



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

Π.Σ.Ε. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Υ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

Πτυχιακή εργασία

με θέμα

Τεχνολογία και Εφαρμογές

Ευφρών Κεραιών

από την **Αφροδίτη Κατσουλάκη** και την **Ελπινίκη Κύρκου**.

*Εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. **Ιωάννη Βαρδιάμπαση**
στα πλαίσια του “ΕΠΕΑΕΚ II – Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ –
Μελέτη- σχεδίαση ευφρών κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού
και πιλοτική ανάπτυξη- λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB
στα Χανιά (SMART-DAB)”*

Χανιά, Φεβρουάριος 2004

Πρόλογος

Η εργασία αυτή αφιερώνεται στους γονείς μας που τόσα χρόνια στήριξαν τις προσπάθειές μας, πίστεψαν σε μας και συνεχίζουν να μας δίνουν τα εφόδια για την επίτευξη των στόχων μας.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μας κ. Ιωάννη Βαρδιάμπαση για την πολύτιμη βοήθεια του στην ολοκλήρωση της πτυχιακή μας.

Τέλος, ευχαριστούμε όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μας ο καθένας με το δικό του τρόπο.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών και Μικροκυματικών Επικοινωνιών του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “**Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ – Μελέτη-σχεδίαση ευφών κεραίων με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική ανάπτυξη-λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)**” που συγχρηματοδοείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του ΕΠΕΑΕΚ II.

Κατσουλάκη Αφροδίτη – Κύρκου Ελπινίκη

Χανιά, Φεβρουάριος 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Αναλογία για προσεγγιστικές ευφυείς κεραίες	1
1.2	Μη κατευθυντικές κεραίες	2
1.3	Κατευθυντικές κεραίες	3
1.4	Συστήματα κεραίων	3
1.5	Τμηματοποιημένα συστήματα	4
1.6	Ποικιλομορφία συστημάτων	4
1.7	Ευφυή συστήματα	6
1.8	Τύποι συστημάτων ευφών κεραίων	6
1.9	Σκοπός του συστήματος της ευφούς κεραίας	8
1.10	Διάδοση σήματος: Πολλαπλή πορεία και διακαναλική παρεμβολή- Αναλογία για τη διάδοση σήματος	9
1.11	Αρχιτεκτονική των συστημάτων των ευφών κεραίων- Λειτουργία συστημάτων ευφών κεραίων	13
1.12	Συστήματα μεταβλητής δέσμης - προσαρμοστικής κεραίας - Πλεονεκτήματα	14
1.13	Τεχνολογία της ευφούς κεραίας	17
1.14	Ευφυείς κεραίες και πρότυπα στο GSM	21
1.15	Ευφυείς κεραίες σε συστήματα 3G	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΜΙΑ ΠΛΗΡΩΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΙΣ ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΕΥΦΥΗΣ ΔΕΣΜΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΟ ΣΧΕΔΙΟ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ

2.1	Εισαγωγή	26
2.2	Βασική κυψελοειδής αρχιτεκτονική	26
2.3	Κάλυψη	28
2.4	Φασματική αποδοτικότητα	29
2.5	INTELLICELL: Η πλήρως προσαρμοστική ευφυής προσέγγιση κεραίων - Τεχνολογία intelllicell στην άνω και στην κάτω ζεύξη - Μαθηματικές σχέσεις	33
2.6	Σύνθεση ευφούς δέσμης ακτίνων	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ-ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΓΙΑ ΕΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΙΚΤΥΑ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ CDMA 2000

3.1	Χωρητικότητα	51
3.2	Διαμοιρασμός του ραδιοφάσματος	52
3.3	Βασικές αρχές	53

3.4	Βελτιώσεις και οφέλη	56
3.5	Παράγοντες δαπανών	58
3.6	Ραδιοπρογραμματισμός	59
3.7	Στοιχειοκεραίες - Υλοποίηση - Δέκτης - Πομπός	61
3.8	Κρίσιμοι παράγοντες και προκλήσεις	71
3.9	Ericsson-Mannesmann-Δοκιμή στο Giessen της Γερμανίας	73
3.10	Ετερογενή δίκτυα με χωροχρονική εξουδετέρωση παρεμβολής	74
3.11	Χωροχρονική γένεση εξουδετέρωσης παρεμβολής σε δίκτυα TDMA και CDMA – Επιρροή της διάδοσης περιβάλλοντος	76
3.12	Έλεγχος ραδιοφωνικής μετάδοσης και πειραματικά κανάλια (pilot channel)	79
3.13	Χωροχρονική εξουδετέρωση παρεμβολής σε εξωτερικά ετερογενή δίκτυα και σε καθορισμένα ασύρματα συστήματα πρόσβασης	80
3.14	Υπάρχουσες λύσεις τεχνολογίας και σύγχρονες τάσεις	88
3.15	Αξιοσημείωτες εξελίξεις σχετικές με την τεχνολογία RF	91
3.16	Στρατηγική ευφών κεραιών - Διαμόρφωση στη μετάδοση και λήψη	93
3.17	Μετάδοση διαφόρων μεθόδων	95
3.18	Βασικές αρχές PSTD	96
3.19	Ποικιλία μετάδοσης και στρατηγική οδήγησης ακτινών ευφών κεραιών	96
3.20	Απόδοση ευφών κεραιών- σύνδεση- επίπεδο προσομοίωσης - Απόδοση της δέσμης των ευφών κεραιών. Πειραματικές μετρήσεις - Υπολογισμοί χωρητικότητας συστημάτων- παράμετροι καναλιών - Χωρητικότητα ευφών κεραιών και κάλυψη κερδών	98
3.21	Φάση 3 MIMO/BLAST - Hardware - Οφέλη - Απόδοση διαμόρφωσης	101
3.22	Η έννοια MIMO-αυξημένη φασματική αποδοτικότητα–Περιγραφή Χωρητικότητας	102
3.23	Μέγιστοι ρυθμοί στο κανάλι πακέτων υψηλών ταχυτήτων	103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΕΥΦΥΗ ΚΥΨΕΛΗ (Smartcell)

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ-ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

4.1	Κατηγορίες ευφών κεραιών	105
4.2	SmartShare Antenna Sharing	110
4.3	Αποδεδειγμένη λύση – Spotlight 2200	111
4.4	Adaptive Smart Antenna	113
4.5	Ανάπτυξη συστημάτων - Πείραμα φορητής στοιχειοκεραίας	116
4.6	Πείραμα στοιχειοκεραίας MPRG	117
4.7	Σύστημα μέτρησης διανυσματικής ανταπόκρισης ImPulsE (VIPER)	118
4.8	Πείραμα ποικιλομορφίας μετάδοσης ευρείας ζώνης	119
4.9	Διανυσματικός προσομοιωτής πολλαπλών διαδρομών διάδοσης (VMPS)	120
4.10	Μετρήσεις	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:**ΑΠΛΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ**

5.1	Περίληψη	125
5.2	Προσομοίωση με SDL	127
5.3	Νοητό κυψελοειδές πρότυπο περιβάλλοντος δικτύων - Μοντέλο διάδοσης	127
5.4	Κεραίες διαμόρφωσης για την προσομοίωση συστήματος επιπέδου	128
5.5	Πρωτόκολλο μεταγωγής για ευφείς κεραίες	131

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:**ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ SMART ANTENNA TM ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ EXPLORER MODE 1000**

1.	Τοποθέτηση - SMART ANTENNA TM	136
2.	Περιοχή κεραιών GPS	137
3.	Τοποθέτηση πλατφόρμας SMART ANTENNA TM	137
4.	Απαιτήσεις καλωδίωσης	138
5.	Ηλεκτρικές απαιτήσεις	138
6.	Εφαρμογές ευφών κεραιών	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σύστημα ευφυούς κεραίας συνδυάζει την τεχνολογία των κεραίων και των μικροκυματικών επικοινωνιών με την επεξεργασία σήματος, με σκοπό την βελτιστοποίηση ακτινοβολίας για εκπομπή και λήψη, ανάλογα με το περιβάλλοντος σήμα.

Τι κάνει μια κεραία σε ένα σύστημα τηλεπικοινωνιών; Είναι η πύλη μέσω της οποίας η ενέργεια της ραδιοσυχνότητας (RF) είναι συνδεδεμένη από τον εκπομπό στον έξω κόσμο και το αντίστροφο, στον δέκτη από τον έξω κόσμο.

Ο τρόπος των κεραίων με τον οποίο κατανέμεται η ενέργεια και μαζεύεται γύρω από κάποια περιοχή έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση της χρήσης του φάσματος, στην εγκατάσταση νέων τηλεπικοινωνιακών ασύρματων δικτύων, και στην ποιότητα της εξυπηρέτησης που παρέχεται από αυτά τα δίκτυα.

Ακολουθεί μια εισαγωγή στις βασικές αρχές του συστήματος ευφυούς κεραίας με τα βασικά πλεονεκτήματα του σχεδιασμού της μέσω τυπικών μη κατευθυντικών προσεγγίσεων.

1.1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Για να ελέγξετε πώς δουλεύει ένα σύστημα προσεγγιστικής κεραίας, κλείστε τα μάτια σας και συνομιλήστε με κάποιους καθώς κινούνται μέσα στο δωμάτιο. Θα παρατηρήσετε ότι μπορείτε να προσδιορίσετε την θέση τους χωρίς να τους δείτε. Αυτό οφείλεται:

- Ακούτε τα σήματα των συνομιλητών σας μέσα από τα δυο σας αυτιά, τα ακουστικά σας αισθητήρια.
- Η φωνή φτάνει στο κάθε αυτί σε διαφορετική στιγμή.
- Το μυαλό σας, ο ειδικός επεξεργαστής σήματος, κάνει έναν μεγάλο αριθμό υπολογισμών για να συσχετίσει την πληροφορία και υπολογίζει την θέση του ομιλητή.

Το μυαλό σας λοιπόν προσθέτει την ισχύ των σημάτων και από τα δύο αυτιά, και έτσι αντιλαμβάνεστε τον ήχο σε μια επιλεγμένη κατεύθυνση σαν να ήταν δύο φορές πιο δυνατός από οτιδήποτε άλλο.

Το σύστημα προσεγγιστικής κεραίας κάνει το ίδιο πράγμα, χρησιμοποιώντας κεραίες αντί για αυτιά. Έτσι είναι σαν να υπάρχουν 8, 10, ή 12 απασχολημένα αυτιά για να βοηθήσουν να βρεθεί ο τόνος και να ανακαλυφθεί η πληροφορία του σήματος. Επειδή οι κεραίες λαμβάνουν και μεταδίδουν, ένα σύστημα προσαρμοστικής κεραίας μπορεί να στέλνει σήματα πίσω στην ίδια κατεύθυνση από την οποία προήλθαν. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα

κεραία δεν μπορεί να λαμβάνει μόνο 8, 10 ή 12 φορές δυνατότερα αλλά και να μεταδίδει το ίδιο καλά, δυνατά και κατευθυντικά.

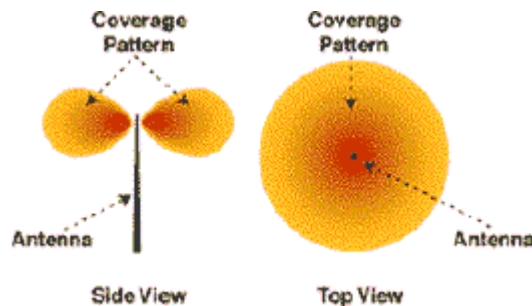
Αν προσθέσουμε στο παράδειγμα περισσότερους ομιλητές, ο δικός σας εσωτερικός επεξεργαστής μπορεί να εντοπίσει ανεπιθύμητους θορύβους (παρεμβολές) και εναλλακτικές εστιάσεις σε μια συνομιλία. Έτσι, συστήματα προοδευτικών προσεγγιστικών στοιχειοκεραίων έχουν την ικανότητα να ξεχωρίζουν τα επιθυμητά και ανεπιθύμητα σήματα.

Οι τεχνολογίες των ευφών κεραιών θα αλλάξουν τα οικονομικά των 3G ραδιοδικτύων. Προωθούν είτε ένα κέρδος μεγάλης χωρητικότητας πληροφοριών ή μια σημαντική μείωση στον αριθμό των απαιτούμενων σταθμών βάσης για να επιτύχουν ένα βασικό επίπεδο εξυπηρέτησης. Οι ευφυείς κεραιές μπορούν να αυξήσουν την χωρητικότητα των δικτύων περισσότερο από 100% ή να μειώσουν τον απαιτούμενο αριθμό των σταθμών βάσης λιγότερο από 50%. Δεν εκπλήσσει το γεγονός ότι οι ευφυείς κεραιές είναι ακριβότερες από τις συνηθισμένες τεχνολογίες.

1.2 ΜΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Οι πρώτες κεραιές της ασύρματης τηλεφωνίας, είχαν την απλή διπολική κεραία, η οποία εκπέμπει και λαμβάνει το ίδιο καλά προς όλες τις κατευθύνσεις. Για να βρει τον κάθε χρήστη, αυτό το απλά σχεδιασμένο στοιχείο εκπέμπει μη κατευθυντικά. Ενώ είναι επαρκής για Rf περιβάλλον όπου οι μη εξειδικευμένες γνώσεις χρηστών είναι διαθέσιμες, αυτή η μη εστιασμένη προσέγγιση διασκορπίζει τα σήματα, αντιλαμβάνοντας τους επιθυμητούς χρήστες με μόνο μια μικρή αναλογία της συνολικής ενέργειας που στέλνεται στο περιβάλλον.

Δίνοντας αυτόν τον περιορισμό, οι μη κατευθυντικές στρατηγικές προσπαθούν να ξεπεράσουν τις περιβαντολλογικές απαιτήσεις με απλή αύξηση του επιπέδου ισχύος των εκπεμπόμενων σημάτων. Στην περίπτωση πολυάριθμων χρηστών, αυτό δημιουργεί μία άσχημη κατάσταση (περισσότερο στα σήματα που χάνουν τους χρήστες λαμβάνοντας παρεμβολή από αυτούς ή τα γειτονικά κύτταρα.)



Σχήμα 1.1 Μη κατευθυντική κεραία και μορφές κάλυψης.

Στις εφαρμογές των άνω ζεύξεων (ο χρήστης στο σταθμό βάσης), οι μη κατευθυντικές κεραιές δεν προσφέρουν ευνοϊκό κέρδος στα σήματα για τους χρήστες εξυπηρέτησης. Με άλλα λόγια, οι χρήστες πρέπει να διώξουν την ανταγωνιστική ενέργεια σήματος. Αυτό το

στοιχείο δεν μπορεί επιλεκτικά να απορρίψει τις παρεμβολές των σημάτων από αυτές των χρηστών εξυπηρέτησης.

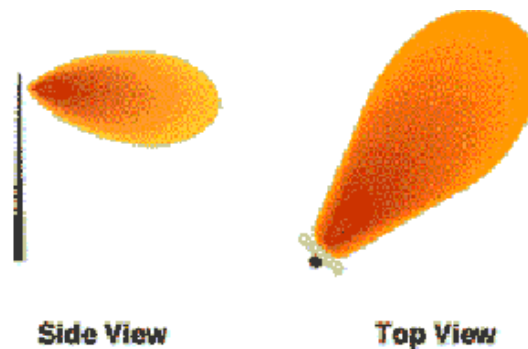
Οι μη κατευθυντικές στρατηγικές επιδρούν αντίθετα στην φασματική ικανότητα, περιορίζοντας την συχνότητα επαναχρησιμοποίησης. Αυτοί οι περιορισμοί αναγκάζουν τα συστήματα σχεδιασμού και δικτύων να επινοήσουν όλο πολυπλοκότερες και ακριβότερες επιδιορθώσεις. Τα επόμενα χρόνια, οι περιορισμοί της τεχνολογίας εκπομπής της κεραίας στην ποιότητα, στην χωρητικότητα, και στην κάλυψη ασύρματων συστημάτων κίνησαν μια εξέλιξη στον θεμελιώδη σχεδιασμό και στον ρόλο της κεραίας σε ένα ασύρματο σύστημα.

1.3 ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Μια μονοπολική κεραία μπορεί να είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να έχει σταθερές και αμετάβλητες κατευθύνσεις εκπομπής και λήψης. Ως εναλλακτική λύση στη μέθοδο της ισχύος είναι η πρόσθεση νέων θέσεων εκπομπών, συμβατικών πύργων κεραίων που διαμοιράζουν ή διαχωρίζουν τις κυψέλες. Μια περιοχή των 360° είναι συχνά διαμοιρασμένη σε τρεις υποδιαιρέσεις των 120° , η κάθε μια από τις οποίες καλύπτεται από μία μέθοδο εκπομπής μετάδοσης.

Οι τομείς των κεραίων εξασφαλίζουν αυξανόμενο κέρδος σε ένα περιορισμένο εύρος του αζιμουθίου καθώς συγκρίνεται με μια μη κατευθυντική κεραία. Αυτό αναφέρεται ως κέρδος στοιχειοκεραίας.

Ενώ διαμοιράζονται οι κεραίες πολλαπλασιάζεται η χρήση των καναλιών. Παρόλα αυτά υπάρχουν σημαντικά μειονεκτήματα στις μη κατευθυντικές κεραίες εκπομπής όπως η διακαναλική παρεμβολή.

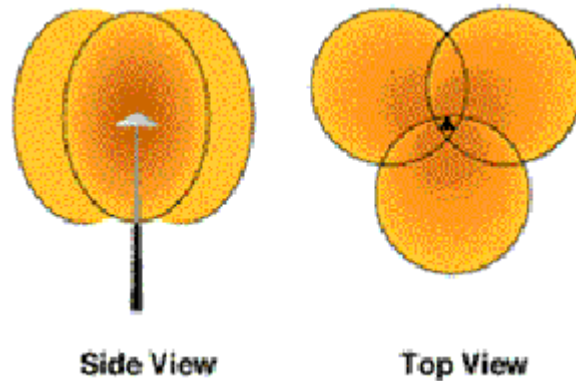


Σχήμα 1.2 Κατευθυντική κεραία και μορφή κάλυψης.

1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΡΑΙΩΝ

Πώς μπορεί μια κεραία να γίνει περισσότερο ευφυής; Πρώτα, κάθε αρχικό σχέδιο μπορεί να τροποποιηθεί προσθέτοντας περισσότερα στοιχεία. Δεύτερον, μπορεί να προστεθεί ένα σύστημα το οποίο να είναι σχεδιασμένο να αλλάζει τα σήματα πριν την μετάδοση σε κάθε

στοιχείο που ακολουθεί, έτσι ώστε η κεραία να έχει ένα σύνθετο αποτέλεσμα. Το περιεχόμενο των εξαρτημάτων και του λογισμικού είναι γνωστό ως συντονισμός στοιχειοκεραίας.



Σχήμα 1.3 Τμηματοποιημένη κεραία και μορφές κάλυψης.

1.5 ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η τμηματοποιημένη κεραία παίρνει μια κυψελωτή περιοχή και την διαμοιράζει σε τομείς οι οποίοι καλύπτονται με την χρήση κατευθυντικών κεραιών που είναι τοποθετημένες στο ίδιο σταθμό βάσης. Πρακτικά, κάθε τομέας χρησιμοποιείται σαν διαφορετικό κύτταρο, που η ακτίνα του καθενός είναι μεγαλύτερη από αυτή των μη κατευθυντικών. Οι κεραιές τομής αυξάνουν την πιθανότητα επαναχρησιμοποίησης της συχνότητας του καναλιού σε τέτοια κυτταρικά συστήματα μειώνοντας την ενδεχόμενη παρεμβολή κατά μήκος του πραγματικού κυττάρου. Είναι ευρύτητα διαδεδομένη για αυτό το σκοπό. Όταν συνδυάζονται περισσότερες από μια κατευθυντικές κεραιές, ο σταθμός βάσης μπορεί να καλύψει όλες τις κατευθύνσεις.

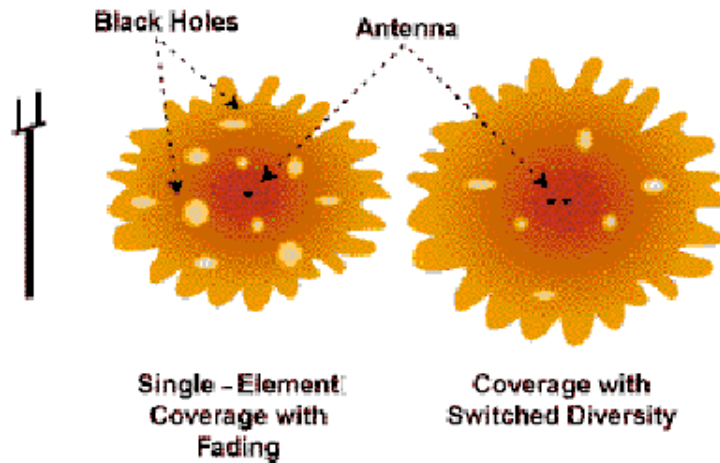
1.6 ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η ποικιλομορφία προσφέρει μια βελτιστοποίηση στην αποτελεσματική βάση του λαμβανόμενου σήματος με την χρήση μίας από τις ακόλουθες μεθόδους:

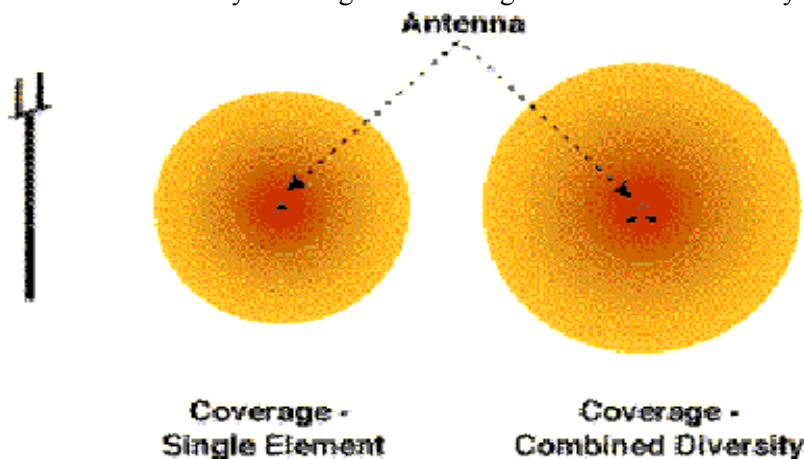
Switched diversity – Υποθέτουμε ότι η τελευταία κεραία βρίσκεται σε ευνοϊκή θέση κάποια συγκεκριμένη στιγμή. Αυτό το σύστημα συνεχώς μεταβάλλεται μεταξύ των κεραιών (συνδέει κάθε υποδοχή από τα κανάλια στην καλύτερη κεραία εξυπηρέτησης) και έτσι είναι σαν να χρησιμοποιεί πάντα το στοιχείο με τη μεγαλύτερη έξοδο. Αν και μειώνει τα αρνητικά αποτελέσματα της εξασθένησης του σήματος, δεν αυξάνει το κέρδος παρά μόνο όταν μια κεραία χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Diversity combining – Αυτή η προσέγγιση διορθώνει το σφάλμα φάσης σε δύο πολλαπλές τροχιές σημάτων και συνδυάζει αποτελεσματικά την ισχύ από τα δύο σήματα για να δημιουργηθεί το κέρδος. Άλλα συστήματα, όπως η μέγιστη αναλογία συστημάτων συνδυασμού, συνδυάζουν τις εξόδους από όλες τις κεραιές για την μεγιστοποίηση της αναλογίας του συνδυασμένου λαμβανόμενου σήματος της ενέργειας με το θόρυβο.

Επειδή οι σταθμοί βάσης τύπου μικροκυπέλης παράγουν περισσότερη ισχύ στην κάτω ζεύξη (σταθμός βάσης του χρήστη) από τους κινητούς ακροδέκτες, δημιουργείται μεγαλύτερη ποικιλομορφία συστημάτων κεραιών που αναπτύχθηκε μόνο για να εκτελείται στην άνω ζεύξη (ο χρήστης στο σταθμό βάσης).



Σχήμα 1.4 Switched Diversity Coverage with Fading and Switched Diversity.



Σχήμα 1.5 Combined Diversity Effective Coverage Pattern with Single Element and Combined Diversity.

Οι ποικιλομορφία κεραιών διακόπτουν τη λειτουργία από ένα στοιχείο εν ενεργεία στο άλλο. Αυτή η προσέγγιση μειώνει κάποιες από τις τροχιές πολλαπλών ακολουθιών. Ωστόσο κάθε χρήση από κάθε στοιχείο στη συγκεκριμένη στιγμή δεν προσφέρει βελτίωση κέρδους στην άνω ζεύξη. Σε περιβάλλοντα υψηλών παρεμβολών, η ανίχνευση του ισχυρότερου σήματος ή η εξαγωγή της μέγιστης ισχύος σήματος από τις κεραιές δεν είναι κατάλληλη και μπορεί να προκύψει παρεμβολή αντί για το επιθυμητό σήμα.

Η ανάγκη για μετάδοση στους πολυάριθμους χρήστες αποτελεσματικότερα χωρίς να αυξηθεί το πρόβλημα της παρεμβολής είναι το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των συστημάτων των ευφυών κεραιών που ολοκληρώνει την ταυτόχρονη λειτουργία της ποικιλομορφίας των στοιχείων της κεραιάς.

1.7 ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η χρήση των πολλαπλών κεραιών και των επεξεργασμένων σημάτων για να εξυπηρετούν κυψέλες καλύτερα υπάρχει για πολλά χρόνια. Στην πραγματικότητα, η μεταβολή στην βαθμίδα των σχετικά ακριβών συστημάτων ευφών κεραιών έχει ήδη εφαρμοστεί στα συστήματα αμύνης. Τα τελευταία χρόνια, το κόστος εμπόδισε την χρήση τους στα εμπορικά συστήματα. Η άφιξη των αποτελεσματικών ψηφιακών σημάτων επεξεργαστών χαμηλού κόστους (DSPs), των επεξεργαστών γενικού σκοπού (ASICs), καθώς και των τεχνικών λογισμικού βασισμένων στην επεξεργασία σήματος (αλγόριθμοι) έκαναν τις ευφείς κεραιές πρακτικές για κυψελικά επικοινωνιακά συστήματα.

Σήμερα, όπου οι φασματικές αποτελεσματικές λύσεις είναι όλο και περισσότερο υπόθεση ανάγκης, αυτά τα συστήματα εξασφαλίζουν μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης για κάθε πλευρά της κυψέλης, υψηλότερη απόρριψη των παρεμβολών και μεγάλες βελτιώσεις χωρητικότητας.

Στην πραγματικότητα οι κεραιές δεν είναι ευφείς, τα συστήματα κεραιών είναι ευφυή. Αρχικά τοποθετήθηκαν σε έναν σταθμό βάσης. Ένα σύστημα ευφούς κεραιάς συνδυάζει μια στοιχειοκεραία με την υποστήριξη ενός επεξεργασμένου ψηφιακού σήματος για να μεταδώσει και να λάβει σε ένα κατευθυντικό είδος. Με άλλα λόγια, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί αυτόματα να αλλάξει τη κατευθυντικότητα από όλες τις μορφές ακτινοβολίας σε απάντηση σε κάθε περιβάλλον σήματος. Αυτό μπορεί να αυξήσει δραματικά τα χαρακτηριστικά απόδοσης (όπως τη χωρητικότητα) ενός ασύρματου συστήματος.

1.8 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ

Κάποιοι από τους όρους που ακούγονται σήμερα στην τεχνολογία του συστήματος ευφούς κεραιάς περιέχουν όρους όπως ευφυή κεραιά, φασική στοιχειοκεραία, σύστημα SDMA, χωρική επεξεργασία, ψηφιακή μετατροπή της δέσμης κτλ. Τα συστήματα ευφών κεραιών είναι συνήθως κατηγοριοποιημένα, όπως κάθε σύστημα μεταβολής δέσμης ή κάθε σύστημα προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας.

Παρακάτω διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες των ευφών κεραιών όσο αναφορά τις επιλογές στην στρατηγική μετάδοσης:

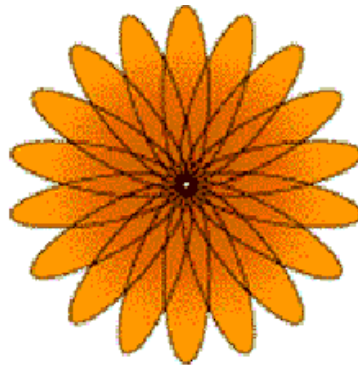
Μεταβλητής δέσμης – ένας προκαθορισμένος αριθμός σταθερών προκαθορισμένων μορφών ή συνδυασμένες στρατηγικές (τομείς)

Προσαρμοστική στοιχειοκεραία – ένας απεριόριστος αριθμός μορφών (σενάριο βάσης) που προσαρμόζεται στον πραγματικό χρόνο.

ΚΕΡΑΙΕΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΔΕΣΜΗΣ

Τα συστήματα τύπου μεταβλητής δέσμης πολλαπλασιάζουν τις σταθερές δέσμες με αυξημένη ακρίβεια σε ειδικές κατευθύνσεις. Αυτά τα συστήματα κεραιών ανιχνεύουν την ισχύ του σήματος, επιλέγουν μία από τις προκαθορισμένες σταθερές δέσμες και αλλάζουν από τη μία δέσμη στην άλλη καθώς το κινητό κινείται σε κάθε σημείο του τομέα.

Οι μορφές της κατευθυντικής κεραιάς και το σχέδιο του μονοπολικού στοιχείου (όπως η διαμοιρασμένη κεραιά) αλλά και τα συστήματα μεταβλητής δέσμης συνδυάζουν τις εξόδους των πολλαπλών κεραιών με τέτοιο τρόπο σαν να αναπτύσσουν διαμοιρασμένες (κατευθυντικές) δέσμες. Αυτό πραγματοποιείται με περισσότερη ακρίβεια από αυτή που μπορεί να επιτευχθεί με συνηθισμένες προσεγγίσεις του μονοπολικού στοιχείου.

