορά των ραδιοκυμάτων και των αστάθμητων παραγόντων στο εσωτερικό των κτιρίων προκαλέσουν σε κάποιο βαθμό απρόβλεπτα φαινόμενα στα ραδιοσήματα. Ως εκ τούτου ο σχεδιασμός ραδιοδικτύων δεν είναι 100 % προβλέψιμος. Όπως είδαμε στην Ενότητα 1.2.2, το ραδιοδικτυακό σήμα θα έχει ένα πρότυπο εξασθένησης. Αυτή η ακριβής εξασθενητική συμπεριφορά εξαρτάται από το περιβάλλον και την ταχύτητα του κινητού. Η συνέπεια είναι ότι, ακόμη και με μια πολύ σφιχτή διάταξη των κεραιών μέσα σε ένα κτίριο, είναι αδύνατο να διασφαλίζεται η κάλυψη 100% . Θα μπορούσατε πετύχετε σχεδόν το 100%, αλλά θα ήταν πολύ δαπανηρό.

Ο πρότυπος όρος για την πλήρη κάλυψη των κινητών σε κλειστούς χώρους συχνά αναφέρεται ως 98% κάλυψη, που ορίζεται σε ένα δεδομένο επίπεδο RF. Με τον ορισμό αυτό, είναι δυνατόν να γίνει μια μέτρηση RF μετά την εφαρμογή, για να ελέγξετε και να επιβεβαιώσετε το επίπεδο του σχεδιασμού. Με βάση τις μετρήσεις αυτές, μπορείτε να είστε σε θέση να παράγετε στατιστική αξιολόγηση των μετρήσεων που θετικά υποστηρίζει το 98% της απαίτησης.

Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί αν το 98% ορίζεται ως περιοχή ή ως χρόνος, ή συνδυασμός αυτών. Είναι εξίσου σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ των απαιτήσεων στις διάφορες περιοχές του κτιρίου. Θα μπορούσε να είναι εντάξει να έχετε 90% κάλυψη στο υπόγειο του κτιρίου και στη συνέχεια να έχετε πλήρη 98% κάλυψη στα γραφεία ορόφων.

Η κάλυψη του 98% μπορεί να είναι τέλεια, μπορεί και όχι

Ο όρος 98% κάλυψης είναι στην ουσία μόνο στατιστικά στοιχεία, και είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι ακόμη και ένας σχεδιασμός εσωτερικού DAS που πληροί το 98% του επιπέδου μπορεί να είναι ένα κακός σχεδιασμός. Ανάλογα με το που εντοπίζεται το τελευταίο 2% μη κάλυψης, μπορεί αυτό να αφήσει τους χρήστες κινητών τηλεφώνων στο εσωτερικό του κτίριο αρκετά δυσαρεστημένους (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.16) και με μια αντίληψη ότι καλύπτονται πολύ λιγότερο από το 98%. Θα μπορούσε να είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης βρίσκεται στο τελευταίο 2% του κτιρίου προσφέροντας χαμηλή υπηρεσία (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.16).

Το κόλπο είναι να είμαστε πολύ προσεκτικοί σχετικά με το πού βρίσκεται το τελευταίο 2%. Μπορείτε να έχετε τέλεια κάλυψη σε όλο το κτίριο, αλλά αν το τελευταίο 2% μη κάλυψης βρίσκεται στην δυναμική περιοχή, όπου βρίσκονται όλα τα ανώτερα διευθυντικά

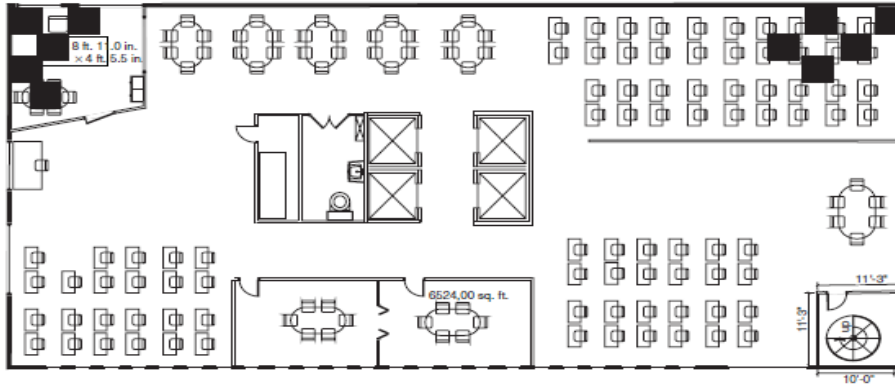
στελέχη του κτιρίου, οι υψηλού προφίλ χρήστες με υψηλή χρόνο ομιλίας και υψηλές προσδοκίες για υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.16), θα υπάρξει ένα πρόβλημα, ακόμη και αν τα στατιστικά σας δείχνουν 99,2% κάλυψη περιοχής.

Η επίτευξη 100% κάλυψης

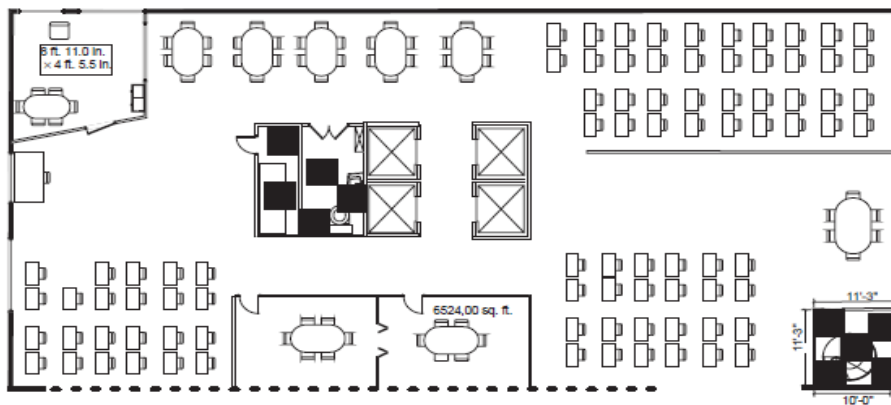
Δεν είναι να σχεδιάσετε 100% κάλυψη, αλλά αν οι χρήστες του κτιρίου μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ασύρματες υπηρεσίες όπου θέλουν, τότε η αντίληψη των χρηστών μπορεί να είναι ότι υπάρχει 100% κάλυψη. Ως εκ τούτου, μια ενδελεχή και λεπτομερή καταγραφή των προσδοκιών των χρηστών είναι πολύ σημαντική. Αυτή η καταγραφή θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση ένα σχέδιο ορόφων με σαφείς ενδείξεις, όπου η κάλυψη είναι σημαντική. Αυτή η απλή καταγραφή μπορεί να σας βοηθήσει να κάνετε έναν τέλειο σχεδιασμό 100% κάλυψης, σε ένα λογικό κόστος .

3.3.8 Το κόστος των επιπέδων του εσωτερικού σχεδιασμού

Τα εσωτερικά επίπεδα κάλυψης έχουν κόστος- όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο του σχεδιασμού τόσο υψηλότερο είναι το κόστος. είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιαστή ραδιοδικτύων να επιλέξει ρεαλιστικά επίπεδα εσωτερικού σχεδιασμού RF κατά το σχεδιασμό λύσεων εσωτερικών DAS, προκειμένου να βεβαιωθεί ότι η λύση μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των χρηστών κινητών. Είναι πάντα σοφό να περιλαμβάνει κάποια επιπλέον περιθώρια σχεδιασμού για να είναι ασφαλής. Αυτό είναι επίσης μια καλή ιδέα να κοιτάξει το άμεσο μέλλον, για να βεβαιωθεί ότι ο σχεδιασμός μπορεί να χειριστεί αναμενόμενες αναβαθμίσεις για 3G, υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ή HSPA. Αυτή είναι μια καλή ισορροπία και ο σχεδιαστής RF θα πρέπει να βεβαιώσει ότι η υπόθεση των επιχειρήσεων εξακολουθεί να είναι θετική. Το κόστος των υπερβολικών επιπέδων του σχεδιασμού μπορεί να είναι υψηλό. Το παράδειγμα στον Πίνακα 3.2 δείχνει σαφώς ότι ο σχεδιαστής ραδιοδικτύων έχει μεγάλο αντίκτυπο για την υπόθεση των επιχειρήσεων κατά την επιλογή των επιπέδων σχεδιασμού.



Σχήμα 3.16 Αυτό το κτίριο καλύπτεται κατά 98%. Αυτό επαληθεύεται με μετρήσεις, αλλά το πρόβλημα είναι ότι το μέρος του κτιρίου με χαμηλό σήμα βρίσκεται σε περιοχές με έντονη χρήση. Οι χρήστες δεν είναι πολύ ευχαριστημένοι με την απόδοση.



Σχήμα 3.17 Αυτό το κτίριο καλύπτεται επίσης κατά 98%. Ο σχεδιαστής RF φρόντισε, ώστε οι περιοχές με έντονη χρήση καλύπτονται και έχει τοποθετήσει τα «νεκρά σημεία» σε περιοχές με χαμηλή κίνηση, παρέχοντας την αντίληψη για ποιοτική λύση.

Πίνακας 3.2 Παράδειγμα επιπέδου κάλυψης εναντίον κόστους λύσης.

| 10 000 m ² dense office facility, 1800 MHz GSM 14 dBm EIRP | | | |
|---|--------------------|-----------------|---------------------|
| DL level | Number of antennas | Coverage radius | Coverage area |
| -70 dBm | 10 | 21 m | 1385 m ² |
| -75 dBm | 5 | 29 m | 2642 m ² |
| -80 dBm | 3 | 41 m | 5281 m ² |
| -85 dBm | 2 | 56 m | 9852 m ² |

Αποφύγετε τον πρόχειρο σχεδιασμό

Σίγουρα δεν πρέπει να γίνεται πρόχειρος σχεδιασμός της λύσης, αλλά συνιστάται η χρήση των πραγματικών σχεδίων των οροφών για συγκεκριμένο κτίριο ή συγκεκριμένη περιοχή μέσα στο κτίριο. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ένα 16-όροφο κτίριο σχεδιασμένο για 70 dBm θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί ως προς το κόστος χρησιμοποιώντας 85 dBm στο σχεδιασμό των επιπέδων του υπόγειου χώρου και του παρκινγκ. Στις περιοχές αυτές οι παρεμβολές από το εξωτερικό δίκτυο είναι πολύ χαμηλότερες. Θα μπορούσατε να έχετε άριστη ποιότητα, χρησιμοποιώντας σχέδιο για 15 dB σε αυτές τις περιοχές, εξοικονομώντας 10 έως 20 % του κόστους του συστήματος, αλλά επιλέγοντας σχέδιο που μπορεί να υλοποιηθεί για τα χαμηλής ζήτησης επίπεδα. Χρησιμοποιήστε τη "ζώνη του συστήματος" στο κεφάλαιο 3.5.6 σαν οδηγό, όμως πάντα να κάνετε επαλήθευση με τις μετρήσεις.

Μπορείτε να κερδίσετε πολλά όσον αφορά την επίδοση του συστήματος και την εξοικονόμηση κόστους, δίνοντας έμφαση στις περιοχές με υψηλή χρήση και στα εσωτερικά hot-spots. Βεβαιωθείτε ότι έχετε τοποθετήσει τις κεραίες στις περιοχές, όπου οι χρήστες χρειάζονται μεγαλύτερη ταχύτητα και υπηρεσίες καλής ποιότητας, και προγραμματίστε τις τοποθετήσεις των υπόλοιπων κεραιών με βάση τα hot-spot σημεία. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου, οι περιοχές αυτές ενδέχεται να παρέχουν πραγματικά καλή ποιότητα υπηρεσίας, 60 dBm ή υψηλότερα όταν εξυπηρετούνται από μια γειτονική κεραία. Στη συνέχεια, μπορείτε να σχεδιάσετε χωρίς πρόσθετο κόστος το υπόλοιπο DAS έτσι ώστε να συνεχίζετε να διατηρείτε το επίπεδο στα 75 dBm στο υπόλοιπο της περιοχής. Η έννοια της ύπαρξης σημείων "hot spot" που προκύπτει από τον σχεδιασμό των Macro δικτύων μπορεί να εφαρμοστεί και σε εσωτερικούς χώρους. Δείτε το παράδειγμα στην ενότητα 3.4.1 , όπου παρέχονται υψηλές ταχύτητες δεδομένων HSPA οι οποίες μπορούν να ανταγωνιστούν εκείνες των δικτύων WiFi.

3.4 Στρατηγική σχεδιασμού εσωτερικών χώρων

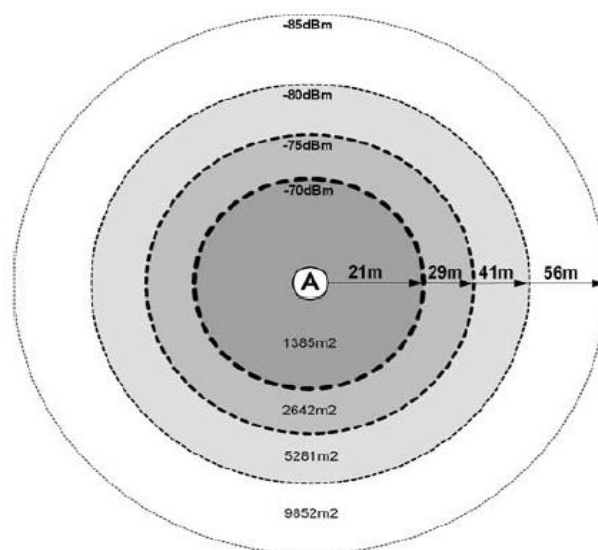
Όταν όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων έχουν αναλυθεί και ο προϋπολογισμός έχει ολοκληρωθεί, θα έχετε ακόμη να τοποθετήσετε τις κεραίες στο κτίριο. Αυτό που θα χρειαστεί να κάνετε είναι να υπολογίσετε την ακτίνα εξυπηρέτησης της κεραίας (βλέπε Σχήμα 3.18), καθώς επίσης και την επικάλυψη, αλλά πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις πληροφορίες αυτές για να υλοποιήσετε το τελικό σχέδιο;

3.4.1 Σχεδιασμός σημείων Hot-spot στο εσωτερικό των κτιρίων

Ο όρος "hot-spot" συχνά χρησιμοποιείται κατά το σχεδιασμό του Macro επιπέδου. Ένα "hot-spot" αποτελεί σημείο με υψηλή κίνηση δεδομένων για τους χρήστες κινητών συσκευών, και πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά την κάλυψη, την ποιότητα, την χωρητικότητα και τους ρυθμούς δεδομένων.

Τα Hot-spots υπάρχουν στο εσωτερικό των κτιρίων και, όπως και στο Macro δίκτυο, αυτά τα hot-spots μπορούν να παράγουν το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης δεδομένων μέσα στο κανάλι. Τα hot-spot εσωτερικών χώρων είναι συνήθως περιοχές, όπου οι χρήστες μπορούν να καθίσουν και να εργαστούν στον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή ή στην κινητή συσκευή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι περισσότερες κινητές συσκευές υψηλής ταχύτητας είναι πιο βολικές στην χρήση από τους σταθερούς υπολογιστές, και έτσι φυσιολογικά ο χρήστης θα συνδεθεί με αυτή σε μια περιοχή όπου μπορεί να εργαστεί με ησυχία. Παραδείγματα hot-spots σε εσωτερικό χώρο με υψηλή κίνηση δεδομένων και υψηλές απαιτήσεις στην ταχύτητα θα μπορούσαν να είναι χώροι αεροδρομίου, τα εμπορικά και αθλητικά κέντρα, και οι συνεδριακοί χώροι σε μια εταιρία.

Συνιστάται να τοποθετείτε κεραιές σε αυτές τις περιοχές, εξασφαλίζοντας ένα καλό σχεδιασμό για τυχόν μελλοντικές επεκτάσεις των υπηρεσιών. Η μέθοδος αυτή δεν χρειάζεται να είναι δαπανηρή - συχνά είναι απλά θέμα χρησιμοποίησης των σημείων hot-spot σαν βάση στον σχεδιασμό για την τοποθέτηση των κεραιών και στην συνέχεια οι υπόλοιπες κεραιές τοποθετούνται ανάλογα.



Σχήμα 3.18 Αναλογία εσωτερικής κάλυψης σε περιοχή εναντίον επιπέδου σχεδίασης από την κεραία.

Τα UMTS/HSPA μπορεί εύκολα να ανταγωνιστούν το δίκτυο Wi-Fi

Τα Hot-spots σε δημόσια κτίρια συχνά θα καλύπτονται από το ήδη υπάρχον δίκτυο Wi-Fi, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης των χρηστών σε αυτές τις περιοχές. Σε πολλές περιπτώσεις το GSM/UMTS μέσα στο DAS που παρέχεται από την εταιρία κινητής τηλεφωνίας θα είναι άμεσος ανταγωνιστής της Wi-Fi υπηρεσίας. Συνεπώς ο σχεδιαστής ραδιοδικτύου πρέπει να είναι βέβαιος ότι τοποθετεί την DAS UMTS/HSPA κεραία στα σημεία hotspot. Με τον τρόπο αυτό, η UMTS/HSPA υπηρεσία, ακόμη και το GSM EDGE μπορούν να ανταγωνιστούν την ταχύτητα του δικτύου Wi-Fi.

Στη θεωρία, η ταχύτητα των δεδομένων στο δίκτυο Wi-Fi είναι αρκετά υψηλή, σε πολλές περιπτώσεις μεγαλύτερη από 54 Mbps.

Στην πραγματικότητα, η ταχύτητα εξυπηρέτησης του χρήστη θα περιοριστεί από την ADSL σύνδεση από το σημείο πρόσβασης στο δίκτυο Wi-Fi και όχι από την ταχύτητα του ραδιοδικτύου. Ως εκ τούτου, στην πραγματικότητα η ταχύτητα είναι συχνά μικρότερη από 200 - 300 kbps. Ωστόσο, μερικές φορές, είναι έως και μεγαλύτερη από 2 Mbps.

Οι υπηρεσίες δεδομένων για κινητές συσκευές είναι επίσης πιο φιλικές προς τον χρήστη. Δεν υπάρχει καμία χρέωση στο τοπικό δίκτυο Wi-Fi και όλες οι χρεώσεις και η περιαγωγή δεδομένων για τις κινητές συσκευές καθορίζεται από το εκάστοτε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Η υπηρεσία δεδομένων GSM/UMTS/HSPA θα παρέχει στον χρήστη υψηλή ποιότητα υπηρεσιών και ομαλές επιστροφές.

3.4.2 Μελέτη ειδικών σχεδιασμών

Ακόμα και αν οι περισσότερες μέθοδοι σχεδιασμού και οι εκτιμήσεις είναι ίδιες ανεξάρτητα από το τι είδος του κτιρίου σχεδιάζετε, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο είδος του κτιρίου, για το οποίο σχεδιάζετε το DAS. Αυτά είναι μερικά από τα σημεία που πρέπει να επισημάνετε, πέρα από όλη την θεωρία των RF.

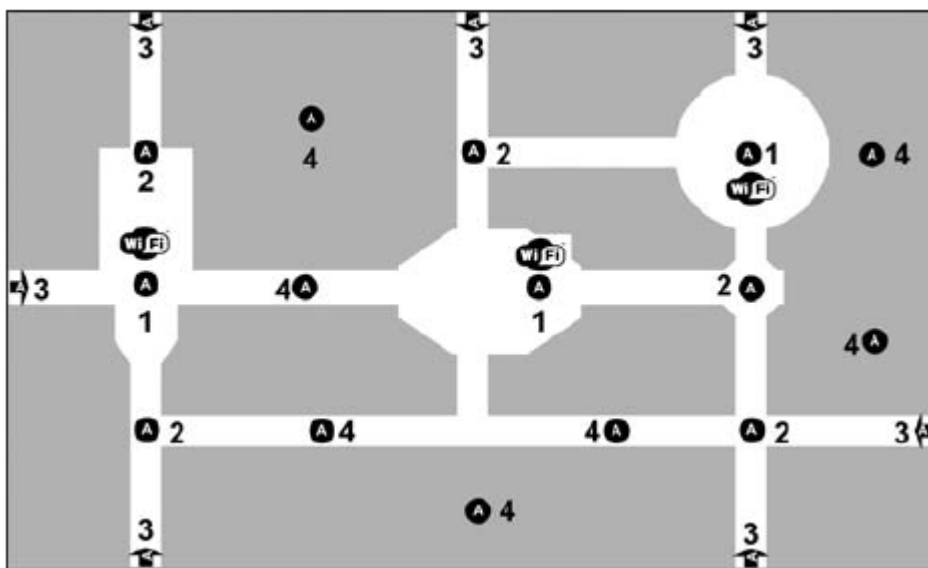
- Βεβαιωθείτε ότι έχετε προετοιμαστεί για αύξηση της χωρητικότητας ή για μελλοντικές αναβαθμίσεις του συστήματος.
- Βεβαιωθείτε ότι έχετε κάλυψη 100% στον σημαντικότερο όροφο.
- Υπάρχει ανάγκη για κάλυψη του ανελκυστήρα;
- Υπάρχουν ειδικά προβλήματα κατά την εγκατάσταση (πχ σύστημα πυρασφαλείας);
- Δώστε προσοχή σε γραφεία και στις περιοχές εξυπηρέτησης (π. χ. γραφείο server).
- Υπάρχουν ειδικές EMR ανησυχίες (όπως σε ένα νοσοκομείο);

- Τι είδους υπηρεσίες μπορεί να χρειαστούν στο μέλλον - 3G, 3.5G;
- Υπάρχουν σημεία hot-spots στο κτίριο που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή;

3.4.3 Η ροή του σχεδιασμού

Κατά τον σχεδιασμό μεγάλων έργων, όπως πανεπιστημιακούς χώρους, αεροδρόμια ή πολυκαταστήματα είναι κάλο να δημιουργήσετε ένα προσχέδιο με τα βήματα που θα ακολουθήσετε. Αν γίνει σωστά, θα έχετε την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος με το χαμηλότερο κόστος και θα είστε σε θέση να κάνετε διορθωτικές αλλαγές και αναβαθμίσεις του συστήματος μικρότερο χρονικό διάστημα.

Ας δούμε ένα παράδειγμα με την περίπτωση ενός εμπορικού κέντρου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.19), υποθέτοντας ότι έχει γίνει η μελέτη του χώρου και έχει αναλυθεί και οριστικοποιηθεί ο προϋπολογισμός. Τώρα έχετε μια ιδέα για την περιοχή κάλυψης των κεραιών σε αυτό το περιβάλλον και μπορείτε να ξεκινήσετε την τοποθέτηση των κεραιών στο σχέδιο.



Σχήμα 3.19 Τοποθέτηση κεραιών σε ένα εμπορικό κέντρο

Πρώτα θα πρέπει να εξετάσετε τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Στο παράδειγμα του εμπορικού κέντρου θα υπάρχουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά:

- Όλα τα καταστήματα είναι πιθανό να έχουν 100% τζαμαρία που «βλέπει» στα στενά· επομένως, δεν μπορεί να υπάρχει εξασθένιση του σήματος εξαιτίας των τοιχωμάτων γύρω από τα μαγαζιά
- Να είστε προσεκτικοί σε ότι αφορά τους φεγγίτες σε σχέση με την διαρροή και την απομόνωση στο επίπεδο Macro. Ενδέχεται να υπάρξει διαρροή από γειτονικούς σταθμούς βάσης στο εσωτερικό του εμπορικού κέντρου.

- Συχνά επιτρέπεται μόνο να τοποθετήσετε τις κεραιές στους διάδρομους του εμπορικού κέντρου.
- Η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπερφορτωθεί κατά τις ώρες που υπάρχουν πολλοί επισκέπτες, π. χ. την περίοδο των εκπτώσεων.
- Προετοιμάστε το σύστημα για αναβάθμιση χωρίζοντάς το σε περισσότερους τομείς στο μέλλον. Μην ξεχνάτε τον χώρο στάθμευσης, που συχνά βρίσκεται υπόγεια, και μην ξεχνάτε την επικάλυψη στο εξωτερικό δίκτυο για τη ΗΟ ζώνη, όπου οι χρήστες εισέρχονται ή εξέρχονται από το εμπορικό κέντρο.
- Προσπαθήστε να αποφύγετε την τοποθέτηση κεραιών κοντά στα ηχεία για να αποφύγετε τις παρεμβολές.
- Είναι απαραίτητο να καλύψετε τις περιοχές όπου δεν υπάρχει μαζική πρόσβαση του κοινού, π. χ. χώρους αποθήκευσης ή γραφεία; Αυτές οι περιοχές μπορούν να αποφέρουν σημαντικά έσοδα.

3.4.4 Τοποθετώντας κεραιές σε εσωτερικούς χώρους

Η προτεινόμενη κατανομή των κεραιών στο εμπορικό κέντρο δίνεται στο σχήμα 3.19.

1. Τοποθετήστε κεραιές σε καίρια σημεία και μεγιστοποιήστε την απόδοση. Εντοπίστε τα hot-spots για τους χρήστες δεδομένων. Εκείνες θα είναι οι πιο απαιτητικές περιοχές όσον αφορά τον σωστό σχεδιασμό του επιπέδου. Στην περίπτωση του εμπορικού κέντρου, τα hot-spots με την περισσότερη κίνηση δεδομένων είναι οι χώροι εστίασης και ψυχαγωγίας και τα internet café. Εάν υπάρχει δίκτυο Wi-Fi στην περιοχή, μπορείτε να το ανταγωνιστείτε τοποθετώντας εκεί κεραιές hot-spot. Συνεπώς όλες οι προγραμματισμένες τοποθετήσεις κεραιών DAS, που έχουν σημειωθεί με την ένδειξη " 1" στο σχέδιο, θα τοποθετηθούν σε αυτές τις θέσεις και αποτελούν το σημείο αναφοράς για το επόμενο βήμα στη φάση του σχεδιασμού.

2. Τοποθετήστε κεραιές που μειώνουν το κόστος. Αφού τοποθετηθούν οι κεραιές hot-spot θα πρέπει να τοποθετήσετε και τις υπόλοιπες κεραιές που μεγιστοποιούν την κάλυψη και έχουν σημειωθεί με την ένδειξη " 2" στο σχέδιο. Με τη χρήση της "επίδρασης του διαδρόμου", μπορείτε να μεγιστοποιήσετε την κάλυψη για κάθε μία από αυτές τις κεραιές. Με το να τοποθετήσετε κεραιές σε όλες τις διασταυρώσεις των διαδρομών του εμπορικού κέντρου έτσι ώστε η κάλυψη θα επεκταθεί προς όλες τις κατευθύνσεις θα έχετε σαν αποτέλεσμα την αύξηση στην σχέση τιμής-απόδοσης

3. Απομονώστε το κτίριο. Η κυριαρχία και οι καλά καθορισμένες ΗΟ ζώνες κατά μήκος της

περιμέτρου και στις εισόδους του εμπορικού κέντρου είναι εξασφαλισμένη από την τοποθέτηση των κεραιών, που επισημαίνονται με την ένδειξη " 3 ". Οι κεραιές αυτές συχνά θα είναι κατευθυντικές, κατά προτίμηση στραμμένες προς το κέντρο του κτιρίου. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την απομόνωση του κτιρίου ακόμα και από πολύ κοντινούς εξωτερικούς χώρους.