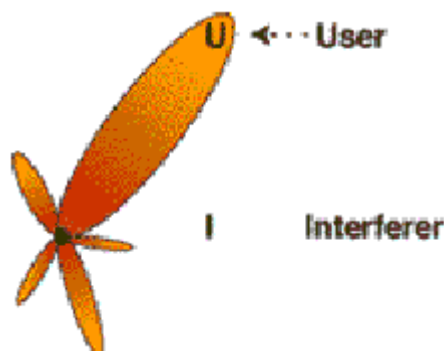


Σχήμα 1.6 Μορφές επικάλυψης μεταβλητής δέσμης.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΕΣ

Μια πιο εξελιγμένη μορφή της ευφυούς κεραιάς που υπάρχει σήμερα είναι η τεχνολογία της προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας. Χρησιμοποιώντας την ποικιλομορφία της επεξεργασίας σήματος των αλγορίθμων, το προσαρμοστικό σύστημα έχει πλεονέκτημα όσο αναφορά την αποτελεσματικότερη τοποθέτηση και το να ακολουθεί διάφορους τύπους σημάτων. Έτσι μειώνει δυναμικά τις παρεμβολές και μπορεί να αυξήσει μελλοντικά σήματα λήψης.

Και τα δύο συστήματα προσπαθούν να αυξήσουν το κέρδος σύμφωνα με τη θέση του χρήστη. Ωστόσο, μόνο το προσαρμοστικό σύστημα εξασφαλίζει ευνοϊκότερο κέρδος, ενώ ταυτόχρονα αναγνωρίζει, ακολουθεί και μειώνει σήματα που ενοχλούν.



Σχήμα 1.7 Κάλυψη προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας: Παραστατική απεικόνιση του κυρίου λοβού, που ακολουθεί τον χρήστη και μηδενισμός παρεμβολέα.

ΜΟΡΦΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΩΝ

Για την επεξεργασία της πληροφορίας απαιτείται μια στοιχειοκεραία (τυπικά 4 σε 12 στοιχεία), οι έξοδοι από τις οποίες αποτελείται, ελέγχουν το σήμα μετάδοσης προσαρμοστικά. Τα στοιχεία της κεραίας μπορούν να διευθετηθούν γραμμικά, κυκλικά, ή σε επίπεδες διαμορφώσεις και συχνά τοποθετούνται στο σταθμό βάσης. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα κινητά τηλέφωνα ή σε φορητούς υπολογιστές.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΤΗΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Η απλή κεραία δουλεύει για ένα απλό RF περιβάλλον. Η ευφυή κεραία χρειάζεται στον αριθμό των χρηστών, στις παρεμβολές και στη διάδοση. Η ευφυία τους πηγάζει από την ικανότητες τους στην επεξεργασία σήματος.

Η πρόοδος στην ηλεκτρονική, στη ψηφιακή διάταξη και στη διαχείριση των RF δεδομένων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακρίβειας και της ευελιξία της λειτουργίας του συστήματος. Το σήμα ξεκινά και τελειώνει σαν αναλογική πληροφορία. Διότι, τα συστήματα ευφύων κεραίων λαμβάνουν, μετατρέπουν, και διαμορφώνουν αναλογικά σήματα για μετάδοση σαν ψηφιακά σήματα και τα ξαναμετατρέπουν σε αναλογική πληροφορία στο τέλος.

Στα συστήματα ευφύων κεραίων, αυτή η δυνατότητα επεξεργασίας σήματος αυξάνεται με προοδευτικές τεχνικές (αλγόριθμοι) που εφαρμόζονται για να ελέγχουν την λειτουργία στην παρουσίαση πολύπλοκων συνδυασμών σε λειτουργικές καταστάσεις.

1.9 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Ο διπλός σκοπός του συστήματος της ευφύους κεραίας είναι να αυξηθεί η ποιότητα του σήματος της ραδιοβάσης του συστήματος μέσα από μία περισσότερο εστιασμένη μετάδοση ραδιοσημάτων ενώ εντείνεται η χωρητικότητα μέσα από την αύξηση της συχνότητας επαναχρησιμοποίησης. Ειδικότερα, τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα που αντλούνται από το σύστημα της ευφύους κεραίας περιέχονται στην λίστα του πίνακα 1.a

Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα
Κέρδος σήματος – οι είσοδοι των πολλαπλών κεραίων συνδυάζονται για να βελτιστοποιήσουν την απαιτούμενη διαθέσιμη ισχύ ώστε να επαληθευτεί το επίπεδο της κάλυψης που δίνεται.	Καλύτερη ακτίνα / κάλυψη – εστιάζοντας στην ενέργεια που στάλθηκε στην κυνέλη αυξάνεται η ακτίνα του σταθμού βάσης και η κάλυψη. Οι απαιτήσεις της χαμηλής ισχύος ενδυναμώνει μια μεγαλύτερη ζωή μπαταρίας και το μικρότερο / ελαφρύτερο μέγεθος της τηλεφωνικής συσκευής.

<p>Απόρριψη παρεμβολής – Η μορφή της κεραίας μπορεί να δημιουργηθεί στις πηγές της παρεμβολής του υποκαναλιού, αποδεικνύοντας την αναλογία σήματος παρεμβολής των σημάτων λήψης.</p>	<p>Αυξημένη χωρητικότητα – Ο ακριβής έλεγχος του σήματος μηδενικής ποιότητας και περιορισμού του συνδυασμού παρεμβολής της επαναχρησιμοποιημένης συχνότητας μειώνει την απόσταση (ή το μέγεθος της δέσμης), αποδεικνύοντας την χωρητικότητα. Τέτοιες προσαρμοστικές τεχνολογίες (όπως η υποδιαίρεση του διαστήματος που πολλαπλασιάζει την είσοδο) βοηθάνε στην επαναχρησιμοποίηση της συχνότητας μέσα στο ίδιο κύτταρο.</p>
<p>Χωρική ποικιλομορφία – Η σύνθετη πληροφορία από την ακτίνα χρησιμοποιείται για να μειώσει την εξασθένηση και άλλα ανεπιθύμητα αποτελέσματα της διάδοσης πολλαπλής πορείας.</p>	<p>Απόρριψη πολλαπλής πορείας – μπορεί να μειώσει την αποτελεσματική καθυστέρηση διάδοσης του καναλιού, επιτρέποντας στον υψηλό ρυθμό μετάδοσης να υποστηρίζεται χωρίς την χρήση ενός εξισωτή.</p>
<p>Αποδοτικότητα της ισχύος – συνδυάζει τις εισόδους για να πολλαπλασιάσει στοιχεία και να βελτιώσει το διαθέσιμο επεξεργασμένο κέρδος στην κάτω ζεύξη (για τον χρήστη).</p>	<p>Μειωμένη δαπάνη – Θα προκύψει μειωμένος ενισχυτής κόστους, κατανάλωση ισχύος και υψηλή αξιοπιστία.</p>

Πίνακας 1.α Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα συστημάτων ευφώνων κεραιών

1.10 ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ: ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΚΑΝΑΛΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ-ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ

Παρατηρήστε μια ήρεμη πισίνα με νερό, στην οποία πέφτει μια πέτρα. Τα κύματα που εκπέμπονται καθώς απομακρύνονται από το σημείο είναι ομοιόμορφα και μειώνεται το ίδιο η δύναμη τους. Αυτή η μη κατευθυντική εκπομπή εξισώνει το κάθε σήμα που δημιουργείται στον ακροδέκτη και πηγαίνει στην άνω ζεύξη. Αυτό ερμηνεύεται ως ένα κύμα που ταξιδεύει παντού.

Φανταστείτε τώρα έναν σταθμό βάσης στην ίδια απόσταση από την πηγή του κύματος. Αν η μορφή παραμείνει αμετάβλητη, δεν υπάρχει απαίτηση από το σταθμό βάσης να ερμηνεύσει τα κύματα. Αλλά όταν τα κύματα αρχίζουν να κινούνται προς τις άκρες της πισίνας, επιστρέφουν πίσω (ίσως σε συνδυασμό κατευθύνσεων) για να διασταυρωθούν με τα

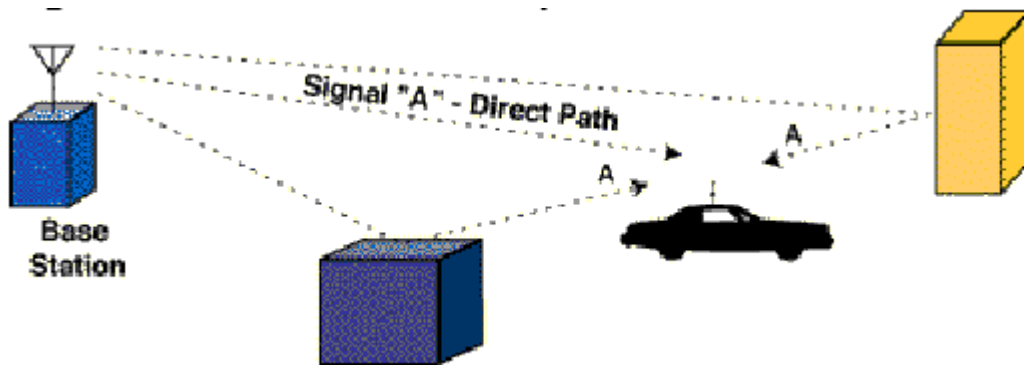
πραγματικά κύματα. Καθώς συνδυάζονται, εξασθενεί η ισχύ τους. Αυτό είναι το πρόβλημα παρεμβολής πολλαπλής πορείας.

Τώρα, φανταστείτε περισσότερες πέτρες να πέφτουν σε διαφορετικά σημεία της πισίνας. Πώς μπορεί ο σταθμός βάσης σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο στην πισίνα να ξεχωρίσει ποια σήματα από τις πέτρες αυξάνονται και από ποια κατεύθυνση; Αυτό το πρόβλημα πολλαπλής πηγής καλείται καναλική παρεμβολή.

Η ευφυή κεραία αντιλαμβάνεται πλήρως τη διάκριση μεταξύ χρηστών και / ή το σήμα στην ατμόσφαιρα της γης. Ένας σταθμός βάσης μπορεί να κατέχει την ικανότητα να τοποθετήσει την πληροφορία που αναλύεται σε ένα αληθινό περιβάλλον.

ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΟΡΕΙΑ

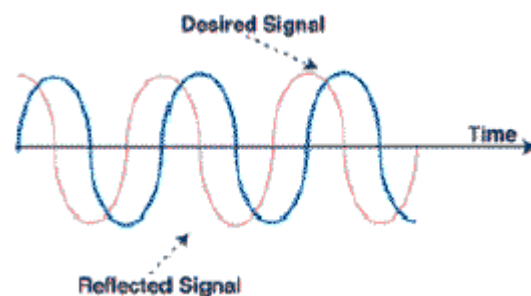
Η πολλαπλή πορεία είναι μια κατάσταση όπου ένα ραδιομεταδιδόμενο σήμα ανακλάται από φυσικά χαρακτηριστικά / δομές, δημιουργώντας πολλαπλή πορεία σήματος μεταξύ του σταθμού βάσης και το τερματικό του χρήστη.



Σχήμα 1.8 Το αποτέλεσμα της πολλαπλής πορείας σε έναν κινητό χρήστη.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ

Ένα πρόβλημα που απορρέει από τη ύπαρξη μη επιθυμητών ανακλώμενων σημάτων είναι ότι οι φάσεις των κυμάτων φτάνουν στον σταθμό λήψης συχνά ασυντόνιστες. Η φάση του ραδιοκύματος είναι απλά ένα τόξο του ραδιοκύματος, μετρημένο σε μοίρες, σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το σχήμα 1.9 δείχνει δύο μη φασικά σήματα όπως φαίνονται από τον δέκτη.

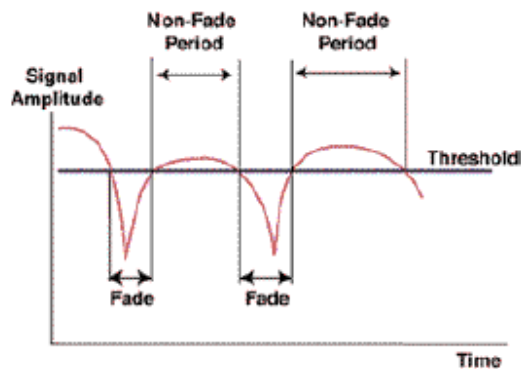


Σχήμα 1.9 Δύο μη φασικά σήματα πολλαπλής πορείας.

Οι καταστάσεις που δημιουργήθηκαν από την πολλαπλή πορεία δίνονται παρακάτω:

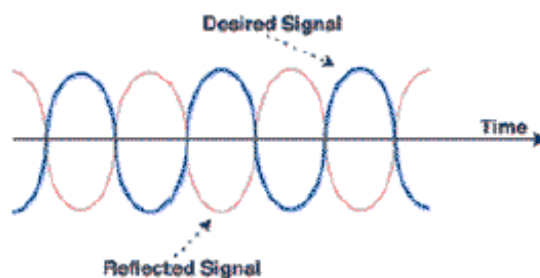
Fading (εξασθένηση) – Όταν τα κύματα πολλαπλής πορείας σημάτων είναι μη φασικά, μπορεί να υπάρχει μείωση στην ισχύ του σήματος. Μία τέτοιου είδους μείωση καλείται εξασθένηση. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως ‘Rayleigh fading’ ή ‘fast fading.’

Η εξασθένηση είναι μια σταθερή αλλαγή. Οι ζώνες εξασθένησης τείνουν να μικραίνουν. Παράλληλα πολλαπλασιάζονται οι περιοχές του διαστήματος με ένα πολλαπλό περιβάλλον εξαιτίας της περιοδικής εξασθένησης της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος από τους χρήστες. Με άλλα λόγια, η ισχύ του λαμβανόμενου σήματος θα κυμανθεί προς τα κάτω, εξαιτίας ενός στιγμιαίου, αλλά περιοδικού υποβιβασμού της ποιότητας.



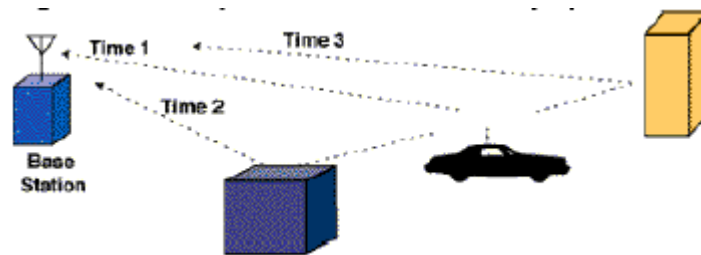
Σχήμα 1.10 Απεικόνιση του αποτελέσματος της Rayleigh Fading σε ένα σήμα ενός χρήστη.

- **Phase cancellation** (εξουδετέρωση φάσης) – Όταν περιστραφούν κύματα από δύο πολλαπλής πορείας σήματα ακριβώς 180° εκτός φάσης, τα κύματα θα αλληλοεξουδετερωθούν. Επειδή αυτό ακούγεται δύσκολο, είναι σπανίως αποδεχτό σε κάθε κλήση (και περισσότερο στα πρότυπα παρεμβολής του αέρα που είναι αρκετά ανθεκτικά στην εξουδετέρωση φάσης). Με άλλα λόγια, μια κλήση μπορεί να πραγματοποιηθεί για κάποια χρονική περίοδο ενώ υπάρχει σήμα, αλλά είναι ασθενές, ωστόσο με πολύ κακή ποιότητα. Έχει περισσότερο ενδιαφέρον όταν το σήμα ελέγχου του καναλιού εξουδετερώνεται, έχοντας ως αποτέλεσμα την μαύρη τρύπα, της περιοχής εξυπηρέτησης την οποία η κλήση περιστασιακά θα εγκαταλείψει.



Σχήμα 1.11 Απεικόνιση της phase cancellation.

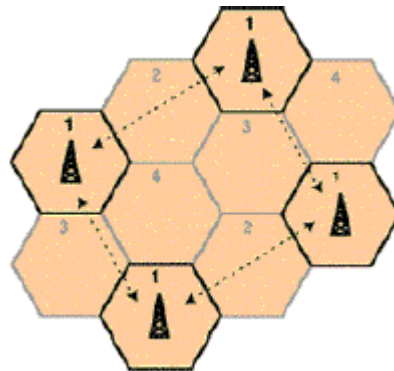
- **Delay spread** (άπλωμα καθυστέρησης) – είναι το αποτέλεσμα της πολλαπλής πορείας στην ποιότητα του σήματος για μια ψηφιακή παρεμβολή της ατμόσφαιρας (π.χ. TDMA). Εδώ, το κύριο ενδιαφέρον είναι οι πολλαπλές ανακλάσεις από το ίδιο το σήμα που μπορεί να φθάσει στον δέκτη σε διαφορετικούς χρόνους. Αυτό μπορεί να συμβεί στη διασυμβολική επικάλυψη όταν ο πομπός δεν μπορεί να το ξεχωρίσει. Όταν συμβαίνει αυτό, ο ρυθμός μετάδοσης σφάλματος αυξάνεται και τελικά προκύπτει αξιοσημείωτος υποβιβασμός στην ποιότητα του σήματος.



Σχήμα 1.12 Πολλαπλή πορεία: Η περίπτωση του delay spread.

Ενώ αποδεικνύεται η αποτελεσματική λήψη του σήματος, η χρήση στην τυπική διάδοση του μακροκύτταρου του περιβάλλοντος έχει τυπικά αντίθετη πορεία, που οφείλεται στη μη εξισορρόπηση της ισχύος μεταξύ του σταθμού βάσης και της κινητής μονάδας. Αυτό γίνεται γιατί οι σταθμοί βάσεις των μικροκυτταρικών συστημάτων παράγουν περισσότερη ισχύ από τα φορητά τερματικά όπου μπορεί να παράγουν στην αντίθετη πορεία.

Cochannel interference– Η διακαναλική παρεμβολή συμβαίνει όταν το φέρον της ίδιας συχνότητας φτάνει στον ίδιο δέκτη από δυο ξεχωριστούς αναμεταδότες.



Σχήμα 1.13 Απεικόνιση της διακαναλικής παρεμβολής σε τυπικό κυψελικό πλέγμα.

Όπως έχουμε δει, και οι δυο κεραίες μετάδοσης όπως και τα συστήματα κεραίας εστίασης διασκορπίζουν τα σήματα σε μεγάλες περιοχές. Τα σήματα που αποφεύγουν έναν μελλοντικό χρήστη μπορούν να λάβουν παρεμβολές για χρήστες της ίδιας συχνότητας στο ίδιο ή γειτονικό κύτταρο.

Ενώ οι διαμοιρασμένες κεραίες πολλαπλασιάζουν την χρήση των καναλιών, έχουν το μειονέκτημα της διακαναλικής παρεμβολής στη κεραία μετάδοσης. Η διαχείριση της

διακαναλικής παρεμβολής είναι σημαντική για την μεγιστοποίηση της χωρητικότητας του ασύρματου δικτύου. Για να αντιμετωπιστούν τα αποτελέσματα της διακαναλικής παρεμβολής, τα συστήματα ευφών κεραιών δεν εστιάζουν μόνο απευθείας στους γειτονικούς χρήστες. Αντίθετα σε πολλές περιπτώσεις με τη σκόπιμη μη παρεμβολή αναγνωρίζουν τους ανεπιθύμητους χρήστες.

1.11 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ

Παραδοσιακά η μεταβλητή δέσμη και τα συστήματα προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας ενδυναμώνουν έναν σταθμό βάσης για να προσαρμόσουν αποτελεσματικά τις δέσμες που παράγουν για κάθε απόμακρο χρήστη με τη βοήθεια του εσωτερικού ελέγχου ανάδρασης. Μιλώντας γενικά, κάθε προσέγγιση διευθετεί έναν κύριο λοβό για τους χρήστες και προσπαθεί να απορρίψει την παρεμβολή ή τον θόρυβο έξω από τον κύριο λοβό.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗΣ

Υποτίθεται ότι η ευφυή κεραία απασχολείται μόνο στον σταθμό βάσης και όχι στην τηλεφωνική συσκευή ή στην μονάδα του συνδρομητή. Τέτοια απομακρυσμένα ραδιοτερματικά χρησιμοποιούν μη κατευθυντικές κεραίες, αφήνοντας αυτές στο σταθμό βάσης να διαχωρίζουν επιλεκτικά τα επιθυμητά σήματα από την παρεμβολή.

Τυπικά, το λαμβανόμενο σήμα από τα στοιχεία της χωρικά κατανεμημένης κεραίας πολλαπλασιάζεται με το βάρος, μια σύνθετη ρύθμιση του πλάτους και της φάσης. Αυτά τα σήματα συνδυάζονται για να αποδώσουν την έξοδο της στοιχειοκεραίας. Ένας προσαρμοστικός αλγόριθμος ελέγχει τα βάρη σύμφωνα με τα προκαθορισμένα αντικείμενα. Για ένα μεταβλητό σύστημα δέσμης, αυτό μπορεί να είναι κυρίως το μέγιστο κέρδος.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗΣ

Η αποστολή της διάδοσης σε ένα χωρικό επιλεκτικό είδος είναι η βάση για την διαφοροποίηση μεταξύ της μεταβλητής δέσμης και των συστημάτων της προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας. Όπως παρουσιάζεται παρακάτω, τα συστήματα μεταβλητής δέσμης επικοινωνούν με τους χρήστες μέσω της αλλαγής μεταξύ της τοποθέτησης κατευθυντικών μορφών, που πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό στη βάση της ισχύος του σήματος. Σε σύγκριση, οι προσαρμοστικές στοιχειοκεραίες επιχειρούν να κατανοήσουν το RF περιβάλλον με περισσότερη αντίληψη και πιο επιλεκτική μετάδοση.

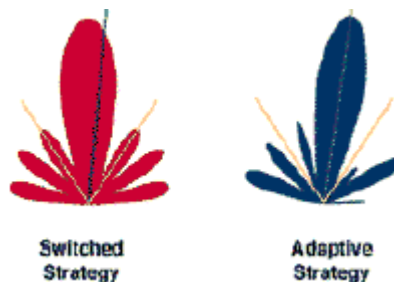
Ο τύπος της διαδικασίας κάτω ζεύξης συνήθως εξαρτάται από το σύστημα επικοινωνίας που χρησιμοποιεί διλαδή είτε τη διπλή διαίρεση χρόνου (TDD), η οποία εκπέμπει και λαμβάνει στην ίδια συχνότητα (π.χ. PHS και DECT) ή την διπλή διαίρεση συχνότητας (FDD),

η οποία χρησιμοποιεί ξεχωριστές συχνότητες για εκπομπή και λήψη (π.χ. GSM). Το κανάλι πληροφορίας της άνω ζεύξης του συστήματος TDD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πετύχει χωρική μετάδοση. Στα FDD συστήματα, η πληροφορία του καναλιού της άνω ζεύξης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλοι τύποι της διαδικασίας της κάτω ζεύξης.

1.12 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΔΕΣΜΗΣ – ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Όσο αναφορά τις μορφές της ακτινοβολίας, η μεταβλητή δέσμη είναι μια επέκταση του μικροκυτταρικού ρεύματος ή της μεθόδου τμηματοποίησης του κυττάρου. Η μεταβλητή δέσμη προσεγγίζει περισσότερες υποδιαιρέσεις των μακροτμημάτων σε διάφορα μικροτμήματα ως έννοια της απόδειξης της ακτίνας και της χωρητικότητας. Κάθε μικροτομέας περιέχει μια προκαθορισμένη μορφή δέσμης με την μεγαλύτερη ευαισθησία τοποθετημένη στο κέντρο της δέσμης και λιγότερη ευαισθησία αλλού. Το σχέδιο τέτοιων συστημάτων περικλείει υψηλό κέρδος και μικρό εύρος αζιμουθίου της κεραίας των στοιχείων.

Το σύστημα μεταβλητής δέσμης διαλέγει μία από τις προκαθορισμένες μορφές δέσμης με την μεγαλύτερη ισχύ εξόδου στους απομακρυσμένους χρήστες του καναλιού. Αυτές οι επιλογές καθοδηγούνται από το RF ή από τη βασική ζώνη του DSP των εξαρτημάτων ή του λογισμικού. Τα συστήματα μεταβάλουν κάθε δέσμη σε διαφορετικές κατευθύνσεις σε κάθε διάστημα αλλάζοντας τη διαφορά φάσης από τα χρησιμοποιημένα σήματα για να τροφοδοτηθούν τα στοιχεία της κεραίας ή να ληφθούν από αυτά. Όταν ο κινητός χρήστης εισάγει έναν ειδικό μικροτομέα, το σύστημα μεταβλητής δέσμης επιλέγει τον μικροτομέα που περιέχει το ισχυρότερο σήμα. Σε κάθε σημείο του κυττάρου, το σύστημα ρυθμίζει τη ισχύ του σήματος και μεταβάλλει τους άλλους μικροτομείς όπως χρειάζεται.



Σχήμα 1.14 Μορφές δέσμης λοβών και μηδενικά: Μεταβλητής δέσμης (κόκκινο) και της προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας (μπλε). Τα συστήματα μπορούν να επιλέξουν για σήματα ίδιων χρηστών (πράσινη γραμμή) και για διακαναλικές παρεμβολές (κίτρινες γραμμές).

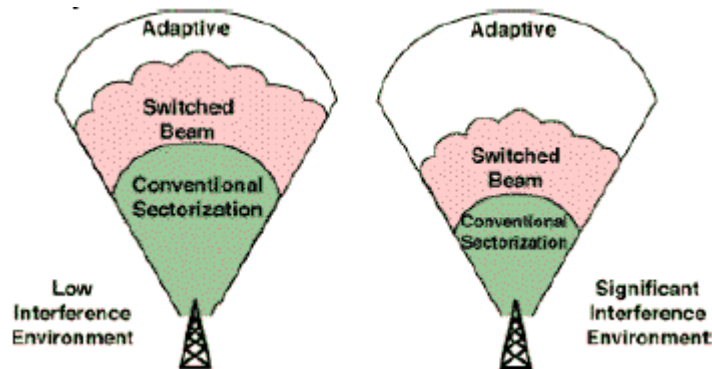
Τα συστήματα των ευφών κεραιών επικοινωνούν κατευθυντικά μορφοποιώντας κατάλληλα τη δέσμη της κεραίας. Όταν η ευφή κεραία κατευθύνει κάθε κύριο λοβό με

εμπλουτισμένο κέρδος στην κατεύθυνση του χρήστη, μορφοποιεί τους πλευρικούς λοβούς και τα μηδενικά ή τις περιοχές από το μέσο και έχει το μικρότερο κέρδος αντίστοιχα σε κατευθύνσεις μακριά από τον κύριο λοβό. Η μεταβλητή δέσμη και τα συστήματα της προσαρμοστικής ευφυούς κεραίας ελέγχουν τους λοβούς και τα μηδενικά με μεταβολή της βαθμίδας της ακρίβειας.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Τα συστήματα της προσαρμοστικής κεραίας προσεγγίζουν την επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του σταθμού βάσης με διαφορετικό τρόπο. Ρυθμίζοντας ένα RF περιβάλλον καθώς αλλάζει (ή η χωρική προέλευση του σήματος), η τεχνολογία της προσαρμοστικής κεραίας μπορεί να μεταβάλλει δυναμικά τις μορφές του σήματος κοντά στο άπειρο για να βελτιώσει την απόδοση του ασύρματου συστήματος.

Οι προσαρμοστικές στοιχειοκεραίες αξιοποιούν επεξεργασμένα σήματα αλγορίθμων σε συνεχή διαχώριση μεταξύ των επιθυμητών σημάτων, της πολλαπλής πορείας και των σημάτων παρεμβολής τόσο καλά σαν να υπολογίζουν τις κατευθύνσεις τους από την άφιξη. Αυτή η προσέγγιση ενημερώνει κάθε στρατηγική μετάδοσης βασισμένη στις αλλαγές στις δύο επιθυμητές τοποθετήσεις και στην παρεμβολή του σήματος. Η ικανότητα να ακολουθεί χρήστες με τους κύριους λοβούς και τους παρεμβολείς με μηδενικά επιβεβαιώνει ότι ο σύνδεσμος αποθήκευσης μεγιστοποιείται γιατί δεν υπάρχουν ούτε μικροτομείς ούτε προκαθορισμένες μορφές.



Σχήμα 1.15 Μορφές κάλυψης για μεταβλητή δέσμη και προσαρμοστικές στοιχειοκεραίες.

Το σχήμα 1.15 απεικονίζει την περιοχή κάλυψης για τυπικά τμηματοποιημένη μεταβλητή δέσμη και συστήματα προσαρμοστικής κεραίας. Και οι δύο τύποι των συστημάτων ευφυών κεραίων εξασφαλίζουν σημαντικά κέρδη σε τυπικά τμηματοποιημένα συστήματα. Το χαμηλό επίπεδο της παρεμβολής στα αριστερά παρουσιάζει ένα νέο ασύρματο σύστημα με χαμηλά επίπεδα διείσδυσης. Το σημαντικό επίπεδο της παρεμβολής στα δεξιά παρουσιάζει είτε ένα ασύρματο δίκτυο με περισσότερους χρήστες ή ένα που χρησιμοποιεί περισσότερη συχνότητα επαναχρησιμοποιημένων μορφών. Σε αυτό το σενάριο, η παρεμβολή απόρριψης

συχνότητας του προσαρμοστικού συστήματος εξασφαλίζει σημαντικά περισσότερη κάλυψη από κάθε άλλο συνηθισμένο ή μεταβλητής δέσμης σύστημα.

ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΔΕΣΜΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΩΝ

Integration (ολοκλήρωση) – τα συστήματα μεταβλητής δέσμης είναι παραδοσιακά σχεδιασμένα στο να μετασκευάζουν ευρέως αναπτυγμένα κυτταρικά συστήματα. Εκτελούνται σαν μια επιπλέον τεχνολογία που έξυπνα απευθύνεται στις ανάγκες των ολοκληρωμένων δικτύων. Σε σύγκριση, τα προσαρμοστικά συστήματα στοιχειοκεραίων αναπτύχθηκαν με περισσότερο ολοκληρωμένη προσέγγιση γιατί μπορούν να χρησιμοποιήσουν λιγότερα εξαρτήματα από τα συστήματα μεταβλητής δέσμης. Όμως απαιτείται νέος σχεδιασμός.

Range/ coverage (ακτίνα/ κάλυψη)– Τα συστήματα μεταβλητής δέσμης μπορούν να αυξήσουν την ακτίνα του σταθμού βάσης από 20 σε 200 % άνω των τυπικών τμηματοποιημένων κυττάρων, ανάλογα τις περιβαλλοντικές περιστάσεις και τη χρήση εξαρτημάτων και λογισμικού. Η επιπρόσθετη κάλυψη μειώνει το κόστος υποδομής και σκοπεύει στις χαμηλές τιμές των καταναλωτών. Η διατήρηση της χωρητικότητας μεταβάλλεται από δέσμη σε δέσμη γιατί το σύστημα δεν στέλνει όλα τα σήματα σε όλες τις κατευθύνσεις. Συγκρίνοντας, τα συστήματα προσαρμοστικών στοιχειοκεραίων διαπιστώνουμε ότι μπορούν να καλύψουν ευρύτερα, πιο ομοιόμορφη περιοχή με τα ίδια επίπεδα ισχύος όπως κάνει το σύστημα μεταβλητής δέσμης.

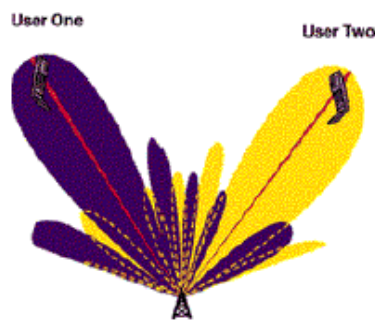
Interference suppression (καταστολή παρεμβολής) – Οι κεραιές μεταβλητής δέσμης καταστέλλουν την παρεμβολή που φθάνει μακριά από το ενεργό κέντρο δέσμης. Ενώ οι μορφές δέσμης είναι σταθερές, η πραγματική απόρριψη της παρεμβολής είναι το κέρδος της επιλεγμένης μορφής της δέσμης επικοινωνίας στην κατεύθυνση παρεμβολής. Κανονικά χρησιμοποιούνται μόνο για λήψη (οι συνέπειες της μετάδοσης σε λάθος δέσμη είναι προφανείς). Επειδή οι δέσμες τους είναι προκαθορισμένες, η ευαισθησία μπορεί να αλλάξει περιστασιακά καθώς ο χρήστης κινείται μέσα στον τομέα.

Οι λύσεις της μεταβλητής δέσμης λειτουργούν καλύτερα στο ελάχιστο για να μετριάσουν τη διακαναλική παρεμβολή και έχουν δυσκολία στο διαχωρισμό μεταξύ ενός επιθυμητού σήματος και ενός παρεμβαλλόμενου. Εάν το παρεμβαλλόμενο σήμα είναι περίπου το κέντρο της επιλεγμένης δέσμης, και ο χρήστης βρίσκεται μακριά από αυτό, το παρεμβαλλόμενο σήμα μπορεί να αυξηθεί πολύ περισσότερο από το επιθυμητό σήμα. Σε αυτήν τη περίπτωση, η ποιότητα για τον χρήστη είναι αλλοιωμένη.

Η τεχνολογία της προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας προσφέρει μεγαλύτερο εύρος απόρριψης παρεμβολής. Επειδή εκπέμπει έναν απεριόριστο αντί μετρήσιμο αριθμό

συνδυασμών, κάθε περιορισμός εστίασης δημιουργεί λιγότερες παρεμβολές στους γειτονικούς χρήστες από ότι μια προσέγγιση μεταβλητής δέσμης.

Spatial division multiple access (SDMA) (χωρική διαίρεση πολλαπλής προσπέλασης) – Μια από τις πιο διαδεδομένα χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες για ευφυείς κεραίες είναι η τεχνολογία SDMA. Διαθέτει εξελιγμένη τεχνική επεξεργασίας, με αποτέλεσμα, να ακολουθεί σταθερά ή κινητά τερματικά, κατευθύνοντας εκπεμπόμενα σήματα προς τους χρήστες και μακριά από παρεμβολείς. Αυτή η τεχνολογία προσαρμοστικών στοιχειοκεραίων πετυχαίνει μεγάλα επίπεδα καταστολής της παρεμβολής, κάνοντας περισσότερο αποτελεσματικές τις επαναχρησιμοποιημένες συχνότητες από την καθιερωμένη εξαγωνική επαναχρησιμοποιημένη μορφή. Στην ουσία, το σχήμα μπορεί να προσαρμόσει την κατανομή συχνότητας όπου οι περισσότεροι χρήστες είναι τοποθετημένοι.



Σχήμα 1.16 Η προσαρμοστική χωρική επεξεργασία, στηρίζει δύο χρήστες στο ίδιο συμβατικό κανάλι και στην ίδια κυψέλη ταυτόχρονα.

Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους υψηλού επιπέδου και εξαρτήματα γρήγορης επεξεργασίας, η χωρική επεξεργασία φέρνει τα πλεονεκτήματα των αποτελεσμάτων από την καταστολή της παρεμβολής σε ένα νέο επίπεδο. Στην ουσία, η χωρική επεξεργασία δημιουργεί ένα διαφορετικό τομέα για κάθε χρήστη και καθοδηγεί μια συχνότητα καναλικής κατανομής σε πραγματικό χρόνο.

Η προσαρμοστική χωρική επεξεργασία δημιουργεί ένα υψηλότερο επίπεδο μέτρησης και ανάλυσης των απόψεων του RF περιβάλλοντος. Όπου η παραδοσιακή μορφή δέσμης και οι τεχνικές δέσμης υποθέτουν μια σωστή κατεύθυνση μετάδοσης προς τον χρήστη, η χωρική επεξεργασία μεγιστοποιεί την χρήση πολλαπλών κεραιών για να συνδυάζουν σήματα. Χρησιμοποιείται η μεθοδολογία ένας χρήστης – μια δέσμη.

1.13 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΥΦΥΟΥΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Η τεχνολογία της ευφυούς κεραίας μπορεί σημαντικά να αποδείξει την απόδοση του ασύρματου συστήματος και την οικονομία σε ένα δυναμικό εύρος των χρηστών. Ενδυναμώνει τους διαχειριστές του PCS, και τους ασύρματους τοπικούς βρόχους δικτύου (WLL) για να πραγματοποιήσει σημαντικές αυξήσεις στην ποιότητα του σήματος, στην χωρητικότητα και στην κάλυψη. Υπάρχουν διαφορετικοί συνδυασμοί πλεονεκτημάτων σε διαφορετικούς

χρόνους, με αποτέλεσμα, αυτά τα συστήματα να προσφέρουν πιο ευέλικτη διαμόρφωση και αναβάθμιση και είναι συχνά οι πιο αποτελεσματικές λύσεις.

ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Τα συστήματα ευφών κεραιών είναι κατάλληλα, με κάποιες μετατροπές σε όλα τα πρωτόκολλα και πρότυπα που περιέχονται στον πίνακα 1.b.

Access methods (μέθοδοι πρόσβασης)	Αναλογική – διαίρεση συχνότητας πολλαπλής προσπέλασης (FDMA) (π.χ. AMPS, TACS, NMT)
	Ψηφιακή – διαίρεση χρόνου πολλαπλής προσπέλασης (TDMA) (π.χ. GSM, IS-136), διαίρεση κώδικα πολλαπλής προσπέλασης (CDMA) (π.χ. IS-95)
Duplex methods (διπλοί μέθοδοι)	Διπλή διαίρεση συχνότητας (FDD), διπλή διαίρεση χρόνου (TDD)

Πίνακας 1.b Κατάλληλα πρότυπα

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η ευελιξία της τεχνολογίας της προσαρμοστικής ευφούς κεραιάς επιτρέπει την δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών με αποτέλεσμα να δίνει στον διαχειριστή ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Ένα μεγάλο εύρος από ασύρματα συστήματα επικοινωνιών μπορεί να επωφεληθεί από την χωρική επεξεργασία, περιλαμβάνοντας υψηλής και χαμηλής κινητικότητας κυτταρικά συστήματα, αλλά και συστήματα μικρού εύρους, εφαρμογές ασύρματου τοπικού βρόχου, δορυφορικές επικοινωνίες και ασύρματα LAN. Έχοντας μια διάταξη από κεραιές, είναι δυνατόν να πολυπλεχθούν χωρικά κανάλια στην κατάλληλη συχνότητα και χρόνο. Η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, επιτυγχάνεται με χωρικά επιλεγμένη εκπομπή και λήψη.

Βελτιώνοντας τους αλγόριθμους και τους επεξεργαστές χαμηλού κόστους γίνεται σημαντική χωρική επεξεργασία για ένα μεγάλο αριθμό κατασκευαστών και διαχειριστών ασύρματων συστημάτων. Πολλοί συμφωνούν ότι τα πλεονεκτήματα της χωρικής επεξεργασίας τελικά θα επηρεάσουν το σχεδιασμό του ασύρματου δικτύου.

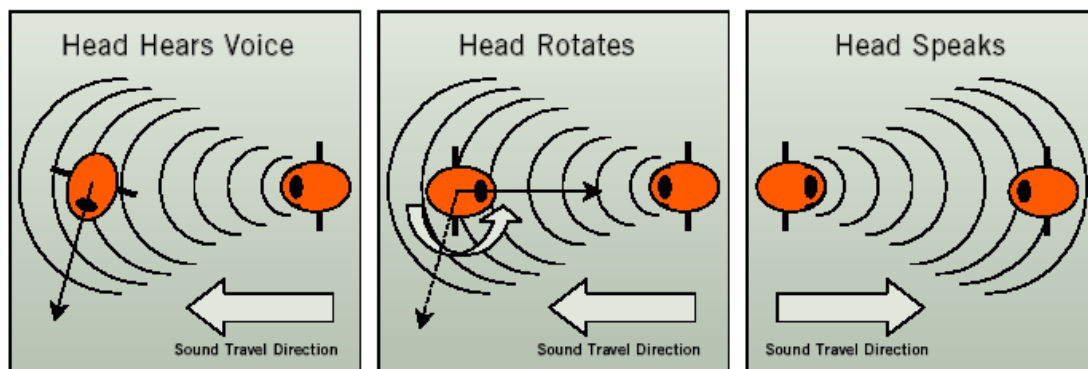
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Δύο παράγοντες που καθορίζουν την χωρητικότητα του ασύρματου συνδέσμου είναι:

- Η ισχύς λήψης και

- Το επίπεδο της παρεμβολής συγκρινόμενο με την ισχύ λήψης (Signal to Noise and Interference Ratio, SNIR).

Συνηθισμένοι σταθμοί κεραιών είναι είτε μη κατευθυντικοί ή διαμοιρασμένοι. Οι μη κατευθυντικές κεραιές εκπέμπουν ισχύ ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις γύρω από την κεραία. Η τμηματοποιημένη κεραία εκπέμπει σε 3 τόξα των 120° . Κάθε ακτίνα εκπέμπει περισσότερη ισχύ στον δικό της τομέα, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια ελάττωση της ισχύος του σήματος η οποία διαδίδεται είτε σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις είτε προς κάποιον συγκεκριμένο χρήστη.



Σχήμα 1.17 Η απλή ευφυή κεραία.

Οι τεχνολογίες των κινητών τηλεφώνων χρησιμοποιούν τις μεταβολές στην εκπεμπόμενη ισχύ για να επιτύχουν ένα καθαρό σήμα. Αν η απόσταση από τον χρήστη ως το σταθμό βάσης είναι μεγάλη, τότε η εκπεμπόμενη ισχύ ενισχύεται, έτσι ώστε η σύνδεση να διατηρηθεί. Επίσης, όταν είναι διαθέσιμη ανεπαρκής ισχύ η κλίση διακόπτεται. Αν η απόσταση είναι μικρή, τότε η εκπεμπόμενη ισχύ θα μειωθεί. Η ποιότητα της σύνδεσης καθορίζει την αναγκαία εκπεμπόμενη ισχύ.

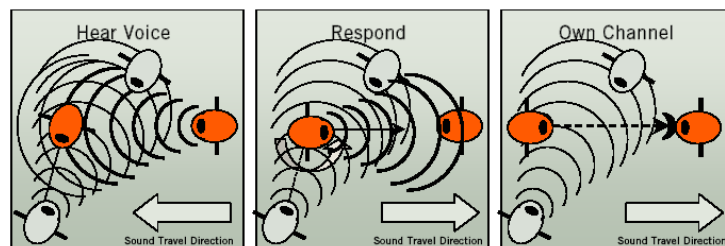
Όπως είδαμε οι ευφυείς κεραιές είναι η ασύρματη εκπομπή και λήψη. Μπορούμε να τις παρομοιάσουμε με το κεφάλι ενός ατόμου. Το κεφάλι είναι εφοδιασμένο με ένα ζευγάρι αυτιά για να λαμβάνουν τα σήματα, ένα στόμα για να δημιουργεί τα σήματα και ένα μυαλό για να επεξεργάζεται αυτά τα σήματα.

Φανταστείτε να στέκεστε σε μια ανοιχτή περιοχή με τα μάτια σας κλειστά. Σε κάποια απόσταση μακριά από εσάς κάποιο άτομο σας μιλάει. Για να τον ακούσετε πιο καθαρά γυρίζετε το κεφάλι σας προς αυτόν. Μπορείτε να καθορίσετε την κατεύθυνση της φωνής εξαιτίας της διαφοράς καθυστέρησης του σήματος στο κάθε αυτί. Το μυαλό αποκωδικοποιεί αυτές τις διαφορές και σας ειδοποιεί για την κατεύθυνση της πηγής. Τώρα είστε λοιπόν στην καλύτερη θέση να του μιλήσετε για να ακούσει το σήμα σας. Η φωνή σας φεύγει από το πρόσωπο σας κατευθείαν στην πηγή του ήχου.

Τώρα φανταστείτε ότι βρίσκεστε σε ένα θορυβώδες πάρτι. Απέναντί σας στο δωμάτιο ο καλύτερός σας φίλος προσπαθεί να σας μιλήσει φωνάζοντας το όνομα σας. Εσείς το ακούτε

γιατί αναγνωρίζετε τον ήχο της φωνής αλλά και επειδή το όνομά σας είναι ο πιο γνωστός ήχος σε εσάς. Είναι ο κωδικός σας. Το μυαλό σας έχει αποκρυπτογραφήσει αυτές τις πληροφορίες από τον θόρυβο. Γυρίζετε το κεφάλι σας για να εστιάσει στον ήχο και ανυψώνετε τη φωνή σας για να απαντήσετε. Κάνοντας αυτό, αυξάνετε τον ήχο που έρχεται από πίσω σας και κάνετε τις συζητήσεις των άλλων δυσκολότερο να σας παραπλανήσουν.

Τώρα μελετήστε πόσο ευκολότερο θα ήταν για τον καθένα αν μιλούσατε στον φίλο σας που είναι απέναντι στο δωμάτιο χωρίς να ανυψώνετε τη φωνή σας. Ένας τρόπος για να το κάνετε αυτό θα ήταν αν ο φίλος σας ήταν εφοδιασμένος με ένα μικρόφωνο υψηλής ευαισθησίας. Θα έπρεπε να σας είχε γνωστοποιήσει ότι μπορεί να κρυφάκουει τις συνομιλίες. Αν είχε ο φίλος σας μια τέτοια συσκευή θα έπρεπε μόνο να μιλάτε ψιθυριστά. Αυτή η ιδέα φαίνεται στο σχήμα 1.18.



Σχήμα 1.18 Το πάρτι.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ

Οι ευφυείς κεραιές λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο, όπως περιγράφηκε παραπάνω για τον εγκέφαλο.

Μια ευφυή κεραία αποτελείται από έναν αριθμό στοιχείων κεραιών. Τα στοιχεία της κεραιάς είναι μοιρασμένα όπως το κεφάλι χωρίζει τα αυτιά. Με τον ίδιο τρόπο όπως το μυαλό επεξεργάζεται τους διάφορους ήχους που λαμβάνονται από κάθε αυτί, τα σήματα που λαμβάνονται από κάθε στοιχείο μπορούν να συγκριθούν και η κατεύθυνση της πηγής του σήματος μπορεί να καθοριστεί. Η κεραία μπορεί να είναι ηλεκτρονικά καθορισμένη στο σήμα της πηγής. Ο καθορισμός επιτυγχάνεται από την μετατροπή μαθηματικών υπολογισμών που λαμβάνονται στο κάθε στοιχείο. Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη. Τρέχοντας αυτούς τους υπολογισμούς στον πραγματικό χρόνο η ευφυή κεραία μπορεί ηλεκτρονικά να ακολουθεί την πηγή του σήματος καθώς κινείται γύρω – γύρω.

Χρησιμοποιώντας παρόμοιους υπολογισμούς όπως στην άνω ζεύξη, ένα μήνυμα μπορεί να μεταδοθεί στην πραγματική πηγή (κάτω ζεύξη) με μια περιορισμένη δέσμη κατά μήκος της κατεύθυνσης του πραγματικού σήματος.

Χρησιμοποιώντας την ευφυή κεραία για εκπομπή αντίθετα από τη λήψη είναι σαν να χρησιμοποιείται ένα εκπεμπόμενο φως για να φωτίζει ένα τόξο τη βαθμίδα. Αν το φως κατανέμεται ομοιόμορφα γύρω από την πηγή, υπάρχει μικρή πιθανότητα για να βρει τον

μετατροπέα. Εστιάζοντας τη δέσμη, περίπου όλο το φως διαμοιράζεται ακριβώς όπου χρειάζεται και η βάση της βαθμίδας παραμένει στο σκοτάδι.

Οι υπολογισμοί που απαιτούνται να εκτελεστούν αυτές οι αποστολές είναι σύνθετοι και πρέπει να εκτελούνται πολύ γρήγορα ώστε να ακολουθήσουν την πηγή στον πραγματικό χρόνο. Αυτό αυξάνει την υπολογιστική πολυπλοκότητα στον σταθμό βάσης.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Οι ευφείς κεραίες ενεργούν με δύο παράγοντες (μεταβλητής δέσμης και προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας), και αυτό επηρεάζει την χωρητικότητα της ασύρματης σύνδεσης. Επειδή οι ευφείς κεραίες είναι περισσότερο αποτελεσματικές, αυξάνουν τη λαμβανόμενη ισχύ από κάθε λήψη της εκπεμπόμενης ισχύος. Διαδοχικά αυτό αφήνει τον πομπό να μειώσει την ισχύ έξω από το επίπεδο όπου η λαμβανόμενη ισχύ είναι επαρκής. Εναλλακτικά, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει την χωρητικότητα της πληροφορίας της σύνδεσης. Η μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος μειώνει το επίπεδο της παρεμβολής με την κυψέλη, έτσι βελτιώνει το σήμα με την αναλογία θορύβου από όλους τους άλλους χρήστες στην κυψέλη.



Σχήμα 1.19 Στοιχειοκεραία πολλαπλής δέσμης σε GSM από την Ericsson.

1.14 ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΙΑ ΣΤΟ GSM

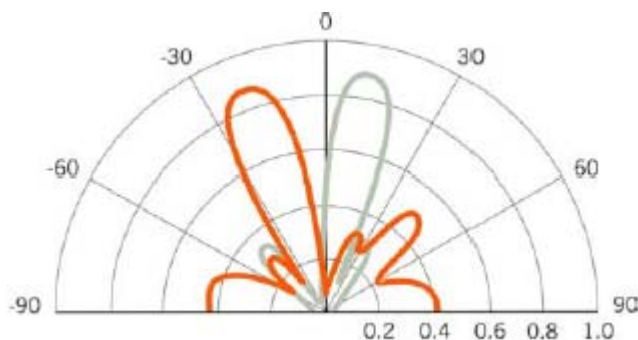
Έχει παραχθεί ένας αριθμός ευφών κεραιών για την αγορά GSM που εξασφαλίζουν ενισχυμένη λαμβανόμενη ισχύ και μειωμένες παρεμβολές. Μέχρι τώρα η χρήση των ευφών κεραιών είναι περιορισμένη. Αυτό δε συμβαίνει γιατί υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην τεχνολογία, αλλά αντίθετα γιατί υπάρχει σημαντικό κόστος και προβλήματα.

Το GSM παρέχει κινητά τηλέφωνα στην κυψέλη χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό της τεχνολογίας διαίρεσης χρόνου πολλαπλής πρόσβασης (TDMA) και της διαχείρισης κατανομής συχνότητας. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σύνδεση έχει τον δικό της χρόνο και συχνότητα.

Η παρεμβολή προέρχεται από τους άλλους χρήστες σε διαφορετικές κυψέλες, αντίθετα με το παράδειγμα που δίνεται παραπάνω όπου μόνο δύο άτομα που στέκονται σε μια περιοχή έχουν άλλες συνδέσεις και μιλούν από κάποια απόσταση. Οι ευφυείς κεραιές μειώνουν την ‘καναλική’ παρεμβολή και έχουν δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της συχνότητας. Ωστόσο, το κέρδος των ευφύων κεραιών περιορίζεται όσο απομακρύνονται οι παρεμβολές.

1.15 ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 3G

Οι ευφυείς κεραιές ενισχύουν τη λαμβανόμενη ισχύ και μειώνουν τις παρεμβολές στην κυψέλη, αλλά στα CDMA συστήματα τα πλεονεκτήματα είναι σημαντικά μεγαλύτερα.



Σχήμα 1.20 Μορφή κεραίας πολλαπλού λοβού.

Η τεχνολογία CDMA (Code Division Multiple Access) διαμοιράζει το φάσμα ορίζοντας κάθε σύνδεση μεταξύ της βάσης και του χρήστη και προσδιορίζει έναν κώδικα. Το τηλέφωνο του χρήστη αναγνωρίζει μόνο το δικό του κώδικα. Τα σήματα που διαδίδονται προς και από άλλα τηλέφωνα, έχουν διαφορετικούς κώδικες που εμφανίζονται στον πρώτο τηλέφωνο σαν παρεμβολή. Ακολουθούν και άλλα τηλέφωνα που προστίθενται στην κυψέλη και έτσι οι παρεμβολές αυξάνονται. Διαδοχικά αυτό μειώνει τα νούμερα των τηλεφώνων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από την κυψέλη.

Όλα τα πρότυπα κινητών μοντέλων 3G (UMTS, cdma2000 and TD-SDMA etc) είναι ραδιοσυστήματα CDMA. Στα συστήματα CDMA οι ευφυείς κεραιές μειώνουν την παρεμβολή στην κυψέλη επειδή ελαττώνουν την απαιτούμενη ισχύ για να διατηρήσουν τη σύνδεση σταθμού βάσης χρήστη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όπου απαιτείται υψηλός ρυθμός πληροφορίας. Ο υψηλός ρυθμός πληροφορίας είναι χαρακτηριστικό του 3G. Μια σύνδεση υψηλής χωρητικότητας μπορεί να ζητήσει περισσότερο από δέκα φορές την ποσότητα της εκπεμπόμενης ισχύος από μια απλή συνομιλία στο GSM. Προκύπτει ότι μια μείωση στην ισχύ, που απαιτείται για να επιτευχθεί η σύνδεση, είναι χρήσιμη. Αυξάνοντας

την ισχύ μιας σύνδεσης στα συστήματα CDMA αλλοιώνεται η απόδοση στους άλλους χρήστες της κυψέλης αντί μόνο στους χρήστες των γειτονικών κυψελών.

Οι ευφυείς κεραιές μειώνουν την παρεμβολή στην κυψέλη με δυο τρόπους:

Η δέσμη της κεραιάς μπορεί να κατευθυνθεί ακριβώς στον χρήστη ώστε η εκπεμπόμενη ισχύ να σταλεί ακριβώς όπου έχει ζητηθεί.

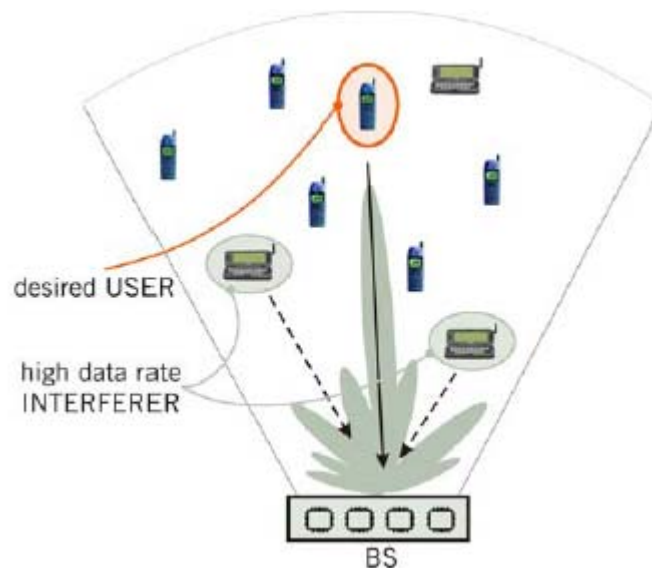
Με σωστή διαχείριση του σήματος μπορούμε να κατευθύνουμε ένα μηδενισμό προς κάποιους παρεμβολείς, με αποτέλεσμα την αξιοσημείωτα μειωμένη επίδραση του παρεμβολέα στο επιθυμητό σήμα.

Στο παραπάνω σχήμα έχουμε ένα παράδειγμα από μια κεραιά υψηλής κατευθυντικότητας. Δεν είναι φωτισμός ενός προβολέα αλλά αντίθετα έχει το σχήμα ενός λουλουδιού. Όσο πιο κοντά ξεκινάει ο λοβός από το κέντρο του διαγράμματος τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της κεραιάς σε αυτή την κατεύθυνση.

Οι ευφυείς κεραιές μπορούν να χειριστούν και άλλα εκτός από την κατεύθυνση του κυρίου λοβού. Μπορούν να προσαρμόσουν ολόκληρη τη μορφή. Η καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται όταν ο κύριος λοβός κατευθύνεται προς το επιθυμητό σήμα και οι 'μηδενισμοί' κατευθύνονται προς τις παρεμβολές.

Το σχήμα 1.21 δείχνει το μέρος των μηδενικών όταν η ευφυή κεραιά είναι σε θέση λήψης. Ο μεγαλύτερος λοβός κατευθύνεται στον επιθυμητό χρήστη και οι μηδενισμοί κατευθύνονται στους δύο πιο υψηλούς ρυθμούς πληροφορίας των χρηστών (υψηλή μετάδοση ισχύος).

Εκτιμώντας τα δύο αυτά πλεονεκτήματα, καθώς και μια μείωση στο κόστος υπολογισμού της ισχύος, οι ευφυείς κεραιές είναι σημαντική πρόταση για τα ραδιοσυστήματα 3G.



Σχήμα 1.21 Μορφές ευφυής κεραιάς σε ένα σύστημα πολλαπλής εξυπηρέτησης CDMA.

Το πιο σημαντικό είναι η υψηλή χωρητικότητα των δικτύων ή η ικανότητα να εξυπηρετήσει περισσότερους χρήστες κάθε σταθμός βάσης. Έτσι αυξάνουν τα έξοδα του διαχειριστή δικτύου και οι πελάτες έχουν ακόμα λιγότερη πιθανότητα μπλοκαρισμένης κλήσης.

Η ποιότητα εκπομπής βελτιώνεται δίχως να αυξάνεται η ισχύ του σήματος και έτσι μειώνεται η παρεμβολή.

Υπάρχει μείωση της εκπομπής ισχύος και στην άνω ζεύξη και στην κάτω ζεύξη.

Μειώνοντας την ισχύ της κάτω ζεύξης αυξάνεται η ζωή της μπαταρίας της τηλεφωνικής συσκευής. Ακόμα αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε μια κλήση.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα μπορούν να αλλάξουν, έτσι ώστε ένα δίκτυο ευφών κεραιών μπορεί να εξασφαλίσει περισσότερους χρήστες ή περισσότερη μεταδιδόμενη πληροφορία ή κάποιο συνδυασμό των δύο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΡΑΔΙΟ-ΔΙΚΤΥΟΥ

Για να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά τα σημαντικά χαρακτηριστικά των ευφών κεραιών πρέπει να υπολογίζονται πριν την ανάπτυξη. Αυτό μπορεί να γίνει με την ενσωμάτωση των ευφών κεραιών στα δίκτυα.

Η πιο σημαντική τεχνική καινοτομία όσο αφορά το ράδιο-δίκτυο της ευφούς κεραίας είναι η χωρική συμπεριφορά της ασύρματης ράδιο-διάδοσης του καναλιού. Αυτό αφορά το από πού και πώς τα σήματα φθάνουν στο σταθμό βάσης.