4. Συμπληρώστε τα κενά. Οι τελευταίες τοποθετήσεις κεραιών απλά θα συμπληρώνουν τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των ήδη εγκατεστημένων κεραιών. Συχνά είναι απαραίτητο να εγκαταστήσετε μια κεραιά σε μεγάλα καταστήματα μέσα στο εμπορικό κέντρο, αν φυσικά σάς επιτρέπεται. Κανονικά εγκατάσταση κεραιών σε πολυκαταστήματα περιορίζεται στους εσωτερικούς διαδρόμους. Ως εκ τούτου, είναι δύσκολο να υπάρχει κάλυψη στο εσωτερικό των μεγάλων καταστημάτων. Προσπαθήστε να καλύψετε αυτούς τους χώρους όσο το δυνατόν περισσότερο, τοποθετώντας περισσότερες κεραιές στους εσωτερικούς διαδρόμους του εμπορικού κέντρου.

3.5 Εκτιμήσεις επιστροφή στο εσωτερικό των κτιρίων

Είναι σημαντικό να βεβαιωθείτε ότι το εσωτερικό που υλοποιείται στο κτίριο είναι προετοιμασμένο για τη μελλοντική ανάπτυξη της κυκλοφορίας. Ο καλύτερος τρόπος για να προετοιμαστεί αυτό είναι να έχετε ένα σχέδιο για μελλοντική τομεοποίηση του συστήματος. Ακόμη και αν εφαρμοστεί το σύστημα ως ένας τομέας, θα πρέπει να κοιτάξετε μπροστά, ειδικά για το UMTS, προκειμένου να προετοιμαστείτε για περισσότερους τομείς.

Καλά καθορισμένες ζώνες HO είναι σημαντικές για το GSM και το UMTS/HSDPA για να αποφευχθεί η «αμφίδρομη» HO για το GSM, η εκτεταμένες ομαλές HO ζώνες στο UMTS και η HSPA μειωμένη απόδοση. Πρέπει να δοθεί έμφαση σε σαφώς καθορισμένες και ελεγχόμενες ζώνες επιστροφής, που τοποθετούνται κατά προτίμηση σε περιοχές με χαμηλή κίνηση στο κτίριο. Όταν το DAS έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί σωστά, η κυριαρχία και η απομόνωση του εσωτερικού συστήματος θα ασφαλίσει τις καλά καθορισμένες ζώνες επιστροφής στο υπαίθριο δίκτυο macro. Ωστόσο, σε ακραίες περιπτώσεις, όπως σε μια περιοχή του τελευταίου ορόφου στο γειτονικό κτίριο, μερικές φορές θα πρέπει να ασχοληθείτε με κάποια διαρροή σήματος στο εσωτερικό του κτιρίου, ακόμη και με υψηλό επίπεδο σήματος από το εσωτερικό σύστημα.

Κατά γενικό κανόνα, θα πρέπει να προσπαθήσετε να αποφύγετε τις ζώνες επιστροφής σε ανοικτούς χώρους στο εσωτερικό του κτιρίου. Εδώ μπορεί να είναι δύσκολο να σχεδιάσετε και να ελέγξετε την ζώνη επιστροφής. Προσπαθήστε να πάρετε πλεονέκτημα από τη φυσική απομόνωση που παρέχεται από το κτίριο για να διαχωρίσετε τους διάφορους τομείς ή τα

κελιά. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση των διαχωρισμών των ορόφων ως περιγράμματα επιστροφής ή τις hot-spot ζώνες διαχωρισμού στο εσωτερικό του κτιρίου (Ενότητα 3.3.6). Συνήθως αυτές οι hot-spot ζώνες θα διαχωρίζονται από βαρείς τοίχους με υψηλή απομόνωση RF, οι οποίοι είναι ιδανικοί για να δώσουν μια καλά καθορισμένη ζώνη επιστροφής.

3.5.1 Προγραμματισμός εσωτερικής GSM επιστροφής

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσετε ότι οι παράμετροι ελέγχου επιστροφής είναι ένα κρίσιμο μέρος του εσωτερικού σχεδιασμού και, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η εφαρμογή λύσης, αυτές οι παράμετροι πρέπει να είναι συντονισμένοι. Το τυπικό σενάριο επιστροφής σε ένα κτίριο GSM με πολλά κελιά φαίνεται στο Σχήμα 3.20. Αυτό είναι ένα εσωτερικό σύστημα πολλών κελιών με συνολικά πέντε κελιά. Καλά διαμορφωμένες ζώνες επιστροφής μεταξύ των εσωτερικών κελιών στο κτίριο είναι αναγκαίες, και σε αυτή την περίπτωση η πρωτεύουσα επιστροφή μεταξύ των εσωτερικών κελιών γίνεται μέσω του κελιού-5, το οποίο εξυπηρετεί, επίσης το ασανσέρ, έτσι οι μη-παραδόσεις θα συμβούν κατά τη χρήση του ανελκυστήρα. Ακόμη και με το κελί-5 ως το κανονικό εσωτερικής επιστροφής κελί, θα οριστούν επιστροφές στα εσωτερικά γειτονικά κελιά, μόνο στην περίπτωση που το κελί-5 είναι πλήρης και να δεν μπορεί να φροντίσει για την παράδοση μεταξύ των γειτονικών κελιών.

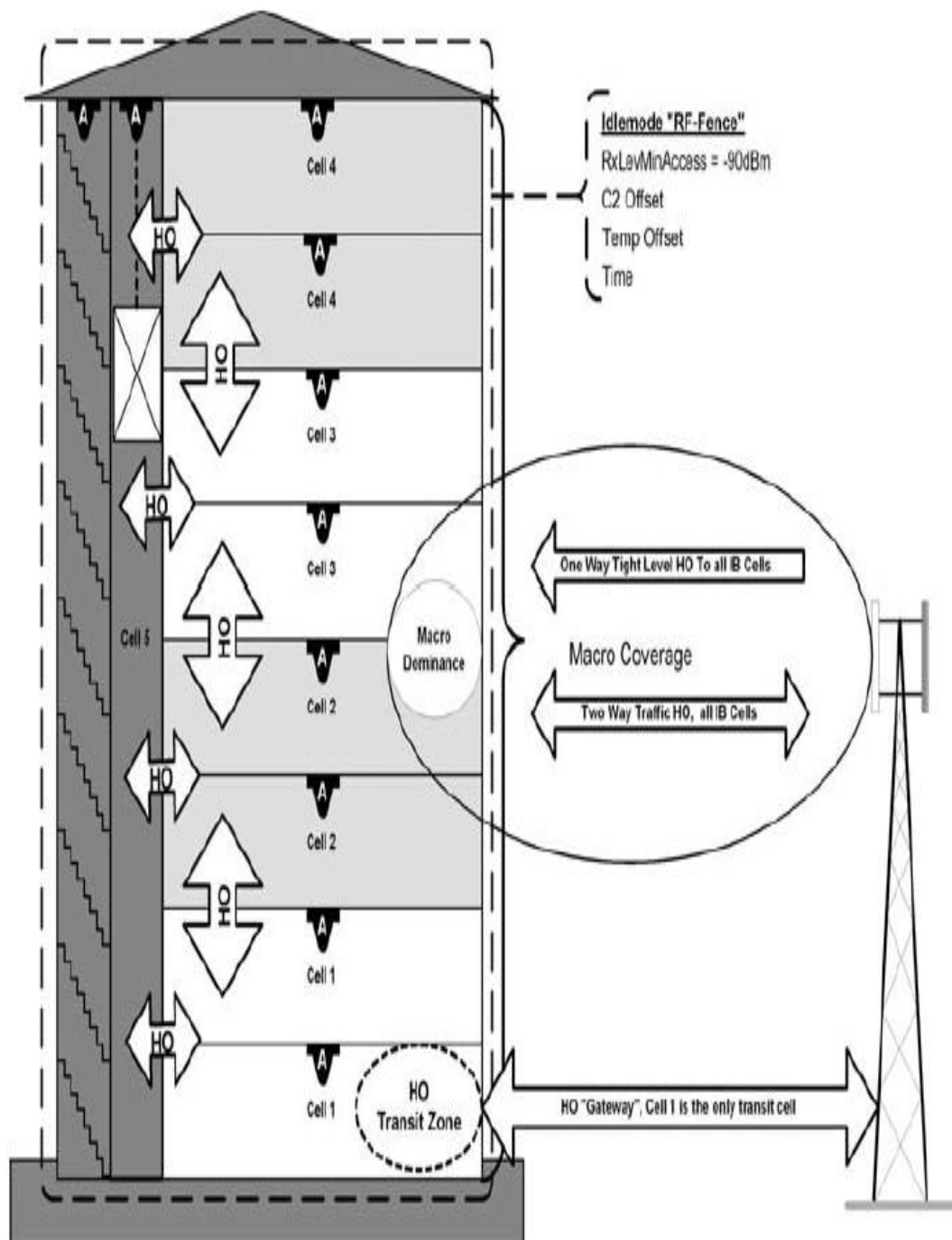
Περιορίζοντας τον αριθμό των Macro υποψηφίων επιστροφής

Κανονικά τα εσωτερικά κελιά στο κτίριο περιορίζονται μόνο στο να έχουν ορίζουσες επιστροφές προς κοντινά γειτονικά εσωτερικά κελιά εντός του κτιρίου. Αυτό γίνεται για την πρόληψη των κινητών τηλεφώνων στο ανώτερο τμήμα του κτιρίου να αρχίζουν να κάνουν επιστροφές σε απομακρυσμένες περιοχές μέσω της κοντινής macro περιοχής. Αυτό είναι ένα κοινό πρόβλημα. Το κινητό μπορεί να καταλήξει τελικά σε ένα μακρινό κελί Macro, το οποίο δεν έχει γειτονικές σχέσεις με το εσωτερικό κελί. Το αποτέλεσμα είναι συχνά ατελείς κλήσεις, όταν οι χρήστες κινούνται στην περίμετρο από τα παράθυρα προς το κέντρο του κτιρίου.

Διατηρώντας την κατάσταση αναμονής της κίνησης στα εσωτερικά κελιά

Στην κατάσταση αναμονής GSM το κινητό μπορεί να ελεγχθεί με ειδικές παραμέτρους αντισταθμιστικών κελιών. Θα πρέπει να βεβαιωθείτε ότι το κινητό θα παραμείνει στο εσωτερικό κελί, ακόμη και αν κοντινές περιοχές macro διαρρέουν υψηλού επιπέδου σήμα στο εσωτερικό του κτιρίου. Στην πράξη, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα συνδυασμό ενός χαμηλότερου Rx επιπέδου πρόσβασης στο κινητό (RxLevAccessMin): σε αυτό το παράδειγμα στο Σχήμα 3.20, έχει οριστεί ως -90 dBm. Στη συνέχεια, με την εφαρμογή ενός αντισταθμιστικού κελιού(C2), για παράδειγμα, 40 dB, το κινητό θα προσθέσει 40 dB στην αξιολόγηση του κελιού, μόλις το κελί λαμβάνεται πιο έντονα από -90 dBm. Το αποτέλεσμα είναι ότι το κινητό αξιολογεί το κελί στο να είναι $-90 + 40 = 50$ dBm επίπεδο λήψης.

Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στη διατήρηση των κινητών τηλεφώνων στο εσωτερικό κελί στην κατάσταση αναμονής: Έτσι μπορείτε να κυριαρχήσετε σε περιοχές με πολύ υψηλό επίπεδο Macro διαρροής στο κτίριο. Επιπλέον, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε προσωρινά αντισταθμιστικά οφέλη και ποινικές χρονικές περιόδους: αυτό το καθιστά επίσης ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον έλεγχο της κυκλοφορίας, εφόσον το εσωτερικό κελί διαρρέει στο κοντινό δρόμο.



Σχήμα 3.20 Το τυπικό GSM σενάριο επιστροφής σε ένα κτίριο.

Καθορίζοντας τους HO υποψήφιους «έκτακτης ανάγκης»

Θα είναι πάντα μια καλή ιδέα να βεβαιωθείτε ότι έχετε ορίσει μια «μονόδρομη» σύνδεση στο εσωτερικό κελί, αν τα κινητά θα πρέπει να ενισχυθούν ακούσια από το κοντινό υπαίθριο κελί. Σε ακραίες καταστάσεις κυκλοφορίας, όπου το εσωτερικό κελί μπορεί να μπει

σε συμφόρηση, μπορεί να είναι μια καλή ιδέα να έχετε ελεγχόμενη κυκλοφορία HO στη γειτονική Macro τοποθεσία, προκειμένου να αποφορτίσετε το εσωτερικό κελί και να αποφύγετε τον αποκλεισμό της χωρητικότητας των κλήσεων.

Ζώνη επιστροφής στο δίκτυο Macro

Είναι πολύ σημαντικό να έχουμε μια καλά καθορισμένη ζώνη επιστροφής προς και από το κτίριο. Κανονικά, αυτή η ζώνη είναι γύρω από την κύρια είσοδο και την είσοδο στην εσωτερική περιοχή στάθμευσης.

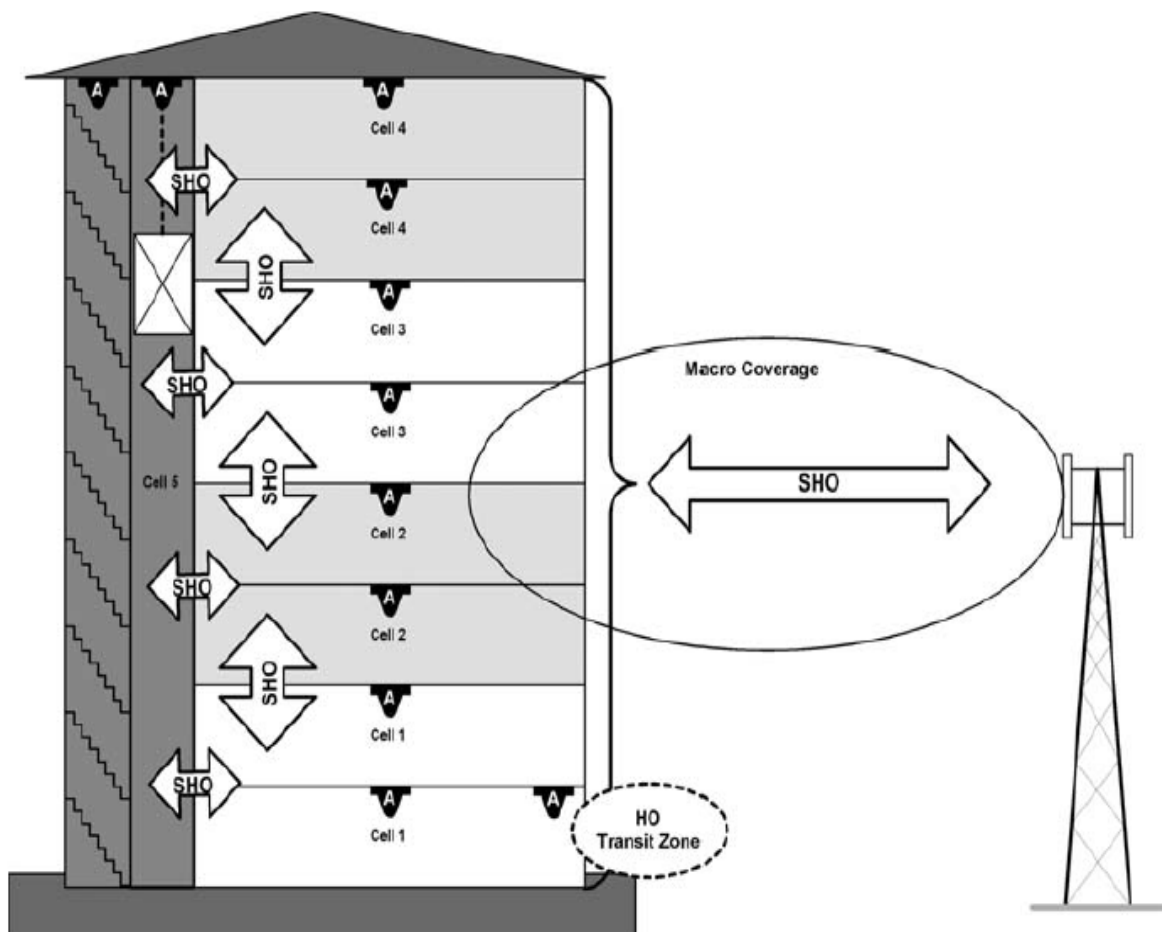
Μόνο το κελί (κελιά) που καλύπτει την είσοδο ή την έξοδο από το κτίριο θα πρέπει να έχει κανονικές HO συνδέσεις στο εξωτερικό δίκτυο και κατά προτίμηση σε έναν πολύ περιορισμένο αριθμό εξωτερικών κελιών, προκειμένου να διευκολυνθεί η βελτιστοποίηση της ζώνης επιστροφής.

Για εφαρμογές GSM συνιστάται να βεβαιωθείτε ότι δεν θα πάρετε οποιαδήποτε υπαίθρια κυκλοφορία στο εσωτερικό σύστημα, με εξωτερικούς χρήστες κινητών κοντά στο κτίριο. Η παράμετρος επιστροφής πρέπει να συντονιστεί, ώστε να διασφαλίζεται ότι η επιστροφή λαμβάνει χώρα μόνο στο εσωτερικό του κτίριο.

3.5.2 Σχεδιασμός εσωτερικής UMTS επιστροφής

Στο GSM υπάρχει κάποιο περιθώριο αντισταθμιστικών οφελών, που μπορούν να εφαρμοστούν, προκειμένου να συντονιστούν οι HO ζώνες και περιοχές. Τα γειτονικά κελιά UMTS θα χρησιμοποιούν συνήθως την ίδια συχνότητα: το κινητό πρέπει να βρίσκεται σε ομαλή HO, από τη στιγμή κιάλας που είναι σε θέση να αποκωδικοποιήσει περισσότερα κελιά. Εάν όχι, τα παρακείμενα κελιά θα προκαλέσουν παρεμβολές, μειωμένη απόδοση και ατελείς κλήσεις. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει μεγάλο περιθώριο για τη ρύθμιση της UMTS επιστροφής και μόνο ένας καλός σχεδιασμός ραδιοδικτύων θα κάνει τη δουλειά.

Το τυπικό σενάριο επιστροφής σε ένα UMTS πολλών κελιών κτίριο φαίνεται στο Σχήμα 3.21. Αυτό είναι ένα πολλών κελιών εσωτερικό σύστημα με συνολικά πέντε κελιά. Είναι αναγκαίο να ορίζονται ζώνες επιστροφής μεταξύ των εσωτερικών κελιών στο κτίριο, προκειμένου να περιοριστεί το ομαλό φορτίο επιστροφής: στην περίπτωση αυτή η πρωτογενής επιστροφή μεταξύ των εσωτερικών κελιών γίνεται μέσω του κελιού-5. Το κελί-5 εξυπηρετεί επίσης το ασανσέρ ως το μόνο κελί, αποφεύγοντας ομαλές επιστροφές στο ασανσέρ.



Σχήμα 3.21 Το τυπικό UMTS σενάριο επιστροφής σε ένα κτίριο.

Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να είστε βέβαιοι στον καθορισμό επιστροφών στα εσωτερικά γειτονικά κελιά, προκειμένου να εκτελέσετε ομαλή επιστροφή στις περιορισμένες περιοχές, όπου δύο κελιά μπορεί να καλύψουν την ίδια περιοχή. Κρατήστε αυτές τις περιοχές σε ένα ελάχιστο.

Ο καλός σχεδιασμός UMTS RF είναι η λύση!

Ο καλύτερος τρόπος για να βελτιστοποιήσετε τις ζώνες επιστροφής στο UMTS είναι ο καλός προγραμματισμός RF, η σωστή τοποθέτηση κεραίας και η προσοχή στο σχεδιασμό των HO ζωνών από την αρχική φάση του σχεδιασμού. Η λύση είναι και πάλι η παροχή κυριαρχίας στα εσωτερικά κελιά και η απομόνωση μεταξύ τους. Αυτός είναι ο σωστός τρόπος για τον έλεγχο των επιδόσεων της επιστροφής και για τον περιορισμό των ομαλών HO ζωνών.

Σε κάποιο βαθμό η CPICH (πilotικό κανάλι) ισχύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να αντισταθμιστεί τα μεγέθη των κελιών, και να κινηθεί με αυτόν τον τρόπο η ομαλή HO ελαφρά. Ωστόσο, το αποτέλεσμα είναι αρκετά περιορισμένο, σε σχέση με την ελευθερία των ρυθμίσεων των παραμέτρων για τη ρύθμιση των επιστροφών στο GSM.

Η χρήση ξεχωριστών συχνοτήτων για το εξωτερικό και εσωτερικό δίκτυο μπορεί να είναι μια λύση σε ορισμένες ακραίες περιπτώσεις, αλλά αυτές οι σκληρές επιστροφές είναι συχνά μια πρόκληση για το δίκτυο, όπως είναι και πολλά κινητά τηλέφωνα. Οι χειριστές αποδίδουν δύο ή τρία κανάλια RF για το UMTS, αλλά αυτό είναι μια πολύ δαπανηρή λύση από την πλευρά της θέσπισης της χωρητικότητας και του φάσματος και πρέπει να εξετάζεται μόνο ως έσχατη προσωρινή λύση, έως ότου το πραγματικό πρόβλημα μπορεί να λυθεί ή ο Macro τομέας αφαιρεθεί.

Επιπλέον, ίσως να μην είστε σε θέση να διαθέσετε ένα νέο κανάλι RF για το HSDPA, και, επομένως, το HSDPA θα λάβει ένα μεγάλο χτύπημα από την παρέμβαση των καναλιών από το macro κελί, το οποίο θα υποβαθμίσει την ταχύτητα και την απόδοση.

3.5.3 Μέγεθος ζώνης επιστροφής

Κατά το σχεδιασμό ζωνών επιστροφής, είναι σημαντικό ότι παίρνετε υπόψη την ταχύτητα της κίνησης. Επιπλέον, θα πρέπει να βεβαιωθείτε ότι έχετε συμπεριλάβει ένα περιθώριο ασφαλείας, προκειμένου να κάνετε αρκετές απόπειρες επιστροφής, εάν θα πρέπει η πρώτη προσπάθεια να αποτύχει. Η ζώνη επιστροφής πρέπει να φιλοξενήσει αυτό το περιθώριο ασφαλείας, και θα πρέπει να βεβαιωθείτε ότι έχετε κρατήσει το επίπεδο του σχεδιασμού κάλυψης σε όλο το πλήρες μέγεθος της ζώνης επιστροφής. Το τελευταίο πράγμα που θέλετε να συναντήσετε είναι τα προβλήματα με επαναλήψεις επιστροφής, τη στιγμή που θα είστε κάτω από το επίπεδο του σχεδιασμού. Αυτό είναι μια σίγουρη συνταγή για την καταστροφή και την διακοπή κλήσεων.

Παράδειγμα, HO μέγεθος ζώνης

Εάν χρησιμοποιείτε ένα HO χρόνο των 4 s. ως παράδειγμα, μπορείτε να αξιολογήσετε το μέγεθος της αναγκαίας ζώνης HO. Αν ένα αυτοκίνητο κινείται με 30 χλμ/ώρα έξω από τον υπόγειο χώρο στάθμευσης (8,33 m/s), θα χρειαστείτε μια HO ζώνη των 33 μ..

Παράδειγμα, περιθώριο ασφαλείας HO ζώνης

Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο, δεν είναι αρκετό να σχεδιάσετε την ζώνης HO στο ελάχιστο μέγεθος. Πρέπει να δώσετε στο κινητό αρκετό χρόνο για την εκτέλεση της αποκωδικοποίησης των κελιών, και της μέτρησης: αξιολόγηση και εκτέλεση επιστροφής των δύο κυττάρων ταυτόχρονα.

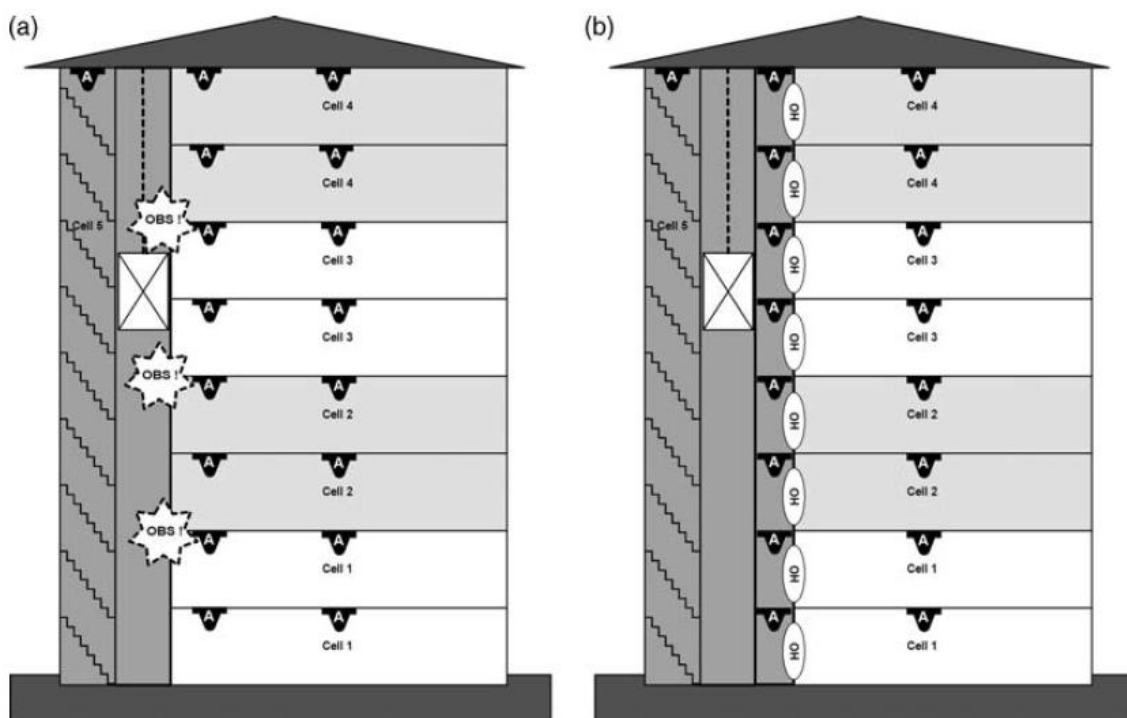
Το σηματοδοτημένο φορτίο των κελιών μπορεί επίσης να είναι ένα ζήτημα. Αυτό δεν είναι συνήθως μια ανησυχία κατά το σχεδιασμό λύσεων εσωτερικών χώρων: τα εσωτερικά κελιά συνήθως έχουν μόνο να εκτελέσουν μερικές επιστροφές ταυτόχρονα. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί να απαιτούν την εξέταση του σηματοδοτημένου φορτίου πολλών ταυτόχρονων επιστροφών: υπάρχει και το ενδεχόμενο της σήραγγας, όπου ένα τρένο κινείται με σχετικά υψηλή ταχύτητα, και στο εσωτερικό της αμαξοστοιχίας μπορεί να υπάρχουν 40 χρήστες που εκτελούν επιστροφή ταυτόχρονα. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να περιλάβετε οπωσδήποτε ένα περιθώριο ασφαλείας για το μέγεθος της HO ζώνης. Επιπλέον το GSM προσφέρει μερικές προ-συγχρονισμένες λειτουργίες ή «δεμένα» κελιά. Στο GSM , στο UMTS και στο HSPA συνιστάται να έχετε τα δύο κελιά στη κρίσιμη HO ζώνη, η οποία εξυπηρετείται από τον ίδιο σταθμό βάσης. Αυτό θα αυξήσει το ποσοστό επιτυχίας της επιστροφής και θα φορτώσει το δίκτυο πολύ λιγότερο για αυτούς τους κρίσιμους τύπους HO.

3.6 Κάλυψη ανελκυστήρα

Οι χρήστες κινητών τηλεφώνων στο εσωτερικό ενός κτιρίου αναμένουν ένα καλό, ποιοτικό, συνεκτικό επίπεδο υπηρεσιών σε όλο το κτίριο, μαζί και τους ανελκυστήρες. Είναι μια μεγάλη πρόκληση οι εξυπηρέτηση ανελκυστήρων με RF κάλυψη, και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Οι περισσότεροι ανελκυστήρες που άρουν αυτοκίνητα είναι ένα εικονικό μεταλλικό περίβλημα με πολύ υψηλή εξασθένηση RF, που συχνά ξεπερνούν τα 60 dB. Η ταχύτητα του ανελκυστήρα προσθέτει στην πρόκληση, ειδικά σε πολύ υψηλά κτίρια με υψηλής ταχύτητας ανελκυστήρες express. Ωστόσο, η ζήτηση για κάλυψη κινητών στο εσωτερικό του ανελκυστήρα αυξάνεται, κυρίως με κίνητρο την φυσιολογική απαίτηση για κάλυψη φωνής και δεδομένων παντού. Το κινητό, επίσης, θεωρείται ως μια επιπλέον γραμμή ασφαλείας από τους χρήστες, ακόμη και αν υπάρχει ένα τηλέφωνο έκτακτης ανάγκης εγκαταστημένο μέσα στους ανελκυστήρες. Ως εκ τούτου, η κάλυψη των κινητών μέσα στους ανελκυστήρες είναι απαραίτητη.

Υπάρχουν πολλές επιλογές για το πώς να παρέχετε κάλυψη κινητών στον ανελκυστήρα: η βέλτιστη προσέγγιση εξαρτάται από την ατομική λύση και τους περιορισμούς της πραγματικής εγκατάστασης του ανελκυστήρα. Η μέγιστη απόδοση των κινητών επιτυγχάνεται, αν ο σχεδιασμός RF γίνεται έτσι ώστε να υπάρχει μόνο ένα κυρίαρχο κελί που καλύπτει τους ανελκυστήρες σε όλο το κτίριο, αποφεύγοντας έτσι επιστροφές στο εσωτερικό του ανελκυστήρα. Ωστόσο, η παροχή επαρκούς κάλυψης στο εσωτερικό του ανελκυστήρα αυτοκινήτων μπορεί να είναι μια πρόκληση και μερικές φορές σχεδόν αδύνατη, λόγω του μεταλλικού περιβλήματος του ανελκυστήρα αυτοκινήτων.

Τα μικρά και μεσαίου μεγέθους κτίρια είναι προτιμότερο να μην έχουν ένα ειδικό τηλέφωνο στον ανελκυστήρα μόνο, αλλά να χρησιμοποιήσουν ένα από τα υπάρχοντα κελιά στο κτίριο. Στην περίπτωση αυτή, συνιστάται η χρήση των πιο πάνω κελιών στο κτίριο για την εξυπηρέτηση των φρεατίων του ανελκυστήρα, καθώς και της εσωτερικής περιοχής.



Σχήμα 3.22 Ο τυπικός τρόπος για να παρέχετε κάλυψη ανελκυστήρα.

3.6.1 Η πιο κοινή λύση κάλυψης ανελκυστήρα

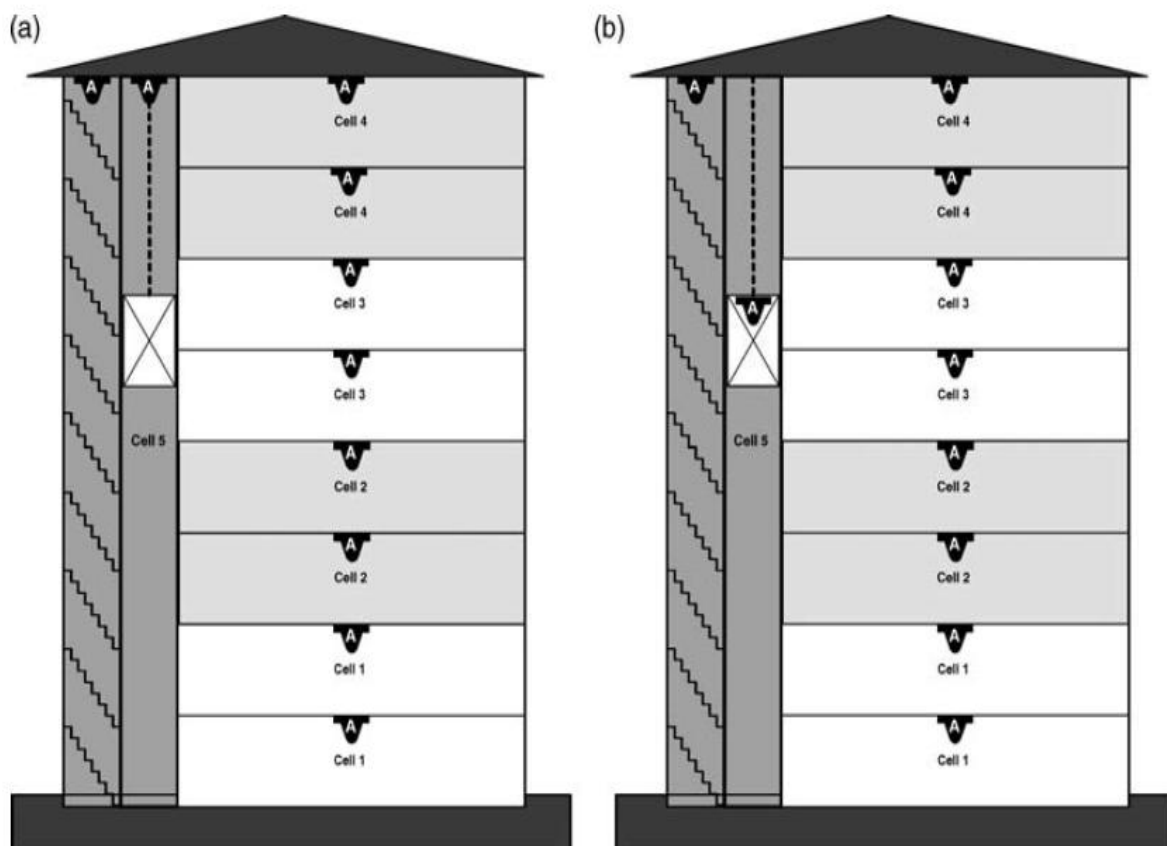
Το πλέον χρησιμοποιούμενο σχέδιο κάλυψης ανελκυστήρων είναι να τοποθετήσετε κεραιές κοντά στο φρεάτιο του ανελκυστήρα σε κάθε όροφο, κατά προτίμηση στο λόμπι του ανελκυστήρα με την κεραία στα 1-2 μ. από την πόρτα του ανελκυστήρα (όπως φαίνεται στο

Σχήμα 3.22 α). Συχνά, αυτό το σχέδιο θα δουλεύει μια χαρά, ειδικά σε μικρά κτίρια με μόνο ένας τομέα/ κελί να καλύπτει το κτίριο. Για μεγαλύτερα κτίρια με περισσότερους τομείς θα πρέπει να είστε προσεκτικοί με αυτή την προσέγγιση, και να είστε βέβαιοι να μην δημιουργηθεί μια ζώνη επιστροφής μέσα στον ανελκυστήρα.

Η κατάσταση αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.23 (α), όπου το δυναμικό πρόβλημα είναι προφανές. Η ζώνη επιστροφής πρέπει να σχεδιαστεί ακριβώς έξω από το φρεάτιο του ανελκυστήρα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.22 β), προκειμένου να αποφευχθούν οι επιστροφές στο εσωτερικό του ανελκυστήρα, όταν αυτός κινείται με μεγάλη ταχύτητα.

Μερικά από τα πράγματα που μπορείτε να κάνετε, ώστε να καλύψετε πλήρως έναν ανελκυστήρα είναι:

- Να τοποθετήσετε κεραία μέσα στο φρεάτιο του ανελκυστήρα.
- Να τοποθετήσετε αναμεταδότες στον ανελκυστήρα.
- Να προσπαθήσετε ένα μόνο κελί να καλύπτει τον ανελκυστήρα.
- Να περιορίσετε την ΗΟ ζώνη, με τη χρήση παθητικών αναμεταδοτών.
- Να προσπαθήσετε οι ζώνες ΗΟ να μην υπερβαίνουν τα 2-3 s.



Σχήμα 3.23 Δύο τρόποι κάλυψης του ανελκυστήρα.

3.7 Συστήματα πολύ-διαχειριστών

Συχνά υπάρχει ανάγκη το εσωτερικό DAS να υποστηρίξει πολύ-διαχειριστικές διαμορφώσεις, όπου περισσότεροι από ένα χειριστή ή μια ζώνη μοιράζονται το ίδιο DAS. Αυτό τυπικά θα υπάρχει στην περίπτωση μεγάλων δημόσιων κτιρίων, αεροδρόμια, συνεδριακά κέντρα και σήραγγες, όπου υπάρχει ανάγκη για υψηλή χωρητικότητα και σε πολλές περιπτώσεις περισσότεροι από έναν τύπο ασύρματου συστήματος πάνω από το ίδιο DAS, GSM /DCS + UMTS.

Από οικονομική σκοπιά, υπάρχουν πολλά που πρέπει να σωθούν από τους χειριστές, εφόσον αυτοί μοιράζονται το DAS. Βλέποντας από την πλευρά του ιδιοκτήτη του κτιρίου, είναι προτιμότερο να έχετε μόνο ένα DAS, μια εγκατάσταση, ένα σύνολο κεραιών, ένα έργο για το συντονισμό και ένα δωμάτιο εξοπλισμού.

Για να συνδέσετε περισσότερους χειριστές στο ίδιο DAS, θα πρέπει να συνδυάσετε διάφορους σταθμούς βάσης, αναμεταδότες και ζώνες στο ίδιο σύστημα. Ο συνδυασμός των χειριστών και των ζωνών στο ίδιο DAS δεν είναι ένα ασήμαντο θέμα: θα πρέπει να δώσετε ιδιαίτερη προσοχή στα πολλά πιθανά προβλήματα, που μπορεί να υποβαθμίσουν την υπηρεσία, αν δεν είστε προσεκτικοί.

Η αρχή του ενεργητικού DAS, όπου η DL και η UL χωρίζονται στη διασύνδεση με την κύρια μονάδα, καθώς και απαιτούνται τα χαμηλά επίπεδα ισχύος στην είσοδο (συνήθως λιγότερο από 10 dBm), θα διευκολύνει τις απαιτήσεις και το σχεδιασμό του συνδυασμού. Σε περίπτωση που εξετάζετε ένα παθητικό DAS σαν μια πολύ-διαχειριστική λύση, τότε ο συνδυασμός γίνεται ένα ζήτημα. Να είναι προσεκτικοί όταν συνδυάζετε πολλούς χειριστές ή ζώνες σε υψηλή ισχύ με χρήση πολλών μεταφορέων. Αυτό δίνει προοπτική για μερικά πραγματικά μεγάλα προβλήματα. Ωστόσο, αν επιλέξετε υψηλής ποιότητας εξαρτήματα και προσεκτικό σχεδιασμό, κατά προτίμηση χρησιμοποιώντας ένα κοίλον φιλτραρισμένο σύστημα συντονισμένο στις επιμέρους ζώνες, θα επιτύχετε.

Σε πολλές περιπτώσεις οι πολύ-διαχειριστικές λύσεις θα εγκατασταθούν σε μεγάλα κτίρια, αεροδρόμια, ξενοδοχεία και εμπορικά κέντρα. Ως εκ τούτου, το ενεργητικό DAS είναι συνήθως η προτιμώμενη επιλογή, λόγω της βελτιωμένης επίδοσης στις υπηρεσίες δεδομένων και την ευκολία εγκατάστασης και εποπτείας.

3.7.1 Συμβατότητα πολύ-διαχειριστικών DAS λύσεων

Υπάρχουν σημαντικές RF παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό πολύ-διαχειριστικών DAS, τις οποίες αν λάβετε σοβαρά υπόψη, τότε σίγουρα θα επιτύχετε. Αυτές οι παράμετροι είναι οι εξής:

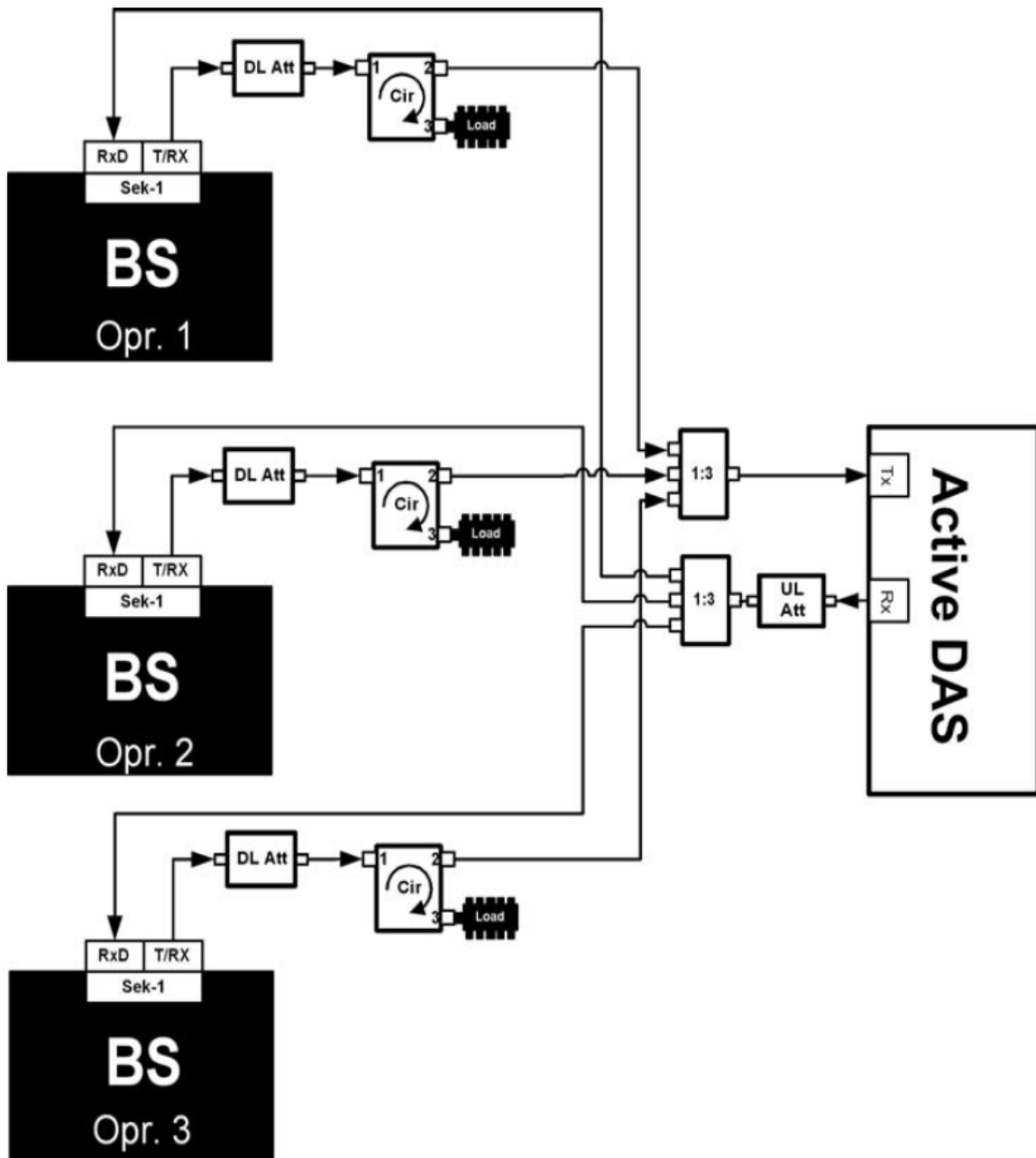
- Η απομόνωση Rx/Tx
- Η απώλεια επιστροφής
- Η απομόνωση εσωτερικών ζωνών
- Η παθητική ενδο-διαμόρφωση

3.7.2 Το σύστημα σύμπλεξης

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να συνδυάσετε χειριστές και ζώνες στο ίδιο DAS, από την κατασκευή δικού σας συνδυαστή χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία ευρείας ζώνης (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.24), μέχρι τους κυκλικούς συμπλέκτες φιλτραρίσματος με συντονισμένα φίλτρα στη συγκεκριμένη ζώνη UL/DL του καθενός χειριστή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.24).

Το ευρυζωνικό σύστημα στο Σχήμα 3.24 είναι ιδανικό για χρήση, όταν συνδυάζονται σήματα χαμηλής ισχύος σε ένα ενεργητικό DAS. Σημειώστε ότι ο downlink εξασθενητής, που χρησιμοποιήθηκε για την ισοπέδωση του σήματος downlink σήματος στη σωστή τιμή της εισόδου στο ενεργητικό DAS, εγκαθίσταται πριν από τον κυκλοφορητή. Οι πρότυποι εξασθενητές έχουν μάλλον κακή PIM απόδοση 120-140 dBc: επομένως, συνιστάται να χρησιμοποιήσετε ένα χαμηλής-PIM καλώδιο εξασθενητή. Αυτό θα διατηρήσει τα επίπεδα ισχύος στον κυκλοφορητή στο ελάχιστο, ελαχιστοποιώντας έτσι τις δυνατότητες PIM στον κυκλοφορητή. Σημειώστε ότι αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιείται για ένα ενεργητικό DAS, όπου η απαραίτητη downlink ισχύ στην είσοδο προς την κύρια μονάδα είναι περίπου 5 dBm. Ως εκ τούτου, η χαμηλής ισχύος σταθμοί βάσης χρησιμοποιούνται με περίπου 30 dBm ισχύ εξόδου.

Ο εθιμοτυπικός συντονισμένος συμπλέκτης στο Σχήμα 3.24, συνήθως θα λειτουργήσει πολύ καλύτερα. Αυτός ο συμπλέκτης πρέπει να έχει χαμηλή PIM και υψηλή απομόνωση, ακόμη και σε υψηλή ισχύ, όταν χρησιμοποιείται συνήθως στο συνδυασμό συστημάτων υψηλής ισχύος σε ένα παθητικό DAS. Ο συμπλέκτης είναι συντονισμένος μεμονωμένα στις ειδικές ζώνες συχνοτήτων του κάθε χειριστή, και υπάρχει καλή απομόνωση χειριστή και ζώνης. Μόνο τα υψηλής ποιότητας συστατικά συνιστώνται για χρήση σε οποιοδήποτε σύστημα σύμπλεξης.



Σχήμα 3.24 Τρεις φορές συμπλέκονται με τη χρήση ξεχωριστών παθητικών συστατικών.

3.7.3 Ενδοδιαμορφωτική αλλοίωση

Όταν δύο ή περισσότερα σήματα αναμιγνύονται σε ένα μη γραμμικό στοιχείο, παθητικό ή ενεργητικό, θα παραχθούν άλλα σήματα ως προϊόν των δύο ή περισσοτέρων αρχικών σημάτων εισόδου. Η ενδοδιαμορφωτική αλλοίωση (IMD- Inter-modulation Distortion), θα εμφανιστεί σε ενισχυτές, όταν αυτοί βρίσκονται σε μη γραμμική λειτουργία. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να λειτουργούν πάντα οι ενισχυτές σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους,

καθώς και να διατηρούνται κάτω από ένα ορισμένο όριο, π.χ. ETSI -36 dBm σε GSM900. Βεβαιωθείτε ότι θα μείνετε εντός της γραμμικής λειτουργίας του ενισχυτή, και ότι ο ενισχυτής θα έχει γραμμική απόδοση με χαμηλή αλλοίωση. Αν ζορίσετε λειτουργικά τον ενισχυτή, μπορείτε να πάρετε μερικά dB μεγαλύτερης ισχύος εξόδου, αλλά η παρενέργεια θα είναι τα IMD προβλήματα που θα δημιουργήσουν παρεμβολές ενδοδιαμόρφωσης.

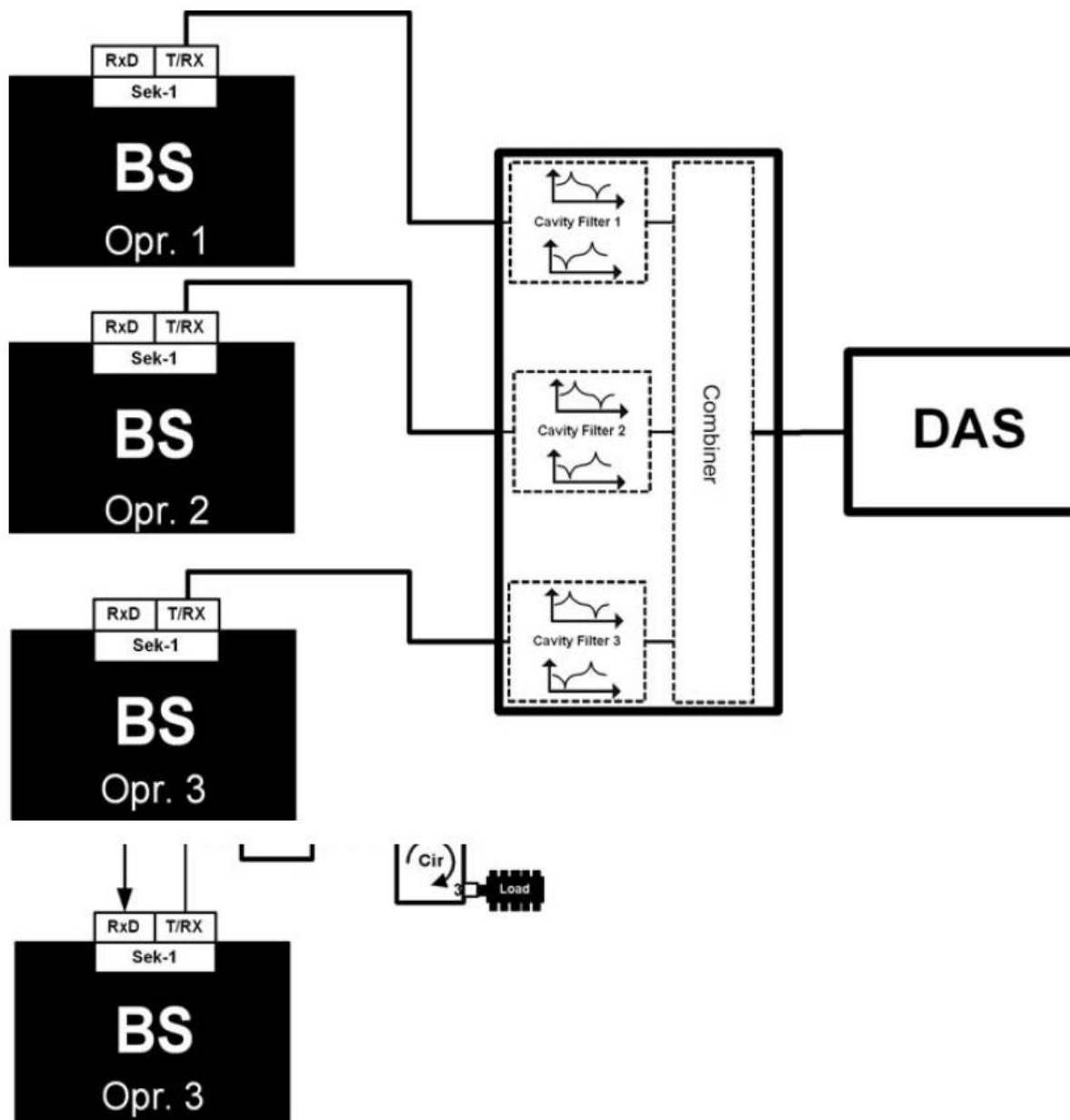
Τι είναι παρέμβαση η ενδοδιαμορφωτική αλλοίωση;

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες ενδοδιαμορφωτικής αλλοίωσης:

1. Παραγωγή IMD από το δέκτη: όταν δύο ή περισσότερα σήματα πομπού αναμιγνύονται στους RF ενισχυτές δεκτών.
2. Παραγωγή IMD από τους πομπούς: όταν ένα ή περισσότερα μεταδιδόμενα σήματα αναμιγνύονται σε μια γραμμική συνιστώσα, στον πομπό.
3. Παθητική IMD : συνήθως οι σχεδιαστές ραδιοδικτύων ενδιαφέρονται μόνο για τα προβλήματα ενδοδιαμόρφωσης που προκαλούνται από ενεργητικά συστατικά, όπως πομπούς, ενισχυτές και δέκτες. Ωστόσο, θα πρέπει να συνειδητοποιήσετε ότι τα παθητικά συστατικά, όπως καλώδια, διαχωριστές, κεραίες μπορούν να παράγουν επίσης ενδοδιαμόρφωση – παθητική ενδοδιαμόρφωση. Τυπικά η πηγή της PIM είναι η διασταύρωση μεταξύ των διαφόρων τύπων υλικών, ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι, όπου το καλώδιο συνδέεται με το συνδέτη. Η σύνδεση μεταξύ κάθε εσωτερικού ή εξωτερικού σημείου επικοινωνίας σε μια παθητική συνιστώσα μπορεί να δημιουργήσει PIM.