Η ανάπτυξη των ευφών κεραιών απαιτεί τα ακόλουθα:

- κατάλληλη τοποθεσία
- κατάλληλα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της κεραίας (ύψος, κλίση, κατεύθυνση)
- κατάλληλα χαρακτηριστικά στοιχειοκεραιών (αριθμός, μέγεθος και διεύθυνση στοιχείων)
- χρήση κατάλληλου αλγόριθμου για την ευφή κεραία
- διαχείριση εφευρετικότητας αλγορίθμου (RPM). Όπου οι αλγόριθμοι RPM είναι από τους πιο σημαντικούς στην μορφή επεξεργασίας όταν η μίξη των χρηστών περιέχει πληροφορία (packet switched) και φωνή (circuit switched) χρηστών και έτσι και οι δύο ζητούν ένα ορισμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών (QoS).

ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η επίδραση των ευφών κεραιών στο δίκτυο φαίνεται από τη γρήγορη μέτρηση τους. Μέτρηση είναι το ποσοστό των στοιχείων που μπορεί να διαβιβαστεί μέσω του δικτύου ανά μονάδα χρόνου. Αυτό εκφράζεται σε Kbit ανά δευτερόλεπτο και κυψέλη.

Στο 50% των περιοχών εγκαθίστανται ευφείς κεραιές.

Σε μια δεύτερη περίπτωση οι ευφείς κεραιές επεκτείνονται με έναν βέλτιστο τρόπο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 1.c

Deployment	Throughput kbit/cell/s	Capacity Boost
Sector Antenna	920	Base Case
Randomised Smart Antenna	1610	+75%
Optimized Smart Antenna	2193	+36%

Πίνακας 1.c Αύξηση χωρητικότητας 50% των ευφών κεραιών.

Ακολουθεί η χρήση των ευφών κεραιών με ρυθμό απόδοσης 75% στα δίκτυα. Με τη βελτιστοποίηση μπορεί να αυξηθεί πάνω από 36%.

Οι ευφείς κεραιές προσφέρουν ευκαιρίες για μείωση κόστους των δικτύων και των λειτουργικών δαπανών.

ΠΗΓΕΣ

- Smart Antenna Systems - Web ProForum Tutorial - www.iec.org - The International Engineering Consortium
- Smart Antennas – a Notechnical Introduction - SYMENA Software & Consulting GmbH - www.symena.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΙΑ ΠΛΗΡΩΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΙΣ ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΟ ΣΧΕΔΙΟ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κυψελοειδείς επικοινωνίες έφθασαν στην επικοινωνιακή αγορά την προηγούμενη δεκαετία με την εμφάνιση δύο πολύ επιτυχημένων προτύπων: CDMA και GSM. Κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας αναπτύχθηκε επίσης, μια σημαντικά ενδυναμωμένη τεχνολογία, οι "ευφυείς κεραίες". Με τους σημερινούς ισχυρούς, χαμηλού κόστους επεξεργαστές, η προηγμένη τεχνολογία των ευφών κεραιών είναι ένα σημαντικό μέρος του κυψελοειδούς συστήματος.

Τα συστήματα ευφών κεραιών χρησιμοποιούν πολλαπλές κεραίες στους σταθμούς βάσης ή στις τηλεφωνικές συσκευές για καλύτερη ακρίβεια ή εστία ράδιο-ενέργειας και με αυτόν τον τρόπο βελτιώνουν την ποιότητα του σήματος. Τα κυψελοειδή συστήματα επικοινωνιών χρησιμοποιούν τα ράδιο-σήματα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και μεταξύ τους, αυτές οι βελτιώσεις στην ποιότητα του σήματος οδηγούν στα οφέλη όλου του συστήματος όσον αφορά την κάλυψη, την ποιότητα υπηρεσιών και, τα οικονομικά της κυψελοειδούς υπηρεσίας. Ως ένα ορισμένο βαθμό, η φράση "ευφυείς κεραίες" είναι παραπλανητική. Δεν υπάρχει κάτι το ευφύες για τις κεραίες αυτές. Πιο ευφύες είναι η σύνθετη επεξεργασία σήματος που εφαρμόστηκε στα ταυτόχρονα σήματα από μια στοιχειοκεραία ή από μια συλλογή πολλαπλών κεραιών.

Για σχεδόν μια δεκαετία, η *pragComm* ήταν στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης των τεχνικών των ευφών κεραιών και της πνευματικής ιδιοκτησίας για τα εμπορικά κυψελοειδή συστήματα. Η τεχνολογία *IntelliCell*® συμπεριλαμβάνεται σε αυτή την τεχνική. Στη διάρκεια οκτώ ετών πρακτικής και εφαρμογής, η *IntelliCell* έχει τελειοποιηθεί για να καταστήσει τις ευφυείς κεραίες πρακτικές και οικονομικώς αποδοτικές στα πραγματικά εμπορικά κυψελοειδή συστήματα. Σήμερα, η τεχνολογία *IntelliCell* επεκτείνεται σε περισσότερες από 90.000 εμπορικές επεκτάσεις σταθμών βάσεων παγκοσμίως.

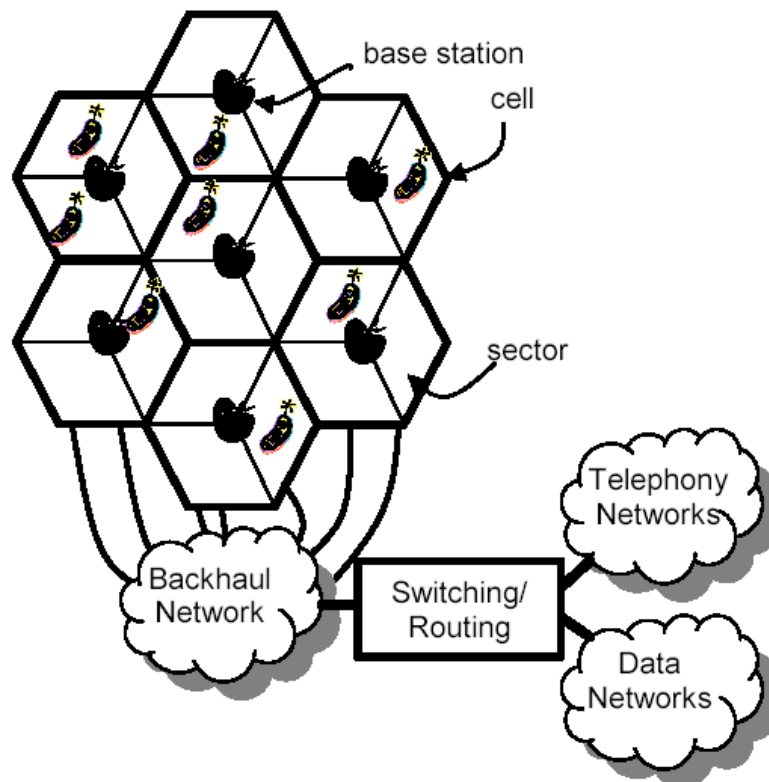
2.2 ΒΑΣΙΚΗ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Τα κυψελοειδή δίκτυα αποτελούνται από γεωγραφικά χωρισμένους σταθμούς βάσης που συνδέονται με ένα δίκτυο ραχοκοκαλιάς, με κάθε σταθμό βάσεων που εξυπηρετεί μια

περιοχή αποκαλούμενη κύτταρο (Σχήμα 2.1). Σε μερικά συστήματα, τα κύτταρα υποδιαιρούνται σε περαιτέρω τομείς. Η σειρά κάθε σταθμού βάσης μπορεί να είναι οπουδήποτε από 0,5 χλμ σε 15 χλμ, με 1-3 χλμ στα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα. Οι τηλεφωνικές συσκευές επικοινωνούν με έναν κοντινό σταθμό βάσης μέσω των ραδιοσημάτων. Η πληροφορία, φωνή ή δεδομένα, ψηφιοποιούνται πριν από τη μετάδοση σε όλα τα σύγχρονα κυψελοειδή συστήματα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα περισσότερα εμπορικά κυψελοειδή συστήματα λειτουργούν στις εξουσιοδοτημένες ραδιοσυχνότητες περιοχής είτε στα 850 MHz, είτε στα 1,9 GHz.

Οι end to end συνδέσεις με τα δημόσια ή ιδιωτικά δεδομένα ή δίκτυα τηλεφωνίας πραγματοποιούνται από ένα δίκτυο ραχοκοκαλιάς που συνδέει όλους τους σταθμούς βάσης με μια λειτουργία μετατροπής / δρομολόγησης, η οποία κατευθύνει τις μεταδόσεις φωνής ή τα στοιχεία των χρηστών προς και από τους ανταποκριτές τους.

Σημειώνεται ότι αυτή η αρχιτεκτονική δικτύου χρησιμοποιείται για πολλούς τύπους ασύρματων υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένου ασύρματου LANs και των point-to-multipoint υπηρεσιών στοιχείων όπως LMDS.



Σχήμα 2.1: Βασική κυψελοειδή αρχιτεκτονική.

Στον ράδιο-τομέα του δικτύου, "η άνω ζεύξη" αναφέρεται στην επικοινωνία από τη τηλεφωνική συσκευή "μέχρι" το σταθμό βάσης. Η τηλεφωνική συσκευή ή το τερματικό του χρήστη ψηφιοποιεί κατάλληλα και βάζει σε πλαίσια τη φωνή ή τα δεδομένα πακέτων που

προορίζονται για το δίκτυο. Αυτά τα ψηφιοποιημένα δεδομένα έπειτα διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά και ράδιο-στοιχεία του κυκλώματος και μεταδίδονται μέσω κεραιών στη τηλεφωνική συσκευή. Οι κεραιές και τα στοιχεία κυκλώματος στο σταθμό βάσης λαμβάνουν το ράδιο-σήμα, το αποδιαμορφώνουν και στέλνουν τη πληροφορία του χρήστη στο ενσύρματο δίκτυο.

Η "κάτω ζεύξη" αναφέρεται στην αντίστροφη κατεύθυνση, όπου η επικοινωνία είναι από το σταθμό βάσης "ως" τη τηλεφωνική συσκευή στο τερματικό χρήστη. Ο σταθμός βάσης ψηφιοποιεί κατάλληλα και βάζει σε πλαίσια τη φωνή ή δεδομένα πακέτου που προορίζονται για το συνδρομητή. Αυτά τα ψηφιοποιημένα δεδομένα διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά και ράδιο-στοιχεία κυκλώματος και μεταδίδονται μέσω των κεραιών στο σταθμό βάσης. Η κεραία και τα στοιχεία κυκλώματος στη τηλεφωνική συσκευή λαμβάνουν το ράδιο-σήμα, το αποδιαμορφώνουν και στέλνουν τις πληροφορίες στο συνδρομητή.

Αυτός ο τύπος κυψελοειδούς αρχιτεκτονικής έχει κερδίσει την ευρεία αποδοχή ως πιο οικονομική και εύκαμπτη αρχιτεκτονική για την παράδοση επικοινωνιακής αγοράς των προσωπικών ασύρματων υπηρεσιών.

Εντούτοις, τα κυψελοειδή συστήματα αντιμετωπίζουν μια σημαντική πρόκληση καθώς οι υπηρεσίες δεδομένων και το εύρος ζώνης αυξάνονται σημαντικά. Η δυσκολία έγκειται στην βελτίωση της ποιότητας του καναλιού επικοινωνίας ώστε να χειριστεί μεγαλύτερα φορτία κυκλοφορίας διατηρώντας την ίδια δομή δαπανών, παρά την έλλειψη και τις υπερβολικές τιμές του πρόσθετου φάσματος.

Τα σημερινά κυψελοειδή συστήματα απαιτούν την αύξηση 10 ως 40-πτυχών στη φασματική αποδοτικότητα και αληθινή περιεκτικότητα στο διαδίκτυο.

2.3 ΚΑΛΥΨΗ

Η περιοχή κυττάρων καθορίζει τον αριθμό σταθμών βάσης που απαιτείται για μια ιδιαίτερη περιοχή κάλυψης, όταν η πυκνότητα συνδρομητών είναι χαμηλή. Είναι, επομένως, ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες για την οικονομία του συστήματος.

Όταν η ράδιο-ενέργεια διαδίδεται σε ένα κυψελοειδές περιβάλλον, το λαμβανόμενο επίπεδο σημάτων υποβιβάζεται καθώς αυξάνεται η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη. Αυτό το λαμβανόμενο σήμα πρέπει να υπερβεί το επίπεδο θορύβου στο ράδιο-δέκτη από ένα ορισμένο περιθώριο προκειμένου να αποδιαμορφωθεί επιτυχώς. Η αναλογία του λαμβανόμενου επιπέδου σήματος με τον θόρυβο ονομάζεται αναλογία σήματος προς θόρυβο (SNR). Καθώς όλα τα άλλα είναι ίσα, ένα υψηλότερο ονομαστικό SNR μεταφράζεται σε ένα υψηλότερο πιθανό ποσοστό στοιχείων αλλά με κόστος τη μειωμένη έκταση σταθμού βάσης.

Παραδείγματος χάριν, τα συστήματα GSM ξεδιπλώνονται χαρακτηριστικά έτσι ώστε τα SNRs είναι περίπου 9 dB ενώ τα συστήματα CDMA λειτουργούν σε SNRs 10 dB (τα

συστήματα CDMA λειτουργούν στα πολύ χαμηλότερα SNRs εισάγοντας μεγάλο πλεονασμό στα μεταδιδόμενα δεδομένα μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως "διάδοση." (Στην πράξη, η έκταση ενός σταθμού βάσης CDMA περιορίζεται περισσότερο από την παρεμβολή μεταξύ των χρηστών στο σύστημα απ' ό,τι από το θόρυβο στο δέκτη.)

Η πρόκληση για τα κυψελοειδή συστήματα επόμενης γενιάς είναι να διατηρηθούν τα ίχνη κάλυψης στα κυψελοειδή συστήματα δεύτερης γενιάς παρέχοντας υπηρεσία υψηλής ροής δεδομένων σε κάθε κύτταρο. Με το να είναι ίσοι οι φασματικοί πόροι που διατίθενται σε κάθε χρήστη η σύγχρονη θεωρία πληροφορίας υπαγορεύει ότι οι ροές δεδομένων στο κάτω άκρο της κυψέλης καθορίζονται από τη λαμβανόμενη ποιότητα σημάτων, ή το SNR.

Εντούτοις, τα πιο υψηλά επίπεδα SNR απαιτούν μικρότερα κύτταρα με μια αντίστοιχα μεγάλη οικονομική επίπτωση στο φορέα παροχής υπηρεσιών. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι τα συμβατικά 3G συστήματα σταθμών βάσης θα έχουν τα ίχνη που είναι δύο έως τέσσερις φορές μικρότερα από εκείνα των 2G αντίστοιχα. Όπως αναφέρεται παρακάτω, οι ευφυείς κεραίες επιτρέπουν μια θεμελιώδη βελτίωση.

2.4 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Εκτός από την κάλυψη, τα κυψελοειδή συστήματα επόμενης γενιάς αντιμετωπίζουν μια άλλη πρόκληση σχετική με τη "φασματική αποδοτικότητα." Η φασματική αποδοτικότητα μετρά τη δυνατότητα ενός ασύρματου συστήματος να παραδώσει πληροφορία με ένα δεδομένο ποσό ράδιο-φάσματος και συσχετίζεται άμεσα με την ικανότητα του συστήματος. Καθορίζει το ποσό του ράδιο-φάσματος που απαιτείται για να παρέχει μια δεδομένη υπηρεσία (π.χ., υπηρεσία φωνής 10 kbps, υπηρεσία δεδομένων 100 kbps) και τον αριθμό των σταθμών βάσης που απαιτείται για να παραδώσει την υπηρεσία στους τελικούς χρήστες. Στα τελευταία χρόνια, η διεύδυση συνδρομητών είναι υψηλή, συνεπώς, είναι ένας από τους αρχικούς καθοριστικούς παράγοντες των οικονομικών συστημάτων.

Η φασματική αποδοτικότητα μετριέται σε μονάδες των bits/sec ανά hertz/cell (b/s/Hz/cell). Καθορίζει τη συνολική ρυθμοαπόδοση κάθε σταθμού βάσης (κυττάρου ή τομέα) που μπορεί να υποστηρίξει ένα δεδομένο ποσό φάσματος. Η ρυθμοαπόδοση του σταθμού βάσης σε κάποιο συγκεκριμένο κύτταρο σε ένα κυψελοειδές δίκτυο είναι σχεδόν πάντα λιγότερη από αυτή ενός μονού κυττάρου. Αυτή η διαφορά αποδίδεται στην "αυτοπαρεμβολή" που παράγεται στο δίκτυο.

Τα ράδιοσήματα είναι απείθαρχα σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά σήματα που διαδίδονται μέσω καλωδίων. Σε ένα κυψελοειδές σύστημα, η ραδιοεπικοινωνία μεταξύ ενός χρήστη και ενός σταθμού βάσης παράγει τη ραδιοενέργεια που είναι ανιχνεύσιμη σε μέρη εκτός της άμεσης εγγύτητας του χρήστη, του σταθμού βάσης και μιας φανταστικής γραμμής μεταξύ των

δύο. Για άλλους χρήστες στην περιοχή αυτή η "υπερβολική ενέργεια" αλλοιώνει το ράδιοκανάλι ή το κάνει εντελώς άχρηστο.

Δεδομένου ότι η πυκνότητα χρηστών αυξάνεται, οι ράδιο-πόροι τελικά εξαντλούνται. Τα συστήματα με την υψηλότερη φασματική αποδοτικότητα παρέχουν περισσότερη ρυθμοαπόδοση δεδομένων (υπηρεσίες) σε ένα δεδομένο ποσό φάσματος και υποστηρίζουν περισσότερους χρήστες σε ένα δεδομένο βαθμό υπηρεσίας πριν την εξάντληση των πόρων.

Τα βασικά οφέλη της υψηλότερης φασματικής αποδοτικότητας μπορούν να απαριθμηθούν ως εξής: υψηλότερη συνολική χωρητικότητα (ρυθμοαπόδοση ανά-κύτταρο), ποιότητα ανά χρήστη και επίπεδα υπηρεσίας, υψηλότερη πυκνότητα συνδρομητών ανά σταθμό βάσης, μικρές απαιτήσεις φάσματος και χαμηλότερες κύριες και λειτουργικές δαπάνες στην επέκταση.

Η φασματική αποδοτικότητα για τα διάφορα συστήματα μπορεί να υπολογιστεί εύκολα μέσω του τύπου:

Φασματική αποδοτικότητα = (ρυθμοαπόδοση καναλιών / εύρος ζώνης καναλιών)

Αυτό αθροίζει τη ρυθμοαπόδοση πέρα από ένα κανάλι σε ένα εν ενεργεία δίκτυο και τη διαιρεί με το εύρος ζώνης των καναλιών. Αυτός ο υπολογισμός εκτελείται για διάφορα συστήματα στον πίνακα 2.α. Όπως θα εξηγηθεί παρακάτω, η απόδοση IntelliCell είναι σύστημα εξαρτώμενο. Εντούτοις, οι τρέχουσες εφαρμογές όπως στο σύστημα ArrayComm's i-BURST™ έχουν επιτύχει τις φασματικές αποδοτικότητες 4 bits/sec/Hz/cell.

Για να γίνει κατανοητή η φασματική αποδοτικότητα στους υπολογισμούς θεωρούμε το σύστημα των PCS-1900 (GSM), το οποίο μπορεί να έχει τις ακόλουθες παραμέτρους: 200kHz φέρον, 8 χρονοθυρίδες ανά φέρον, 13,3 kbps των δεδομένων του χρήστη ανά θυρίδα, αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση 7 (δηλ. αποτελεσματικά 7 ομάδες καναλιών στο φορτίο δικτύων 100 της εκατό, ή 1/7 μόνο της ρυθμοαπόδοσης κάθε καναλιού που είναι διαθέσιμη ανά κύτταρο). Η φασματική αποδοτικότητα είναι:

$$(8 \text{ slots} \times 13.3 \text{ kbps/slot}) / 200 \text{ kHz} / 7 \text{ reuse} = 0.08 \text{ bits/sec/Hz/cell}$$

Air Interface	Carrier BW	Peak User Data Rate (kbps)	Average Carrier Throughput (kbps)	Spectral Efficiency	Comments
IS95A	1.25MHz	14.4	100	0.08	Source: Viterbi
IS95B	1.25MHz	115	125	0.1	Source: Viterbi
IS95C	1.25MHz	144	200	0.16	Source: Viterbi
cdma2000	5MHz	384	800-1,000	0.16-0.2	Source: Viterbi
GSM	200KHz	13.3	15.2 (13.3*8/7)	0.08	Reuse = 7
GSM (HSCSD)	200KHz	57.6	15.2	0.08	
PHS	300KHz	32	12.8	0.04	Effective reuse = 20
Intellcell System				Up to 4	Depends on communication system

Πίνακας 2.α: Φασματική αποδοτικότητα για διάφορα συστήματα. Η φασματική αποδοτικότητα των σημερινών εμπορικών συστημάτων είναι αμετάβλητη σε 0.1-0.2 bits/sec/Hz/cell, ενώ τα συστήματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία IntelliCell μπορούν να επιτύχουν φασματική αποδοτικότητα πάνω από 4 bits/sec/Hz/cell.

Αυτή η τιμή περίπου του 0,1 bits/sec/Hz/cell είναι γενικά αντιπροσωπευτική της υψηλής κινητικότητας των κυψελοειδών συστημάτων 2G και 3G, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων CDMA όλων των τύπων. Απεικονίζει το γεγονός ότι οι κλασσικές τεχνικές για την αύξηση της φασματικής αποδοτικότητας έχουν εξαντληθεί και ότι οι νέες τεχνικές είναι απαραίτητες. Αυτό θα είναι το θέμα του επόμενου τμήματος.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή 0,1 bits/sec/Hz/cell είναι σημαντική για την παράδοση των υπηρεσιών της επόμενης γενιάς. Χωρίς ουσιαστικές αυξήσεις στη φασματική αποδοτικότητα, τα συστήματα 3G είναι καθηλωμένα στις φασματικές αποδοτικότητες όπως εκείνα των σημερινών 2G συστημάτων. Σε ένα χαρακτηριστικό 3G σύστημα με ένα τμήμα καναλιού στη κάτω ζεύξη 5MHz, μετασχηματίζεται σε μια συνολική κυψελική χωρητικότητα περίπου 500 kbps για ολόκληρο το κύτταρο. Αυτό είναι μακριά από τους περίπου 250-500 συνδρομητές ανά κύτταρο που πρέπει να καταστήσει το σύστημα. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για νέες μεθόδους για να ενισχυθεί η φασματική αποδοτικότητα.

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΚΑΛΥΨΗ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Ένα ευρύ φάσμα τεχνικών έχει αναπτυχθεί για την ενίσχυση της κάλυψης και της φασματικής αποδοτικότητας κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών. Το σημαντικότερο και ευρέως χρησιμοποιημένο είναι το ακόλουθο.

Προγραμματισμός συχνότητας: Ένα ουσιαστικό ποσό της προσπάθειας στα κυψελοειδή συστήματα αφιερώνεται στη διαχείριση της παρεμβολής μέσω της χρήσης ενός "σχεδίου επαναχρησιμοποίησης." Τα κανάλια κίνησης χωρίζονται σε ομάδες όπου, για παράδειγμα, κάθε ομάδα έχει το ένα-έβδομο των συνολικών ράδιο-πόρων. Οι ομάδες καναλιών προσδιορίζονται στους σταθμούς βάσης του δικτύου κατά τέτοιο τρόπο ώστε οποιαδήποτε δύο κύτταρα που χρησιμοποιούν την ίδια ομάδα καναλιών να μην είναι γειτονικά. Ο χωρικός διαχωρισμός που προκύπτει, εξασφαλίζει τη μειωμένη ενέργεια που χρησιμοποιείται για μια συνομιλία σε ένα κύτταρο ώσπου να φθάσει σε ένα άλλο κύτταρο χρησιμοποιώντας το ίδιο κανάλι χωρίς να θέτει σημαντική παρεμβολή. Η επαναχρησιμοποίηση παρέχει τη διαχείριση της παρεμβολής, αλλά εις βάρος της λειτουργικής πολυπλοκότητας και της χωρητικότητας του σταθμού βάσης. Η ομάδα καναλιών ενός δεδομένου σταθμού βάσης είναι ένα μικρό μέρος των συνολικών πόρων του συστήματος.

Έλεγχος ισχύος: Ο έλεγχος ισχύος είναι μια τεχνική με την οποία η ισχύ μετάδοσης ενός σταθμού βάσης ή μιας συσκευής τηλεφώνου μειώνεται στο χαμηλότερο επιτρεπόμενο επίπεδο που επιτρέπει την επικοινωνία. Αυτό μειώνει τα επίπεδα παρεμβολής στο δίκτυο, αυξάνοντας τη φασματική αποδοτικότητα. Ο έλεγχος ισχύος χρησιμοποιείται στα συστήματα GSM και στα συστήματα CDMA και στην πάνω και στην κάτω ζεύξη. Τα συστήματα CDMA απαιτούν ιδιαίτερα γρήγορο και ακριβή έλεγχο ισχύος. Πολλοί χρήστες μοιράζονται το ίδιο φάσμα RF, και η χωρητικότητα του συστήματος είναι έτσι ιδιαίτερα ευαίσθητη στον ανεπαρκή έλεγχο παρεμβολής.

Διαμόρφωση και κωδικοποίηση: Οι τεχνικές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης μπορούν να βελτιώσουν τη χρησιμοποίηση του φάσματος επιτρέποντας μια γρηγορότερη ρυθμοαπόδοση σε μια δεδομένη ποιότητα σήματος. Τα οφέλη οποιονδήποτε τέτοιων τεχνικών περιορίζονται τελικά, από το ρυθμό πληροφοριών Shannon.

Τμηματοποίηση (Sectorization) Τα τμηματοποιημένα συστήματα κεραιών παίρνουν μια παραδοσιακή κυψελική περιοχή και την υποδιαιρούν σε "τομείς.". Κάθε ένας από αυτούς καλύπτεται από την κατευθυντική κεραία που εγκαθίσταται στη θέση του σταθμού βάσης. Πρακτικά, κάθε τομέας αντιμετωπίζεται ως ένα ανεξάρτητο κύτταρο. Οι κατευθυντικές κεραίες έχουν υψηλότερο κέρδος από τις μη-κατευθυντικές κεραίες. Ως εκ τούτου η έκταση αυτών των τομέων είναι γενικά μεγαλύτερη από αυτή που λαμβάνεται με μια μη-κατευθυντική κεραία, κατά προσέγγιση 35 %. Τα τμηματοποιημένα κύτταρα μπορούν να αυξήσουν τη φασματική αποδοτικότητα με τη μείωση της παρεμβολής που παρουσιάζεται από το σταθμό βάσης και τους χρήστες στο υπόλοιπο δίκτυο, και χρησιμοποιούνται ευρέως για τον λόγο αυτό.

Τα περισσότερα εμπορικά συστήματα υιοθετούν σήμερα τρεις τομείς ανά περιοχή. Αν και μεγαλύτεροι αριθμοί τομέων είναι δυνατοί, ο αριθμός των κεραιών και οι ποσότητες εξοπλισμού του σταθμού βάσης είναι πολύ ακριβοί για περισσότερες περιοχές κυττάρων.

Η πραγματικότητα είναι ότι τα πλεονεκτήματά τους, αξιοποιούνται στα σύγχρονα κυψελοειδή σύστημα. Οι περαιτέρω βελτιώσεις στην κάλυψη και τη φασματική αποδοτικότητα από αυτές τις τεχνικές θα είναι μικρές και ανεπαρκείς των μεγεθών που απαιτούνται για την επόμενη γενιά, στις ευρυζωνικές, ασύρματες υπηρεσίες πολυμέσων. Για αυτές τις υπηρεσίες πρέπει να υιοθετηθούν, νέες αρχιτεκτονικές και τεχνικές. Μια τέτοια τεχνική είναι η χρήση των ευφών κεραιών όπως εκείνη που αναπτύχθηκε από την AgrayComm για την κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνία της, τεχνολογία *IntelliCell*.

2.5 INTELLICELL: Η ΠΛΗΡΩΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ-ΕΥΦΥΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ INTELLICELL ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ - ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Η εμφάνιση των ισχυρών, χαμηλού κόστους, ψηφιακών τμημάτων επεξεργασίας και η ανάπτυξη των βασισμένων στο λογισμικό τεχνικών έχει κάνει τα προηγμένα προσαρμοστικά συστήματα κεραιών μια πρακτική πραγματικότητα για τα κυψελοειδή συστήματα επικοινωνιών. Οι στοιχειοκεραίες πολλαπλών κεραιών, που συνδυάζονται με τις τεχνικές ψηφιακού σχηματισμού ακτίνας και προηγμένη, χαμηλού κόστους επεξεργασία σήματος ανοίγουν μια νέα και ελπιδοφόρα περιοχή για την ενίσχυση των ασύρματων συστημάτων επικοινωνιών.

Οι όροι που χρησιμοποιούνται συνήθως για τις διάφορες πτυχές της τεχνολογίας συστημάτων ευφών κεραιών περιλαμβάνουν τους όρους: ευφείς κεραίες, συγχρονισμένες στοιχειοκεραίες, χωρική επεξεργασία, διαμόρφωση ψηφιακής ακτίνας, συστήματα προσαρμοστικής κεραίας κτλ.. Η AgrayComm έχει συνδυάσει περισσότερο από 8 έτη πρακτικής R&D και εμπειρίας με τεχνολογία *IntelliCell*, τεχνικές και πνευματική ιδιοκτησία που καθιστούν τα συστήματα ευφών κεραιών εμπορικά βιώσιμα.

Ένας σταθμός βάσης που χρησιμοποιεί τεχνολογία *IntelliCell* υιοθετεί μια μικρή συλλογή (στοιχειοκεραία) των απλών, off-the-shelf κεραιών (χαρακτηριστικά 4 έως 12 στοιχεία) συνδεδεμένα με την περίπλοκη επεξεργασία σήματος για να διαχειριστούν την ενέργεια που ακτινοβολείται και που παραλαμβάνεται από το σταθμό βάσης. Αυτό βελτιώνει την ποιότητα κάλυψης και σήματος και μετριάζει την παρεμβολή στο δίκτυο και στην άνω και στην κάτω ζεύξη.