Η απόδοση PIM είναι συχνά η μεγάλη διαφορά μεταξύ της ποιότητας και του χαμηλού κόστους παθητικών συστατικών. Κανονικά τα καλά ποιοτικώς παθητικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των κεραιών, θα κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας το ίδιο υλικό βάσης, με λίγες μόνο ή καθόλου εσωτερικές συνδέσεις ή συναρμολογημένα τμήματα και με ένα υψηλό επίπεδο τεχνικής.

Το πρόβλημα PIM συχνά υποτιμάται, ειδικά κατά το σχεδιασμό παθητικών συστημάτων για μεγάλα, υψηλής χωρητικότητας παθητικά DAS, πολύ-διαχειριστικών λύσεων και λύσεων πολλαπλών ζωνών συχνοτήτων. Η συγκέντρωση της υψηλής ισχύος στο παθητικό DAS, ειδικά κοντά στους σταθμούς βάσης, μπορεί είναι υψηλή



Σχήμα 3.25 Τρεις φορείς με τη χρήση μια συνδυαστικής κοιλότητας.

3.7.4 Πώς να ελαχιστοποιήσετε τη PIM

Η παθητική ενδοδιαμόρφωσης συμβαίνει όταν δύο ή περισσότερα σήματα είναι παρόντα σε μια παθητική συσκευή (καλώδιο, υποδοχή, διακόπτης, κεραία, κλπ), και αυτή η συσκευή παρουσιάζει μία μη γραμμική απόκριση. Η μη γραμμικότητα συνήθως προκαλείται από ανόμοια μέταλλα, βρώμικες διασυνδέσεις ή άλλα ανοδικά ή διαβρωτικά στοιχεία. Οι κακές συνδέσεις είναι επίσης μία τυπική πηγή, και συχνά η επίδραση δεν φαίνεται σε χαμηλά επίπεδα ισχύος, αλλά αυξάνεται εκθετικά σε υψηλότερη επίπεδα ισχύος. Στη συνέχεια, η

παθητική συσκευή αρχίζει να ενεργεί σαν ένα μίξερ συχνότητας με ένα τοπικό ταλαντωτή και μια είσοδο RF, δημιουργώντας τα δικά της ανεπιθύμητα σήματα.

Υπάρχουν ορισμένοι κανόνες για το πώς να σχεδιάσετε για χαμηλή PIM:

- Όλα τα παθητικά στοιχεία πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές των -155 dBc στα 2x20 W.
- Οι απορροφητές καλωδίων πρέπει να χρησιμοποιούνται ως τερματικά.
- Θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο 7/16 τύπος συνδετών.
- Όλοι οι συνδέτες θα πρέπει να ενισχυθούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές, με τη σωστή ροπή στρέψης και τα σωστά εργαλεία.
- Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα καλώδια χαμηλής PIM, με όλους τους συνδέτες πλήρως συγκολλημένους.
- Είναι ζωτικής σημασίας να διατηρηθεί η πειθαρχημένη τοποθέτηση των συνδετών στο καλώδιο.
- Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εργαλεία, καλώδια και συνδέτες που ταιριάζουν και είναι από τον ίδιο κατασκευαστή.
- Η σωστή εγκατάσταση σημαίνει :
 - Δεν υπάρχουν χαλαρά καλώδια.
 - Δεν υπάρχει μηχανική καταπόνηση στα RF μέρη.
 - Όλα οι RF διασυνδέσεις καθαρίζονται, όπως συνιστά κατασκευαστής.

3.7.5 IMD προϊόντα

Οι συχνότητες που παράγονται από την ενδοδιαμόρφωση μπορούν να βρεθούν με μαθηματικούς υπολογισμούς των επιδόσεων των γραμμικών κυκλωμάτων (όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3). Η ορολογία που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα IMD προϊόντα κατατάσσει τη σειρά τους ως δεύτερης τάξης, τρίτης τάξης, τέταρτης τάξης, κλπ.

Οι συχνότητες που δημιουργούνται υπολογίζονται ως το άθροισμα ή οι διαφορές μεταξύ αυτών των IMD προϊόντων (όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3). Θεωρητικά δεν υπάρχουν όρια στον αριθμό τους: ωστόσο, συνήθως μόνο λίγα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές συνέπειες.

Η κύρια ανησυχία σε λύσεις εσωτερικών DAS είναι το IM3 προϊόν, και θα πρέπει να προσπαθήσετε να ελαχιστοποιήσετε αυτό το πρόβλημα.

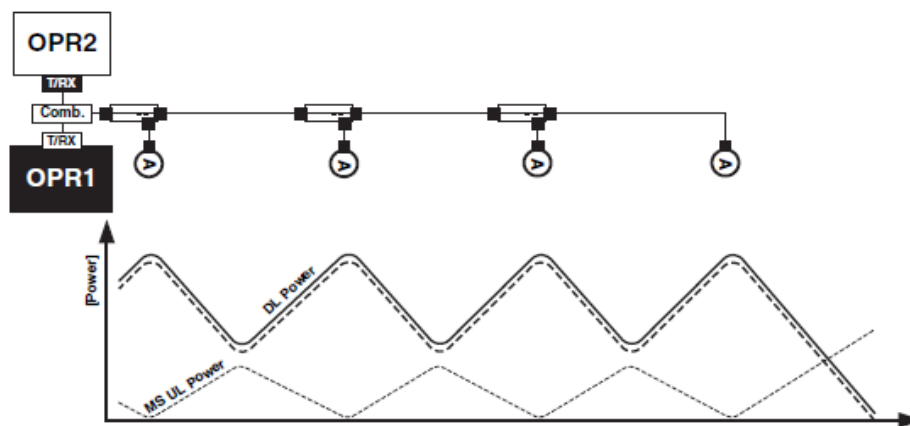
$$2f_1 + f_2, 2f_1 - f_2$$

Πίνακας 3.3 Τα συστατικά και τα αποτελέσματα της ενδοδιαμόρφωσης.

| Inter-modulation class | Result |
|------------------------|---------------------|
| Second order | $f_1 + f_2$ |
| 2 CH | $f_1 - f_2$ |
| | $2f_1$ |
| | $2f_2$ |
| Third order | $2f_1 + f_2$ |
| 2 CH | $2f_1 - f_2$ |
| | $f_1 + 2f_2$ |
| | $2f_2 - f_1$ |
| Third order | $f_1 + f_2 - f_3$ |
| 3 CH | $f_1 + f_3 - f_2$ |
| | $f_2 + f_3 - f_1$ |
| Fifth order | $3f_2 - 2f_1$ |
| 2 CH | $3f_1 - 2f_2$ |
| Fifth order | $2f_1 + f_2 - 2f_3$ |
| 3 CH | $f_1 + 2f_2 - 2f_3$ |
| | $2f_1 + f_3 - 2f_2$ |
| | $f_1 + 2f_3 - 2f_2$ |
| | $2f_2 + f_3 - 2f_1$ |
| | $2f_2 + f_3 - 2f_1$ |
| Seventh order | $4f_1 - 3f_2$ |
| 2 CH | $4f_2 - 3f_1$ |
| 7th order | $3f_1 + f_2 - 3f_3$ |
| 3 CH | $f_1 + 3f_2 - 3f_3$ |
| | $3f_2 + f_3 - 3f_1$ |
| | $3f_3 + f_2 - 3f_1$ |

3.8 Πολύ-διαχειριστικές απαιτήσεις

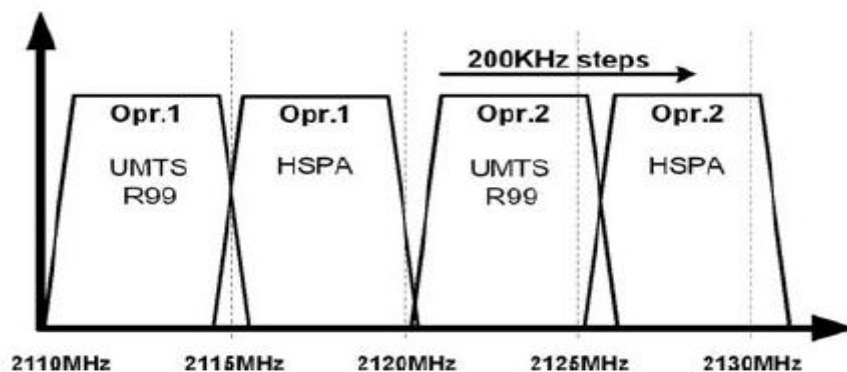
Η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού μιας πολύ-διαχειριστικής λύσης συχνά υποτιμάται. Για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και τη λειτουργία μιας πολύ-διαχειριστικής λύσης χρειάζεται να δώσετε σημασία σε πολλά περισσότερα από ότι μόνο στα RF σχεδιαστικά ζητήματα. Συνιστάται ιδιαίτερα ότι όλοι οι φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας σε κάθε χώρα ή περιοχή θα πρέπει να υπόκεινται σε ένα αμοιβαίο αποδεκτό έγγραφο, που καθορίζει όλες τις παραμέτρους, τις διεπαφές και τα θέματα σε σχέση τις πολύ-διαχειριστικές DAS λύσεις.



Σχήμα 3.26 Κανένα παρακείμενο πρόβλημα παρεμβολών σε ένα κτίριο με δύο διαχειρίστες στα ίδια DAS συστήματα.

Συχνά οι RF σχεδιαστές επικεντρώνονται μόνο στο σχεδιασμό RF και στη συνέχεια προχωρούν με το έργο. Ωστόσο, δαπανηρά λάθη και λάθη εξευτελιστικών επιδόσεων μπορούν να αποφευχθούν αν σχεδιάζετε πάντα ένα βήμα μπροστά και δώσετε προσοχή στην όλη διαδικασία. Συνιστάται να προετοιμάσετε, να αναπτύξετε και καταλήξετε σε μια πολύ-διαχειριστική συμφωνία, προτού αποφασίσετε να εξελίξετε το πρώτο πολύ-διαχειριστικό έργο.

Υπάρχουν πολλά θέματα, τεχνικά, πολιτικά και νομικά, που θα πρέπει να διευκρινιστούν στο πλαίσιο της διαδικασίας κατάρτισης της σύμβασης σε πολύ-διαχειρισμούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αξίζει η πρόσληψη ενός ουδέτερου συμβούλου, ο οποίος θα βοηθήσει τους επιχειρηματίες με αυτή τη συμφωνία. Συμβιβασμοί μερικές φορές πρέπει να γίνονται, και μπορεί να είναι πολύ πιο εύκολο για έναν ανεξάρτητο σύμβουλο να τα βγάλει πέρα και να έρθει σε μια αμοιβαία συμφωνία και σε ένα συμβιβασμό.



Σχήμα 3.27 Οι φορείς εκμετάλλευσης θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν την WCDMA συχνοτήτων τους, ώστε να λύσουν το πρόβλημα ACIR.

3.8.1 Πολύ-διαχειριστική συμφωνία

Το έγγραφο της πολύ-διαχειριστικής συμφωνίας (MOA- multioperator agreement) πρέπει να συμφωνηθεί και να καλύπτει όλες τις πτυχές της διαδικασίας και της διάρκειας ζωής του συστήματος DAS. Πρέπει να υπάρχουν σαφείς ορισμοί όλων των πτυχών του έργου, συμπεριλαμβανομένης της τεχνικής, της διοικητικής μέριμνας, της εγκατάσταση και των νομικών πτυχών.

Η MOA θα πρέπει ιδανικά να είναι ένα γενικό έγγραφο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλα τα έργα στο μέλλον και να ενημερώνεται και να προσαρμόζεται συνεχώς. Σαφείς ευθύνες θα πρέπει να καθορίζονται για το σύνολο των πτυχών του έργου. Πρέπει να είναι ακριβής, κατά προτίμηση να περιέχει το πρότυπο έγγραφο, το οποίο χειρίζεται και ελέγχει τη διαδικασία. Ο καλύτερος τρόπος για να χειριστείτε οποιαδήποτε MOA του έργου είναι να καθορίσετε τη MOA πριν γίνει οτιδήποτε άλλο.

3.8.2 Φορείς που εμπλέκονται στο έργο εσωτερικών χώρων

Εμείς, οι RF σχεδιαστές, θέλαμε να πιστεύουμε ότι το συνολικό έργο εσωτερικών χώρων γύρω μας. Στην πραγματικότητα, πολλά άλλα σημαντικά πρόσωπα και υπηρεσίες εμπλέκονται, εσωτερικά σε κάθε τομέα, αλλά και εξωτερικοί φορείς. Εδώ είναι μερικά παραδείγματα των φορέων που εμπλέκονται στο τυπικό έργο:

- Ο ιδιοκτήτης του κτιρίου, καθώς επίσης και ο αρχιτέκτονας του κτιρίου.
- Ο τοπικός σύμβουλος ή το προσωπικό που είναι υπεύθυνο για την περιοχή.
- Οι σχεδιαστές ραδιοδικτύων από όλους τους τομείς.
- Τα τοπικά στελέχη από όλους τους τομείς.

- Οι κυνηγοί ιστοσελίδων.
- Οι σχεδιαστές μεταφορέων.
- Οι σχεδιαστές παραμέτρων.
- Οι υπηρεσίες για τις αγορές εξοπλισμού.
- Οι ομάδες προμήθειας.
- Οι εργολάβοι και οι εγκαταστάτες.
- Η ομάδα βελτιστοποίησης.
- Η ομάδα λειτουργίας και συντήρησης.

3.8.3 Οι σημαντικότερες πτυχές που πρέπει να καλυφθούν στη ΜΟΑ

Τα έργα για εσωτερικά DAS είναι πολύπλοκα και υπάρχουν πολλοί παράμετροι και πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Προφανώς υπάρχει πολύ επικέντρωση σε όλες τις παραμέτρους των ραδιοδικτύων, αλλά και πολλοί άλλοι παράμετροι και ζητήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την λειτουργία ενός πολύ-διαχειριστικού συστήματος. Εδώ είναι μερικά παραδείγματα από τις πιο σημαντικές πτυχές

Η προδιαγραφή σχεδιασμού ραδιοδικτύων

Αυτή είναι η βάση του σχεδιασμού. Είναι πολύ σημαντικό να είναι απολύτως ξεκάθαρη στις RF προδιαγραφές:

- RF επίπεδα σχεδιασμού – το UL και DL επίπεδο και την ποιότητα ή BER των επιπέδων.
- Επίπεδα παροχής δεδομένων – οι DL και UL ταχύτητες και η EDGE και το HSPA.
- Τα επίπεδα θορύβου – η UL ισχύς θορύβου και το DL επίπεδο θορύβου.
- Η καθυστέρηση - η μέγιστη επιτρεπόμενη καθυστέρηση του συστήματος, από τερματικό σε τερματικό.
- Οι διαφοροποιημένοι στόχοι του σχεδιασμού - ειδικά επίπεδα σχεδιασμού σε συγκεκριμένους τομείς.
- Ο συνδετικός προϋπολογισμών - πρέπει να τεκμηριώνεται πλήρως ο προϋπολογισμός ζεύξης για όλες τις υπηρεσίες, σε όλες τις ζώνες.
- Γενικές κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού - άλλες , εκτός από τις RF παραμέτρους σχεδιασμού.

- Πλεονεκτήματα απόδοσης των χρησιμοποιημένων εξαρτημάτων του DAS – οι PIM προδιαγραφές, η ισχύ και οι τύποι εγκρίσεων.
- Οι ζώνες επιστροφής – το μέγεθος HO ζώνης και η ταχύτητα κυκλοφορίας, καθώς και οι GSM ή οι UMTS ζώνες.
- Η χωρητικότητα - τον αριθμό των καναλιών που απαιτούνται για τις απαιτήσεις φωνής και δεδομένων.
- Η μέγιστη ισχύς εκπομπής της downlink ζεύξης στην κεραία DAS - για να αποφευχθούν κοντινά προβλήματα, ειδικά για το UMTS και το HSPA.

Συνυπαρξιακοί παράμετροι

Είναι σημαντικό να εξασφαλίσετε συμβατότητα μεταξύ όλων των φορέων και των ραδιοδικτυακών υπηρεσιών, και να βεβαιωθείτε ότι οι ραδιοδικτυακές υπηρεσίες μπορούν να συνυπάρχουν στο ίδιο DAS, χωρίς καμία υποβάθμιση των υπηρεσιών οποιαδήποτε ραδιοδικτυακής υπηρεσίας .

- RF ενδεδειγμένες προδιαγραφές – το είδος των συνδέσμων, τα επίπεδα ισχύος και η απομόνωση μεταξύ των ζωνών και μεταξύ των φορέων.
- Βελτιστοποίηση ενδοδιαμόρφωσης - περιορισμοί συχνότητας, παρασιτικές εκπομπές και ETSI και άλλες απαιτήσεις.
- Δημόσιες οδηγίες ασφάλειας από την ακτινοβολία (EMR) – ο WHO/ICNIRP και τα τοπικά όρια.
- Ζητήματα συνύπαρξης με άλλους εξοπλισμούς – η EMC και RFI συμμόρφωση.
- Διαρροή από το κτίριο.

Το μέλλον του εσωτερικού DAS

Θα πρέπει να εξετάσουμε το αναμενόμενο μέλλον του κτιρίου και του DAS έργου. Πρέπει να είστε βέβαιοι στο να καθορίσετε πώς θα αντιδράσετε σε τυχόν αλλαγές στο DAS:

- Μελλοντικές αναβαθμίσεις - περισσότερους τομείς, χωρητικότητα, πώς και πότε οι νέες υπηρεσίες προστίθενται στο DAS, 3G, 3.5G, WiMAX, κλπ.
- Σύνδεση νέων φορέων στο DAS στο μέλλον - νομικά ζητήματα και προσαρμογή του συνδετικού προϋπολογισμού.

- Αποσύνδεση από το DAS - πώς αυτή αντιμετωπίζεται, αν ένας επιχειρηματίας θέλει να αποσυνδέσει.
- Η διακοπή του DAS - πώς αντιμετωπίζεται, όταν το DAS πρέπει να αφαιρεθεί.

Επιμελητεία

Σαφής καθορισμός του ποιος είναι υπεύθυνος για το έργο είναι πολύ σημαντικός. Τα έγγραφα συμφωνιών μεταξύ των κυρίων βασικών υπευθύνων θα βοηθήσουν στην επίλυση τυχόν παρεξηγήσεων σχετικά με την ευθύνη για το μέλλον:

- Ευθύνη δικτύου - όλα τα μέρη που περιλαμβάνονται.
- Επιλογή συστήματος DAS – ο πωλητής και ο προμηθευτής, καθώς και η αίτηση για τη διαδικασία προσφοράς.
- Επιλογή και πιστοποίηση των εγκαταστατών - εκπαίδευση, απαιτήσεις από τα εργαλεία και η πιστοποίηση.
- Νομική συμφωνία και συμβόλαια - μεταξύ των φορέων, μεταξύ φορέων και ιδιοκτήτη του κτιρίου, μεταξύ φορέων και εγκαταστάτη ή προμηθευτή DAS, σχετικά με το ποιος κατέχει τα θέματα ασφάλισης DAS.
- Τεκμηρίωση - προσδιορίζει τη λειτουργία, την είσοδο και έξοδο όλων των εγγράφων, τον έλεγχο της τεκμηρίωσης και τον εντοπισμό ενημερώσεων.
- Οδηγίες εγκατάστασης – κτιριακός κωδικός και επιβραδύνσεις φωτιάς.
- Σχέδιο υλοποίησης.
- Αποδοχή δοκιμών και μετρήσεων - μέθοδος δοκιμών και λειτουργιών.
- Να είστε βέβαιοι στο να καθορίσετε πώς και ποιος φροντίζει για τη συντήρηση του DAS στο μέλλον – πρόσβαση, παρακολούθηση συναγερμού, ανταλλακτικά, συμφωνία λειτουργίας και συντήρησης σε επίπεδο υπηρεσιών.

4. Ο συνδετικός προϋπολογισμός

Ο συνδετικός προϋπολογισμός (LB- Link Budget) είναι ο θεμελιώδης υπολογισμός για το σχεδιασμό οποιουδήποτε RF δεσμού μεταξύ του πομπού (TX- transmitter) και του δέκτη (Rx- receiver). Σε αμφίδρομους υπολογισμούς στην πραγματικότητα έχουμε δύο υπολογισμούς LB, έναν για το DL και έναν για το UL.

Το αποτέλεσμα των υπολογισμών του συνδετικού προϋπολογισμού είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια διαδρομής (APL- A Programming Language) από το σταθμό βάσης στο κινητό, όσον αφορά το κατέβασμα δεδομένων και τη μέγιστη επιτρεπόμενη συνδετική απώλεια σχετικά με την ανάστροφη σύνδεση και από τον κινητό προς τον σταθμό βάσης στη ανερχόμενη ζεύξη. Θα πρέπει να περιλαμβάνεται όλη η εξασθένηση και τα κέρδη της διαδρομής του σήματος από άκρο σε άκρο από το TX στο Rx, η εξασθένηση λόγω της απόστασης, προσθέτοντας την απώλεια ακαταστασίας του περιβάλλοντος, και τα κέρδη της εξασθένησης του καλωδίου της κεραίας. Θα πρέπει επίσης να προβλεφθεί ένα περιθώριο ασφαλείας το οποίο θα παρέχει μια δεδομένη πιθανότητα του επιθυμητού σήματος, αντιπροσωπεύοντας τα ελλείποντα περιθώρια και τις ζημιές του σώματος.

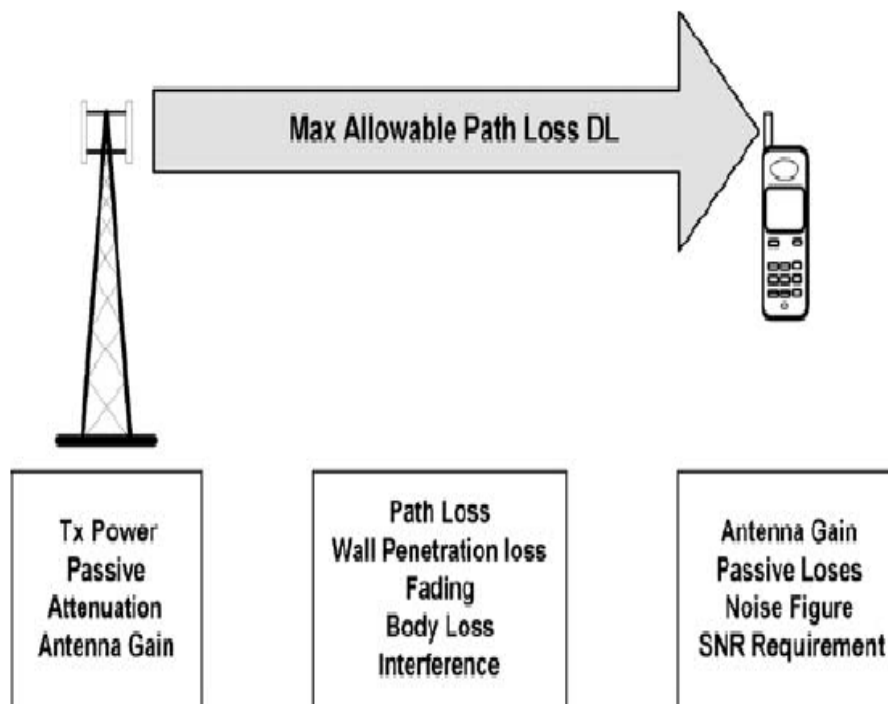
Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος διανομής που σχεδιάζεται, υπάρχουν διάφορες παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό του συνδετικού προϋπολογισμού. Με βάση αυτές τις παραμέτρους για το DAS , η απαίτηση της ραδιοδικτυακής υπηρεσίας, και η επίδραση του θορύβου από τις υπάρχουσες πηγές σήματος που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα ή το κανάλι, θα πρέπει να υπολογιστεί ο συνδετικός προϋπολογισμός για τις δύο συνδέσεις, την uplink και την downlink, για να προσδιοριστεί το εύρος λειτουργίας του συστήματος και στις δύο κατευθύνσεις. Ο συνδετικός προϋπολογισμός (LB – Link Budget) για το συγκεκριμένο εύρος ραδιοδικτυακής υπηρεσίας μπορεί να είναι περιορισμένος είτε για UL ή για DL: αυτό θα εξαρτάται από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τους συνδέσμους. Ένα κελί μπορεί να είναι downlink περιορισμένο για έναν τύπο υπηρεσιών, και το ίδιο κελί μπορεί να είναι uplink περιορισμένο για μια άλλη υπηρεσία (προφίλ εξυπηρέτησης).

4.1 Τα συστατικά και υπολογισμοί του συνδέσμου RF

Ας προσπαθήσουμε να ξεχωρίσουμε τον LB και να ρίξουμε μια ματιά στις πιο σημαντικές παραμέτρους. Ο πιο απλός υπολογισμός LB είναι, κατ'αρχήν, όπως ο παρακάτω:

$Rx \text{ επίπεδο (dBm)} = Tx \text{ ενέργειας (dBm)} - \text{εξασθένηση καλωδίου (dB)} - \text{απώλειες διάδοσης} + \text{κέρδος της κεραίας (dB)}$

Ωστόσο, ο πραγματικός LB για GSM και UMTS είναι πιο περίπλοκος, έτσι θα πρέπει να διαχωριστεί ο υπολογισμός του σε περισσότερες λεπτομέρειες.



Σχήμα 4.1 Οι αρχές του LB (DL).

4.1.1 Η μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια διαδρομής

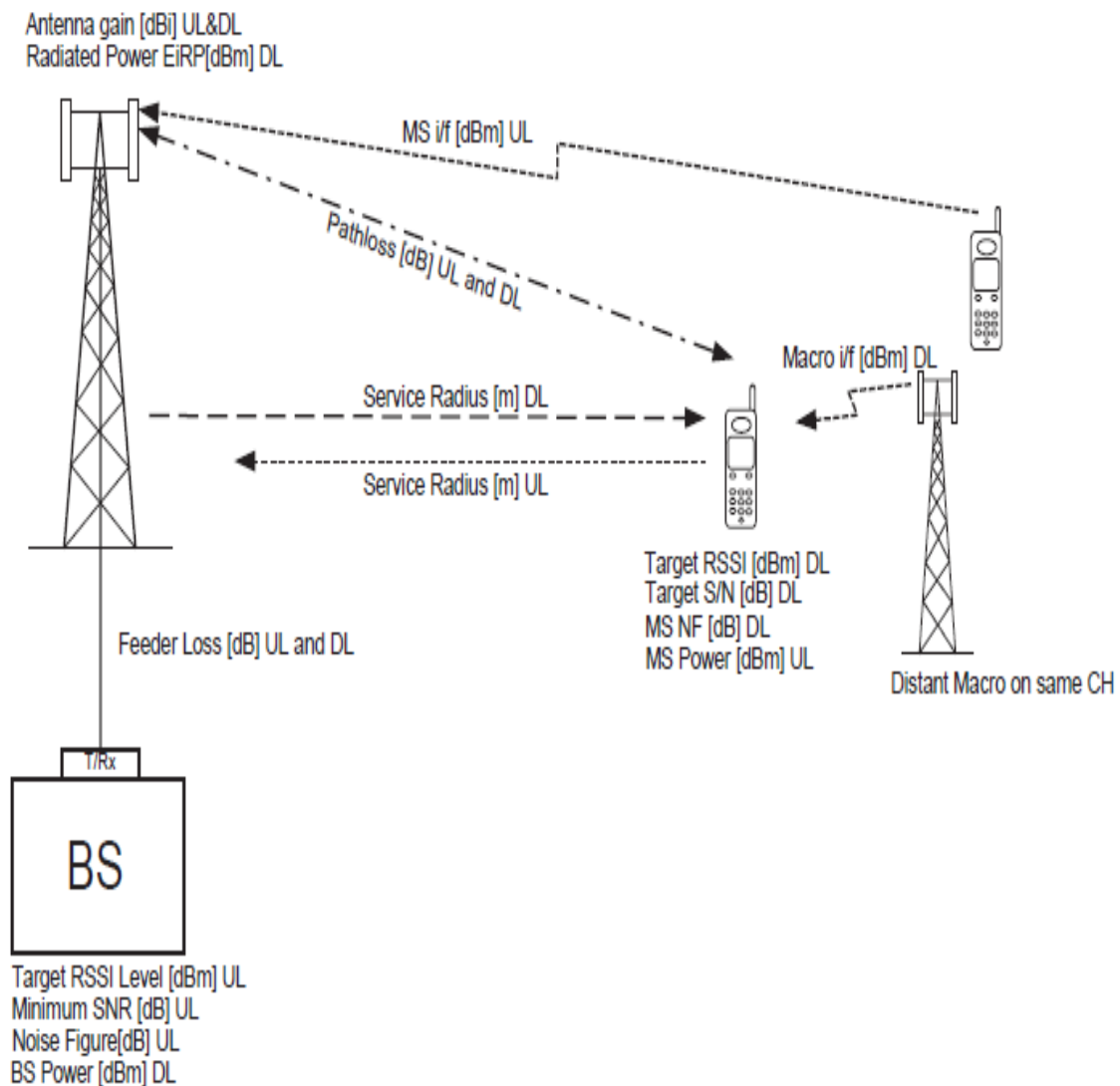
Ο βασικός σκοπός της διαμόρφωσης του LB είναι να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διαδρομής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Αφού έχει υπολογιστεί το APL, μπορεί πλέον να υπολογιστεί ο τομέας των υπηρεσιών και η ακτίνα εξυπηρέτησης που θα χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση της κεραίας στο κτίριο.

Σημειωτέον ότι το παράδειγμα στο σχήμα 4.1 είναι μάλλον απλουστευμένο, και απλώς δείχνει μερικούς από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό του LB. Αυτό το απλοποιημένο παράδειγμα δείχνει μόνο την downlink ζεύξη, αλλά τόσο αυτή η ζεύξη όσο και η uplink APL πρέπει να υπολογίζονται, για όλες τις υπηρεσίες σχετικά με την DAS.

4.1.2 Τα συστατικά του συνδυαστικού προϋπολογισμού

Για να γίνουν κατανοητές οι λεπτομέρειες του LB για το σχεδιασμό εσωτερικών χώρων DAS, θα πρέπει να ξεχωριστούν όλες οι διάφορες συνιστώσες των κερδών και των ζημιών. Στη συνέχεια, θα μπορεί κάποιος να καταλάβει πώς οι διάφορες παράμετροι αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν τον υπολογισμό του LB.

Τα στοιχεία του βασικού LB φαίνονται στο Σχήμα 4.2. Για να είναι κάποιος σε θέση να κάνει μια λεπτομερή ανάλυση, θα πρέπει να ρίξει μια ματιά στα διάφορα στοιχεία του υπολογισμού του LB, όπως αυτά διακρίνονται βασικά στον Πίνακα 4.1, ένα προς ένα (τα σύμβολα από τον πίνακα 8.1 ορίζονται παρακάτω).



Σχήμα 4.2 Τα στοιχεία του LB.

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα LB, GSM downlink (GSM900)

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|-----|----------|-------|------------------------------------|
| <i>BS transmitter</i> | | | | | |
| BS Tx power | 40 | dBm | <i>a</i> | Input | |
| Feeder loss | 35 | dB | <i>b</i> | Input | |
| BS antenna gain | 2 | dBi | <i>c</i> | Input | |
| EiRP | 7 | dBm | <i>d</i> | | $a - b + c$ |
| <i>MS receiver</i> | | | | | |
| MS antenna gain | 0 | dBi | <i>e</i> | | |
| MS noise figure | 8 | dB | <i>f</i> | | GSM type, 8 dB; UMTS type, 7 dB |
| MS noise floor | -113 | dBm | <i>g</i> | | |
| Thermal noise floor | -121 | dBm | <i>h</i> | | GSM = -121 dBm, UMTS = -108 dBm |
| Interference | -120 | dBm | <i>i</i> | | |
| Service SNR requirement | 9 | dB | <i>j</i> | | Signal-to-noise demand |
| Mobile sensitivity | -103.2 | dBm | <i>k</i> | | |
| <i>The RF channel</i> | | | | | |
| Log-normal shadow fading | 10 | dB | <i>l</i> | | |
| Multipath fading margin | 6 | dB | <i>m</i> | | |
| Body loss | 3 | dB | <i>n</i> | | |
| Total margin | 19 | dB | <i>o</i> | | $l + m + n$ |
| Rx minimum level | -84.2 | dBm | <i>p</i> | | $k + o$ |
| Maximum allowable path loss | 91.2 | dB | <i>q</i> | | $d - p$ |
| Service radius from antenna | 35 | m | <i>r</i> | | Example based on PLS 38.5 |

1. η BS ισχύ (dBm): αυτή είναι η RF ισχύ που δημιουργείται από τον σταθμό βάσης, στην κεραία σύνδεσης της εξόδου της ράβδου του σταθμού βάσης.
2. η απώλεια του τροφοδότη (dB): αυτή είναι η εξασθένιση του ομοαξονικού καλωδίου από το BS προς την κεραία. Η απώλεια είναι συμμετρική για την UL και DL.
3. το BS κέρδος της κεραίας (dBi): αυτό είναι το κέρδος της κεραίας (κατευθυντικότητα) της κεραίας του BS.
4. EiRp (dBm): ισότροπη ακτινοβολούμενη ισχύς - αυτή είναι η εκπεμπόμενη ισχύς από την κεραία του σταθμού βάσης. Είναι η απώλεια τροφοδοσίας ρεύματος του BS και η απολαβή της κεραίας.
5. το κέρδος της κεραίας (dBi) του MS: η κινητή τερματική κεραία έχει ένα κέρδος που πρέπει να περιλαμβάνεται στο LB. Αυτό το κέρδος της κεραίας μπορεί στην πραγματικότητα να είναι αρνητικό. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μετρήσεις που δείχνουν το κέρδος για τους διάφορους τύπους των κινητών τηλεφώνων. Μερικές από αυτές τις μετρήσεις δείχνουν κινητά με κέρδος κεραίας κάτω από 7 dBi.

6. η εικόνα του θορύβου του MS, dB: οι ενισχυτές και τα ηλεκτρονικά μέσα σε ένα δέκτη θα παράγουν θόρυβο. Η σχετική ισχύς του συγκεκριμένου θορύβου ορίζεται ως το ποσοστό θορύβου. Αυτός ο NF μαζί με το θερμικό επιδαπέδιο θόρυβο θα καθορίσουν το σημείο αναφοράς για τον επιδαπέδιο θόρυβο στο MS.

7. ο MS επιδαπέδιος θόρυβος: ως παράδειγμα, σκεφτείτε ένα τυπικό GSM MS με NF 8 dB. Εσείς απλά προσθέστε το NF στο θερμικό θόρυβο για τον υπολογισμό του επιδαπέδιου θορύβου στο MS.

$$\text{Επιδαπέδιος θόρυβος} = \text{ισχύς θορύβου στο 1 Hz} + \text{NF} + 10\log(\text{εύρος ζώνης})$$

$$\text{Επιδαπέδιος θόρυβος} = -174 \text{ dBm/Hz} + \text{NF} + 10\log(\text{εύρος ζώνης})$$

$$\text{Επιδαπέδιος θόρυβος} = -174 \text{ dBm/Hz} + 8\text{dB} + 10\log(200.000 \text{ Hz}) = -113 \text{ Dbm}$$

8. ο θερμικός επιδαπέδιος θόρυβος (dBm): ανάλογα με το λειτουργικό εύρος ζώνης του ραδιοδικτυακού καναλιού, θα υπάρξουν ορισμένος θερμικός επιδαπέδιος θόρυβος. Αυτή είναι μια φυσική σταθερά. Στο δωμάτιο με θερμοκρασία (17 C), η θερμικός θόρυβος ορίζεται ως εξής:

$$\text{Επιδαπέδιος θόρυβος} = -174 \text{ dBm/Hz} + 10\log(\text{εύρος ζώνης})$$

Οπότε σε GSM (200 kHz) ο θερμικός θόρυβος θα είναι:

$$\text{GSM} = -174 \text{ dBm/Hz} + 10\log(200.00 \text{ Hz}) = -121 \text{ dBm}$$

Για UMTS (3.84 Mc) θα είναι:

$$\text{UMTS} = -174 \text{ dBm/Hz} + 10 \log(3.840.000 \text{ Hz}) = -108 \text{ dBm}$$

9. οι παρεμβολές: ο παρεμβατικός σταθμός βάσης που μεταδίδει στον ίδιο φορέα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό. Αυτή η παρέμβαση θα προσθέσει στον επιδαπέδιο θόρυβο, αυξάνοντας την απαίτηση του σήματος να εκπληρώσει το SNR. Είναι πολύ σημαντικό να υπολογιστεί αυτή η παρεμβολή όταν γίνεται η LB. Ιδιαίτερα συνιστάται πάντα να εκτελείται μια μέτρηση (βλέπε τμήμα 3.2.2) του επιπέδου παρεμβολής που υπάρχει στο κτίριο, και να χρησιμοποιηθεί το αποτέλεσμα αυτής της μέτρησης κατά τον υπολογισμό του LB. Σε αυτό το παράδειγμα, η παρεμβολή έχει ρυθμιστεί σε 120 dBm (πολύ χαμηλή).

Αύξηση θορύβου στο UMTS

Στο UMTS πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η αύξηση του θορύβου που οφείλεται στο φορτίο κυκλοφορίας στα κελιά. Επομένως, με το 50% του φορτίου στο κελί πρέπει να προσθέσουμε 3 dB στην αύξηση του θορύβου.

10. οι απαιτήσεις της υπηρεσίας SNR (Signal to Noise Ratio- Αναλογία σήματος-θορύβου) (dB): για τη συγκεκριμένη υπηρεσία χρειάζεται να στηριχτεί η ποιότητα της ραδιοδικτυακής ζεύξης, από την άποψη της SNR. Αυτό είναι ο ορισμός του πόσο ισχυρό πρέπει να είναι το επίπεδο του λαμβανόμενου σήματος σε σχέση με τον επιδαπέδιο θόρυβο στο κανάλι, προκειμένου η RF υπηρεσία να λειτουργήσει. Αν έχουμε μια υπηρεσία που χρειάζεται 9 dB SNR (GSM φωνή), προκειμένου λειτουργήσει, το χαμηλότερο αποδεκτό σήμα θα πρέπει να είναι:

$$\text{Απαιτούμενο επίπεδο σήματος} = -113 \text{ dBm (MS επιδαπέδιος θόρυβος)} + 9 \text{ dB (απαίτηση υπηρεσίας)} = -104 \text{ dBm}$$

Η απαίτηση SNR σχετίζεται με το ρυθμό δεδομένων

Η κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει το επίπεδο των υπηρεσιών για την UL και DL δεν είναι το απόλυτο επίπεδο σήματος της ζεύξης, αλλά η ποιότητα της ζεύξης RF, το SNR. Για τις διάφορες υπηρεσίες θα υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις σχετικά με την ποιότητα της ζεύξης RF. Όσο υψηλότερες είναι οι απαιτήσεις της υπηρεσίας (ρυθμοί δεδομένων), τόσο καλύτερη πρέπει να είναι η σύνδεση RF. Για το λόγο αυτό τα υψηλότερα ποσοστά δεδομένων για UMTS και HSPA είναι πιο ευαίσθητα σε κάθε υποβάθμιση του εσωτερικού θορύβου DAS ή εξασθένηση του. Επομένως, θα πρέπει να ασφαλιστεί το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο θορύβου και εξασθένησης της DAS, προκειμένου να εκτελεστούν οι υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, και να ληφθεί μέριμνα για μελλοντικές υπηρεσίες δεδομένων.

UMTS

Για το σχεδιασμό UMTS θα πρέπει να καθοριστεί το επιθυμητό E_b/N_0 και να εφαρμοστεί επίσης το κέρδος επεξεργασίας της ραδιοδικτυακής υπηρεσίας.

Πίνακας 4.2 Κέρδος επεξεργασίας

Table 8.2 Processing gain

| User rate | Processing gain |
|-----------|-----------------|
| 12.2 kbps | 25 dB |
| 64 kbps | 18 dB |
| 128 kbps | 15 dB |
| 384 kbps | 10 dB |

$$\text{Processing gain} = \text{chip rate} / \text{user data rate}$$

$$\text{Processing gain} = 3.84 \text{ M} / \text{user rate (linear)}$$

$$\text{Processing gain} = 10 \log(3.84 \text{ M} / \text{user rate}) \text{ (dB)}$$

Χρησιμοποιώντας αυτούς τους τύπους μπορούμε να υπολογίσουμε το κέρδος επεξεργασίας της συγκεκριμένης υπηρεσίας UMTS δεδομένων όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.2.

Παραδείγματα

Κέρδος επεξεργασίας για την μετάδοση δεδομένων με υψηλή ταχύτητα, 384 kbps: $10 \log(3.84 \text{ Mcps} / 384 \text{ kb}) = 10 \text{ dB}$

Κέρδος επεξεργασίας για την ομιλία 12.2 kbps: $10 \log(3.84 \text{ Mcps} / 12.2 \text{ kbps}) = 25 \text{ dB}$

Η χρήση των ορθογωνίων εξαπλωμένων κωδικών και το κέρδος επεξεργασίας είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του UMTS / WCDMA, δίνοντας αντοχή στο σύστημα κατά της αυτο-παρεμβολής. Ο κύριος λόγος είναι ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων του λόγω της απόρριψης του θορύβου από άλλα κελιά/ χρήστες.

Όταν γνωρίζουμε την απαιτούμενη πυκνότητα ισχύος bit, E_b/N_0 (ενέργεια ανά bit/ θόρυβος) για τη συγκεκριμένη υπηρεσία (φωνή 12.2 kbps + 5dB, δεδομένα + 20 dB), είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την απαιτούμενη αναλογία σήματος- παρεμβολής.

Η φωνή σε 12,2 kbps χρειάζεται περίπου 5 dB εύρος ζώνης σήματος- παρεμβολή πλην του κέρδους επεξεργασίας, $5 - 25 \text{ dB} = -20 \text{ dB}$. Στην πράξη, η απολαβή επεξεργασίας σημαίνει ότι το σήμα για τη φωνητική κλήση μπορεί να είναι 20 dB χαμηλότερο από την παρέμβαση / θόρυβο, αλλά εξακολουθεί να αποκωδικοποιείται.

Κέρδος ομαλής επιστροφής (UMTS)

Σε παραδοσιακούς Macro LB θα περιληφθεί ένα κέρδος ομαλής απόδοσης, που τυπικά χρησιμοποιεί 3 dB. Αυτό συμβαίνει επειδή οι χρήστες στην άκρη του κελιού είναι σε λογισμική μεταπομπή, και η χρήση Macro ποικιλομορφίας θα βελτιώσει το σύνδεσμο. Ωστόσο, για εσωτερικούς UMTS σχεδιασμούς προτείνεται η μη χρήση κέρδους ομαλής επιστροφής στον LB. Θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι τομείς της ομαλής επιστροφής, ώστε να περιοριστεί το φορτίο επί του κόμβου B και του δικτύου.

GSM Παράδειγμα

Ο αντίκτυπος των προσφερόμενων υπηρεσιών δεδομένων σε ένα τυπικό εσωτερικό GSM900 σύστημα φαίνεται στον Πίνακα 4.3. Αυτό το παράδειγμα δείχνει πρώτα απ' όλα τη ζήτηση για το SNR και το C/I (κανάλι / παρεμβολές). Για φωνή GSM η ζήτηση είναι ένα ελάχιστο 9 dB C/I. Σε αυτό το παράδειγμα (ο download προϋπολογισμός στον Πίνακα 8.1), υπάρχει μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια συνδέσεων στο DL, προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες φωνής σε 97 dB. Επομένως, η συνολική απώλεια από τον σταθμό βάσης προς τον κινητό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 97 dB. Σε αυτό το περιβάλλον (μέτρια πυκνό γραφείο) που αντιστοιχεί σε περίπου 55 μ. (σημειωτέον ότι άλλοι παράμετροι παίζουν επίσης έναν σημαντικό ρόλο - η ευαισθησία του κινητού, ο θόρυβος του κινητού, το περιθώριο εξασθένησης, κλπ: όλες αυτές οι παράμετροι θα παρουσιαστούν αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο).

Πίνακας 4.3 Παραδείγματα GSM κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους για διάφορες υπηρεσιακές απαιτήσεις: Σημειωτέον ότι το επίπεδο σήματος σε αυτό το παράδειγμα είναι χωρίς παρεμβολές.

| LB example, GSM900 at 12 dBm EIRP, moderate dense office | | | | |
|--|-------------|-------------|--------|-----------|
| Service | Minimum C/I | Maximum APL | Radius | DL level |
| GSM voice | 9 dB | 97 dB | 55 m | -85.0 dBm |
| EDGE-MCS1 8.8 kbps | 9.5 dB | 96 dB | 53 m | -84.5 dBm |
| EDGE-MCS2 11.2 kbps | 12 dB | 94 dB | 46 m | -82.0 dBm |
| EDGE-MCS3 14.8 kbps | 16.5 dB | 89 dB | 35 m | -77.5 dBm |
| EDGE-MCS4 17.6 kbps | 21.5 dB | 84 dB | 26 m | -72.5 dBm |
| EDGE-MCS5 22.4 kbps | 14.5 dB | 91 dB | 39 m | -79.5 dBm |
| EDGE-MCS6 29.6 kbps | 17 dB | 89 dB | 34 m | -77.0 dBm |
| EDGE-MCS7 44.8 kbps | 23.5 dB | 82 dB | 23 m | -70.5 dBm |
| EDGE-MCS8 54.4 kbps | 29 dB | 77 dB | 16 m | -65.0 dBm |
| EDGE-MCS9 59.2 kbps | 32 dB | 74 dB | 14 m | -62.0 dBm |

Σε αυτή την περίπτωση, το επίπεδο που απαιτείται για DL για να παρεχθεί επαρκή στάθμη σήματος είναι 85 dBm. Ωστόσο, μπορεί κανείς να δει ότι η απαίτηση των υπηρεσιών για EDGE MCS9 (59,2 kbps) είναι 23 dB αυστηρότερη για C/I, με μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια διαδρομής 74 dB. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα επίπεδο υπηρεσίας - 62 dBm, ή τη μείωση του φάσματος των υπηρεσιών από την εσωτερική DAS κεραία από 55 μ. έως τη φωνητική υποστήριξη μόνο 14 μ. για την υποστήριξη EDGE-MCS9.

11. Κινητή ευαισθησία: οι παρεμβολές, δηλαδή σήματα που μεταδίδονται στην ίδια συχνότητα όπως και η υποστηριζόμενη υπηρεσία, θα απευαισθητοποιήσουν τον δέκτη στο κινητό.

Γνωρίζοντας ότι η παρεμβολή προέρχεται από άλλους σταθμούς βάσης χρησιμοποιώντας την ίδια DL συχνότητα (που μετράται με ένα δοκιμαστικό δέκτη, όπως περιγράφεται στην ενότητα 5.2.2), και γνωρίζοντας τη κινητή εικόνα θορύβου, το κέρδος της κεραίας κινητής τηλεφωνίας καθώς και την απαιτούμενη για το SNR συγκεκριμένη υπηρεσία, μπορεί να υπολογιστεί στη συνέχεια η ασύρματη ευαισθησία του δέκτη για τη συγκεκριμένη υπηρεσία:

$$\text{Rx sensitivity} = 10 \log(10^{i/f+THnoise}) + 10^{(MSNF+THnoise)/10} - \text{MS antenna gain} + \text{service Req.}$$

Σε αυτό το παράδειγμα, στον Πίνακα 4.1, η ευαισθησία MS υπολογίζεται σε 103,2 dBm,

Το ραδιοδικτυακό κανάλι

12 + 13, τα ξεθωριασμένα περιθώρια: σε κάθε RF περιβάλλον θα υπάρξει ξεθώριασμα λόγω των νέων ανακλάσεων και διαθλάσεων του σήματος RF. Πολλά βιβλία και εκθέσεις έχουν γραφτεί για το ξεθώριασμα περιθωρίων και το RF σχεδιασμό: αυτό είναι πέρα από το πεδίο αυτής της εργασίας. Τυπικά, σε περιβάλλοντα εσωτερικών χώρων θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα συνολικό ξεθώριασμα περιθωρίων περίπου 16-18 dB για να καλυφθεί πιθανότατα το 95% της περιοχής.

RF, DL Επίπεδο Σχεδιασμού

Αν συνεχίσουμε να υπολογίζουμε χρησιμοποιώντας το παράδειγμα από το Σχήμα 8.1, θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε το επίπεδο σχεδιασμού για το σήμα RF:

14. η απώλεια του σώματος (dB): η MS θα επηρεαστεί από το χρήστη, ο οποίος θα λειτουργήσει ως «ακαταστασία» μεταξύ της MS και της BS κεραίας. Για να ληφθεί αυτό

υπόψη κατά την LB, θα πρέπει να εφαρμοστεί «Η απώλεια του σώματος» στον υπολογισμό. Ένας τυπικός αριθμός που χρησιμοποιείται για την απώλεια του σώματος είναι 3 dB.

15. το συνολικό περιθώριο του σχεδιασμού: σε αυτό το παράδειγμα, για το συνολικό περιθώριο του σχεδιασμού i ,

συνολικό περιθώριο εξασθένησης = log -κανονικό ξεθώριασμα σκιών + εξασθένηση
πολλαπλών διαδρομών + απώλεια του σώματος

$$\text{συνολικό περιθώριο εξασθένησης} = 10 \text{ dB} + 6\text{dB} + 3\text{dB} = 19 \text{ dB}$$

16. ελάχιστο επίπεδο στην αιχμή του κελιού (RxMin): γνωρίζοντας την ασύρματη ευαισθησία και το συνολικό περιθώριο εξασθένησης, μπορούμε να υπολογίσουμε τώρα το στόχο του σχεδιασμού στην αιχμή των κελιών:

$RxMin = \text{ασύρματη ευαισθησία} + \text{περιθώριο του σχεδιασμού}$

$$RxMin = -103.2 \text{ dBm} + 19 \text{ dB} = -84.2 \text{ dBm}$$

Αυτό είναι 0.8 dB υψηλότερο από την απαίτηση του σήματος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.3, και οφείλεται στην -120 dBm παρεμβολή στο κανάλι, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.1.

17. η μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια διαδρομής: Τέλος, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέγιστη απώλεια συνδέσεων που μπορούν να ολοκληρώσουν τα κριτήρια σχεδιασμού. Γνωρίζουμε την εκπεμπόμενη ισχύ EiRP και το ελάχιστο επίπεδο σήματος στην αιχμή των κελιών: ως εκ τούτου μπορούμε να υπολογίσουμε την APL:

$$APL = EiRP - RxMin$$

$$APL = 7\text{dBm} - (-84.2 \text{ dBm}) = 91.2 \text{ dB}$$

18. υπολογισμός της εξυπηρέτησης της ακτίνας της κεραίας: τώρα έχουμε δημιουργήσει το APL, μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε το εύρος των υπηρεσιών της κεραίας στο συγκεκριμένο περιβάλλον:

$$\text{coverage radius (m)} = 10^{(APL - PL_{1m})/PLS}$$

Θυμηθείτε την Uplink ζεύξη...

Έχουμε κάνει μόνο το μισό του συνδετικού προϋπολογισμού σε αυτό το σημείο. Πρέπει να εκτελέσετε τον ίδιο ακριβώς υπολογισμό, αντίστροφα, για την uplink ζεύξη (όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.4). Για το σχεδιασμό GSM εσωτερικών χώρων, η LB συχνά θα περιορίζεται από την ισχύ DL. Ωστόσο, είναι σημαντικό να επιβεβαιωθεί αυτό μέσα στο LB, έτσι ώστε πάντα να εκτελείται, επίσης, ένας αμφίδρομος υπολογισμός του LB για το GSM.

Για το UMTS/HSPA θα μπορούσατε επίσης να περιορίζεστε από την UL, ανάλογα με το προφίλ του φορτίου του κελιού.