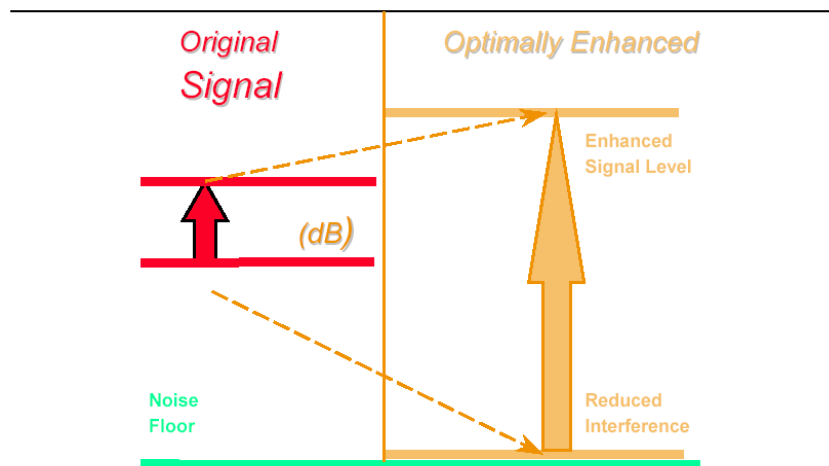
Οι διαδικασίες στην άνω και στην κάτω ζεύξη είναι οι ακόλουθες:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ INTELLICELL ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗ (ΥΠΟΔΟΧΗ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ)

Το σήμα που λαμβάνεται από κάθε ένα από τα διανεμημένα στο χώρο στοιχεία κεραιών πολλαπλασιάζεται με ένα βάρος, δηλαδή μια σύνθετη ρύθμιση του εύρους και της φάσης. Αυτά τα σήματα συνδυάζονται για να παραγάγουν την έξοδο της στοιχειοκεραίας. Ένας προσαρμοστικός αλγόριθμος ελέγχει τα βάρη σύμφωνα με τους προκαθορισμένους στόχους. Αυτός καλείται "συντονισμός" σε έναν συγκεκριμένο χρήστη ενώ "αποσυντονισμός" είναι όταν ελέγχει την παρεμβολή και το θόρυβο. Αυτή η επεξεργασία εκτελείται ανεξάρτητα και ταυτόχρονα για κάθε έναν από τους χρήστες που εξυπηρετούνται από το σταθμό βάσης.

Αυτοί οι υπολογισμοί επιτρέπουν στο σύστημα να συντονιστεί με βελτιστοποιημένη τιμή σήματος: Το ισοδύναμο λαμβανόμενο επίπεδο σήματος βελτιώνεται από έναν παράγοντα $10 \log 10$ (αριθμός κεραιών), ο οποίος, παραδείγματος χάριν, είναι 10 dB για ένα σύστημα 10 κεραιών.

Συγχρόνως, η παρεμβολή απορρίπτεται. Αυτή η απόρριψη και η ανάλογη καταστολή στην κάτω ζεύξη είναι αρκετά υψηλές ώστε, στις εφαρμογές TDD/TDMA της τεχνολογίας IntelliCell, όπως και στην ArrayComm's i-BURST, ο προγραμματισμός συχνότητας μπορεί να απομακρυνθεί εντελώς. Αυτά τα κέρδη και το πώς συσχετίζονται με τα γενικά κέρδη στην ποιότητα σήματος συνοψίζονται στο σχήμα 2.2



Σχήμα 2.2: Επίδραση της τεχνολογίας IntelliCell στην ποιότητα σήματος. Το ίδιο το επίπεδο σήματος βελτιώνεται ενώ το επίπεδο παρεμβολής μειώνεται.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ INTELLICELL ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ (ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ)

Παρόμοια κέρδη στην κεραία εμφανίζονται στην κάτω ζεύξη. Τα σήματα που διαβιβάζονται πολλαπλασιάζονται με τους παράγοντες στάθμισης διαφορετικού πλάτους και φάσης για κάθε κεραία. Οι παράγοντες στάθμισης επιλέγονται δυναμικά για να εξασφαλίσουν ότι τα διαβιβασθέντα σήματα συνδυάζονται ενώ συγχρόνως δεν παρουσιάζουν καμία παρεμβολή σε άλλους συγκαταλιτικούς χρήστες.

Αυτοί οι υπολογισμοί επιτρέπουν στο σύστημα να συντονιστεί για τη βελτιστοποιημένη μετάδοση σημάτων: Το ισοδύναμο επίπεδο σήματος μεταδιδόμενης ισχύος είναι ένας παράγοντας $20\log_{10}$ (αριθμός κεραιών) πέρα από την ισχύ που εκπέμπεται από μία μόνο κεραία στο σταθμό βάσης. Αυτό είναι, παραδείγματος χάριν, 20dB για ένα σύστημα 10 κεραιών. Αυτό είναι μια μεγάλη βελτίωση στο ισοδύναμο επίπεδο σήματος.

Επιπλέον, ο πλεονασμός που εισάγεται μέσω της χρήσης του πολλαπλών μεταδιδόμενων στοιχείων, που συνδυάζεται με τη μείωση του μεγέθους της ισχύος του ενισχυτή, αυξάνει την αξιοπιστία του σταθμού βάσης. Οι ενισχυτές μικρότερης ισχύος είναι πιο αξιόπιστοι και λιγότερο ακριβοί από μεγαλύτερους, και η απώλεια ενός μεταδιδόμενου στοιχείου της στοιχειοκεραίας έχει μόνο μια μικρή επίδραση στην απόδοση κάτω ζεύξης του σταθμού βάσης (σε αντιδιαστολή με την περίπτωση όπου ο σταθμός βάσης έχει μόνο ένα εκπεμπόμενο στοιχείο).

Συγχρόνως, η παρεμβολή μετριάζεται από 30 έως 40 dB εάν ένας κοντινός χρήστης (παρεμβολέας) είναι αρκετά κοντά στο σταθμό βάσης.

Ένα σημαντικό σημείο εδώ είναι ότι ο τύπος και η απόδοση της επεξεργασίας κάτω ζεύξης που χρησιμοποιήθηκε εξαρτάται από το εάν το σύστημα επικοινωνιών χρησιμοποιεί διπλή διαίρεση χρόνου (TDD), που μεταδίδει και λαμβάνει στην ίδια συχνότητα (π.χ., 802.11, PHS και DECT) ή διπλή διαίρεση συχνότητας (FDD) που χρησιμοποιεί ξεχωριστές συχνότητες για μετάδοση και λήψη συχνότητας (π.χ., GSM, EDGE, W-CDMA, cdma2000). Στα περισσότερα συστήματα FDD, τα εξασθενημένα και τα άλλα χαρακτηριστικά διάδοσης είναι ασύνδετα από το ραδιοκάνάλι άνω ζεύξης με αυτό της κάτω ζεύξης, ενώ στα συστήματα TDD, τα κανάλια άνω ζεύξης και κάτω ζεύξης μπορούν να θεωρηθούν αμοιβαία. Ως εκ τούτου, στα συστήματα TDD, η πληροφορία καναλιού άνω ζεύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτύχει διακριτή χωρική μετάδοση. Στα συστήματα FDD, η πληροφορία καναλιού άνω ζεύξης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα, και πρέπει να εξεταστούν άλλοι τύποι επεξεργασίας κάτω ζεύξης.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Το σχήμα 2.3 απεικονίζει έναν απλό σταθμό βάσης δύο-κεραιών που προσπαθεί να επικοινωνήσει με τους δύο χρήστες, χρήστη A και χρήστη B, στο ίδιο κανάλι. Επίσης φανταστείτε ότι τα σήματα αυτών των χρηστών που ταξιδεύουν κατά μήκος διαφορετικών διαδρομών στο σταθμό βάσης, φθάνουν με τους ακόλουθους συνδυασμούς στην στοιχειοκεραία:

Σήμα χρήστη A στο σταθμό βάσης: (+ A, + A)

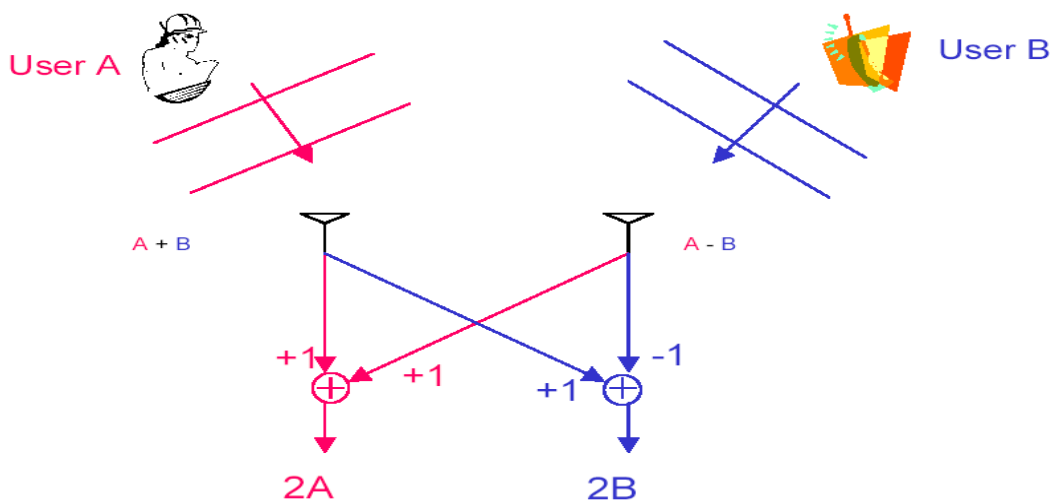
Σήμα χρήστη B στο σταθμό βάσης: (+ B, - + β)

Η διαφορά είναι ότι τα σήματα του χρήστη A φθάνουν στη φάση μεταξύ των δύο κεραιών και τα σήματα του χρήστη B φθάνουν έξω από τη φάση μεταξύ των δύο κεραιών. Σε μια πραγματική εφαρμογή, αυτή η διαφορά είναι διάνυσμα σε ένα **M** διαστάσεων σύνθετο διάστημα, όπου το **M** είναι ο αριθμός των κεραιών.

Αυτά τα σήματα φθάνουν μαζί στο σταθμό βάσης και σε συνδυασμό γίνονται:

Λαμβανόμενο σήμα σταθμού βάσης: (+ A + β, + A - B)

Τώρα, πολύ απλά, για να υπολογίσει ο σταθμός βάσης το σήμα του χρήστη A από την παρεμβολή που προκαλείται από το χρήστη B, προσθέτει απλά τα δύο σήματα με τους παράγοντες βάρους (1,1): **Υπολογισμός χρήστη A: (+ 1, -1) • (+ A + B, + A - B) = (+ A + B) + (+ A - B) = 2A** και ομοίως για το χρήστη B, το διάνυσμα βάρους (+ 1, -1) χρησιμοποιείται: **Υπολογισμός χρήστη B: (+ 1, -1) • (+ A + B, + A - B) = (+ A + B) - (+ A - B) = 2B**



Σχήμα 2.3: Απλό υπόδειγμα των προσαρμοστικών κεραιών. Τα σήματα των χρηστών φθάνουν με διαφορετικές σχετικές φάσεις και πλάτη στην στοιχειοκεραία. Τα βάρη εφαρμόζονται προκειμένου να υπολογιστούν τα σήματα για ιδιαίτερους χρήστες.

Σε κάθε περίπτωση, μέσω ενός κατάλληλου διανύσματος βάρους, ο σταθμός βάσης είναι σε θέση να υπολογίσει και να χωρίσει τα σήματα του χρήστη A και του χρήστη B μεταξύ τους ταυτόχρονα παρέχοντας το κέρδος για κάθε ένα.

Σε ένα συμβατικό, σύστημα μοναδικής κεραίας, αυτή η απλή διαδικασία θα ήταν αδύνατη, και ο σταθμός βάσης θα είχε αποχωρήσει ανίκανος να αποκρυπτογραφήσει τα δύο σήματα. Φανταστείτε έναν σταθμό βάσης με μόνο μια μοναδική κεραία. Σε αυτήν την περίπτωση, τα λαμβανόμενα σήματα θα διαμορφώνονταν: **Λαμβανόμενο σήμα μοναδικής κεραίας = (+ A + B)** και ο σταθμός βάσης αποχωρεί με ένα σύνθετο μπλέξιμο των σημάτων του χρήστη A και του χρήστη B.

Φυσικά, στις πραγματικές εφαρμογές της τεχνολογίας IntelliCell, υπάρχουν κάποια προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν: Υπάρχουν περισσότεροι συγκαταλιικοί χρήστες για να αποκρυπτογραφηθούν, πολλαπλές άλλες πηγές παρεμβολής, πολλές περισσότερες κεραίες. Τα επίπεδα σήματος και οι φάσεις ποικίλλουν πέρα της στοιχειοκεραίας.

ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ INTELLICELL ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ- ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ

Στο απλούστερο επίπεδο, τα συστήματα της τεχνολογίας IntelliCell βελτιώνουν πλήρως την κάλυψη και την φασματική αποδοτικότητα των ασύρματων συστημάτων. Το ασύρματο σχέδιο συστήματος, ακόμα περιλαμβάνει μια σειρά ανταλλαγών μεταξύ του κόστους, της κάλυψης και της χωρητικότητας. Οι βελτιώσεις της τεχνολογίας IntelliCell επιτρέπουν την μεγαλύτερη ευελιξία στα σχέδια επίπεδων συστημάτων. Τα οφέλη συνοψίζονται στον πίνακα 2.b και εξηγούνται παρακάτω λεπτομερώς.

Πίνακας 2.b: Οφέλη της τεχνολογίας IntelliCell σε επίπεδο συστήματος

Κέρδος	Σημασία επίπεδου συστήματος
Επιλεκτικό κέρδος άνω ζεύξης: <ul style="list-style-type: none"> • Επεξεργασία αποδοχής στο σταθμό βάσης 	Αυξημένη ακτίνα, κάλυψη, υπολογισμός συνδέσεων: <ul style="list-style-type: none"> • Κέρδος $10 \cdot \log_{10}(M)$ • Κέρδος ποικιλομορφίας 13dB-17dB • Χαμηλότερη μεταδιδόμενη ισχύ τερματικού • Μειωμένη πολλαπλή πορεία άνω ζεύξης • Χαμηλότερη πολυπλοκότητα ισοστάθμισης

<p>Μετριάσμος παρεμβολής άνω ζεύξης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Επεξεργασία αποδοχής στο σταθμό βάσης 	<p>Αυξημένη ποιότητα σήματος:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δυνατό στην παρεμβολή από πολλαπλούς παρεμβολείς άνω ζεύξης • Μείωση παρεμβολής 30 dB-40dB • Υψηλότερη αποδοτικότητα φάσματος
<p>Επιλεκτικό κέρδος κάτω ζεύξης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Στρατηγική μετάδοσης βασισμένη σε πληροφορία άνω ζεύξης και τροφοδοσία από το τερματικό 	<p>Αυξημένη ακτίνα, κάλυψη, υπολογισμός συνδέσεων:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Κέρδος $20 \cdot \log_{20}(M)$ • Κέρδος ποικιλομορφίας 13dB-17dB • Μειωμένο μέγεθος σταθμού βάσης PA • Μειωμένες πολλαπλές διαδρομές κάτω ζεύξης • Χαμηλότερη πολυπλοκότητα ισοστάθμισης στο τερματικό
<p>Μετριάσμος παρεμβολής κάτω ζεύξης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Στρατηγική μετάδοσης βασισμένη σε πληροφορία άνω ζεύξης και τροφοδοσία από το τερματικό 	<p>Αυξημένη ποιότητα σήματος:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μειώνει αυτόματα τη μετάδοση σήματος στη συγκαναλική παρεμβολή • Αυξάνει την ποιότητα σήματος κάτω ζεύξης σε ευρύ σύστημα • Μείωση παρεμβολής 30 dB- 40dB • Υψηλότερη αποδοτικότητα φάσματος

Επιλεκτικό κέρδος άνω ζεύξης: $10 \log_{10}(M)$

Όπως αναφέρθηκε, η τεχνολογία IntelliCell βελτιώνει σημαντικά τους υπολογισμούς σύνδεσης στη άνω ζεύξη με έναν αριθμό κεραιών. Τυπικότερα, αυτό μπορεί να φανεί όπως στο παραπάνω παράδειγμα, με M αντίγραφα του ίδιου σήματος, s , λαμβάνονται, ένα ανά κεραία, όπου M είναι ο αριθμός κεραιών. Υποθέτοντας ότι τα σήματα φθάνουν με την ίδια ισχύ, μια κατάλληλη εφαρμογή των βαρών θα οδηγήσει στην πρόσθεση των σημάτων με συνοχή: **Λαμβανόμενο σήμα άνω ζεύξης μετά από επεξεργασία** = $s + s + \dots + s$ (Στην πραγματικότητα, τα σήματα δεν φθάνουν στη στοιχειοκεραία με την ίδια ισχύ λόγω των διαδικασιών εξασθένησης που διαφέρουν μεταξύ των κεραιών.)

Ομοίως, μετά από την εφαρμογή των βαρών, τις διαδικασίες θορύβου, N_i , σε κάθε ένα από τους δέκτες κεραιών προστίθεται: **Θόρυβος άνω ζεύξης μετά από επεξεργασία** = $N_1 + N_2 + \dots + N_M$ Δεδομένου ότι τα λαμβανόμενα σήματα προστίθενται με συνοχή και η ισχύ θορύβου προστίθεται ανεξάρτητα (δεδομένου ότι οι διαδικασίες θορύβου είναι ανεξάρτητες

και διανεμημένες όμοια), οδηγεί σε: **Πολλαπλή κεραία άνω ζεύξης** $SNR = (Ms)^2 / \mu\sigma^2 = Ms^2/\sigma^2 = M$ (**μοναδική κεραία SNR**) όπου s^2 είναι η ισχύ σήματος, και το σ^2 είναι η ισχύ θορύβου ανά κεραία, και όπως πριν, M είναι ο αριθμός των κεραιών.

Παίρνοντας τον \log_{10} και των δύο πλευρών, λαμβάνουμε ένα (M) κέρδος $10\log_{10}$ σε αναλογία σήματος προς θόρυβο. Με 10 κεραιές και υπό τις χαρακτηριστικές συνθήκες διάδοσης, αυτό οδηγεί σε έναν διπλασιασμό ακτίνας και σε έναν τετραπλασιασμό στην κάλυψη. Φυσικά, αυτή η αύξηση στην ακτίνα μπορεί να ανταλλαχτεί με παραμέτρους άλλων συστημάτων όπως την απαιτούμενη μεταδιδόμενη ισχύ εξόδου του τερματικού χρήστη.

Επιλεκτικό κέρδος κάτω ζεύξης: $20\log_{10}(M)$

Ένας υπολογισμός παρόμοιος με παραπάνω μπορεί να εκτελεσθεί στην κάτω ζεύξη. Στην περίπτωση κάτω ζεύξης, M αντίγραφα του ίδιου σήματος, s , διαβιβάζονται, ένα ανά κεραία. Υποθέτοντας ότι τα σήματα φθάνουν με την ίδια ισχύ, μια κατάλληλη χρήση των παραγόντων στάθμισης μετάδοσης θα οδηγήσει στην πρόσθεση των σημάτων με συνοχή στη τηλεφωνική συσκευή: **Λαμβανόμενο σήμα κάτω ζεύξης στην τηλεφωνική συσκευή** $= s + s + \dots + s$. Σε αυτήν την περίπτωση, ο θόρυβος στο δέκτη στην τηλεφωνική συσκευή είναι ανεξάρτητος από τη στάθμη των κεραιών που χρησιμοποιείται στην μετάδοση στους σταθμούς βάσης. Έτσι η πολλαπλή κεραία και το SNR στη μοναδική κεραία μπορούν να συγκριθούν ως εξής: **Πολλαπλή κεραία κάτω ζεύξης** $SNR = (Ms)^2 / \sigma^2 = M^2s^2 / \sigma^2 = M^2$ (**Μοναδική κεραία κάτω ζεύξης SNR**).

Σε αντίθεση με το κέρδος άνω ζεύξης $10\log_{10}(M)$, το κέρδος κάτω ζεύξης, είναι $10\log_{10}(M^2) = 20\log_{10}(M)$. (Ο πρόσθετος παράγοντας του M συγκρινόμενος με την άνω ζεύξη δεν πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερος δεδομένου ότι έχουμε υποθέσει M χρόνους με περισσότερη συνολική ακτινοβολούσα ισχύ στην περίπτωση πολλαπλών-κεραιών). Παραδείγματος χάριν, οι ενισχυτές σταθμών βάσης αποδίδουν έτσι όπως μια μοναδική κεραία με ισχύ εξόδου 100W. Αυτό το επίπεδο αποτελεσματικής ισχύος εξόδου συχνά μετατρέπεται σε έναν ισορροπημένο υπολογισμό σύνδεσης.

Στην πραγματικότητα, οι ραδιοσταθμοί βάσης είναι συχνά ευρείας ζώνης σε ένα σύστημα τεχνολογίας IntelliCell προκειμένου να υποστηριχθεί η μεγάλη χωρητικότητα συστήματος. Τέτοιοι ραδιοσταθμοί ευρείας ζώνης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην τιμή ισχύος εξόδου, και το κέρδος $20\log_{10}(M)$ μετριάζει τις απαιτήσεις της ισχύος εξόδου για αυτούς τους ραδιοσταθμούς.

Στην άνω ζεύξη ο σταθμός βάσης μπορεί να υιοθετήσει οποιαδήποτε τεχνική όπως τη χρησιμοποίηση των ακολουθιών κατάρτισης για να λάβει την άνω ζεύξη. Στην κάτω ζεύξη, εντούτοις, οι μέθοδοι εξαρτώνται ιδιαίτερα από τον τύπο συστήματος επικοινωνιών που χρησιμοποιείται. Τα συστήματα TDD έχουν μια αμοιβαία κυριότητα δεδομένου ότι η κάτω ζεύξη είναι λίγο πολύ ανάλογη με την άνω ζεύξη. Στα συστήματα FDD, η σχέση μεταξύ άνω

και κάτω ζεύξης δεν είναι τόσο απλή, και μια σύνθετη μη γραμμική χαρτογράφηση μεταξύ των δύο, μαζί με άλλες τεχνικές βασισμένες στην κατεύθυνση της άφιξης ή της ανάδρασης από τη συσκευή τηλεφώνου, είναι συχνά απαραίτητη.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα προκύπτει επειδή τα σήματα που λαμβάνονται και που μεταδίδονται από το σταθμό βάσης ρέουν σε διαφορετικά ηλεκτρονικά στοιχεία κυκλώματος. Στην απλούστερη περίπτωση, αυτό προκαλεί έναν απλό μετασχηματισμό στα χωρικά διανύσματα, και στη χειρότερη περίπτωση, έναν γραμμικό ή ακόμα και μη γραμμικό μετασχηματισμό στα διανύσματα.

Η διόρθωση για αυτήν την επίδραση είναι γνωστή ως "βαθμονόμηση," και οι τεχνικές για τη βαθμονόμηση είναι σημαντικά στοιχεία των τεχνικών στην τεχνολογία IntelliCell.

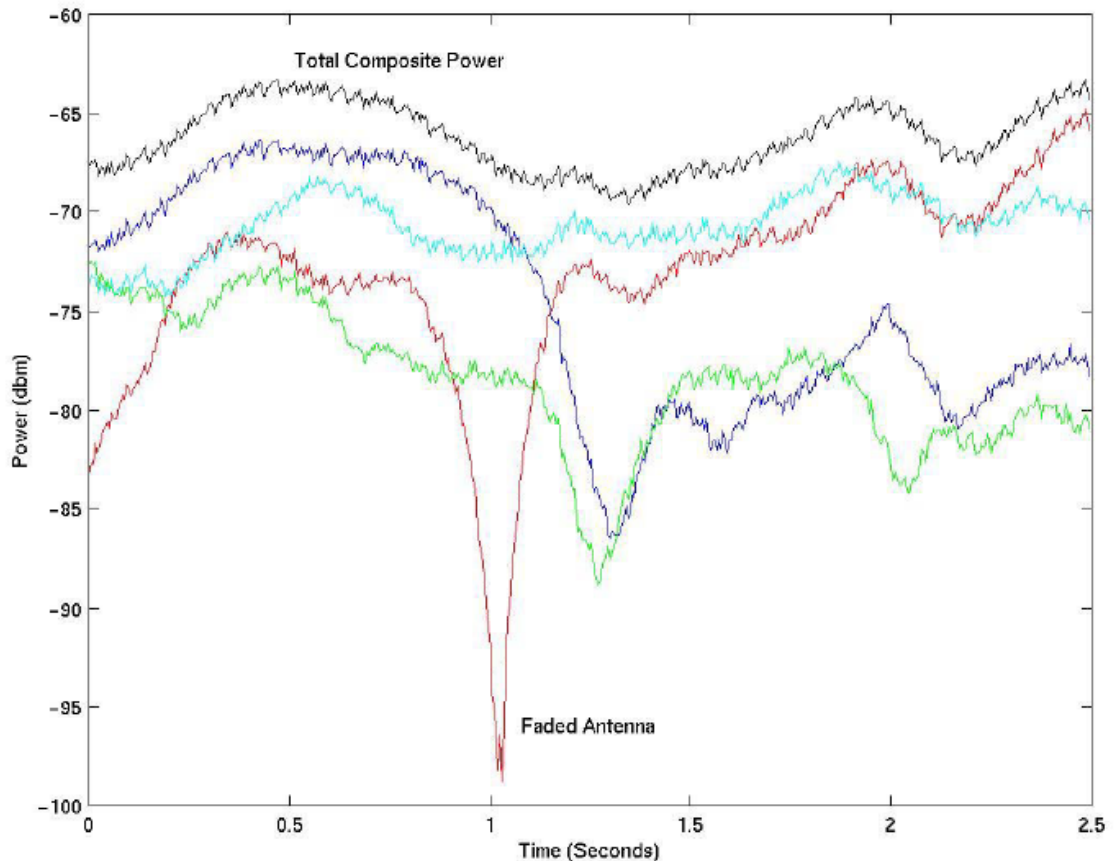
Επιλεκτικό κέρδος άνω και κάτω ζεύξης: Ποικιλομορφία Όλα τα ασύρματα συστήματα υφίστανται κάποιο βαθμό "εξασθένησης," που είναι αναπόφευκτη συνέπεια των αντανάκλασεων με τις σύντομες χρονικές καθυστερήσεις που δημιουργικά και καταστροφικά παρεμβαίνουν στη λαμβάνουσα κεραία. Δεδομένου ότι το περιβάλλον είναι δυναμικό, οι ίδιες εξασθενήσεις διαφέρουν στο χρόνο. Η συνέπεια για τους σχεδιαστές ασύρματων συστημάτων είναι ότι η διεπαφή αέρα πρέπει να είναι γερή στις ξαφνικές διακοπές λειτουργίας (παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιώντας διαστρωμάτωση συμβόλων), και τα περιθώρια ενάντια στην εξασθένηση πρέπει να εισαχθούν στους υπολογισμούς σύνδεσης και τον προγραμματισμό κυττάρων, που μειώνουν την κάλυψη.

Στον παραπάνω υπολογισμό, το ένα απλουστευμένο βήμα επρόκειτο να περιορίσει τη συζήτηση στη μη-εξασθενημένη περίπτωση. Παραδείγματος χάριν, όλα τα λαμβανόμενα επίπεδα ισχύος σήματος μεταξύ των κεραιών στην άνω ζεύξη θεωρήθηκαν ότι ήταν ίσα. Στην πραγματικότητα, τα σήματα κατά μήκος της στοιχειοκεραίας θα εξασθενίσουν ακριβώς όπως σε ένα συμβατικό σύστημα μοναδικής κεραίας.

Αυτή η εξασθένηση μετριάζεται ουσιαστικά, στην περίπτωση πολλαπλών κεραιών. Όταν μια κεραία εξασθενεί στην στοιχειοκεραία, οι πιθανότητες είναι οι άλλες να μην εξασθενήσουν. Η έξοδος της στοιχειοκεραίας είναι, επομένως, πολύ ομαλότερη κατά τη διάρκεια του χρόνου. Κατά συνέπεια, υπάρχει μια μείωση του αναγκαίου ορίου ενάντια στην εξασθένηση, η οποία αναφέρεται συχνά ως "κέρδος ποικιλομορφίας."

Ο υπολογισμός αυτού του κέρδους εξαρτάται από τη στοχοθετημένη πιθανότητα διακοπής λειτουργίας, τη διαδικασία εξασθένησης και τον αριθμό κεραιών. Ο μέσος όρος που παρέχεται από τη στοιχειοκεραία παράγει μειώσεις στο ισοδύναμο όριο των 13-17 dB.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε αυτό το κέρδος ποικιλομορφίας προστίθεται το τυποποιημένο κέρδος $10\log_{10}(m)$: Και το συμβατικό σύστημα μοναδικής κεραίας και το σύστημα πολλαπλής κεραίας απαιτούν ένα όριο εξασθένησης. Αλλά το σύστημα πολλαπλής κεραίας απαιτεί ένα πολύ χαμηλότερο περιθώριο.



Σχήμα 2.5:

Σήματα κατά μήκος μια στοιχειοκεραίας 4 κεραιών. Μια κεραία υφίσταται μεγάλη εξασθένηση ενώ οι άλλες κεραιές δείχνουν μικρές διαφοροποιήσεις. Παρόλο που οι ανεξάρτητες κεραιές εξασθενούν, το συνολικό σύνθετο σήμα είναι πολύ πιο σταθερό.

Το σχήμα 2.5 παρουσιάζει πραγματικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από μια στοιχειοκεραία 4-κεραιών σε ένα προαστιακό περιβάλλον. Ο οριζόντιος άξονας δείχνει μία παύση 2,5 δευτερολέπτων, ενώ ο κάθετος άξονας δείχνει το επίπεδο ισχύος. Κάθε μια από τις χαμηλότερες καμπύλες παρουσιάζει επίπεδα ισχύος για κάθε κεραία, αντίστοιχα, ενώ η ανώτερη καμπύλη δείχνει τη σύνθετη ισχύ. Η σύνθετη ισχύ είναι απλά το επίπεδο ισχύος που λαμβάνεται μετά την εφαρμογή κατάλληλων βαρών μέσω της επεξεργασίας της τεχνολογίας IntelliCell. Οι μεμονωμένες κεραιές στη στοιχειοκεραία εξασθενούν ανεξάρτητα. Όπως παρουσιάζεται, η συνολική σύνθετη ισχύ είναι πολύ σταθερότερη. Ένα συμβατικό σύστημα μοναδικής κεραιάς θα χρειαζόταν τις παροχές και τα όρια ενάντια στις βαθύτερες εξασθενίσεις που παρουσιάζονται από μια μοναδική κεραία, ενώ ένα σύστημα με την τεχνολογία IntelliCell απαιτεί ένα πολύ μικρότερο περιθώριο.

Είναι ενδιαφέρον ότι η βιομηχανία αγνοεί τέτοια όρια εξασθένησης στους δημοσιευμένους υπολογισμούς σύνδεσης όπως αυτούς για CDMA και το GSM. Εντούτοις, η εξασθένηση έχει επίδραση που πρέπει να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό πραγματικών

κυψελωτών συστημάτων. Μια απόδειξη σε αυτό είναι ότι τα περισσότερα κυψελωτά συστήματα υιοθετούν δύο λαμβανόμενες κεραιές ποικιλομορφίας στην άνω ζεύξη στο σταθμό βάσης. (Μαζί με μια ενιαία κεραιά κάτω ζεύξης, αυτό παρέχει τη χαρακτηριστική διαμόρφωση 3-κεραιών ανά τομέα που σήμερα είναι η πιο συνηθισμένη.)

ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ

Ο μετριασμός παρεμβολής άνω και κάτω ζεύξης που παρέχεται από την επεξεργασία της τεχνολογίας IntelliCell είναι ίσως ο πιο αξιοπρόσεκτος των πλεονεκτημάτων του συστήματος. Στις πρακτικές εφαρμογές, η παρεμβολή άνω ζεύξης μπορεί να κατασταλεί μεταξύ 30 έως 50dB. (Το απλό μαθηματικό παράδειγμα που παρουσιάστηκε παραπάνω παρουσίασε άπειρη καταστολή επειδή το σήμα του χρήστη Β αποτράπηκε πλήρως από τα βάρη που εφαρμόστηκαν για να παραγάγουν το σήμα του χρήστη Α, και το αντίθετο.)

Στην κατεύθυνση κάτω ζεύξης, τα πρακτικά ζητήματα συχνά σημαίνουν ότι η δυνατότητα "να αχρηστεύσει" ή να μετριάσει τη μεταδιδόμενη παρεμβολή είναι μικρότερη από αυτή που μπορεί να επιτευχθεί στην άνω ζεύξη. Όπως πριν, η απόδοση στην κατεύθυνση κάτω ζεύξης εξαρτάται από το ιδιαίτερο σύστημα επικοινωνιών. Σε ένα σύστημα TDD, τα πρακτικά ζητήματα περιορίζουν την απόδοση εκμηδένισης μεταξύ 30 και 40dB.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μέσα στην πλήρως προσαρμοστική προσέγγιση της τεχνολογίας IntelliCell, η καταστολή και ο μετριασμός της στάθμησης καθώς και της λήψης και της εκπομπής παρεμβολής εκτελούνται συνέχεια και δυναμικά σε πολύ σύντομα χρονικά πλαίσια.. Το ράδιο-περιβάλλον ποικίλλει στο χρόνο στην κλίμακα των δεκάδων των χιλιοστών του δευτερολέπτου. Το ίδιο το περιβάλλον δικτύου και υπηρεσιών ποικίλλει στο χρόνο με παρεμβολές που εμφανίζονται και στην περιοχή των κυττάρων και έξω από αυτήν (εμφανίζονται και που εξαφανίζονται με κυμαινόμενα επίπεδα ισχύος). Η μηδενική τοποθέτηση είναι τόσο ακριβής που οποιαδήποτε μικρή παραλλαγή στο τμήμα των παρεμβολών μπορεί να οδηγήσει στην μείωση των 30 με 40dB σε 10dB, μειώνοντας ουσιαστικά την απόδοση δικτύου.

ΥΨΗΛΟΤΕΡΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η μείωση της παρεμβολής λόγω της τεχνολογίας IntelliCell επιτρέπει μια αύξηση είτε στον αριθμό συνδρομητών που χρησιμοποιούν το φάσμα είτε στη γενική ποιότητα σήματος, η οποία επιτρέπει την υψηλότερη ρυθμοαπόδοση στοιχείων. Το αποτέλεσμα της μείωσης στην παρεμβολή του εύρους δικτύου είναι, σε καθεμία περίπτωση, μια αύξηση στη φασματική αποδοτικότητα. Όπως παρουσιάστηκε πριν, η φασματική αποδοτικότητα των υαρχόντων συστημάτων δεν είναι δύσκολη και μπορεί να υπολογιστεί από τα καλά τεκμηριωμένα χαρακτηριστικά απόδοσής. Αυτές οι τιμές παράγουν χαρακτηριστικά τη φασματική αποδοτικότητες 0,1 bits/sec/Hz/cell.

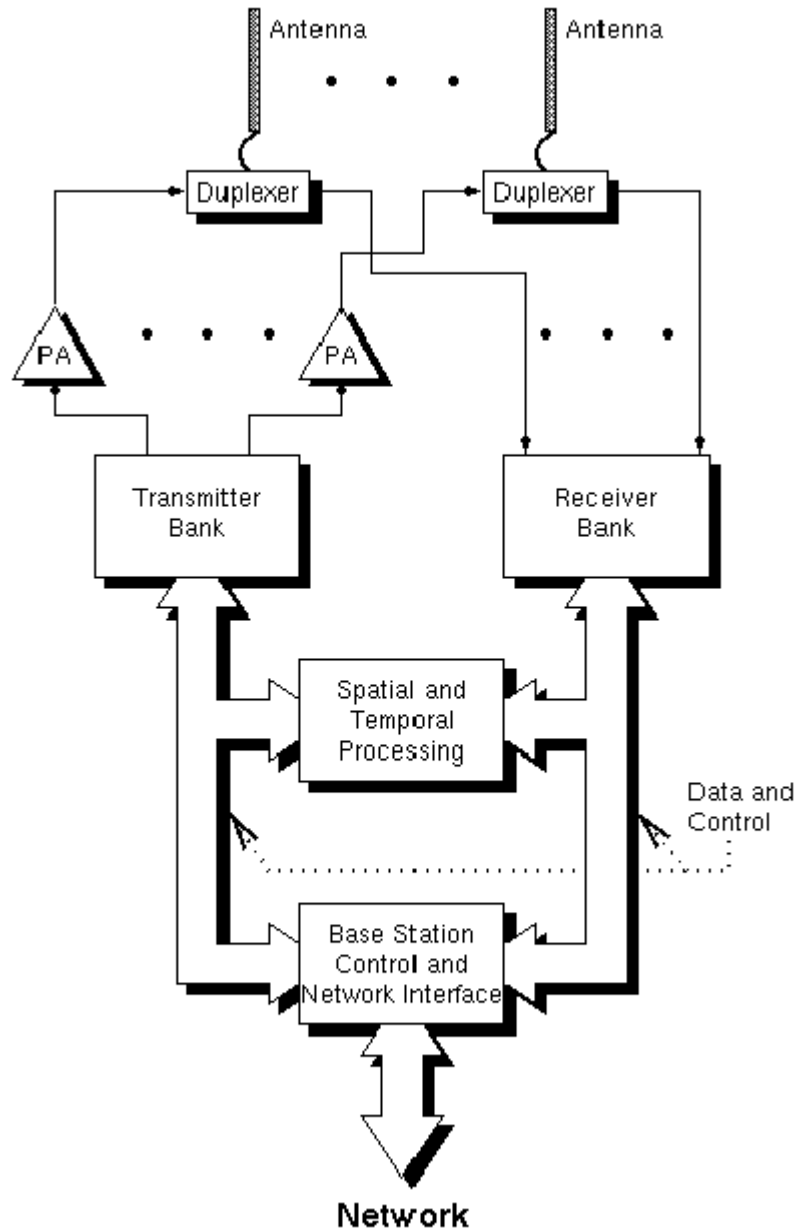
Οι πλήρως προσαρμοστικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία IntelliCell πέτυχαν τους παράγοντες της βελτίωσης 20X στην πραγματική απόδοση τομέων. Επιπλέον, μια προσέγγιση από την ArrayComm's i-BURST^{AT}, που σχεδιάζει και βελτιστοποιεί μια διεπαφή αέρα από το κατώτατο σημείο μέχρι την τεχνολογία IntelliCell, μπορεί να επιτύχει φασματική αποδοτικότητα 4 bits/sec/Hz/cell, ή συμβατική απόδοση των 40X.

Ενώ οι λεπτομέρειες αυτών των αριθμών απόδοσης περιπλέκονται, ένας απλός υπολογισμός δικαιολογεί αυτήν την αύξηση απόδοσης του μεγέθους. Τα τρέχοντα, εμπορικά διαθέσιμα συστήματα ευφών κεραιών βασισμένα στις διεπαφές αέρα TDD / TDMA είναι σε θέση να επιτύχουν μια επαναχρησιμοποίηση τριών εσωτερικών ενδοκυττάρων. Σε αυτά τα συστήματα SDMA (χωρική διαίρεση πολλαπλής πρόσβασης), ο ίδιος συμβατικός πόρος (σε αυτήν την περίπτωση, μια χρονοθυρίδα με το ίδιο φέρον) χρησιμοποιείται πολλές φορές στον ίδιο τομέα ή το κύτταρο. Τα σημερινά συμβατικά συστήματα TDMA όπως το GSM λειτουργούν με επαναχρησιμοποίηση των 7-δηλ., η ίδια χρονοθυρίδα και ο συνδυασμός συχνότητας χρησιμοποιούνται σε κάθε 7ο κύτταρο. Το κέρδος απόδοσης είναι, επομένως, 3 διαιρούμενο με το 1/7.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ INTELLICELL

Τα συστήματα της τεχνολογίας IntelliCell υιοθετούν μια ιδιαίτερα ολοκληρωμένη προσέγγιση στο σχεδιασμό σταθμού βάσης, με την αρχιτεκτονική ευφών κεραιών να ενσωματώνεται εξ αρχής. Το σχήμα 2.6 παρουσιάζει το μπλοκ διάγραμμα μιας τέτοιας αρχιτεκτονικής.

Τα συστήματα της τεχνολογίας IntelliCell χρησιμοποιούν τις συνηθισμένες, κεραιές. Τα λαμβανόμενα ραδιοσήματα ψηφιοποιούνται και συσσωρεύονται από τους δέκτες. Έπειτα αυτά τα λαμβανόμενα στοιχεία συσκευάζονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία στο χωροχρονικό μπλοκ επεξεργασίας. Αυτό το μπλοκ είναι η καρδιά του συστήματος της τεχνολογίας IntelliCell και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά τη χρήση επεξεργαστών υψηλής απόδοσης ψηφιακών σημάτων και ASICs. Επίσης εξάγει και αποδιαμορφώνει τα διάφορα σήματα ενδιαφέροντος και συσκευάζει κατάλληλα τα αποτελέσματα για τη μεταφορά τους μέσω της διεπαφής δικτύων. Συγχρόνως, τα δεδομένα λαμβάνονται από το δίκτυο που δεσμεύεται για τους συνδρομητές. Το μπλοκ χωροχρονικής επεξεργασίας επικοινωνεί με το δέκτη για να δείξει πώς τα δεδομένα πρόκειται να σταθμιστούν σε διαφορετικές κεραιές. Οι διαδικασίες στο δέκτη αποτελούνται από πολλές, αν και απλές, διαδικασίες πολλαπλασιασμού. Τέλος, τα διαμορφωμένα δεδομένα δρομολογούνται μέσω των ενισχυτών ισχύος (PAs), ένας για κάθε κεραία, και εκπέμπονται κατά μήκος της στοιχειοκεραίας.



Σχήμα 2.6: Χαρακτηριστική αρχιτεκτονική σταθμού βάσης της τεχνολογίας IntelliCell

Συμπέρασμα: Η τεχνολογία IntelliCell χρησιμοποιεί τις περίπλοκες τεχνικές επεξεργασίας σήματος σε συνδυασμό με τις μικρές στοιχειοκεραίες τυποποιημένων κεραιών έτσι ώστε να χειριστεί τα σήματα στο σταθμό βάσης και δυναμικά να ελέγξει τη μετάδοση και την λήψη. Τα συμβατικά ραδιοσυστήματα μεταδίδουν ραδιοφωνικά αδιακρίτως την ενέργεια, που δημιουργεί την παρεμβολή σε άλλους χρήστες. Χρησιμοποιώντας την επεξεργασία της τεχνολογίας IntelliCell, οι σταθμοί βάσης βελτιστοποιούν τη ραδιομετάδοση και τη λήψη ενισχύοντας επιλεκτικά τα σήματα προς/ από τους ενδιαφερόμενους χρήστες και απορρίπτοντας τα ανεπιθύμητα σήματα. Αυτό αυξάνει αισθητά την ποιότητα σήματος

καταστέλλει και μετριάξει την παρεμβολή στα ραδιοκάναλια άνω και κάτω ζεύξης, με συνέπεια την αυξανόμενη κάλυψη και τη φασματική αποδοτικότητα.

Οι συμβατικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την κάλυψη και τη φασματική αποδοτικότητα χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 20 ετών και τα κέρδη τους ήταν μικρά. Παρά αυτές τις προσπάθειες, η φασματική αποδοτικότητα των εμπορικών διεπαφών αέρα είναι χαρακτηριστικά μόνο 0.1-0.2 bits/sec/Hz/cell, ανεξάρτητα από τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες. Αυτή η απόδοση είναι οικονομικά ελλιπής στο τι χρειάζεται να μεταδοθεί στις ασύρματες υπηρεσίες δεδομένων ευρείας περιοχής. Η τεχνολογία IntelliCell προσφέρει λύση με φασματικές αποδοτικότητες μέχρι 4 bits/sec/Hz, ή 40 φορές εκείνες των συμβατικών συστημάτων.

Τέλος, αν και αυτή η τεχνολογία IntelliCell βρίσκει εφαρμογή στους σταθμούς βάσης, ισχύει εξίσου στις τηλεφωνικές συσκευές και τις μονάδες συνδρομητών. Μια ιδέα ευφυούς κεραίας για την ενίσχυση της χωρητικότητας.

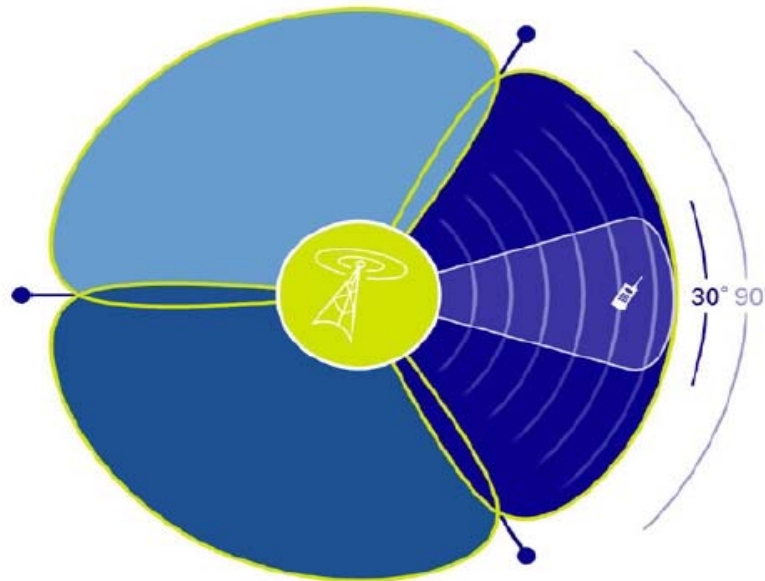
2.6 ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΥΦΥΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ

Η σύνθεση ευφών ακτινών είναι ο υπολογισμός και η διαμόρφωση του σταθμού βάσης που διαβιβάζει ή /και λαμβάνει τις ακτίνες για μεμονωμένους συνδρομητές. Αυτή η τεχνολογία παρέχει τη βελτίωση χωρητικότητας στα ασύρματα δίκτυα μέσω περισσότερο οικονομικής χρήσης της μεταδιδόμενης ισχύος. Οι σύνθετες ακτίνες ρυθμίζονται κατά τη διάρκεια του χρόνου βασισμένες σε μια εκτίμηση της κάθε θέσης του κινητού, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επίσης υπολογίζουν τις πολλαπλές διαδρομές. Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένης ανεξάρτητης δέσμης ακτίνας που είναι σχεδιασμένη να είναι αποδοτικότερη από την τυποποιημένη sector-wide δέσμη ακτίνας, η τεχνολογία σύνθεσης ευφυούς δέσμης ακτίνας παράγει μια σημαντική αύξηση στην χωρητικότητα του συστήματος.

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ

Τα περισσότερα ασύρματα δίκτυα στις περιοχές υψηλής χωρητικότητας είναι περιορισμένης παρεμβολής. Βασικά, κάθε νέα κλήση εισάγει παρεμβολή στο σύστημα. Αυτό το φαινόμενο συνεχίζεται έως ότου έχει φθάσει το σύστημα στο μέγιστο επιτρεπόμενο επίπεδο θορύβου, και μετά καμία αυξανόμενη κλήση δεν μπορεί να προστεθεί. Περισσότεροι χρήστες θα μπορούσαν να προστεθούν, εάν κάθε ένας συνέβαλε λιγότερο στην παρεμβολή. Η τεχνολογία ευφυούς σύνθεσης δέσμης ακτινών επηρεάζει τη μείωση της παρεμβολής ανά χρήστη, και επιπλέον βελτιώνει σημαντικά την χωρητικότητα των δικτύων.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Σχήμα 2.7 Λειτουργία τεχνολογίας σύνθεσης ακτίνων.

Έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι που υπολογίζουν τις αποδοτικότερες ακτίνες κυκλοφορίας (ή τις ακτίνες που δημιουργούν την ελάχιστη παρεμβολή). Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που καθορίζονται για τις τυποποιημένες προδιαγραφές διεπαφής αέρα, οι κατοχυρωμένοι αλγόριθμοι καθορίζουν και τη θέση συνδρομητών και το βέλτιστο πλάτος ακτίνων, διατηρώντας ή βελτιώνοντας την ποιότητα των δικτύων. Όσο πιο στενή είναι η σχηματισμένη δέσμη της διαμορφωμένης ακτίνας, τόσο λιγότερη ισχύ TX απαιτείται. Συγχρόνως αυξάνεται η χωρητικότητα. Παραδείγματος χάριν, εάν το έξυπνο σύστημα ακτίνων, κατά μέσον όρο, διαμορφώνει 30° ακτίνες έναντι των 90° ακτίνων ενός τυποποιημένου συστήματος, το κέρδος χωρητικότητας θα είναι κατά προσέγγιση 200% (ή τριπλασιασμός της χωρητικότητας).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ

Ο καθορισμός των κατάλληλων συντελεστών για να διαμορφωθεί η καλύτερη ακτίνα είναι μια σύνθετη διαδικασία, που απαιτεί αυστηρούς υπολογισμούς. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποιούνται για να απλοποιήσουν αυτούς τους υπολογισμούς, έτσι ώστε η επεξεργασία της ισχύος που απαιτείται μπορεί να υποστηριχθεί εύκολα μέσα σε έναν χαρακτηριστικό σταθμό βάσης.

Επειδή μια ανεξάρτητη δέσμη ακτίνας σχηματίζεται για κάθε κινητό, ο σταθμός βάσης πρέπει να τροποποιηθεί για να υποστηρίξει τη διαμόρφωση ακτίνων στο επίπεδο συσκευής ASIC. Η διαδικασία λογισμικού ευφυούς σύνθεσης ακτίνων μπορεί να περιληφθεί μέσα στο κανάλι της κάρτας της συσκευής, χωρίς να προσθέτει κάποιο κόστος στο σύστημα. Όπως αναφέρεται παραπάνω, η σύνθεση ακτίνων απαιτεί επιπρόσθετα στοιχεία κεραίας (πρόσθετες πορείες RF) προκειμένου να δημιουργήσει την πιο αποδοτική δέσμη ακτίνας.

Εντούτοις, αυτό το προστιθέμενο κόστος συστημάτων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις λιγότερο από το κόστος εξοπλισμού ενός τυποποιημένου σταθμού βάσης που χρειάζεται για να υποστηρίξει το ίδιο επίπεδο χωρητικότητας. Ακόμα και αν το φάσμα περιορίζεται, η λύση της ευφυούς δέσμης είναι πιο οικονομική από το νέο φάσμα αγοράς ή την απόκτηση νέων κυτταρικών περιοχών.

ΟΦΕΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ

ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

Το προφανέστερο όφελος αυτής της τεχνολογίας είναι το κέρδος χωρητικότητας. Ένα σύστημα ευφυούς δέσμης ακτίνων με μια κεραία αποτελούμενη από τέσσερις κεραίες ανά τομέα θα παράγει 2,5 έως 3 φορές περισσότερη χωρητικότητα από ένα τυποποιημένο σύστημα ποικιλομορφίας δύο-κλάδων.

ΓΡΗΓΟΡΟΤΕΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Όχι μόνο η σύνθεση ευφυής δέσμης ακτίνας δημιουργεί κέρδη χωρητικότητας, αλλά η τεχνολογία μπορεί επίσης να υποστηρίξει τις υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων. Ένα σύστημα σχηματισμού διαμορφωμένης δέσμης που υποστηρίζει τρεις φορές περισσότερους χρήστες μπορεί κατά μέσον όρο να παρέχει τρεις φορές γρηγορότερες υπηρεσίες δεδομένων. Εκτός από τη βελτίωση της μέσης ταχύτητας δεδομένων, αυτή η τεχνολογία επιτρέπει να υποστηρίζονται υψηλότεροι ρυθμοί πάνω σε μια μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης. Επομένως, η ποιότητα της υπηρεσίας δεδομένων μπορεί να εξασφαλιστεί πέρα από μια εκτεταμένη εμβέλεια.

ΕΥΕΛΙΞΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Αντίθετα από άλλες λύσεις χωρητικότητας όπως τα προστιθέμενα φέροντα, η ευφυής σύνθεση δέσμης ακτίνας, μπορεί να στοχεύσει σε ανεξάρτητα σημεία. Ένας ή περισσότεροι σταθμοί βάσης ευφυούς ακτίνας μπορεί να επεκταθούν παράλληλα με τους τυποποιημένους σταθμούς βάσης. Αυτό συμβαίνει επειδή το σύστημα δεν τροποποιεί υπερυψωμένα κανάλια. Έτσι οι πειραματικές ακτίνες λειτουργούν όπως είναι τυποποιημένες. Επομένως, η διαδικασία μεταγωγής μεταξύ του σταθμού βάσης ευφυούς δέσμης ακτίνας και του τυποποιημένου σταθμού βάσης αντιμετωπίζεται.

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ

Ο καθορισμός της καλύτερης ακτίνας για κάθε κινητό απαιτεί ότι το σύστημα κάνει μια εκτίμηση της θέσης του συνδρομητή. Αυτή η διαθέσιμη πληροφορία θέσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λόγους βελτιστοποίησης δικτύων. Παραδείγματος χάριν, οι χειριστές

μπορούν να καλέσουν μία λίστα των μη πραγματοποιημένων κλήσεων, και έτσι καθορίζουν την τελευταία γνωστή θέση συνδρομητή. Επιπλέον, οι πληροφορίες θέσης είναι διαθέσιμες σε έναν ενιαίο σταθμό βάσης. Τέλος, αυτές οι πληροφορίες θέσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις υπηρεσίες θέσης προστιθέμενης αξίας.

ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Οι τεχνικές σύνθεσης ευφυούς δέσμης ακτίνας μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοσδήποτε από τις τυποποιημένες διεπαφές αέρα, συμπεριλαμβανομένου IS95, 1X-RTT, 1XEV- DO& DV, GSM, και W-CDMA. Επιπλέον, η εφαρμογή δεν απαιτεί οποιοσδήποτε αλλαγές στα κινητά. Επομένως, μόλις επεκταθεί ο σταθμός βάσης που υποστηρίζει την τεχνολογία, πραγματοποιείται το άμεσο όφελος χωρητικότητας.

ΠΗΓΕΣ

- IntelliCell[®] : A Fully Adaptive Approach to Smart Antennas - ArrayComm, Incorporated
- Smart Beam Synthesis Technology for New Base Station Design - www.metawave.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ-ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΓΙΑ ΕΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΙΚΤΥΑ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ CDMA 2000

Η τεχνολογία των ευφών ή προσαρμοστικών κεραιών για κινητές επικοινωνίες έχει αποκτήσει τεράστιο ενδιαφέρον παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια. Ένας ευρύς ορισμός των ευφών κεραιών, ονομάζεται ένας σταθμός βάσης κεραιών με ένα σχέδιο που δεν είναι σταθερό, αλλά προσαρμόζεται στις τρέχουσες ραδιοσυνθήκες. Παρακάτω εισάγονται διαφορετικά επίπεδα νοημοσύνης, που εναλλάσσονται ανάμεσα σε προκαθορισμένες δέσμες στο καλύτερο δυνατό σχηματισμό ακτίνας.

Ο κύριος λόγος για την εισαγωγή των ευφών κεραιών είναι η πιθανότητα για μια μεγάλη αύξηση της χωρητικότητας. Έχει αναφερθεί μία αύξηση τρεις φορές για τα συστήματα TDMA και πέντε φορές για τα συστήματα CDMA. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν αυξημένο εύρος και την δυνατότητα να εισαχθούν νέες υπηρεσίες. Μεγάλα μειονεκτήματα και παράγοντες κόστους περιλαμβάνουν την αυξημένη πολυπλοκότητα του αναμεταδότη και την ακόμα πιο πολύπλοκη διαχείριση της ραδιοπηγής.

Πρώτα ερευνούνται οι γενικές αρχές για τον σχηματισμό ακτίνας χρησιμοποιώντας στοιχειοκεραίες, μετά παρουσιάζονται οι ειδικές περιπτώσεις των διαφορετικών εφαρμογών των ευφών κεραιών. Ακόμα αντιμετωπίζεται η πρωταρχική διαφορά μεταξύ απόδοσης σχηματισμού ακτίνας στην άνω ζεύξη (δέκτης ο σταθμός βάσης) και στη κάτω ζεύξη (μετάδοση από τον σταθμό βάσης). Ειδική προσοχή δίνεται στους κρίσιμους παράγοντες και στις τεχνολογικές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένου της επίτευξης ίσης απόδοσης στην άνω και στην κάτω ζεύξη καθώς και στη πραγματική απόδοση μέτρησης των καναλιών του δέκτη και του εκπομπού. Το φθινόπωρο του 1988 η Ericsson σε συνεργασία με το Mannesmann Mobilfunk στην Γερμανία έγιναν οι πρώτοι που επέτρεψαν εμπορική κίνηση μέσω ενός σταθμού βάσης. (Αναπτύσσοντας ευφείς κεραιές.)

Έχει προβλεφθεί ότι στο μέλλον θα υπάρξει μια μεγάλη αύξηση στην κυκλοφορία των κινητών και προσωπικών συστημάτων επικοινωνίας. Αυτό οφείλεται και στον αυξημένο αριθμό χρηστών αλλά και στην εισαγωγή των νέων υπηρεσιών υψηλού βαθμού μετάδοσης πληροφορίας bit. Αυτή η τάση παρατηρείται για συστήματα δεύτερης γενιάς και σχεδόν σίγουρα θα συνεχιστεί και για τα συστήματα τρίτης γενιάς που θα εισαχθούν παγκοσμίως μέσα σε λίγα χρόνια. Η αύξηση στην κυκλοφορία θα απαιτήσει και από τους κατασκευαστές και από τους χειριστές να παρέχουν αρκετή χωρητικότητα στα δίκτυα. Προς το παρόν μία από τις υποσχόμενες τεχνικές για την αύξηση της χωρητικότητας στα κυψελωτά συστήματα είναι οι ευφείς ή προσαρμοστικές κεραιές.

Αν και είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν αυτές οι τεχνικές π.χ. στα δορυφορικά συστήματα και στα ασύρματα τοπικά δίκτυα υψηλής συχνότητας, περιορίζονται στα κυψελωτά συστήματα με διαβάθμιση συχνότητας 1-2GHz. Σ' αυτές τις συχνότητες είναι δύσκολο να εισαχθούν οι ευφυείς κεραιές στους κινητούς σταθμούς εξαιτίας του περιορισμένου μεγέθους του τερματικού σε σχέση με τα μήκη κύματος.

Η πρόοδος στις νέες κινητές εφαρμογές που συνδέονται με την πολυπλοκότητα των συστημάτων ραδιοεπικοινωνίας έχουν προετοιμάσει το έδαφος για τους νέους προσαρμοστικούς αλγορίθμους που εφαρμόζονται στο δέκτη και στον πομπό στα συστήματα επικοινωνιών. Μια από τις δημοφιλέστερες χωροχρονικές τεχνικές εξουδετέρωσης της παρεμβολής πραγματοποιείται με την εφαρμογή των ευφών κεραιών.