Πίνακας 4.4 παράδειγμα συνδεδετικού προϋπολογισμού, GSM uplink

Table 8.4 Link budget example, GSM uplink

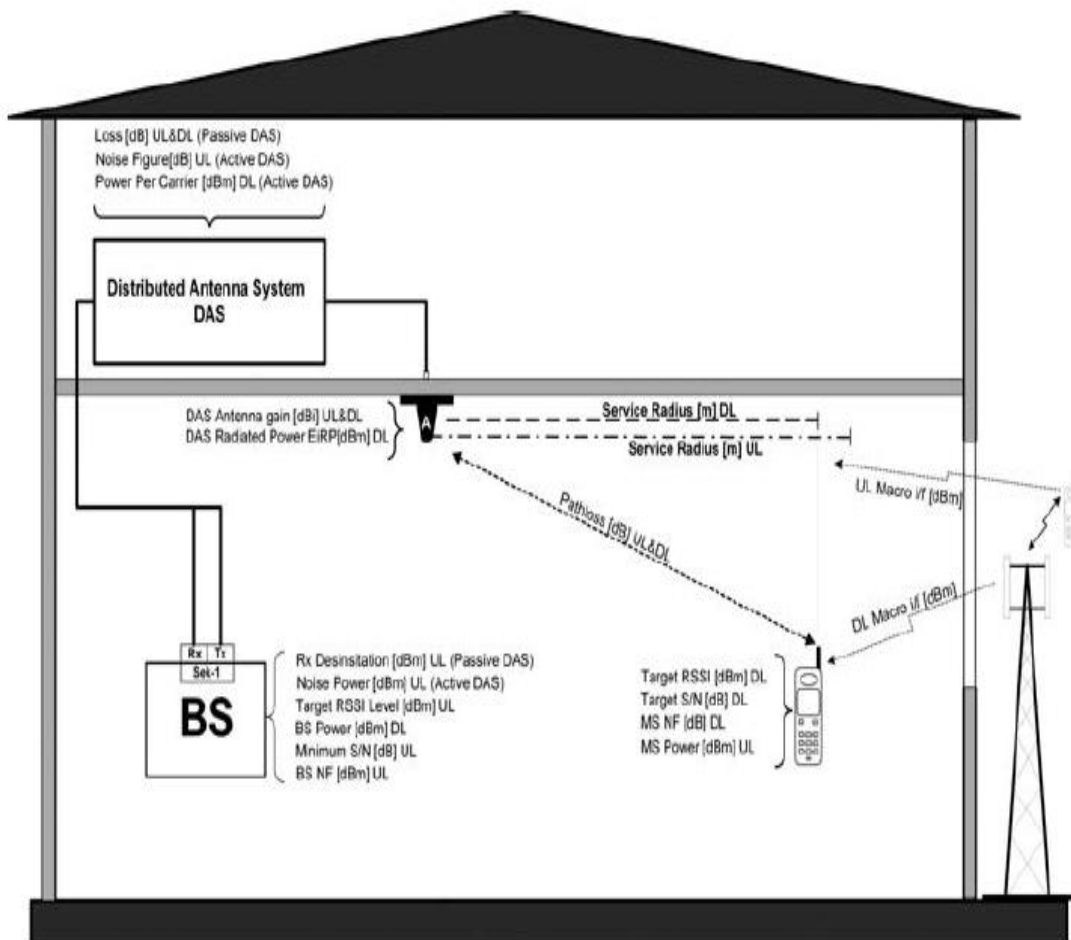
| | | | |
|-----------------------------|-------|-----|--|
| <i>MS transmitter</i> | | | |
| MS Tx power | 33 | dBm | <i>a</i> Input |
| MS antenna gain | 0 | dB | <i>b</i> Input (can be negative!) |
| EiRP | 33 | dBm | <i>c</i> $a + b$ |
| <i>DAS receiver</i> | | | |
| BS noise figure | 3 | dB | <i>d</i> GSM type, 3 dB; UMTS type, 4 dB |
| DAS noise figure | 0 | dB | <i>e</i> The NF of the active DAS |
| DAS passive loss | 35 | dB | <i>f</i> The loss of the passive DAS |
| System noise figure | 38 | dB | <i>g</i> ($d + f$) or ($d + e$) |
| Thermal noise floor | -121 | dBm | <i>h</i> GSM = -121 dBm UMTS = -108 dBm |
| Interference | -120 | dBm | <i>i</i> |
| Service SNR requirement | 9 | dB | <i>j</i> Signal-to-noise demand |
| DAS antenna gain | 2 | dB | <i>k</i> |
| BS sensitivity | -76 | dBm | <i>l</i> |
| <i>The RF channel</i> | | | |
| Log-normal shadow fading | 10 | dB | <i>m</i> |
| Multipath fading margin | 6 | dB | <i>n</i> |
| Body loss | 3 | dB | <i>o</i> |
| Total margin | 19 | dB | <i>p</i> $m + n + o$ |
| Rx minimum level | -57.0 | dBm | <i>q</i> $l + p$ |
| Maximum allowable path loss | 91.2 | dB | <i>r</i> $c - q$ |
| Service radius from antenna | 23 | m | <i>s</i> Example based on PLS 38.5 |

Εξισορρόπηση της σύνδεσης

Θα υπάρξει διαφορετική απόσταση υπηρεσίας στο DL σε σύγκριση με το UL. Προσπαθήστε να ισορροπήσετε τον LB σας, ίσως με προσαρμογές των παραμέτρων στο κελί, όταν είναι σε λειτουργία. Δεν έχει κανένα νόημα να υπάρξουν υψηλές ισχύεις για κάθε UL σύνδεση ή DL, εάν εξαρτάστε από τον άλλο σύνδεση περιορίζοντας την ακτίνα εξυπηρέτησης του κελιού. Στη συνέχεια, μπορείτε ίσως να ρίξετε την ισχύ στην κυρίαρχη σύνδεση και να εξισορροπήσετε την LB, περιορίζοντας έτσι την παρεμβολή από τη συγκεκριμένη σύνδεση με γειτονικά κελιά ή κινητά τηλέφωνα.

4.1.3 Συνδεδειγμένοι προϋπολογισμοί σε συστήματα εσωτερικών χώρων

Κατά το σχεδιασμό των εσωτερικών συστημάτων, υπάρχουν κάποιες πρόσθετες παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό του συνδεδειγμένου προϋπολογισμού. Διαφορετικές παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη, ανάλογα με το αν σχεδιάζετε ένα παθητικό ή ενεργητικό DAS (βλέπε σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 Στοιχεία του εσωτερικού συνδεδειγμένου προϋπολογισμού

4.1.4 Συνδεδειγμένος προϋπολογισμός για παθητικό DAS

Το παθητικό DAS βασίζεται σε ομοαξονικά καλώδια και διαχωριστές, όπως περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 2.3. Από έναν υπολογισμό ενός συνδεδειγμένου προϋπολογισμού είναι αρκετά εύκολο να σχεδιαστεί ένα παθητικό DAS. Η εξασθένιση του DAS θα υποβαθμίσει τόσο το UL όσο και το DL με την ίδια απώλεια, που αντιστοιχεί σε απώλεια της προστιθέμενης σύνδεσης, λόγω απόστασης. Η πρόκληση είναι να πάρετε τις ακριβείς

πληροφορίες σχετικά με την εξασθένηση σε κάθε κεραία στο σύστημα. Αυτό εξαρτάται από την ακριβή τοποθέτηση και τη διαδρομή του καλωδίου. Επομένως, οι λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την πραγματική εγκατάσταση είναι απαραίτητες, και αυτό είναι πρωτεύον πριν από οποιαδήποτε εγκατάσταση ενός συστήματος. Αυτό μπορεί να είναι μια πρόκληση για το ραδιοδικτυακό σχεδιαστή, στην προσπάθεια του να κάνει παθητικών DAS σχεδιασμούς, όταν κάνει πιο πολύ σχεδιασμό εγκατάστασης παρά ραδιοδικτυακό σχεδιασμό.

Ο υπολογισμός Downlink

Το παθητικό DAS θα μετριάσει την εξουσία από την πηγή του σήματος, το σταθμός βάσης ή τον repeater, ώστε να αντισταθμίσει την DL ισχύ με την απώλεια της παθητικής DAS, κατά τον υπολογισμό του συνδεδετικού προϋπολογισμού. Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι θα πρέπει να αξιολογηθεί ο συνδεδετικός προϋπολογισμός DL για όλες τις κεραίες του συστήματος, λόγω του γεγονότος ότι οι μεμονωμένες κεραίες του συστήματος θα έχουν διαφορετικές απώλειες, και ως εκ τούτου διαφορετικά επίπεδα ακτινοβολούμενης ισχύος και κυμαινόμενες υπηρεσίες. Να είστε πολύ προσεκτικοί, ώστε να μην υπερφορτώνετε την παθητική DAS, ειδικά όταν λειτουργούν συστήματα πολύ-μεταφορέων ή συστήματα πολύ-χειριστών. Πολύ συχνά ξεχνάμε πόσο ψηλά είναι η ισχύς για το παθητικό DAS στην πραγματικότητα, ειδικά για τα στοιχεία κοντά στους σταθμούς βάσης. Ένα παράδειγμα είναι όταν ένα σύστημα με τέσσερις σταθμούς βάσης GSM, με καθέναν από αυτούς να τροφοδοτεί οκτώ φορέων με 43 dBm, συνολικά 24 φορείς: 43 dBm είναι 20 W, και η σύνθετη ισχύς θα είναι 58 dBm, ή 630 W. Ακόμα και με καλή PIM με προδιαγραφές των 120 dBc, μπορεί να έχετε σοβαρές διαφοροποίησης των προϊόντων (ανατρέξτε στην Ενότητα 3.7.3 για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την PIM).

Ο υπολογισμός Uplink

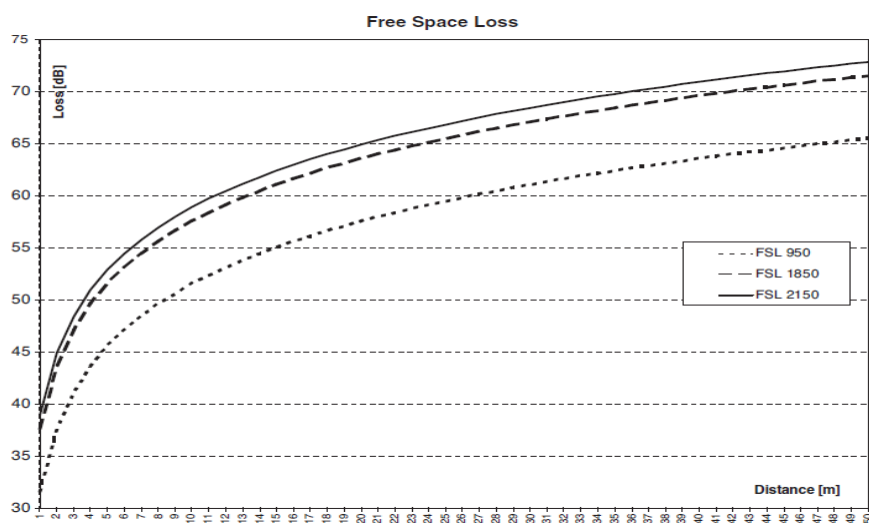
Το UL μέρος του υπολογισμού του συνδεδετικού προϋπολογισμού του παθητικού DAS είναι επίσης απλή: η εξασθένηση του DAS θα επηρεάσει το NF του σταθμού βάσης. Η διαφορετική εξασθένηση από το σταθμό βάσης σε κάθε κεραία θα έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικές UL κάλυψης που θα κυμαίνονται σε κάθε κεραία, οπότε σίγουρα να υπολογίζεται όλες τις κεραίες.

4.1.5 Συνδετικός προϋπολογισμός για ενεργητικό DAS

Το ενεργητικό DAS περιγράφεται αναλυτικά στην Ενότητα 2.4. Ένα ενεργητικό DAS θα είναι τυπικά «διαφανές», έτσι ώστε το σήμα της downlink ζεύξης που τροφοδοτείτε στο DAS θα προέρχεται από τις κεραιές, και αντίστροφα για την uplink με συν ή πλην το κέρδος που έχετε ορίσει στο σύστημα. Αυτό καθιστά το ενεργητικό DAS πολύ εύκολο να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί από τη στιγμή που δεν χρειάζεται να ανησυχείτε για τις αποστάσεις καλωδίων και τις απώλειες. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα πράγματα στα οποία πρέπει να δώσουμε προσοχή κατά τον υπολογισμό του LB για ενεργητικό DAS.

Ο υπολογισμός Downlink

Ο περιορισμός της ισχύος της downlink ζεύξης σε ένα ενεργό DAS είναι συνήθως η σύνθετη δυνατότητα ισχύος του ενισχυτή DL στην «απομακρυσμένη μονάδα». Το RU βρίσκεται κοντά στην κεραία και θα έχει ένα κοινό ενισχυτή, στο οποίο θα μοιράζεται όλο το φάσμα που υποστηρίζεται από το DAS. Για πολύ-συχνотικά DAS τυπικά θα πρέπει να εφαρμόσετε ενισχυτές για κάθε υποστηριζόμενη ζώνη. Συνήθως θα έχετε ένα επίπεδο ισχύος σε ένα μεταφορέα, για παράδειγμα, 15 dBm, και στη συνέχεια κάθε φορά που θα διπλασιάζετε τον αριθμό των φορέων θα υποχωρείτε περίπου 3-3,5 dB για να μην υπερφορτώνετε το σύστημα και να προκαλείτε στρέβλωση. Να είστε πολύ προσεκτικοί στο να εκτελείτε το ενεργητικό DAS μόνο στην καθορισμένη PPC (βλ. ενότητα 2.12.2 για περισσότερες λεπτομέρειες). Διαφορετικά, μπορεί να προκαλέσετε προβλήματα παρεμβολών δικά σας και άλλων υπηρεσιών.



Σχήμα 4.4 Απώλειες ελεύθερου χώρου 1-50 μ.

Συνδετικός προϋπολογισμός για υβριδικό DAS

Το υβριδικό DAS, όπως περιγράφεται στο τμήμα 2.5 είναι ένα μίγμα των παθητικών και ενεργητικών DAS: θα πρέπει να ενσωματώσετε και τις δύο στρατηγικές όταν υπολογίζετε το συνδετικό προϋπολογισμό.

4.1.6 Η απώλεια ελεύθερου χώρου

Η απώλεια διαδρομής

Ένα σημαντικό στοιχείο του LB είναι η απώλεια διαδρομής μεταξύ Tx και Rx κεραίας. Αυτή η απώλεια εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ της TX και Rx κεραία, και το περιβάλλον που το RF σήμα πρέπει να περάσει. Η απώλεια ελεύθερου χώρου (Σχήμα 4.4) είναι μια φυσική σταθερά. Αυτή η απλή φόρμουλα RF είναι έγκυρη μέχρι περίπου 50 μ. από την κεραία, όταν αυτή είναι στραμμένη προς τους εσωτερικούς χώρους. Η απώλεια ελεύθερου χώρου δεν λαμβάνει υπόψη τυχόν πρόσθετες απώλειες ακαταστασίας ή ανακλάσεων. Η απώλειες ελεύθερου χώρου είναι:

$$\text{Απώλεια ελεύθερου χώρου (dB)} = 32.44 + 20 (\log F) + 20 (\log D)$$

όπου f = συχνότητα (MHz) και D = απόσταση (km)

4.1.7 Το τροποποιημένο εσωτερικό μοντέλο

Εκτός από την απώλεια ελεύθερου χώρου, έχουμε και την απώλεια που οφείλεται στο περιβάλλον. Το κύριο στοιχείο από το περιβάλλον των εσωτερικών χώρων είναι οι απώλειες διείσδυσης μέσα από τους τοίχους και τους διαχωρισμούς των ορόφων. Το πλήρες «μοντέλο» για την εσωτερική απώλεια διάδοσης θα μπορούσε να μοιάζει με αυτό:

$$\text{απώλεια διαδρομής} = \text{απώλεια ελεύθερου χώρου} + \text{απώλεια τοίχου}$$

Αυτό το απλό μοντέλο δίνει μια ικανοποιητική ακρίβεια, με την προϋπόθεση ότι έχετε επαρκή στοιχεία για τις απώλειες των τοίχων για το συγκεκριμένο κτίριο (βλέπε σχήμα 4.5).

| Indoor Calculator MTO, V.1.0.1 | | | |
|--|--------------|---------|----------|
| Inputs | | | |
| | No. of Walls | Att-900 | Att-1800 |
| Wall Att. Wall-Type 1 | 1 | 4 | 8 |
| Wall Att. Wall-Type 2 | 1 | 12 | 16 |
| Wall Att. Wall-Type 3 | 0 | 14 | 18 |
| Distance to antenna | | | 25 |
| | | 900MHz | 1800MHz |
| BTS RX Sensitivity | | -107 | -104 |
| BTS Max Power | | 33 | 33 |
| MS RX Sensitivity | | -102 | -100 |
| MS Max Power | | 33 | 33 |
| DAS Coax System loss | | 35 | 35 |
| Results | | | |
| | | 900MHz | 1800MHz |
| Pathloss | | 75.46 | 89.56 |
| RX signal UL @ BTS | | -77.46 | -91.56 |
| RX signal DL @ MS | | -77.46 | -91.56 |
| C/N Margin DL @ MS excl. Fading | | -13.46 | -29.56 |
| C/N Margin UL @ BTS excl. Fading | | -8.46 | -25.56 |
| IB-Model | | | |
| 900 :L(dB) = 91.5 + 20log d + p*W(k) | | | |
| 1800:L(dB) = 97.6 + 20log d + p*W(k) | | | |
| L(dB) = 32.5 + 20log f + 20log d + k * F(k) + p*W(k) + D(d-db) | | | |
| L = path loss (dB) | | | |
| f = frequency (MHz) | | | |
| d = Distance MS / DAS Antenna | | | |
| k = No. of floor separations, the signal has to pass | | | |
| F = floor separation loss. | | | |
| P = No. of walls the signal has to cross | | | |
| W = wall attenuation | | | |
| D = linear attenuations factor dB/m | | | |
| db =50m "breakpoint" additional 0.2 dB/m | | | |

Σχήμα 4.5 Εσωτερικό υπολογιστικό «μοντέλο».

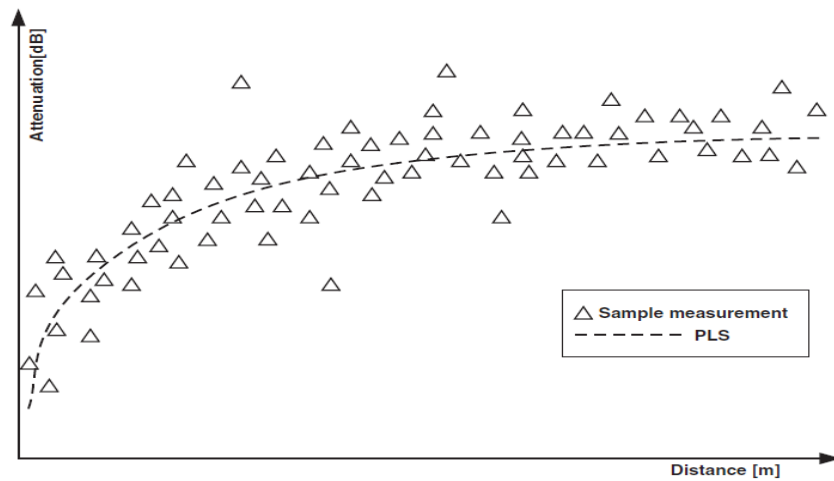
Είναι ξεκάθαρο, λοιπόν, το πως να δημιουργήσετε το δικό σας μοντέλο, αλλά και το πως να υπολογίσετε την απώλεια ελεύθερου χώρου, και να προσθέσετε τις απώλειες των διαφόρων τοίχων. Προφανώς, αυτή η μέθοδος δεν είναι 100% ακριβής – κανένα εργαλείο πρόβλεψης στην πραγματικότητα είναι. Ωστόσο, αυτό σας δίνει μια δίκαιη εκτίμηση της πιθανής πορείας.

4.1.8 Το μοντέλο PLS

Ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο για τον υπολογισμό της απώλειας διαδρομής βασίζεται σε «κλίσεις απώλειας διαδρομής» (PLS- Path loss slopes). Αυτές οι PLS είναι διαφορετικές κλίσεις εξασθένησης για διαφορετικούς τύπους περιβαλλόντων και συχνοτήτων. Ένα γενικό μοντέλο βασίζεται στην εμπειρική ανάλυση ενός τεράστιου αριθμού μετρήσεων δειγμάτων σε αυτά τα διαφορετικών τύπων περιβάλλοντα.

Πώς καθιερώθηκαν οι PLS;

Οι PLS προέρχονται από δείγματα μετρήσεων σε διαφορετικά περιβάλλοντα (βλέπε σχήμα 4.6). Η απώλεια διαδρομής μετράται σε διαφορετικές αποστάσεις από την κεραία, και είναι δυνατόν να αποτελεί μέσο όρο αυτών των χιλιάδων μετρήσεων.



Σχήμα 4.6 Παράδειγμα κλίσης απώλειας διαδρομής, με βάση δείγματα μετρήσεων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι PLS είναι μία μέση τιμή, και ότι μπορούν να προκύψουν τόσο θετικές και αρνητικές αποκλίσεις από τις PLS.

Πίνακας 4.5 σταθερές PLS για διαφορετικά περιβάλλοντα.

| Type of environment | 900 MHz PLS | 1800/2100 MHz PLS |
|---|----------------|----------------------|
| <i>Open environment, few RF obstacles</i> | | |
| Parking garage, convention center | 33.7 | 30.1 |
| <i>Moderately open environment, low to medium number of RF obstacles</i> | | |
| Factory, airport, warehouse | 35 | 32 |
| <i>Slightly dense environment, medium to large number of RF obstacles</i> | | |
| Shopping mall, office that is 80% cubicle and 20% hard wall | 36.1 | 33.1 |
| <i>Moderately dense environment, medium to large number of RF obstacles</i> | | |
| Office that is 50% cubicle and 50% hard wall | 37.6 | 34.8 |
| <i>Dense environment, large number of RF obstacles</i> | | |
| Hospital, office that is 20% cubicle and 80% hard wall | 39.4 | 38.1 |

Είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιήσετε τη σωστή PLS σταθερά, ανάλογα με το περιβάλλον. Το μοντέλο που βασίζεται στις αξίες PLS από τον Πίνακα 4.5 μοιάζει με αυτό:

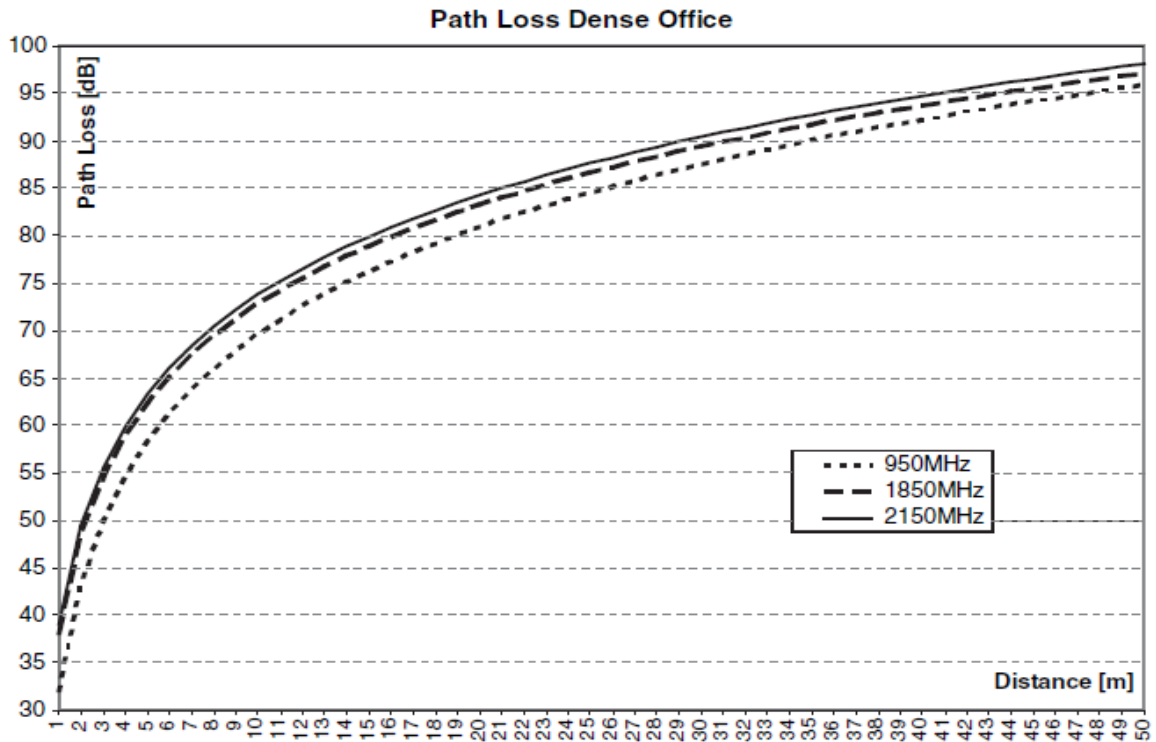
$$\text{απώλεια διαδρομής (dB)} = \text{PL στο 1 μ. (dB)} + \text{PLS} \times \log(\text{απόσταση, m.})$$

Μπορείτε να υπολογίσετε την απώλεια ελεύθερου χώρου στο 1 μ., χρησιμοποιώντας τον τύπο ελεύθερου χώρου από το υποκεφάλαιο 4.1.6:

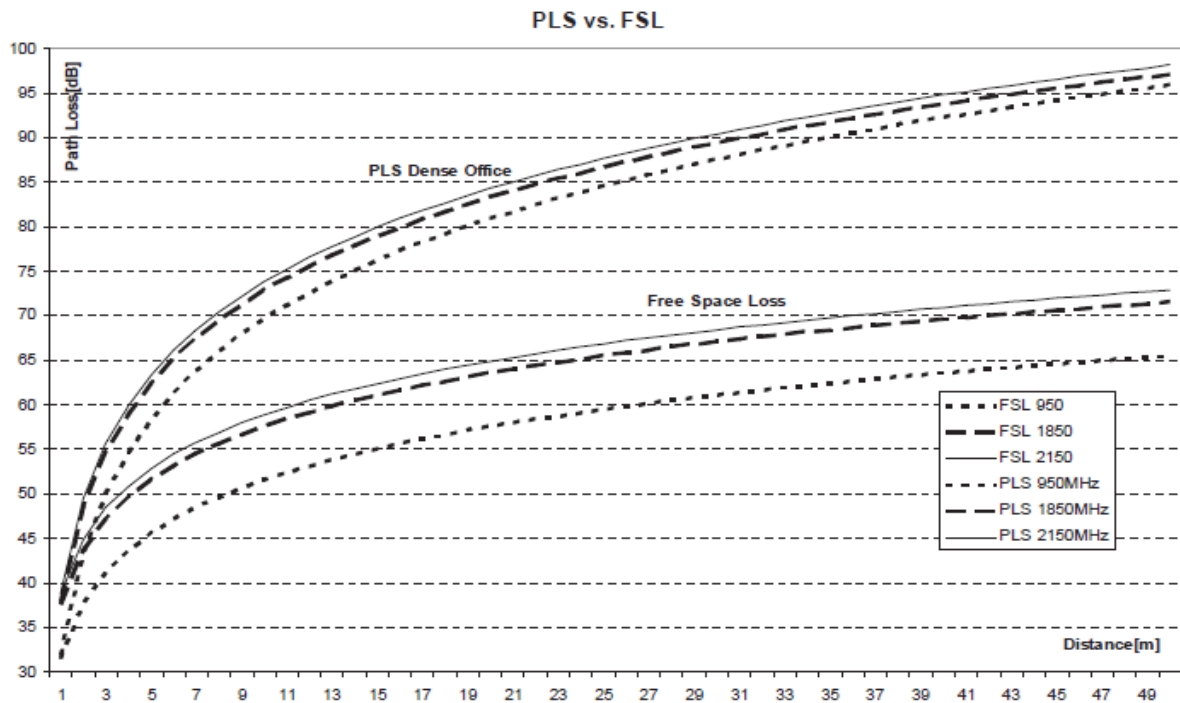
- 950 MHz = 32 dB.
- 1850 MHz = 38 dB.
- 2150 MHz = 39 dB.