Στις επικρατέστερες επικοινωνιακές διαμορφώσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1, τα δίκτυα είναι ετερογενή. Αυτό υποδεικνύει ότι η ευφυή κεραιά έχει την ικανότητα να λειτουργήσει όχι μόνο με Παγκόσμια πρότυπα Κινητών Συστημάτων Τηλεπικοινωνιών (UMTS) αλλά και με άλλα πολλαπλά ράδιο-πρότυπα στα κινητά δίκτυα τρίτης-γενιάς. Για να έχουμε καλύτερο βαθμό υπηρεσίας και εξυπηρέτηση μεγαλύτερου αριθμού χρηστών απαιτείται σύμπραξη μεταξύ συστημάτων πολλαπλής πρόσβασης και χωρικής τεχνολογίας φιλτραρίσματος. Η εξασθένηση αντίστασης της μορφής ακτινοβολίας απαιτεί καλύτερη κατανόηση στα μοντέλα καναλιών καθώς επίσης και την ανάπτυξη γερών προσαρμοστικών αλγορίθμων.

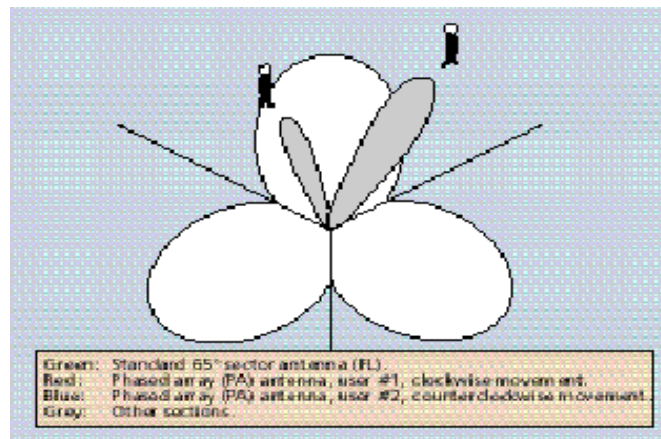
Στο παρακάτω τμήμα, θέτεται το πλαίσιο για την χωροχρονική εξουδετέρωση της παρεμβολής για τα ετερογενή δίκτυα πολυμέσων. Έπειτα αναλύονται οι εξαρτήσεις της χωροχρονικής εξουδετέρωσης της παρεμβολής στη διεπαφή αέρα, ακόμα οι τεχνολογίες πολλαπλής πρόσβασης, η διαμόρφωση διάδοσης, και η σηματοδότηση καναλιών.

3.1 ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Σε ένα κυψελωτό σύστημα η ραδιοεπικοινωνία γίνεται ανάμεσα στον χρήστη και στον σταθμό βάσης, ο οποίος παρέχει ραδιοκάλυψη σε μια συγκεκριμένη περιοχή, που ονομάζεται κυψέλη. Η χωρητικότητα σ' ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να οριστεί σαν το συνολικό ρυθμό bit ανά μονάδα εύρους ζώνης, ανά μονάδα περιοχής ή bits/sec/Hz/m². Επειδή η διαθέσιμη μπάνα συχνότητας είναι περιορισμένη, η χωρητικότητα δίνεται από την πυκνότητα κυψέλης, την συχνότητα επαναχρησιμοποίησης της απόστασης και τον αριθμό των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από κάθε σταθμό βάσης. Τεχνικές για αύξηση χωρητικότητας στα κυψελωτά συστήματα δείχνουν ότι χρησιμοποιώντας μικρότερες κυψέλες, που ονομάζονται μικροκυψέλες και μεταπηδήσεις συχνότητας, διασκορπίζουν την παρεμβολή και κανονίζουν τον ρυθμό εξασθένησης .

ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Οι κεραίες του σταθμού βάσης ήταν μέχρι τώρα ομοιοκατευθυντικές ή τμηματοποιημένες. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί σαν «απώλεια» ισχύος καθώς η περισσότερη από αυτή θα ακτινοβοληθεί σε άλλες κατευθύνσεις και όχι προς τον χρήστη. Επιπλέον η ισχύ που θα ακτινοβοληθεί σε άλλες κατευθύνσεις θα γίνει αντιληπτή ως παρεμβολή από άλλους χρήστες. Η ιδέα των ευφυών κεραιών δεν είναι να χρησιμοποιηθούν τα σχέδια της κεραίας του σταθμού βάσης που δεν είναι σταθερά αλλά να τα προσαρμόσουν στις τρέχουσες ραδιο-συνθήκες. Αυτό μπορεί να είναι η κεραία που κατευθύνει μόνο μία δέσμη προς το μέλος της επικοινωνίας. Η διαφορά ανάμεσα στην ιδέα της σταθερής και ευφυούς κεραίας απεικονίζεται στο σχήμα 3.1. Οι ευφυείς κεραίες θα οδηγήσουν σε μία πιο αποδοτική χρήση της ισχύος και του φάσματος, αυξάνοντας την χρήσιμη δεχόμενη ισχύ καθώς και την μείωση της παρεμβολής.



ΣΧΗΜΑ 3.1 Απεικόνιση της διαφοράς μεταξύ ενός παραδοσιακού σχεδίου ακτινοβολίας σταθμών βάσης και ενός σταθμού βάσης ευφυών κεραιών.

3.2 ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΣ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΣ

Κανονικά οι χρήστες που επικοινωνούν μέσω του ίδιου σταθμού βάσης έχουν διαχωριστεί στην συχνότητα, όπως στη τεχνολογία FDMA (διαίρεση συχνότητας πολλαπλής πρόσβασης), στον χρόνο, όπως στη τεχνολογία TDMA (διαίρεση χρόνου πολλαπλής πρόσβασης) ή στον κώδικα, όπως στη τεχνολογία CDMA (διαίρεση κώδικα πολλαπλής πρόσβασης). Οι ευφυείς κεραίες προσθέτουν ένα καινούριο τρόπο του να διαχωρίζουν χρήστες, δηλαδή κατά διάστημα, μέσω της τεχνολογίας SDMA (διαίρεση διαστήματος πολλαπλής πρόσβασης). Η τεχνολογία SDMA, που σημαίνει ότι χρήστες στην ίδια κυψέλη μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο κανάλι φυσικής επικοινωνίας, είναι ένα σημαντικό βήμα για την επίτευξη μιας αυξανόμενα μεγαλύτερη χρησιμότητα. Το φυσικό κανάλι επικοινωνίας ορίζεται ως ο συνδυασμός συχνότητας φέροντος, χρονοθυρίδων και διασκορπισμού κώδικα.

ΓΙΑΤΙ ΤΩΡΑ;

Τα τελευταία χρόνια οι ευφυείς κεραιές στις κινητές επικοινωνίες απέκτησαν τεράστιο ενδιαφέρον παγκοσμίως. Επομένως, γιατί το ενδιαφέρον εμφανίζεται τώρα και όχι 5 ή 10 χρόνια πριν; Η απάντηση σίγουρα βρίσκεται στο γεγονός ότι για τους περισσότερους χειριστές δεν υπήρχε μεγάλος λόγος για να ανησυχούν για την χωρητικότητα και την αποδοτικότητα του φάσματος. Ακόμα, καθώς θα γίνει εμφανές αργότερα, εάν ο σταθμός βάσης πρόκειται να ανιχνεύσει ένα μεγάλο αριθμό χρηστών ταυτόχρονα το υπολογιστικό κόστος θα είναι μεγάλο. Μόνο πρόσφατα έγιναν διαθέσιμοι επεξεργαστές με επαρκή ισχύ. Εκτός της αυξημένης χωρητικότητας, οι ευφυείς κεραιές εισάγουν και άλλα πλεονεκτήματα στα κυβελωτά δίκτυα συμπεριλαμβανομένου και του αυξημένου εύρους, ενός υψηλότερου επίπεδου ασφάλειας καθώς και της πιθανότητας νέων υπηρεσιών.

3.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Τι εννοούμε με τον όρο «ευφυείς κεραιές»; Η τεχνική των ευφύων κεραιών έχει χρησιμοποιηθεί εδώ και πολλά χρόνια στον ηλεκτρονικό πόλεμο (EWF) ως αντίμετρο στο ηλεκτρονικό μπλοκάρισμα. Παρόμοιες τεχνικές είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου στα ραντάρ των στρατιωτικών συστημάτων. Είναι η αρχή με την οποία μία προσαρμοστική ακτίνα κεραιάς μπορεί να αναγεννηθεί, για παράδειγμα από μηχανικές κατευθυνόμενες κεραιές. Παρ'όλα αυτά, η τεχνολογία σχεδόν αποκλειστικά προτείνεται για κινητά βάσης εδάφους και συστήματα προσωπικών επικοινωνιών στις στοιχειοκεραίες.

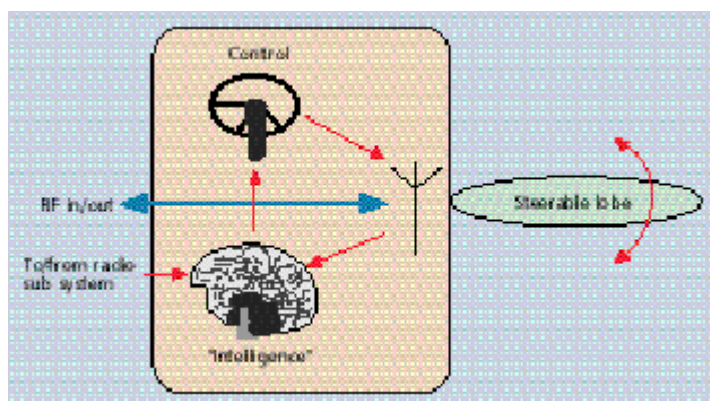
Η κύρια φιλοσοφία είναι ότι οι παρεμβολείς σπάνια έχουν την ίδια γεωγραφική θέση όπως ο χρήστης. Μεγιστοποιώντας το κέρδος της κεραιάς στην επιθυμητή κατεύθυνση και συγχρόνως τοποθετώντας το μικρότερο διάγραμμα ακτινοβολίας στις κατευθύνσεις των παρεμβολέων, η ποιότητα της σύνδεσης της επικοινωνίας μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Στις προσωπικές και κινητές επικοινωνίες οι παρεμβολείς είναι άλλοι χρήστες από τους χρήστες στους οποίους απευθύνονται.

ΕΝΝΟΙΕΣ

Ένας χρήσιμος και σταθερός ορισμός για τις ευφυείς κεραιές είναι ότι η διαφορά μεταξύ μιας ευφυούς / προσαρμοστικής κεραιάς και μιας “άφωνης”/ σταθερής κεραιάς είναι η ιδιότητα του να υπάρχει ένα προσαρμοστικό και σταθερό διάγραμμα λοβού αντίστοιχα. Το σχ.3.2 δείχνει την ιδέα μιας ευφυούς κεραιάς.

Κανονικά, ο όρος “κεραία” περιλαμβάνει μόνο την μηχανική κατασκευή και μετασχηματίζει τα ελεύθερα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (EM) σε σήματα ραδιοσυχνότητας που ταξιδεύουν σ' ένα προστατευτικό καλώδιο και ανάποδα. Μπορούμε να την ονομάσουμε το ακτινοβολούμενο στοιχείο. Στο απόσπασμα των ευφύων κεραιών, ο όρος “κεραία” περιέχει έναν αριθμό ακτινοβολούμενων στοιχείων, ένα συνδυαστικό / διαχωριστικό δίκτυο και μια

μονάδα ελέγχου. Μονάδα ελέγχου μπορεί να ονομαστεί η νοημοσύνη της ευφυούς κεραίας, που πραγματοποιείται κανονικά χρησιμοποιώντας έναν ψηφιακό επεξεργαστή σήματος (DSP). Ο επεξεργαστής ελέγχει τις παραμέτρους τροφοδοσίας της κεραίας που βασίζονται σε διάφορες εισόδους, έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί ο σύνδεσμος των επικοινωνιών. Διαφορετικά κριτήρια βελτιστοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αυτό δείχνει ότι η ευφυή κεραία δεν είναι απλώς μια “κεραία”, αλλά μια ιδέα ολοκληρωμένου αναμεταδότη.



ΣΧΗΜΑ 3.2 Αρχή μιας ευφυούς κεραίας.

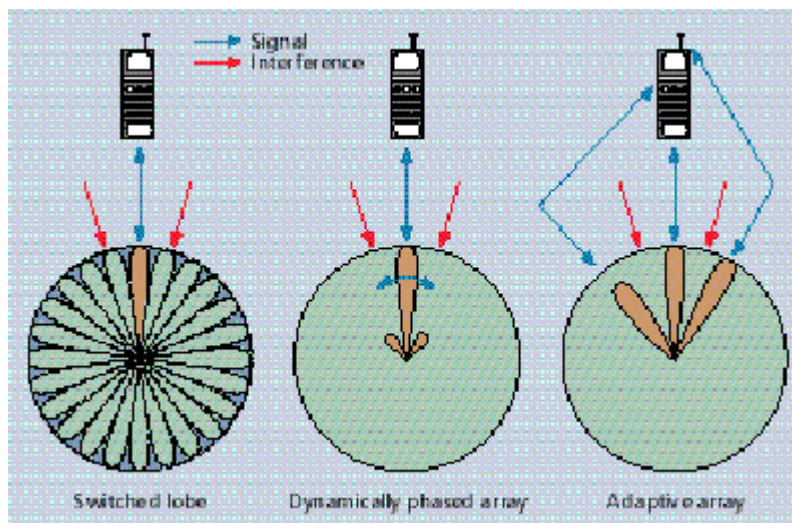
ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, κάποιος μπορεί να ορίσει τα “επίπεδα της νοημοσύνης”. Ένα σύνολο από ορισμούς που συχνά χρησιμοποιείται περιγράφεται παρακάτω και απεικονίζεται στο σχήμα 3.3.

- Διακοπτόμενος λοβός (SL): Επίσης λέγεται και διακοπτόμενη δέσμη. Είναι η πιο απλή τεχνική και περιλαμβάνει μόνο μια βασική λειτουργία εναλλαγής (switching) ανάμεσα σε ξεχωριστές κατευθυντικές κεραίες ή προκαθορισμένες δέσμες μιας στοιχειοκεραίας. Η μορφή που δίνει την καλύτερη απόδοση, συνήθως επιλέγεται σύμφωνα με την λαμβανόμενη ισχύ. Εξαιτίας της υψηλής κατευθυντικότητας συγκρινόμενη με μια συμβατική κεραία, πετυχαίνεται κάποιο κέρδος. Μια τέτοια κεραία θα είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί σε υπάρχουσες κυψελωτές δομές από ότι μια πιο προσαρμοστική κεραία. Έχει όμως περιορισμένη βελτίωση.
- Dynamically phase array (PA): Υπολογίζοντας την κατεύθυνση του αλγορίθμου άφιξης (DoA) για το σήμα που λαμβάνεται από τον δέκτη, μπορεί να επιτευχθεί συνεχές εντοπισμός και μπορεί να χαρακτηριστεί ως γενίκευση της ιδέας του διακοπτόμενου λοβού. Και σε αυτή την περίπτωση η λαμβανόμενη ενέργεια μεγιστοποιείται.
- Προσαρμοστική κεραία (AA): Σε αυτή την περίπτωση, προστίθεται ένας DoA αλγόριθμος για τον καθορισμό της διεύθυνσης απέναντι στις πηγές της παρεμβολής (π.χ. άλλους χρήστες). Το διάγραμμα ακτινοβολίας τότε μπορεί να προσαρμοστεί για να εξαλείψει τους παρεμβολείς. Ακόμα, χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγόριθμους και τεχνικές

πυκνότητας χώρου, το διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να προσαρμοστεί για να λάβει πολλαπλά σήματα τα οποία μπορούν να συνδυαστούν. Αυτές οι τεχνικές θα μεγιστοποιήσουν το σήμα στην αναλογία παρεμβολής (SIR) (ή το σήμα στην παρεμβολή και στην αναλογία θορύβου).

Τα συμβατικά συστήματα κινητών συνήθως αναπτύσσουν κάποιο είδος αναστροφής της κεραίας (π.χ. αναστροφή του χώρου ή της πόλωσης). Οι προσαρμοστικές κεραίες μπορεί να θεωρηθούν ως ένα παρατεταμένο σχήμα αναστροφής, έχοντας περισσότερα από δύο αναστραμένους τομείς.



ΣΧΗΜΑ 3.3 Διαφορετικές έννοιες ευφών κεραιών.

ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

Όλα τα επίπεδα νοημοσύνης που περιγράφηκαν είναι τεχνολογικά εφικτά σήμερα. Ωστόσο, στον τομέα των προσωπικών και κινητών επικοινωνιών, μπορεί να προβλεφθεί μία εξέλιξη στην χρήση των ευφών κεραιών σε σταδιακές πιο προηγμένες λύσεις. Η εξέλιξη μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις φάσεις.

- Οι ευφείς κεραίες χρησιμοποιούνται μόνο στην άνω ζεύξη (άνω ζεύξη σημαίνει ότι ο χρήστης εκπέμπει και ο σταθμός βάσης δέχεται). Χρησιμοποιώντας την ευφυή κεραία για να αυξηθεί το κέρδος στον σταθμό βάσης, αυξάνεται και η ευαισθησία και το εύρος. Αυτό ονομάζεται δέκτης υψηλής ευαισθησίας (HSR) και στις αρχές δεν διαφέρει από τις τεχνικές αναστροφής που εφαρμόζονται στα σημερινά συστήματα κινητής επικοινωνίας.
- Στην δεύτερη φάση οι κατευθυνόμενες δέσμες κεραίας χρησιμοποιούνται στην κάτω ζεύξη (εκπέμπει ο σταθμός βάσης και λαμβάνει ο χρήστης) στο HSR. Με αυτόν τον τρόπο, το κέρδος της κεραίας αυξάνεται και στην άνω και στην κάτω ζεύξη, το οποίο υποδηλώνει ένα χωρικό φιλτράρισμα και στις δύο κατευθύνσεις. Οι συχνότητες μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν σύντομα, και επιπλέον η χωρητικότητα του συστήματος

μεγαλώνει. Η μέθοδος ονομάζεται χωρικό φίλτράρισμα για την μείωση των παρεμβολών (SFIR). Είναι δυνατό να εισαχθεί αυτό στα συστήματα δεύτερης γενιάς.

- Το τελευταίο στάδιο στην εξέλιξη είναι η πολλαπλή πρόσβαση πλήρους διαίρεσης χώρου (SDMA). Αυτό υποδηλώνει ότι περισσότεροι από ένας χρήστες μπορούν να καταναμηθούν στο ίδιο φυσικό κανάλι επικοινωνίας ταυτόχρονα στην ίδια κυψέλη (cell), διαχωριζόμενοι μόνο από την γωνία. Σε ένα σύστημα TDMA δύο χρήστες θα καταναμηθούν στην ίδια χρονοθυρίδα και συχνότητα φέροντος στον ίδιο χρόνο και στην ίδια κυψέλη.

Στην φάση 2 η χωρητικότητα αυξάνεται εξαιτίας της πιο κοντινής συχνότητας επαναχρησιμοποίησης επιτρέποντας περισσότερα φέροντα ανά σταθμό βάσης. Στη φάση 3, μία επιπρόσθετη αύξηση στην χωρητικότητα πετυχαίνεται επιτρέποντας περισσότερους χρήστες ανά φέρον. Το να εισαχθεί η τεχνολογία SDMA στα συστήματα TDMA δεύτερης γενιάς θα ήταν δύσκολο και ανεπιθύμητο, αλλά μπορεί να γίνει ένα φυσικό συστατικό στα συστήματα τρίτης γενιάς.

Τα “επίπεδα της νοημοσύνης” στο προηγούμενο τομέα περιγράφουν το επίπεδο της τεχνολογικής ανάπτυξης, ενώ τα βήματα που περιγράφηκαν εδώ μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος της εξέλιξης ενός συστήματος.

Η εισαγωγή των ευφών κεραιών θα έχει έναν μεγάλο αντίκτυπο στην απόδοση των κυψελοειδών δικτύων. Αυτό έχει επιπτώσεις σε πολλές πτυχές και στον σχεδιασμό και στην επέκταση των κινητών συστημάτων.

3.4 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ

Αύξηση χωρητικότητας- ο πρωταρχικός λόγος για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις ευφείς κεραίες είναι η αύξηση χωρητικότητας. Στις πυκνοκατοικημένες περιοχές τα κινητά συστήματα είναι κανονικά περιορισμένης παρεμβολής, που σημαίνει ότι η παρεμβολή από άλλους χρήστες είναι η κύρια πηγή θορύβου στο σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι το σήμα της αναλογίας της παρεμβολής, το SIR, είναι πολύ μεγαλύτερο από το σήμα της αναλογίας του θερμικού θορύβου, SNR. Οι ευφείς κεραίες κατά μέσον όρο, θα αυξήσουν το SIR με τη ταυτόχρονη αύξηση του χρήσιμου λαμβανόμενου επιπέδου σήματος και με τη μείωση του επιπέδου παρεμβολής. Ειδικά, η προσαρμοστική κεραία θα δώσει μια σημαντική βελτίωση.

Τα πειραματικά αποτελέσματα αναφέρουν αυξήσεις μέχρι 10 dB στο μέσο όρο του SIR στις αστικές περιοχές. Στα συστήματα TDMA, το αυξανόμενο SIR παρέχει δυνατότητα για μειωμένη απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4, όπου η κλασική ομάδα επτά-κυττάρων έχει μειωθεί σε μια ομάδα τριών-κυττάρων. Αυτό θα οδηγήσει σε μια αύξηση χωρητικότητας των 7/3 καθώς όλα τα κύτταρα μπορούν να διαθέσουν σε αυτή την ποσότητα περισσότερους φορείς.

Με τις προσομοιώσεις που εκτελούνται σε ένα δίκτυο FH-GSM με 1/3 απόσταση επαναχρησιμοποίησης καθώς και με τη χρήση δεδομένων του SFIR είναι πιθανό μια αύξηση χωρητικότητας 300 %.

Τα συστήματα CDMA, όπως το IS-95 ή το UMTS, είναι πιο περιορισμένης παρεμβολής από τα συστήματα TDMA. Η κύρια πηγή θορύβου στο σύστημα είναι η παρεμβολή από άλλους χρήστες λόγω του γεγονότος ότι οι διαδιδόμενοι κώδικες δεν είναι ιδανικά ορθογώνιοι. Αυτό σημαίνει ότι το αναμενόμενο κέρδος χωρητικότητας είναι ακόμα μεγαλύτερο για CDMA απ'ό,τι για TDMA. Έχει αναφερθεί ένα πενταπλάσιο κέρδος χωρητικότητας για το CDMA.

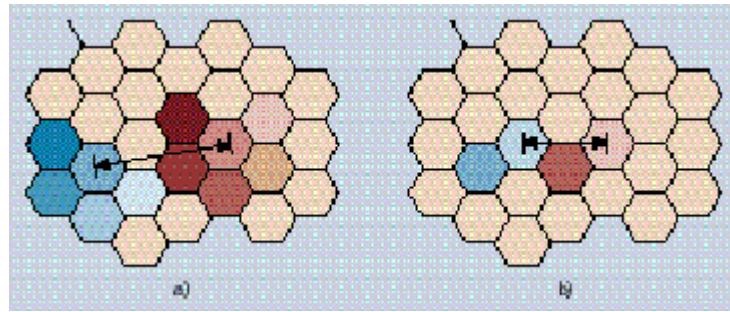
Αύξηση εμβέλειας - στις αγροτικές και αραιοκατοικημένες περιοχές η ράδιο-κάλυψη παρά τη χωρητικότητα θα δώσει τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη σταθμών βάσης. Επειδή οι ευφείς κεραίες είναι περισσότερο κατευθυντικές από τον κλασικό τομέα ή τις πανκατευθυντικές κεραίες, είναι δυνατή η δυναμική αύξηση της εμβέλειας. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί βάσεις μπορούν να τοποθετηθούν πιο μακριά ενδεχομένως οδηγώντας σε μια οικονομικά πιο αποδοτική επέκταση.

Το κέρδος της κεραίας συγκρινόμενο με μια κεραία ενός στοιχείου μπορεί να αυξηθεί κατά ένα ποσό ίσο με τον αριθμό των στοιχείων της κεραίας.

Νέες υπηρεσίες – όταν χρησιμοποιούνται οι ευφείς κεραίες το δίκτυο θα έχει πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες που αφορούν τους χρήστες. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των θέσεων των χρηστών με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ό,τι στα υπάρχοντα δίκτυα. Ο προσδιορισμός θέσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπηρεσίες όπως οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης και ο ακριβής εντοπισμός του λογαριασμού. Η FCC (η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών) των ΗΠΑ αποφάσισε μέχρι τον Οκτώβριο του 2001 ότι οι πληροφορίες εντοπισμού χρήστη θα παρέχονται με μια ακρίβεια 125 μέτρων και ένα σφάλμα RMS .

Ασφάλεια - όταν χρησιμοποιούνται ευφείς κεραίες είναι πιο δύσκολο να παγιδευτεί μια σύνδεση. Για να παγιδευτεί με επιτυχία μια σύνδεση ο εισβολέας πρέπει να είναι τοποθετημένος στη ίδια κατεύθυνση με τον χρήστη όπως φαίνεται από τον σταθμό βάσης.

Μειωμένη διάδοση πολλαπλής πορείας – χρησιμοποιώντας μια στενή ακτίνα κεραίας στο σταθμό βάσης η διάδοση πολλαπλής πορείας μπορεί κάπως να μειωθεί. Η πραγματική μείωση εξαρτάται από το σενάριο, και δεν είναι πάντα σημαντική. Οι εξισωτές καναλιών και οι RAKE δέκτες μεταχειρίζονται και εκμεταλλεύονται εξαρτήματα πολλαπλής πορείας σε συνδέσεις πολύ μεγάλων ταχυτήτων. Ενδεχομένως, η μείωση της διάδοσης πολλαπλής πορείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει τις απαιτήσεις στο μελλοντικό σχεδιασμό modem.



ΣΧΗΜΑ 3.4 Απεικόνιση της μειωμένης απόστασης επαναχρησιμοποιημένης συχνότητας: α) Παραδοσιακό 7-κυττάρων σύμπλεγμα β) ενδυναμωμένο σύμπλεγμα από τη μείωση παρεμβολής όπως π.χ. τις ευφυείς κεραιές.

3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΑΠΑΝΩΝ

Αν και τα οφέλη της χρήσης των ευφυών κεραιών είναι πολλά, υπάρχουν επίσης μειονεκτήματα και παράγοντες δαπανών. Το κέρδος πρέπει πάντα να αξιολογείται αναλογικά με το κόστος.

Πολυπλοκότητα πομποδεκτών - είναι προφανές ότι ο πομποδέκτης μιας ευφυούς κεραιάς είναι πιο σύνθετος από έναν παραδοσιακό πομποδέκτη σταθμού βάσης. Η κεραία θα χρειαστεί ξεχωριστές αλυσίδες πομποδεκτών για κάθε ένα από τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας και ακριβής βαθμονόμηση σε πραγματικό χρόνο για κάθε ένα από αυτά.

Επιπλέον, ο σχηματισμός της μορφής της δέσμης της ακτινοβολίας της κεραιάς είναι μια εντατική διαδικασία, ειδικά εάν οι προσαρμοστικές κεραιές πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Αυτό σημαίνει ότι οι ευφυείς κεραιές των σταθμών βάσης πρέπει να περιλαμβάνουν πολύ ισχυρούς αριθμητικούς επεξεργαστές και συστήματα ελέγχου. Θα υπάρξει μια αυξανόμενη ανάγκη για την ανάπτυξη αποδοτικών αλγορίθμων βελτιστοποίησης σε πραγματικό χρόνο και για τον εντοπισμό σημάτων. Ο σταθμοί βάσης των ευφυών κεραιών αναμφισβήτητα θα είναι ακριβότεροι από τους συμβατικούς σταθμούς βάσης.

Διαχείριση των πόρων - οι ευφυείς κεραιές είναι κυρίως ράδιο-τεχνολογία. Θέτουν νέες απαιτήσεις στις λειτουργίες του δικτύου, όπως τη διαχείριση των πόρων και της κινητικότητας. Όταν μια νέα σύνδεση είναι να οργανωθεί ή η υπάρχουσα σύνδεση είναι να παραδοθεί σε έναν νέο σταθμό βάσης, καμία πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη στο νέο σταθμό βάσης και είναι απαραίτητα κάποια μέσα "για την εύρεση" του κινητού σταθμού. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί αφήνοντας το σταθμό βάσης σε μια συνεχή σάρωση διαμέσου της κυψέλης με μια "ερευνητική" ακτίνα που ψάχνει υποψηφίους για μια νέα σύνδεση ή μια μεταγωγή. Μια άλλη δυνατότητα είναι να χρησιμοποιηθεί εξωτερικό σύστημα για εντοπισμό θέσης π.χ. GPS. Όσο αφορά την μεταγωγή είναι διαθέσιμη μια τρίτη δυνατότητα: κατευθυντικές πληροφορίες από την υπάρχουσα κυψέλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το δίκτυο για να παρέχουν μια "εικασία" σχετικά με το ποιο κύτταρο να γίνει η σύνδεση.