Θα βρείτε διαφορετικές τιμές PLS από διάφορες πηγές: Το διαδίκτυο είναι ένα καλό μέρος για να ξεκινήσετε. Μπορεί να αναπτύξει ακόμη και τις δικές σας PLS με βάση τις εσωτερικές RF μετρήσεις (βλ. Ενότητα 1.2.5) στα διάφορα είδη περιβάλλοντος και στις συχνότητες που χρησιμοποιείτε. Ή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον πίνακα 4.5 ως αρχή, και να ρυθμίσετε καλά αυτές τις PLS για να ταιριάζουν στις ανάγκες σας. Πρέπει να καταλάβουμε ότι αυτοί οι τύποι RF μοντέλων είναι απλώς κατευθυντήριες γραμμές, και δεν μπορούν ποτέ να θεωρηθούν 100% ακριβείς. Χρησιμοποιήστε αυτά τα μοντέλα αναλόγως, και εφαρμόστε κάποια κοινή λογική με βάση την εμπειρία σας. Σε περίπτωση αμφιβολίας, τότε πάντα να κάνετε μια RF μέτρηση για να εξακριβώσετε το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε (βλ. Ενότητα 3.2.5). Επομένως, θα ήταν δυνατόν να καθοριστεί το σωστό ξεθώριασμα περιθωρίου για το συγκεκριμένο μετρούμενο περιβάλλον.

Στο Σχήμα 4.7 μπορείτε να δείτε ένα παράδειγμα από τις προτεινόμενες PLS του Πίνακα 4.5 για ένα περιβάλλον με πολλά γραφεία, για τις GSM, τις DCS και τις UMTS συχνότητες. Υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της εξασθένησης PLS και της απώλειας ελεύθερου χώρου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8. Σημειωτέον ότι αυτά τα PLS μοντέλα προϋποθέτουν ότι χρησιμοποιείτε την κοινή λογική κατά την τοποθέτηση των κεραιών, έτσι ώστε να γίνεται χρήση μόνο ορατή τοποθέτηση κεραιάς κάτω από το ανώτατο όριο (ανατρέξτε στην Ενότητα 3.3 για περισσότερες λεπτομέρειες).



Σχήμα 3.7 Απώλεια διαδρομών σε PLS για ένα χώρο γραφείων, 1-50 μ.



Σχήμα 3.8 Διαφορά μεταξύ της απώλειας ελεύθερου χώρου και της απώλεια διαδρομής με βάση τις PLS για ένα χώρο γραφείων.

Πίνακας 3.6 Παράδειγμα GSM 1800 της εμβέλειας DL υπηρεσίας από μια 2 dBi κεραία.

| GSM 1800 service radius at four different DL levels | DL EIRP from antenna | | | | | | | |
|---|----------------------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|
| | 7 dBm | | 12 dBm | | 17 dBm | | 22 dBm | |
| DL target level | -65 | -70 | -65 | -70 | -65 | -70 | -65 | -70 |
| | -75 | -80 | -75 | -80 | -75 | -80 | -75 | -80 |
| <i>Open</i> | 14 m | 20 m | 20 m | 30 m | 30 m | 44 m | 44 m | 64 m |
| Coverage radius | 30 m | 44 m | 44 m | 65 m | 65 m | 94 m | 94 m | 138 m |
| <i>Moderately open</i> | 12 m | 17 m | 17 m | 25 m | 25 m | 35 m | 35 m | 50 m |
| Coverage radius | 25 m | 35 m | 35 m | 50 m | 50 m | 72 m | 72 m | 103 m |
| <i>Slightly dense</i> | 11 m | 16 m | 16 m | 22 m | 22 m | 31 m | 31 m | 44 m |
| Coverage radius | 22 m | 31 m | 31 m | 44 m | 44 m | 63 m | 63 m | 89 m |
| <i>Moderately dense</i> | 10 m | 14 m | 14 m | 19 m | 19 m | 26 m | 26 m | 37 m |
| Coverage radius | 19 m | 26 m | 26 m | 37 m | 37 m | 51 m | 51 m | 71 m |
| <i>Dense</i> | 8 m | 11 m | 11 m | 15 m | 15 m | 20 m | 20 m | 27 m |
| Coverage radius | 15 m | 20 m | 20 m | 27 m | 27 m | 36 m | 36 m | 50 m |

Σύνδεση κανονικού σκιασμένου ξεθωριάσματος, 10 dB: Πολλαπλή εξασθένηση περιθωρίων, 6 dB: Απώλεια σώματος, 3 dB: Καμία παρεμβολή: 8dB MS NF.

4.1.9 Υπολογισμός της ακτίνας κεραίας Υπηρεσία

Όταν έχετε ολοκληρώσει τον υπολογισμό του συνδετικού προϋπολογισμού και έχετε καθιερώσει την APL, μπορείτε να υπολογίσετε το εύρος των υπηρεσιών της κεραίας στο συγκεκριμένο περιβάλλον:

$$\text{coverage radius (m)} = 10^{(APL - PL_{1m})/PLS}$$

Παραδείγματα ευρών υπηρεσίας DL για εσωτερικές κεραίες

Αυτό είναι μόνο ένα παράδειγμα σχετικά με τα εύρη των υπηρεσιών downlink από μια εσωτερική κεραία DAS (Πίνακας 3.6).

Κεφάλαιο 5

5. Εργαλεία για την Εσωτερική Σχεδιασμού Radio

Η διαδικασία του εσωτερικού σχεδιασμού ραδιοδικτύων βασίζεται σε διάφορους τύπους εργαλείων, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τον σχεδιαστή να ολοκληρώσει μια τέτοια διαδικασία. Αυτά τα εργαλεία βοηθούν στην ακριβή πρόβλεψη και επαλήθευση της ραδιοδικτυακής κάλυψης, της ικανότητας και της ποιότητας. Περισσότερα υλικοτεχνικά εργαλεία που μπορεί να είναι επίσης αναγκαία για τον υπολογισμό του στοιχείου, τις λίστες εξοπλισμού και το κόστος του έργου. Επίσης, απαιτούνται προφανή εργαλεία για την τεκμηρίωση του σχεδιασμού, των διαγραμμάτων, κλπ. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι εργαλείων, και κάθε φορέας έχει μια εργαλειοθήκη που βασίζεται σε διαφορετικούς τύπους εργαλείων για τις διάφορες πτυχές της διαδικασίας.

Η επιλογή των εργαλείων θα πρέπει να επιλέξετε πρέπει να είναι σχετική με τις ατομικές σας ανάγκες. Αν σχεδιάζετε μόνο 3-5 εσωτερικά έργα ετησίως, θα μπορούσε να είναι καλό να χρησιμοποιηθούν σταθερά λογιστικά φύλλα για τους υπολογισμούς του συνδετικού προϋπολογισμού και απλά προγράμματα σχεδίασης διαγραμμάτων τεκμηρίωσης. Ωστόσο, αν αφιερωθείτε στον εσωτερικό σχεδιασμό ραδιοδικτύων σε μια πλήρη βάση και το σχεδιασμό 20 ή περισσότερων συστημάτων εσωτερικών χώρων ανά έτος, θα άξιζε τον κόπο να επενδύσετε σε αυτόματη εργαλεία, τα οποία μπορούν να κάνουν τη διαδικασία του σχεδιασμού σας πιο αποδοτική από πλευράς κόστους και βελτίωσης της ποιότητας της εργασίας σας. Να θυμάστε ότι η τεκμηρίωση του σχεδιασμού θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί από άλλα μέρη του έργου, επομένως θα πρέπει να γίνει αυτή πιο σαφής και ακριβής.

Παρακάτω, παρουσιάζονται παραδείγματα εργαλείων. Είναι απλά μόνο παραδείγματα, στα οποία είναι διαθέσιμα πολλά διαφορετικά εργαλεία από διάφορους κατασκευαστές, το καθένα με τα δικά του πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

5.1 Ζήσε και μάθε...

Όποια καλά εργαλεία κι αν έχετε στον υπολογιστή σας, συνιστάται ιδιαίτερα να βγείτε στο κτίριο, να βαδίσετε στον χλοοτάπητα, να διεξάγετε μετρήσεων, να λάβετε μέρος στην εκστρατεία βελτιστοποίησης και να προσπαθήσετε να συμμετάσχετε σε μια-δυο εγκαταστάσεις ενός από τα σχέδιά σας αργά το βράδυ. Αυτό θα σας επιτρέψει να πάρετε μια

ιδέα για την όλη διαδικασία. Ο εσωτερική σχεδιασμός είναι πολύ περισσότερο από ό, τι μια εργασία στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σας.

Ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας μάθησης για το σχεδιασμό ραδιοδικτύων είναι, επίσης, να αποκτήσετε εμπειρία από τις εσωτερικές λύσεις και εγκαταστάσεις, οι οποίες τροφοδοτούνται με πραγματική κίνηση. Διεξάγετε τις έρευνες επαλήθευσης της εγκατάστασης RF από μόνοι σας: αυτές οι μετρήσεις αρκετές φορές θα σας προσφέρουν εμπειρία, έτσι ώστε να μπορείτε να εμπιστευθείτε την «αίσθηση RF» σας. Η πραγματική ανατροφοδότηση από τα σχέδια που έχετε κάνει είναι ζωτικής σημασίας, και το εφελτήριο για βελτίωση.

Μια άλλη πολύτιμη συμβολή για το σχεδιασμό ραδιοδικτύων είναι η ανατροφοδότηση των δικτυακών αποδοτικών στατιστικών στοιχείων από την εφαρμογή των εσωτερικών κελιών. Παρακολουθήστε το ποσοστό πτώσης της κλήσης, την ποιότητα, την κινητική RF απόδοση και τις επιστροφές για να μάθετε που είναι το αδύναμο σημείο του σχεδιασμού.

5.2 Εργαλεία διαγράμματος

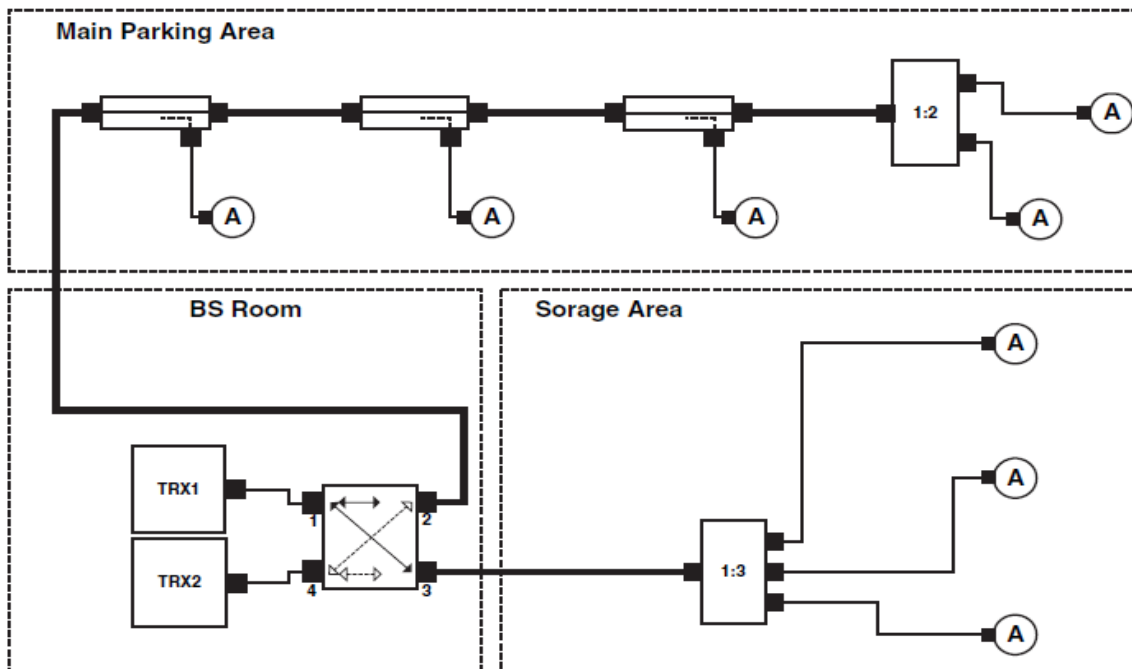
Όλα τα εσωτερικά σχέδια ραδιοδικτύων πρέπει να είναι καλά τεκμηριωμένα, συμπεριλαμβανομένων των διαγραμμάτων. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσετε ένα ηλεκτρονικό εργαλείο που θα σας επιτρέψει να αποθηκεύσετε και να ενημερώσετε την τεκμηρίωση των διαγραμμάτων στο μέλλον.

Πάντα πρέπει να υπολογίζετε μια σειρά από διαγράμματα της DAS, κατά προτίμηση με όλα τα συστατικά και τις θέσεις τους στο κτίριο. Μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο εάν σχεδιάσετε το διάγραμμα, χρησιμοποιώντας τα σχέδια των ορόφων.

5.2.1 Απλά ή σύνθετα;

Τα απλούστερα εργαλεία μπορούν να σας οδηγήσουν σε ένα μακρύ δρόμο. Τα περισσότερα διαγράμματα και εικόνα σε αυτήν την εργασία έγιναν χρησιμοποιώντας Microsoft Visio (όπως το παράδειγμα στην Εικόνα 5.1). Το Visio είναι πολύ εύκολο στη χρήση, και εύκολα μπορείτε να δημιουργήσετε το δικό σας πρότυπο, το οποίο θα περιέχει τα συστατικά DAS που χρησιμοποιείτε. Μπορείτε επίσης να εισαγάγετε μια μορφή εικόνας του σχεδίου των ορόφων, στο οποίο εργάζεστε, και να συντάξετε στοιχεία πάνω σε αυτή. Αυτό είναι μια πολύ εύκολη προσέγγιση και μπορεί σας χρησιμεύσει, αν κάνετε μόνο μερικά σχέδια DAS ανά μήνα. Αν σχεδιάζετε DAS σε μεγαλύτερη κλίμακα, είναι προκλητικά χρήσιμο να εξετάσετε ένα πιο αυτόματο εργαλείο που μπορεί να σας βοηθήσει με τη

συνολική διαδικασία. Πολλοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν επίσης AutoCAD για τον DAS σχεδιασμό: αυτό μπορεί να συμφέρει, αν μπορέσετε να παράγετε τα σχέδια ορόφων σε μορφή AutoCAD.



Σχήμα 5.1 Τυπικό διάγραμμα ενός μικρού παθητικού DAS, το οποίο έγινε με MS Visio.

5.3 Εργαλεία Έρευνας Ραδιοδικτύων

Σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι σκόπιμο να εκτελεστεί μια RF έρευνα στο κτίριο, για να εξακριβωθούν οι θέσεις της κεραίας και το μοντέλο που χρησιμοποιείτε για την προσομοίωση της κάλυψης του κτιρίου (βλέπε Ενότητα 2.2.5).

5.3.1 Χρήση μόνο βαθμονομημένων οργάνων

Θα χρειαστείτε ένα βαθμονομημένο πομπό, κατά προτίμηση, που λειτουργεί με μπαταρία και έναν πόλο ή τρίποδο που θα σας δίνει τη δυνατότητα να τοποθετήσετε την ερευνητική κεραία μετάδοσης στην ίδια θέση με την προγραμματισμένη κεραία. Ο πομπός πρέπει να είναι σε θέση να έχει προσαρμοστέα σταθερή ισχύ εξόδου, έτσι ώστε να μπορεί να προσομοιώσει την ίδια ισχύ με την τελική κεραία.

Καταγραφή του αποτελέσματος της μέτρησης

Θα χρειαστείτε, επίσης, τα βαθμονομημένα εργαλεία μέτρησης που είναι σε θέση να καταγράψουν τη μέτρηση, και κατά προτίμηση, να αποθηκεύσουν τα δεδομένα σε έναν υπολογιστή. Το καλύτερο σύστημα σας επιτρέπει να τοποθετήσετε τη μέτρηση σε ένα σχέδιο ορόφων που εισάγεται στο σύστημα (βλ. Ενότητα 3.2.6). Εάν χρησιμοποιείτε ή σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε, ένα σχεδιασμό προγράμματος που μπορεί να κάνει εσωτερική μοντελοποίηση και RF πρόβλεψη, είναι σημαντικό να επιλέξετε ένα ραδιοδικτυακό εργαλείο έρευνας, το οποίο μπορεί να εξάγει τα δεδομένα μέτρησης σε αυτό το εργαλείο, και κατά συνέπεια οι μετρήσεις από το πραγματικό κτίριο θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τελειοποιήσουν ή να βαθμονομήσουν το μοντέλου πρόβλεψης.

5.4 Τα απλά εργαλεία και οι απλές συμβουλές

Στο σχεδιασμό ραδιοδικτύων, όπως και σε τόσες άλλες περιπτώσεις, μερικά από τα καλύτερα εργαλεία και οι καλύτερες συμβουλές είναι συχνά τα πιο απλά και οι πιο απλές.

5.4.1 Χρησιμοποιήστε μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή

Μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή είναι αναγκαία για τη ραδιοδικτυακή επισκόπηση, αλλά και για την τεκμηρίωση της εγκατάστασης. Συνιστάται να καταγράψετε όλες τις τοποθεσίες των κεραιών και του εξοπλισμού με ψηφιακές εικόνες. Ονομάστε τα αρχεία αναλόγως, έτσι ώστε η εικόνα της προτεινόμενης θέσης εγκατάστασης του κεραιάς «A1» να αποθηκεύεται ως «A-1.jpeg», κλπ. Είναι επίσης χρήσιμο να χρησιμοποιήσετε ένα λέιζερ για να εντοπίσετε την ακριβή θέση της κεραιάς κατά την καταγραφή της εικόνας: τότε δεν θα υπάρξει καμία παράκλιση ανάμεσα στο πρόγραμμα εγκατάστασης και τη συμφωνημένη θέση κεραιάς.

5.4.2 Χρήση του World Wide Web

Πριν από την έρευνα μπορεί να είναι χρήσιμο να επισκεφθείτε την ιστοσελίδα της εταιρείας που κατέχει το κτίριο, στο οποίο θα εφαρμοστεί το DAS. Συχνά μπορείτε να βρείτε σχέδια της τοποθεσίας, φωτογραφίες και άλλες χρήσιμες πληροφορίες που θα σας βοηθήσουν να προετοιμάσετε το προσχέδιο.

5.4.3 Υπολογισμοί κυκλοφορίας

Προφανώς, ο Erlang πίνακας (γλώσσα προγραμματισμού γενικών καθηκόντων με χαρακτηριστικά ταυτοχρονισμού) είναι ένα από τα κύρια εργαλεία για τον υπολογισμό της φωνητικής χωρητικότητας. Το Excel είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το βασικό υπολογισμό της κυκλοφορίας. Είναι πολύ εύκολο να παραχθεί ένας ειδικός υπολογισμός για τη συγκεκριμένη ανάγκη. Το παράδειγμα στον πίνακα 5.1 είναι ένα τυπικό, εύκολο να γίνει εργαλείο για τον υπολογισμό του προφίλ κίνησης σε ένα εσωτερικό κελί, με την προσθήκη των διαφόρων χρηστών.

Πίνακας 5.1 Υπολογισμός του προφίλ κυκλοφορίας για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού φόρτου ενός εσωτερικού κελιού

| User profile/type | mE/user | Number of users | Total E |
|----------------------------------|---------|-----------------|---------------|
| Normal private user | 15 | 25 | 0.375 |
| Business user, not 100% WO | 30 | 200 | 6.000 |
| SOHO, 100% WO | 50 | 0 | 0.000 |
| Normal business user, 100% WO | 70 | 40 | 2.800 |
| Office user, 100% WO | 100 | 100 | 10.000 |
| Heavy business/telecomm, 100% WO | 140 | 5 | 0.700 |
| User def.-1 | 0 | 0 | 0.000 |
| User def.-2 | 0 | 0 | 0.000 |
| <i>Total</i> | | | <i>19.875</i> |

5.5 Εργαλεία για την εκτίμηση του LB

Κάθε αριθμομηχανή τσέπης επιστήμη θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια χαρά, αλλά είναι προτιμότερο να μας ένα είδος υπολογιστικού φύλλου για το LB, όπως το παράδειγμα στον Πίνακα 5.3 και 5.4. Τα περισσότερα από τα εργαλεία έγιναν με τη χρήση Excel για Windows. Αποκλειστικά εργαλεία για την εκτίμηση του συνδετικού προϋπολογισμού είναι διαθέσιμα, αλλά η ευελιξία ενός προτύπου υπολογιστικού φύλλου Excel καθιστά πολύ

εύκολη την αναβάθμιση και τη συντήρηση. Μπορείτε να ενσωματώσετε εύκολα τα αποτελέσματα των άλλων υπολογισμών, όπως του κλιμακωμένου θορύβου (όπως φαίνεται στον Πίνακα 9.2) ή την ισχύ ανά φορέα, στο εργαλείο του LB σας, αν είναι όλα βασισμένα σε Excel.

Πίνακας 5.2 Απλός υπολογισμός του κλιμακωμένου θορύβου με χρήση του Excel.

| Cascaded Noise | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-------------------------------------|---|------|-------------------------|----|------|--|---|------|---|-----|------|
| Total NF | | Stage 3 | | | Stage 2 | | | Stage 1 | | | Passive Loss | | |
| 17.38 | [dB] | BS-NF | 6 | [dB] | UL-Att | 10 | [dB] | Active Gain | 0 | [dB] | Loss | 0.0 | [dB] |
| Calculated total Noise Figure | | The Noise Figure of the Basestation | | | The UL attenuator value | | | Gain and Noise Figure of the Active system | | | Attenuation of passive losses, prior to the first stage (RAU) | | |
| Input all the RED fields | | | | | | | | | | | | | |
| $NF = NF1 + \frac{NF2 - 1}{G1} + \frac{NF3 - 1}{G1 \times G2} + P$ | | | | | | | | | | | | | |
| $NF = 15.85 + \frac{10 - 1}{1} + \frac{3.98 - 1}{1 \times 0.1} + 0.0$ | | | | | | | | | | | | | |
| $NF = 54.7 = 17.38 \text{ dB} + 0.0 = 17.38 \text{ dB}$ | | | | | | | | | | | | | |

Πίνακας 5.3 Εργαλείο του συνδεδετικού προϋπολογισμού στο Excel, GSM uplink.

| | | |
|-----------------------------|-------|-------|
| MS transmitter | | |
| MS Tx power | 33 | dBm |
| MS antenna gain | 0 | dBi } |
| EiRP | 33 | dBm |
| DAS receiver | | |
| BS noise figure | 3 | dB |
| DAS noise figure | 0 | dB |
| DAS passive loss | 35 | dB |
| System noise figure | 38 | dB |
| Thermal noise floor | -121 | dBm |
| Interference | -120 | dBm |
| Service SNR requirement | 9 | dB |
| DAS antenna gain | 2 | dBi |
| BS sensitivity | -76 | dBm |
| The RF channel | | |
| Log-normal shadow fading | 10 | dB |
| Multipath fading margin | 6 | dB |
| Body loss | 3 | dB |
| Total margin | 19 | dB |
| Rx minimum level | -57.0 | dBm |
| Maximum allowable path loss | 91.2 | dB |
| Service radius from antenna | 23 | m |

5.6 Εργαλεία για τις εσωτερικές προβλέψεις

Είναι αλήθεια ότι από τη στιγμή που έχετε κάνει 20 ή 30 εσωτερικές σχεδιάσεις, ραδιοδικτυακές έρευνες και μετρήσεις για την εγκατάσταση, θα έχετε μια πραγματικά καλή

άποψη, και ίσως ακόμα και μια έκτη «RF αίσθηση». Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε και να εμπιστευτούμε αυτήν την άποψη και την εμπειρία, αλλά πάντα πρέπει να κάνουμε LB, και πάντα να χρησιμοποιούμε έναν συνδυαστικό υπολογισμό, τουλάχιστον στις αναμενόμενα χειρότερες περιπτώσεις περιοχές του κτιρίου.

Εάν χρησιμοποιείτε μόνο την εμπειρία σας, μπορείτε να κάνετε σημαντικά λάθη, ή υπερβολικούς σχεδιασμούς για DAS λύσεις. Αν θέλετε να αξιοποιήσετε την εμπειρία σας, ο καλύτερος τρόπος είναι να σχεδιάσετε πρώτα τις κεραίες στον σχεδιασμό των ορόφων, και στη συνέχεια, να ελέγξετε ξανά το LB και τον πολλαπλασιασμό των προσομοιώσεων, ίσως ακόμη και για τις RF μετρήσεις με ένα πομπό δοκιμών στο κτίριο, για να επιβεβαιώσετε ότι είναι σωστό. Αυτό θα ενισχύσει ακόμη περισσότερο το «ένστικτό σας».

5.6.1 Τα υπολογιστικά φύλλα κάνουν το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς

Όπως και στον υπολογισμό του LB, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα πρότυπο υπολογιστικό φύλλο Excel για να προβλέψετε την κάλυψη στο κτίριο. Αυτή η προσέγγιση περιορίζεται όσον αφορά τον υπολογισμό ενός συγκεκριμένου επίπεδο ή απόστασης σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή μέρος του κτιρίου. Επομένως, θα προσομοιώσετε τη χειρότερη περίπτωση στο κτίριο, και, επίσης, πολλά δείγματα των τοποθεσιών που αντιπροσωπεύουν το κτίριο.

Πίνακας 5.4 Υπολογισμός «μοντέλου» εσωτερικών χώρων.

| Indoor Calculator MTO. V.1.0.1 | | | |
|--|------------|---------|--------------|
| Inputs | | | |
| | # of Walls | Att-900 | Att-1800 |
| Wall Att. Wall-Type 1 | 1 | 4 | 8 [dB] |
| Wall Att. Wall-Type 2 | 1 | 12 | 16 [dB] |
| Wall Att. Wall-Type 3 | 0 | 14 | 18 [dB] |
| Distance to antenna | | | 25 [m] |
| | | 900MHz | 1800MHz |
| BTS RX Sensitivity | | -107 | -104 [dBm] |
| BTS Max Power | | 33 | 33 [dBm] |
| MS RX Sensitivity | | -102 | -100 [dBm] |
| MS Max Power | | 33 | 33 [dBm] |
| DAS Coax System loss | | 35 | 35 [dB] |
| Results | | | |
| | | 900MHz | 1800MHz |
| Pathloss | | 75.46 | 89.56 [dB] |
| RX signal UL @ BTS | | -77.46 | -91.56 [dBm] |
| RX signal DL @ MS | | -77.46 | -91.56 [dBm] |
| C/N Margin DL @ MS excl. Fading | | -13.46 | -29.56 [dB] |
| C/N Margin UL @ BTS excl. Fading | | -8.46 | -25.56 [dB] |
| IB-Model | | | |
| 900 :L(dB) = 91.5 + 20log d + p*W(k) | | | |
| 1800:L(dB) = 97.6 + 20log d + p*W(k) | | | |
| L(dB) = 32.5 + 20log f + 20log d + k * F(k) + p*W(k) + D(d-dB) | | | |
| L = path loss (dB) | | | |
| f = frequency (MHz) | | | |
| d = Distance MS / DAS Antenna | | | |
| k = # of floor speerations, the signal has to pass | | | |
| F = floor separation loss. | | | |
| P = # of walls the signal has to cross | | | |
| W = wall attenuation | | | |
| D = linear attenuationsfactor dB/m | | | |
| db =50m "breakpoint" additional 0.2 dB/meter | | | |

5.6.2 Τα πιο προηγμένα μοντέλα πρόβλεψης RF

Μερικά εργαλεία είναι σε θέση να εισάγουν τα σχέδια των ορόφων και να καθορίζουν την απώλεια του ατομικού τοίχου και τους διαχωρισμούς των ορόφων. Το πιο προηγμένο από αυτά τα εργαλεία πρόβλεψης μπορεί ακόμη και να υπολογίσει την «ιχνογραφημένη ακτίνα», εκτιμώντας τα σήματα που αντανακλούνται σε όλο το κτίριο σε τρεις διαστάσεις.

Είναι πολύ χρήσιμο να χρησιμοποιήσετε αυτούς τους τύπους των εργαλείων, όπου μπορείτε επίσης να περιλάβετε τις κοντινές Macro τοποθεσίες στην προσομοίωσή σας. Μπορείτε να παράγετε C/I οικόπεδα ή καλύτερα εξυπηρετικά οικόπεδα και να γλιτώσετε πολλές επενδύσεις, διατηρώντας παράλληλα τα σχεδιαστικά λάθη στο ελάχιστο.

Κάθε εργαλείο θα είναι χρήσιμο μόνο αν το χρησιμοποιείτε σωστά: κανένα εργαλείο δεν είναι καλύτερο από την ποιότητα της εισόδου που παρέχετε. Η εκτέλεση μιας ακριβής προσομοίωσης RF ενός κτιρίου μπορεί να είναι χρονοβόρα. Θα πρέπει να έχετε όλες τις λεπτομέρειες της απώλειας διείσδυσης μέσα από τοίχους και διαχωρισμούς ορόφων, κλπ. Είναι προφανές ότι τα εργαλεία αυτά δεν μπορούν να είναι 100% ακριβή, αλλά θα σας επιτρέψουν να προσομοιώσετε το περιβάλλον και να πειραματιστείτε με την κίνηση των κεραιών, έτσι ώστε να σχηματίσετε μια καλή άποψη για το πώς και πού να τοποθετήσετε τις κεραιές. Σε περίπτωση αμφιβολίας, πάντα να διεξάγετε μια έρευνα επαλήθευσης με ένα δοκιμαστικό πομπό και ένα δοκιμαστικό δέκτη.

5.7 Το προχωρημένο εργαλείο (RF-vu από iBwave.com)

Υπάρχουν πολλοί τύποι των εργαλείων για τις διάφορες διαδικασίες σε σχέση με τον εσωτερικό ραδιοδικτυακό σχεδιασμό. Σε πολλές περιπτώσεις, μπορείτε να καταλήξετε με ξεχωριστά εργαλεία για κάθε εργασία: ένα εργαλείο για τη σύνταξη του διαγράμματος, ένα εργαλείο για τον LB, ένα εργαλείο για τον υπολογισμό των ζημιών και των αρμοδιοτήτων των κεραιών, ένα εργαλείο για τους διαμορφωμένους υπολογισμούς, ένα εργαλείο για την παραγωγή των λιστών του εξοπλισμού, κλπ. Μπορεί να είναι δύσκολο να χειριστείτε όλες τις διαφορετικές εισόδους και εξόδους των δεδομένων από αυτά τα εργαλεία, ώστε να είστε σίγουροι ότι κάθε εργαλείο είναι ενημερωμένο με ακριβή στοιχεία του έργου. Ωστόσο, υπάρχει ένα εργαλείο που συνδυάζει όλες τις πτυχές της εσωτερικής διαδικασίας του σχεδιασμού. Αυτό το εργαλείο δεν είναι ιδιαίτερα οικονομικό, αλλά είναι βέβαιο ότι θα βρείτε αυτό το λογισμικό πολύ χρήσιμο και θα εξοικονομήσετε κόστος, αν κάνετε εσωτερικό ραδιοδικτυακό σχεδιασμό σε συχνή βάση.



Σχήμα 5.2 Εισαγόμενα σχέδιο ορόφων, σε κλίμακα μεγέθους και διαγράμματος του DAS: Αυτόματα υπολογίζει την απόσταση καλωδίου, τις ζημίες και το κόστος εγκατάστασης.

5.7.1 Εκτός από το χρόνο, Διατηρήστε το κόστος και τα λάθη στο ελάχιστο

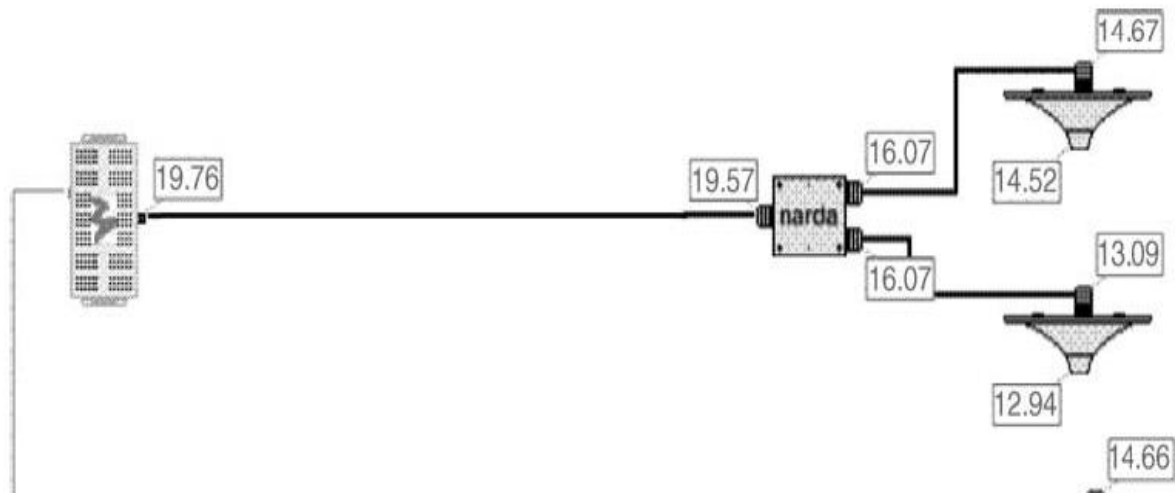
Αυτό το εργαλείο δεν είναι μόνο εύκολο στη χρήση, αλλά μειώνει πολύ τα έξοδα σχεδιασμού, και μειώνει τα λάθη στο ελάχιστο, γιατί όλα τα δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους, οπότε αν ενημερώσετε ένα στοιχείο στο διάγραμμα, το σχέδιο των ορόφων, η προσομοίωση και οι λίστες του εξοπλισμού θα ενημερωθούν ταυτόχρονα.

5.7.2 Εισαγωγή σχεδίου ορόφων

Μπορείτε εύκολα να εισαγάγετε οποιοδήποτε πρότυπο τύπο του σχεδίου ορόφων, π.χ. *.gif, *.jpeg, *.pdf, ακόμη και AutoCAD. Όταν έχετε εισαγάγει το σχέδιο ορόφων, μπορείτε να δημιουργήσετε μια κλίμακα, η οποία θα ταιριάζει με το πραγματικό μέγεθος του κτιρίου (όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2). Όλο το σχέδιο των ορόφων μπορεί να ευθυγραμμιστεί μαζί, ώστε να δημιουργηθεί μια τέλεια τρισδιάστατη μοντελοποίηση του κτιρίου. Τα μήκη καλωδίων θα είναι αυτόματα μετρούμενα οριζοντίως και καθέτως με βάση τις κλίμακες του σχεδίου των ορόφων.

5.7.3 Διάγραμμα και σχέδιο ορόφων

Όταν τοποθετείτε στοιχεία, όπως κεραία, ζεύκτη, ενισχυτή, καλώδιο και άλλα σχετικά με το σχέδιο των ορόφων, το σχηματικό διάγραμμα σχεδιάζεται αυτόματα για το χρήστη, έτσι ώστε το διάγραμμα θα είναι πάντα ακριβές και θα ταιριάζει με το σχέδιο ορόφων, και το αντίστροφο.



Σχήμα 5.3 Ένα μικρό τμήμα του διαγράμματος DAS – υπολογίζονται τα επίπεδα ισχύος στην είσοδο και έξοδο κάθε συστατικού.

Στο Σχήμα 5.3 μπορείτε να δείτε ένα στιγμιότυπο οθόνης από ένα απλό σχέδιο ορόφων με δύο κεραίες. Το λογισμικό υπολογίζει αυτόματα την πραγματική απόσταση καλωδίου, λόγω της κλίμακας του σχεδίου ορόφων. Η καλωδιακή απόσταση και το προβλεπόμενο όριο των κελιών ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο, όταν μετακινείτε τα στοιχεία σχετικά με το σχέδιο ορόφων.

Μπορείτε να επιλέξετε το είδος των συμπληρωματικών πληροφοριών θα θέλατε το διάγραμμα να παρουσιάσει: στο παράδειγμα στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζεται το επίπεδο ισχύος σε dBm στην είσοδο και την έξοδο του κάθε συστατικού.

5.7.4 σχηματικό διάγραμμα

Το σχηματικό διάγραμμα είναι αυτό στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δει όλα τα στοιχεία που συνδέονται μεταξύ τους και να αναλύσει την ισχύ RF σε κάθε ενιαίο σύνδεσμο (όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.3). Κάθε στοιχείο σχεδιάστηκε με προδιαγραφή την καλύτερη αναγνώριση του, αλλά και περιέχει όλες τις τεχνικές προδιαγραφές του, ώστε το εργαλείο να μιμηθεί τη δράση του, καθώς και να εκτελείται σε πραγματικό περιβάλλον. Τα περισσότερα

από τα νέα οικοδομικά έργα αποτελούνται πλέον από πολλές ζώνες και πολλές τεχνολογίες, ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να χρησιμοποιούν την ίδια υποδομή, όπως ένας μεγάλος αγωγός RF, για να μεταφέρουν πολλαπλούς τύπους σημάτων σε διαφορετικές συχνότητες. Η σχηματική όψη δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αναλύσει την αλληλεπίδραση όλων των σημάτων που υπάρχουν μέσα σε ένα στοιχείο και να εκτελέσει τους συγκεκριμένους υπολογισμούς RF με βάση την ιδιαιτερότητα της τεχνολογίας. Το εργαλείο εκτελεί πολλούς downlink και uplink υπολογισμούς, το οποίο είναι χρήσιμο στο να αυξήσει την ταχύτητα και την ακρίβεια του σχεδιασμού. Μεγάλες ποσότητες έργων γίνονται με τη χρήση παθητικού DAS, η οποία είναι δύσκολο να ισορροπήσει χωρίς εργαλείο, ειδικά όταν υπάρχουν πολλά συστατικά. Το τμήμα uplink είναι ακόμη χειρότερο, από τη στιγμή που το κλιμακωμένο σχήμα θορύβου του συστήματος είναι ζωτικής σημασίας, αλλά είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί στο χέρι. Όταν απαιτούνται τροποποιήσεις λόγω της επισκεψιμότητας μιας ιστοσελίδας ή λόγω άλλων παραγόντων, το εργαλείο θα σώσει πολύ χρόνο κάνοντας ξανά όλους τους υπολογισμούς σε ένα δευτερόλεπτο. Ο LB, οι υπολογισμοί του θορύβου, οι υπολογισμοί της δύναμης και της ενδοδιαμόρφωσης γίνονται, επίσης, μέσα από το εργαλείο, το οποίο υποστηρίζει τα διάφορα πρωτόκολλα κινητών τηλεφώνων και επικοινωνίας από όλο τον κόσμο.

5.7.5 Ανίχνευση σφάλματος

Το λογισμικό διαθέτει λεπτομερείς προειδοποιήσεις για πολλά διαφορετικά θέματα και θα αποτρέψει το χρήστη από λάθη πάνω στο έργο. Το λογισμικό θα ελέγξει για σφάλματα όπως είναι η σύνδεση δύο εξόδων μαζί, οι λανθασμένες υποδοχές (γένος και τύπος), η σύνθετη ισχύ RF που διέρχεται σε ένα συστατικό, η υπερφόρτωση ενός ενισχυτή, και πολλά άλλα.

5.7.6 Βάση δεδομένων συστατικών

Το εργαλείο έχει μια μεγάλη βάση δεδομένων των συστατικών από τους διαφορετικούς κατασκευαστές, και έτσι ο υπολογισμός του σχεδιασμού και η τεκμηρίωση θα δείξουν και θα χρησιμοποιήσουν τα πραγματικά δεδομένα, καθώς θα ενημερώνονται απευθείας από τη σύνδεση με το κατασκευαστή. Αυτό περιλαμβάνει επίσης το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας, και έτσι μπορείτε να κάνετε ακριβείς προβλέψεις, χρησιμοποιώντας την πραγματική κεραία που σχεδιάζετε να εφαρμόσετε. Είναι εύκολο να δημιουργήσετε τα δικά σας στοιχεία, εφόσον χρειάζεται, ή να αλλάξετε τα υπάρχοντα δεδομένα συστατικών.

5.7.7 Η λίστα του εξοπλισμού και η έκθεση του κόστους το έργου

Μπορείτε να ορίσετε το κόστος ανά συστατικό, το κόστος εγκατάστασης ανά συστατικό ή μέτρο του καλωδίου, και με το πάτημα του κουμπιού θα πάρετε μια πλήρη λίστα με αυτά που πρέπει να αγοράσετε και το πλήρες κόστος του έργου. Αυτό επιτρέπει στον σχεδιαστή του ραδιοδικτύου να υπολογίσει με ακρίβεια το κόστος του έργου και την επιχειρησιακή περίπτωση.

5.7.8 Έκθεση RF και Έκθεση Εγκατάστασης

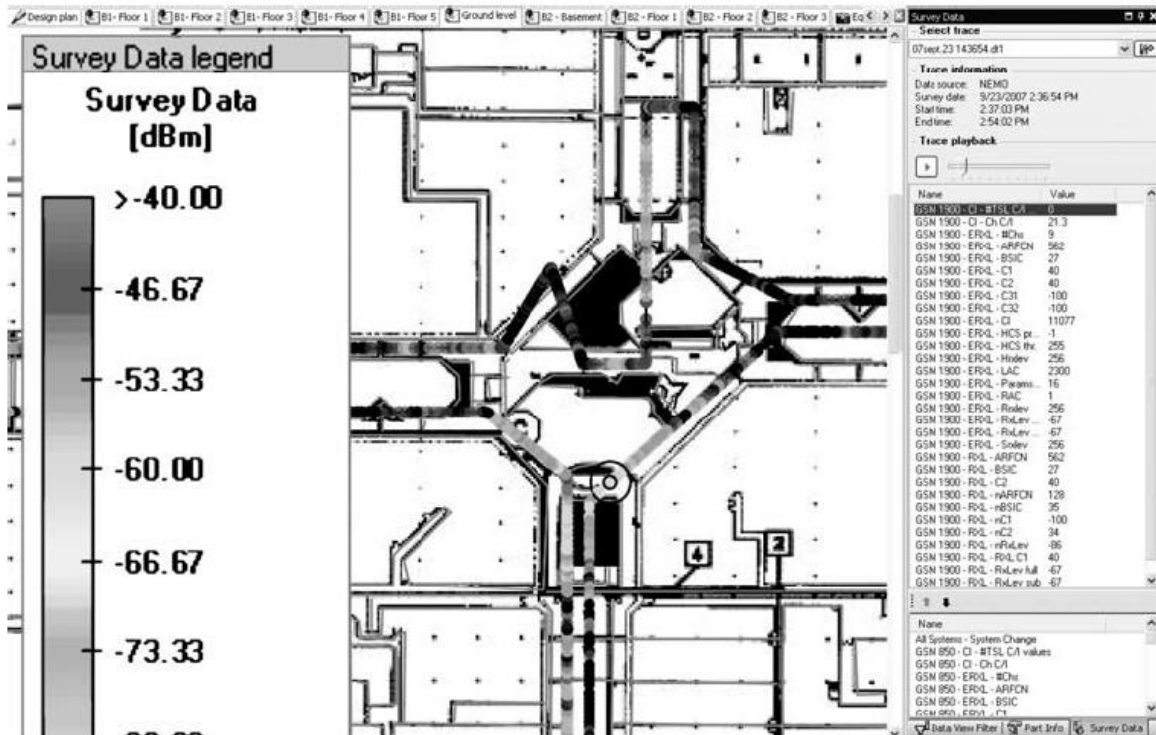
Πολλές άλλες εκθέσεις είναι διαθέσιμες να βοηθήσουν το χρήστη στη γρήγορη ανάλυση και βελτιστοποίηση του έργου. Άλλες εκθέσεις αφήνουν τον χρήστη να δει τον LB της κάθε κεραίας σε κάθε ζώνη, να αναλύσει τη μέση ισχύ εξόδου ανά κεραία για την καλύτερη ισορροπία του συστήματος και να δώσει λεπτομερή έκθεση δρομολόγησης καλωδίου στους εγκαταστάτες, προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία εγκατάστασης.

5.7.9 Πολύ-σύστημα ή πολύ-διαχειριστές

Το λογισμικό είναι σε θέση να σχεδιάζει διπλές ζώνες ή πολύ-διαχειριστικά συστήματα, και θα αναδείξει τις διαφορετικές ζώνες με τη διαφορετική χρωματική κωδικοποίηση.

5.7.10 Εισάγοντας μια έρευνα RF

Μπορείτε να εισαγάγετε ένα αρχείο αποτελεσμάτων από τη μέτρηση της έρευνας RF (όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.4), και να συγκρίνετε τα δεδομένα με το μοντέλο πρόβλεψης. Είναι πολύ εύκολο να βρείτε τα προβλήματα εγκατάστασης, συγκρίνοντας την προκύπτει έρευνα της εγκατάστασης με την πρόβλεψη.



Σχήμα 5.4 Εισαγόμενα ερευνητικό πεδίο στην κορυφή του σχεδιασμού RF του σχεδίου ορόφων: μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση του χρησιμοποιημένου μοντέλου πρόβλεψης.

5.7.11 Τεκμηρίωση τοποθεσίας

Είναι δυνατόν να συμπεριληφθεί η τεκμηρίωση της τοποθεσίας (όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.5) όπως και η κατασκευή εικόνων και μακετών, προκειμένου να βοηθηθούν οι εγκαταστάτες στο να αποφύγουν λάθη και να βοηθήσουν τον ιδιοκτήτη του κτιρίου να κατανοήσει την εγκατάσταση.

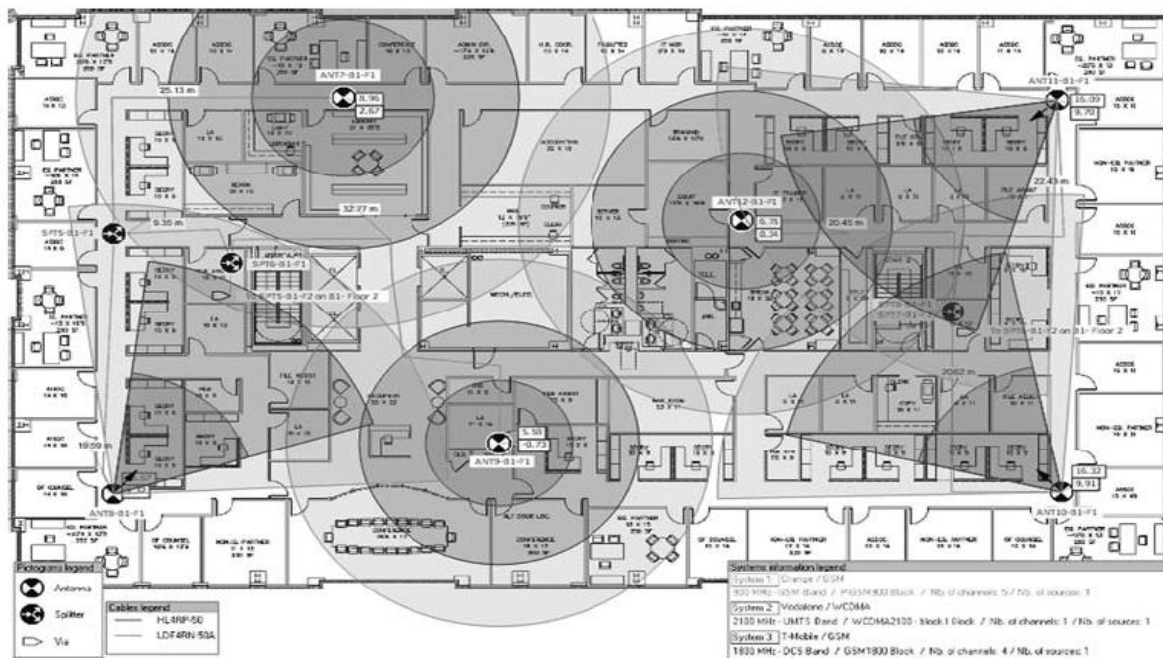
5.7.12 Διάδοση RF

Μπορείτε να επιλέξετε διάφορα μοντέλα και τρόπους πρόβλεψης (όπως φαίνεται στα σχήματα 5.6 και 5.7), από το COST231 στο 3D Dominant Path, το οποίο είναι ένα βελτιστοποιημένο μοντέλο εντοπισμού ακτίνας. Η βάση δεδομένων περιέχει πολλούς τύπους υλικών, προκειμένου να καθορίσει όσο το δυνατόν καλύτερα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και το περιβάλλον. Η τρισδιάστατη πρόβλεψη μπορεί να πραγματοποιηθεί και να αναλυθεί για όλες τις ζώνες ταυτόχρονα και να εμφανίζεται σε διαφορετικές μορφές, όπως σαν

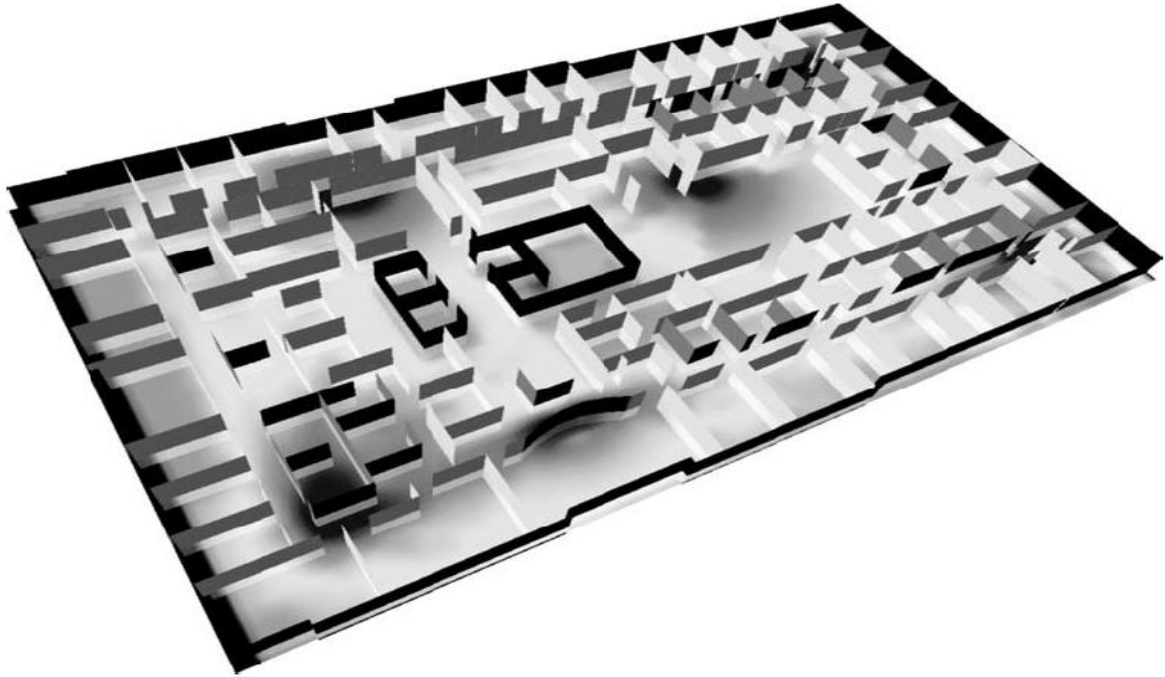
καλύτερος εξυπηρετητής, σαν σύνδεσμος απώλειας ή σαν ισχύ του σήματος. Το όριο μπορεί επίσης να οριστεί από την τεχνολογία, ώστε να προσδιοριστεί ποια ζώνη θα ανταποκρίνεται στην απαίτηση της τεχνολογίας και ποια θα πρέπει να βελτιωθεί.



5.5 Παράδειγμα εγκατάστασης μακετών, το οποίο είναι πολύ χρήσιμο για τη διαδικασία εγκατάστασης.



Σχήμα 5.6 Είναι δυνατόν να σχεδιάσετε την βασιζόμενη σε PLS περιοχή κάλυψης για τις διάφορες υπηρεσίες σχετικά με το DAS.



Σχήμα 5.7 Το ίδιο έργο DAS όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.6: αυτή είναι προσομοίωση σε τρεις διαστάσεις (προφανώς στο χρώμα και στην πραγματικότητα)

5.7.13 Πλήρης ενοποίηση

Το καλύτερο πράγμα σχετικά με το εργαλείο αυτό είναι ότι όλα τα δεδομένα είναι ενσωματωμένα στην ίδια πλατφόρμα, ώστε να γίνεται εύκολο να ενημερώνεται συχνά το έργο. Η τεκμηρίωση, οι υπολογισμοί, οι εκθέσεις, τα διαγράμματα, τα σχέδια ορόφων και όλες οι πληροφορίες του έργου περιέχονται σε ένα αρχείο και μπορούν εύκολα να μοιραστούν σε όλη την εσωτερική οικοδομική αλυσίδα. Η αντικατάσταση ενός ή πολλών συστατικών είναι ένα θέμα μερικών κλικ με το ποντίκι, καθώς όλα τα δεδομένα είναι συνδεδεμένα με αυτό. Αυτό μπορεί να σώσει πολύ εργασιακό χρόνο και να περιορίσει τον αριθμό των λαθών.

Βιβλιογραφία

- Tolstrup, Morten. Indoor radio planning: a practical guide for GSM, DCS, UMTS and HSPA. p. cm. includes bibliographical references and index. Editor: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-057698. Denmark, 2008.