Όπως εξηγήθηκε νωρίτερα, το σύστημα SDMA περιλαμβάνει διαφορετικούς χρήστες που χρησιμοποιούν το ίδιο φυσικό κανάλι επικοινωνίας στην ίδια κυψέλη, χωριζόμενο μόνο από μία γωνία. Όταν συμβαίνουν γωνιακές συγκρούσεις μεταξύ αυτών των χρηστών, ένας από αυτούς πρέπει γρήγορα να αλλάξει σε άλλο κανάλι έτσι ώστε να μη διασπαστεί η σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι στα συστήματα που παρέχουν πλήρες σύστημα SDMA, θα υπάρξουν πολύ περισσότερες ενδοκυψελικές μεταγωγές από τα συμβατικά συστήματα TDMA ή CDMA. Είναι απαραίτητη περισσότερη παρακολούθηση από το δίκτυο. Ο σχεδιασμός στο σχήμα 3.1 δείχνει τι σημαίνει γωνιακή σύγκρουση.

Φυσικό μέγεθος - για να λάβει ένα λογικό κέρδος μια ευφυή κεραία, είναι απαραίτητη μια στοιχειοκεραία με διάφορα στοιχεία. Για τα υπαίθρια κινητά περιβάλλοντα έχουν προταθεί τυπικές στοιχειοκεραίες που αποτελούνται από 6 έως 10 οριζόντια χωριζόμενα στοιχεία. Το απαραίτητο διάστημα στοιχείων είναι 0.4-0.5 μήκη κύματος. Αυτό σημαίνει ότι μια κεραία οκτώ-στοιχείων θα είχε πλάτος ακριβώς 1,2 μέτρα στα 900 MHz και 60 εκατ. στα 2 GHz. Με μια αυξανόμενη δημόσια ζήτηση για τους λιγότερους ορατούς σταθμούς βάσης, αυτό το μέγεθος, αν και μη υπερβολικό, θα μπορούσε να δημιουργήσει πρόβλημα. Το σχήμα 3.5 παρουσιάζει μια εικόνα μιας στοιχειοκεραίας οκτώ-στοιχείων στα 1,8 GHz.



ΣΧΗΜΑ 3.5 Εικόνα μιας κεραίας στοιχειοκεραίας 8-στοιχείων σε 1,8 GHz.

3.6 ΡΑΔΙΟ-ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

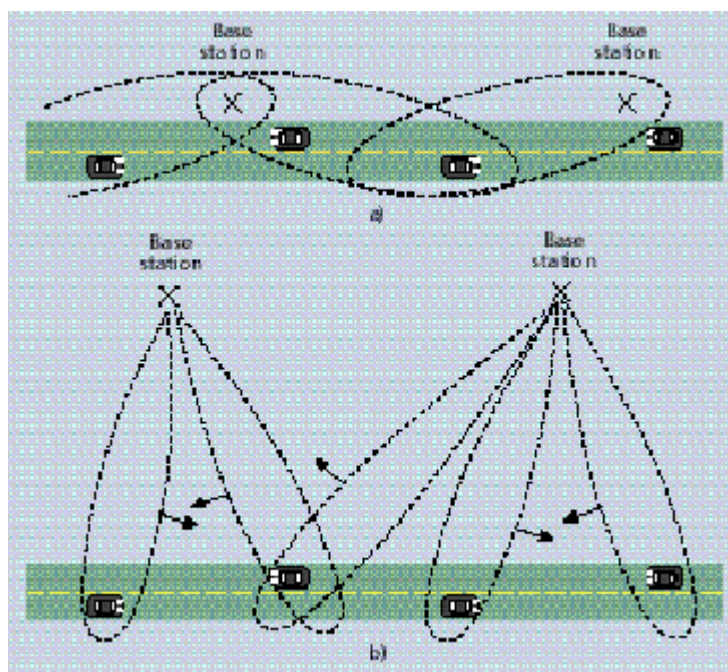
Οι ευφυείς κεραίες για να έχουν το επιθυμητό κέρδος πρέπει οι σταθμοί βάσης να είναι σε θέση να χωρίσουν τους χρήστες μέσα στη γωνιακή περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι μερικές από τις τρέχουσες στρατηγικές για το ράδιο-προγραμματισμό πρέπει να τροποποιηθούν. Στα υπάρχοντα δίκτυα οι σταθμοί βάσης είναι συχνά τοποθετημένοι κατά μήκος των εθνικών οδών και των σιδηροδρομικών γραμμών.

Όσο αναφορά τις ευφυείς κεραίες είναι περισσότερο αποδοτικό να τοποθετηθούν οι σταθμοί βάσης μακριά από τον δρόμο ή σιδηρόδρομο. Κατ' αυτό τον τρόπο η χωρική διάσταση εξετάζεται καλύτερα. Αυτή η στρατηγική παρουσιάζεται στο σχήμα 3.6.

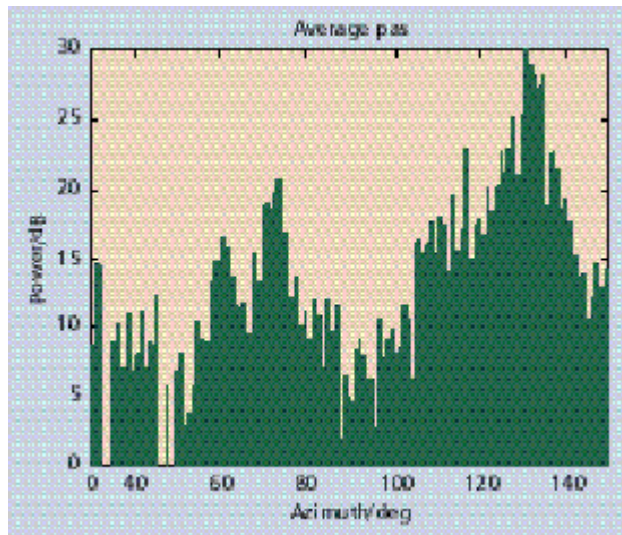
Ένα άλλο δύσκολο σημείο είναι μικρές αστικές κυψέλες με σταθμούς βάσης τοποθετημένες κάτω από το επίπεδο των στεγών. Σε αυτές τις περιπτώσεις το σήμα και από τους επιθυμητούς χρήστες και από τους παρεμβολείς τείνει να φθάσει κατά μήκος των οδών, κάνοντας δύσκολο να τους διαχωρίσει στη γωνιακή περιοχή. Το σχήμα 3.7 παρουσιάζει ένα παράδειγμα από ένα μέσο φάσμα αζιμουθίου δύναμης (PAS) ² που έχει μετρηθεί στην αστική περιοχή μικροκυψελών στο Όσλο και δείχνει ότι το σήμα τείνει να φθάσει από δύο κατευθύνσεις που δίνονται από το πλέγμα οδών.

Τα ράδιο-πρότυπα καναλιών και ράδιο-εργαλεία σχεδιασμού χρειάζονται προσοχή στην εισαγωγή ευφών κεραιών. Τα στατιστικά ράδιο-πρότυπα καναλιών χρησιμοποιούνται στη εξέταση απόδοσης και το σχέδιο των ράδιο-συστημάτων. Εντούτοις, τα υπάρχοντα πρότυπα δεν περιγράφουν το κανάλι στη γωνιακή περιοχή και δεν μπορούν επομένως να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των συστημάτων που απασχολούν ευφείς κεραιές. Γίνονται συνεχείς έρευνες για να παραχθούν στατιστικά μοντέλα ράδιο-καναλιών που περιγράφουν τον κατευθυντικό τομέα .

Ομοίως, τα υπάρχοντα εμπορικά ράδιο-εργαλεία σχεδιασμού εμπλέκονται μόνο στον υπολογισμό του σήματος επιπέδου και ενδεχομένως στη χρονική διασπορά της σύνδεσης. Εντούτοις, το να προβλεφθεί η γωνιακή διασπορά στο μέλλον θα είναι επίσης ευεργετικό για τα εργαλεία. Μερικές αναλυτικές μέθοδοι ράδιο-πρόβλεψης, όπως ο εντοπισμός ακτίνας έχει τη δυνατότητα για την εκτίμηση της γωνιακής πληροφορίας.



ΣΧΗΜΑ 3.6 Απεικόνιση του προσδιορισμού θέσης των σταθμών βάσεων κατά μήκος των δρόμων και των σιδηροδρόμων:α) Παραδοσιακή επέκταση β) Πιθανή επέκταση ευφών κεραιών.



ΣΧΗΜΑ 3.g Παράδειγμα της μέσης ισχύος φάσματος αζιμουθίου (PAS), καταγεγραμμένη στο Όσλο.

3.7 ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΕΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΛΕΚΤΗΣ - ΠΟΜΠΟΣ

Αυτό το τμήμα εξηγεί μερικά στοιχεία από την ήδη γνωστή θεμελιώδη τεχνολογία για την υλοποίηση των ευφών κεραιών. Η επεξεργασία που δίνεται, δίνει μία άποψη των βασικών ιδεών. Η τεχνολογία είναι βασισμένη στις στοιχειοκεραίες όπου το σχέδιο ακτινοβολίας διαφοροποιείται προσαρμόζοντας το εύρος και τη σχετική φάση στα διαφορετικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας. Έπειτα εξηγούνται οι θεμελιώδεις αρχές του σχηματισμού δέσμης της στοιχειοκεραίας.

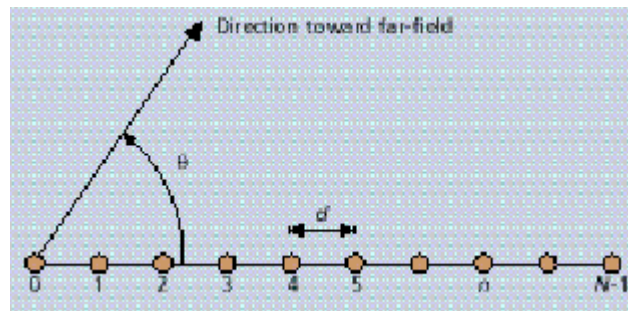
Κατόπιν εξηγείται πώς αυτό αξιοποιείται στις ευφείς κεραιές. Ακόμα κι αν τα μέρη της υποδοχής και της μετάδοσης είναι συχνά ενσωματωμένα, και ένα μεγάλο μέρος του ίδιου υλικού χρησιμοποιείται κανονικά, θα εξηγηθούν χωριστά. Αυτό γίνεται επειδή εννοιολογικά η άνω ζεύξη και η κάτω ζεύξη είναι αρκετά διαφορετικές στις ευφείς κεραιές.

Τα σχέδια των κεραιών υλοποιούνται με την χρησιμοποίηση στοιχειοκεραιών. Αυτές είναι κεραιές που αποτελούνται από διάφορα στοιχεία κεραιών στα οποία το σήμα διαιρείται ή συνδυάζεται και στη φάση και στο εύρος. Γενικά, οποιοσδήποτε συνδυασμός στοιχείων μπορεί να διαμορφώσει μια στοιχειοκεραία. Εντούτοις, σε μια κανονική γεωμετρία χρησιμοποιούνται συνήθως ίσα στοιχεία.

Οι στοιχειοκεραίες μπορεί να είναι μονοδιάστατες, δισδιάστατες και τρισδιάστατες, και εξαρτώνται από τη διάσταση του χώρου που υπάρχει πρόσβαση. Το σχήμα 3.13 παρουσιάζει μερικά παραδείγματα της γεωμετρίας της στοιχειοκεραίας. Χρησιμοποιώντας τη γεωμετρία απλοποιείται και η ανάλυση και η σύνθεση της στοιχειοκεραίας. Σε αυτό το τμήμα, η γραμμική αρχή της στοιχειοκεραίας θα επεξεργαστεί μέσα από ένα παράδειγμα. Τα μαθηματικά επεκτείνονται αλλά η βασική αρχή είναι ίδια.

Το συνολικό σχέδιο ακτινοβολίας δίνεται από τον τύπο των στοιχείων, τις σχετικές θέσεις και τη διέγερση (εύρος και φάση). Χρησιμοποιώντας μια στοιχειοκεραία, είναι δυνατό να ληφθεί ένας πολύ καλός έλεγχος του σχεδίου ακτινοβολίας, π.χ., η μορφή του κεντρικού λοβού και του διπλανού λοβού (SLL). Το σχέδιο ακτινοβολίας εξαρτάται από τις παραπάνω παραμέτρους.

Γραμμικές ισαπέχουσες στοιχειοκεραίες – όλα τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας τοποθετούνται κατά μήκος μιας γραμμής με ίση απόσταση μεταξύ τους όπως φαίνεται στο σχήμα 3.8. Το σχήμα δείχνει επίσης τις παραμέτρους που είναι διαθέσιμες.



ΣΧΗΜΑ 3.8 Γεωμετρία της ισαπέχουσας γραμμικής στοιχειοκεραίας.

Η απομακρυσμένη έκφραση του ηλεκτρικού πεδίου από το ένα στοιχείο της στοιχειοκεραίας δίνεται από την εξίσωση 1:

$$\vec{E}_n(r, \theta, \varphi) = I_n \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot \vec{e}(\theta, \varphi) \quad (1)$$

όπου I_n είναι το ρεύμα σύνθετου στοιχείου και $\vec{e}(\theta, \varphi)$ είναι η μορφή της στοιχειοκεραίας, που συνήθως καλείται ο παράγων του στοιχείου, και r , θ και φ είναι οι σφαιρικές συντεταγμένες του σημείου παρατήρησης. Το συνολικό πεδίο από μια στοιχειοκεραία που αποτελείται από N στοιχεία είναι η εναπόθεση της συμβολής των στοιχείων καθώς εκφράζεται στην εξίσωση 2:

$$\vec{E}_n(r, \theta, \varphi) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot e^{jkr'_n \cos \psi_n} \cdot \vec{e}(\theta, \varphi) \quad (2)$$

όπου

$$r'_n \cos \psi_n = Z'_n \cos \theta = nd \cos \theta \quad (3)$$

είναι η διαφορά στην απόσταση για το στοιχείο n έναντι του στοιχείου θ προς το σημείο παρατήρησης στην κατεύθυνση θ λόγω του χωρικού διαχωρισμού της στοιχειοκεραίας.

Το διάστημα στοιχείων είναι d .

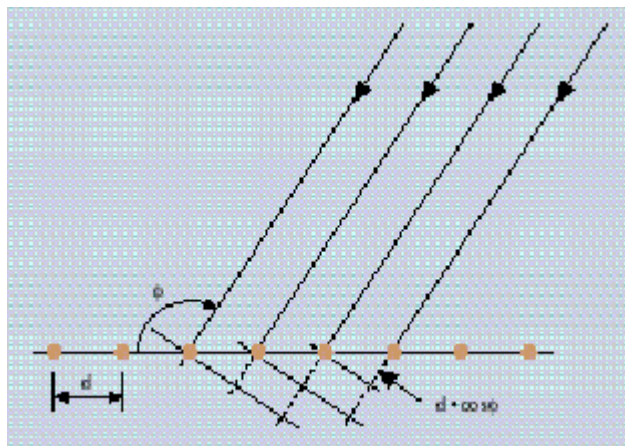
(r'_n είναι η απόσταση μεταξύ της προέλευσης ισότιμων συστημάτων το στοιχείο n , ψ_n είναι η αντίστοιχη γωνία και Z'_n η απόσταση κατά μήκος των αξόνων της στοιχειοκεραίας.) Στην περίπτωση μιας στοιχειοκεραίας με ίσα στοιχεία, η έκφραση γίνεται:

$$\vec{E}(r, \theta, \varphi) = \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot \vec{e}(\theta, \varphi) \sum_{n=0}^{N-1} I_n \cdot e^{jkn d \cos \theta} \quad (4)$$

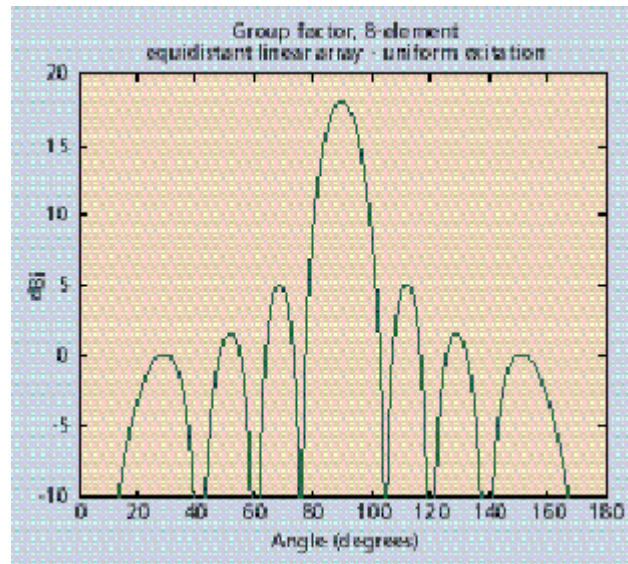
Η έκφραση ποσού της εξίσωσης 4 είναι ο παράγοντας της στοιχειοκεραίας που είναι ανεξάρτητος και από τον τύπο των στοιχείων και από την απόσταση από την κεραία. Εξαρτάται μόνο από τη γεωμετρία της στοιχειοκεραίας και τη διέγερση στοιχείων. Κατά συνέπεια, το ολικό απομακρυσμένο πεδίο δίνεται από το γινόμενο του παράγοντα του στοιχείου και το παράγοντα της στοιχειοκεραίας. Ο παράγοντας ακτινοβολίας της στοιχειοκεραίας μπορεί να γίνει κατανοητός ως το σχέδιο ακτινοβολίας από μία στοιχειοκεραία που αποτελείται από ισοτροπικά στοιχεία.

Δεδομένου ότι η μορφή ακτινοβολίας δίνεται μεμονωμένα από τις παραμέτρους διέγερσης, μια προσεκτική επιλογή μπορεί να μας δώσει το απαιτούμενο αποτέλεσμα. Θεωρείστε, παραδείγματος χάριν, ότι επιδιώκεται να οδηγηθεί ο κύριος λοβός της κεραίας σε μια ορισμένη κατεύθυνση φ . Κατά συνέπεια, θέλουμε τα απομακρυσμένα σήματα από όλα τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας να προστεθούν σε φάση στην επιθυμητή διεύθυνση. Το σχήμα 3.9 δείχνει τι σημαίνει αυτό.

Εάν από το στοιχείο με τον αριθμό 0, δίνεται η φάση αναφοράς της γωνίας θ , έπειτα η γωνία φάσης του στοιχείου 1 πρέπει να είναι μετατοπισμένη (σε αυτήν την περίπτωση αρνητικά) με μία τιμή του $k d \cos \varphi$, όπου είναι η σταθερά κύματος. Μπορούμε να ονομάσουμε αυτήν την γωνία α . Κατά συνέπεια το στοιχείο με τον αριθμό 2 πρέπει να μετατοπιστεί στο 2α , το στοιχείο 3 πρέπει να μετατοπιστεί στο 3α , κτλ. Προκειμένου να ληφθεί το μέγιστο κέρδος στην κατεύθυνση φ τα πλάτη όλων των στοιχείων πρέπει να είναι ίσα. Αυτό το παράδειγμα ονομάζεται ομοιόμορφη διέγερση. ($|I_0| = |I_1| = \dots = |I_n| = \dots = |I_{N-1}|$). Το σχήμα 3.10 δείχνει τον τελικό παράγοντα της.



ΣΧΗΜΑ 3.9 Χρησιμοποίηση της γωνίας φάσης κάθε στοιχείου για να κατευθύνει το λοβό.

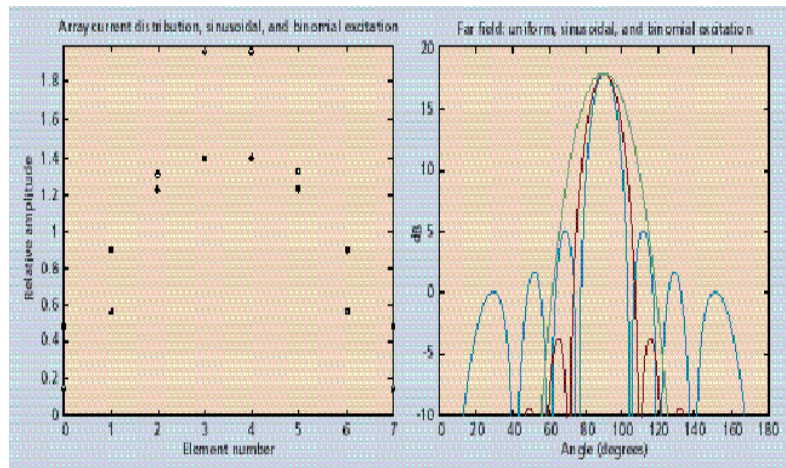


ΣΧΗΜΑ 3.10 Ο προκύπτων παράγοντας στοιχειοκεραίας ($\alpha = 0$).

Ένα μειονέκτημα της γραμμικής στοιχειοκεραίας είναι η ασάφεια μπροστά–πίσω. Ένας καθρέφτης του σχεδίου κεραιών θα εμφανιστεί γύρω από τον άξονα της κεραιάς, δηλ., στην κατεύθυνση- φ ($\cos\varphi = \cos(-\varphi)$). Συχνά θέλουμε να έχουμε μόνο έναν κύριο λοβό, και αυτό συνήθως πετυχαίνεται χρησιμοποιώντας κατευθυντικά στοιχεία. Επίσης σημειώνεται ότι για τις λοξές γωνίες, το κέρδος μειώνεται και το πλάτος του κύριου λοβού αυξάνεται, επειδή ο διαχωρισμός στοιχείων εμφανίζεται μικρότερος στη μέγιστη κατεύθυνση του κύριου λοβού (προφανής απόσταση: $d\sin\varphi$). Στην πράξη, η γραμμική στοιχειοκεραία είναι μόνο χρήσιμη σε έναν τομέα το πολύ 120° .

Η χρησιμοποίηση της ομοιόμορφης διέγερσης δίνει το υψηλότερο κέρδος αλλά επίσης και το πιο υψηλό επίπεδο πλευρικών λοβών (SLL) των $-3,2$ dB. Από την έκφραση του παράγοντα της στοιχειοκεραίας κάποιος βλέπει ότι το απομακρυσμένο πεδίο δίνεται ως μετασχηματισμός Fourier της τρέχουσας διανομής κατά μήκος της στοιχειοκεραίας. Κατά συνέπεια, το πλάτος του κύριου λοβού και το πλάτος της τρέχουσας διανομής είναι αντίστροφα. Χρησιμοποιώντας μια ανομοιόμορφη διέγερση με μια μείωση εύρους προς το τέλος της στοιχειοκεραίας έχει ως αποτέλεσμα έναν ευρύτερο κύριο λοβό και ένα χαμηλότερο SLL. Το σχήμα 3.11 δίνει ένα παράδειγμα.

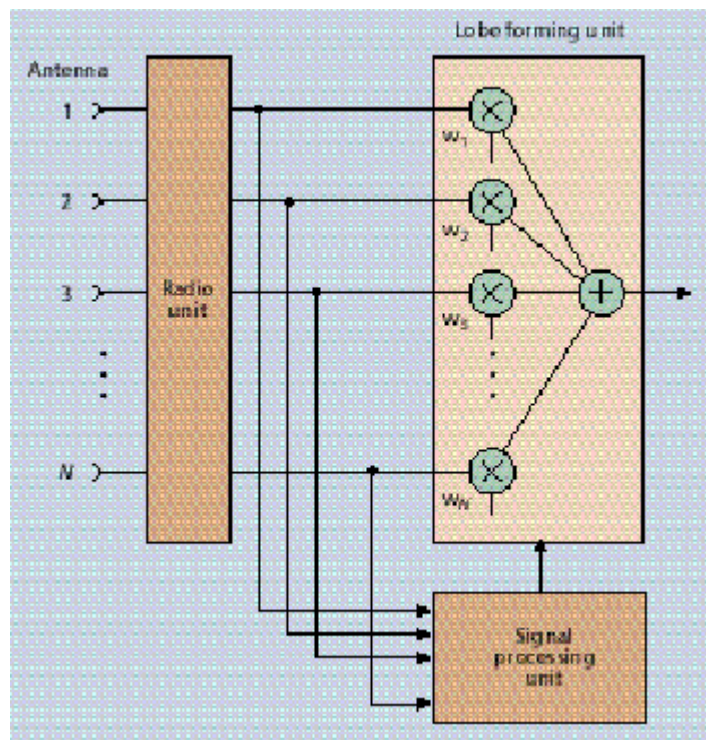
Πρακτικές εκτιμήσεις - παραπάνω θεωρήσαμε ότι τα σχέδια των στοιχείων είναι όλα ίδια και "τέλεια." Τα διαφορετικά στοιχεία της κεραιάς θα έχουν ελαφρώς διαφορετικά σχέδια λόγω των ανοχών παραγωγής κ.τ.λ. Επιπλέον, τοποθετώντας διάφορα στοιχεία κοντά (χαρακτηριστικά λιγότερο από $\lambda/2$) επηρεάζουν το ένα το άλλο. Αυτή η αμοιβαία σύζευξη δίνει τις αλλαγές και στα σχέδια των στοιχείων και στην αντιστοιχία σύνθετης αντίστασης. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση της στοιχειοκεραίας θα είναι υποβιβασμένη.



ΣΧΗΜΑ 3.11 Παραδείγματα της ανομοιόμορφων διέγερσης

ΔΕΚΤΗΣ

Το σχήμα 3.12 δείχνει σχηματικά τα στοιχεία του μέρους υποδοχής μιας ευφύης κεραίας. Η στοιχειοκεραία περιλαμβάνει N στοιχεία. Τα N σήματα συνδυάζονται σε ένα σήμα, το οποίο είναι η είσοδος στο υπόλοιπο του δέκτη (αποκωδικοποίηση καναλιού).



ΣΧΗΜΑ 3.12 Μέρος λήψης μιας ευφύους κεραίας.

Όπως δείχνει το σχήμα , το μέρος υποδοχής της ευφύης κεραίας αποτελείται από τέσσερις μονάδες. Επιπλέον η ίδια κεραία περιέχει μία ραδιομονάδα, μία μονάδα σχηματισμού λοβού, και μία μονάδα επεξεργασίας σήματος .

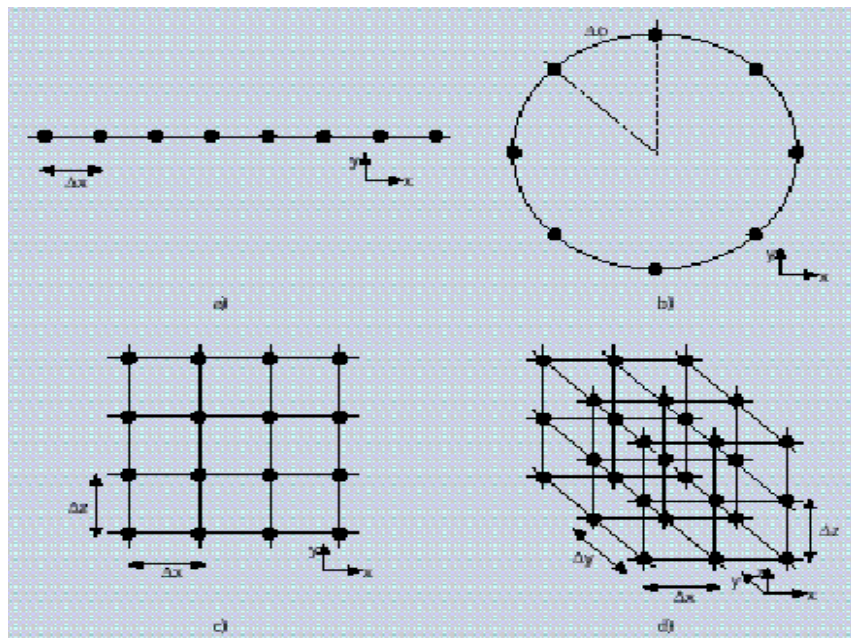
Η στοιχειοκεραία θα έχει συχνά ένα σχετικά χαμηλό αριθμό στοιχείων, έτσι ώστε να αποφευχθεί μια όχι απαραίτητα υψηλή πολυπλοκότητα στην επεξεργασία σήματος.

Το σχήμα 3.13 δίνει τέσσερα παραδείγματα στοιχειοκεραίας διαφορετικής γεωμετρίας. Οι δύο πρώτες δομές χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό ακτίνας (αζιμουθίο). Αυτές είναι ικανοποιητικές για τα υπαίθρια περιβάλλοντα, τουλάχιστον σε μεγάλες κυψέλες.

Το πρώτο παράδειγμα (α) δείχνει μια μονοδιάστατη γραμμική στοιχειοκεραία με ομοιόμορφο διάστημα στοιχείων Δx . Αυτή η δομή μπορεί να παρουσιάσει σχηματισμό ακτίνας στη γωνία αζιμουθίου μέσα σε ένα γωνιακό τομέα. Αυτή είναι η πιο κοινή δομή λόγω της χαμηλής πολυπλοκότητάς.

Το δεύτερο παράδειγμα (β) δίνει μια κυκλική στοιχειοκεραία με γωνιακό διάστημα στοιχείων $\Delta \Phi = 2\pi / N$. Αυτή η δομή μπορεί να παρουσιάσει σχηματισμό ακτίνας σε όλες τις γωνίες αζιμουθίου. Οι τελευταίες δύο δομές χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση δισδιάστατου σχηματισμού ακτίνας στις γωνίες αζιμουθίου και ανύψωσης. Αυτό μπορεί να είναι επιθυμητό για αστικά περιβάλλοντα.

Το σχήμα 3.13(γ) είναι η μπροστινή άποψη δισδιάστατης γραμμικής στοιχειοκεραίας με οριζόντιο διάστημα στοιχείων Δx και κάθετο διάστημα στοιχείων Δz . Αυτή η δομή μπορεί να εκτελέσει το σχηματισμό ακτίνας μέσα σε μια στερεά γωνία. Ο σχηματισμός ακτίνας σε ολόκληρο διάστημα, μέσα σε στερεές γωνίες, απαιτεί κάποιο είδος της κυβικής ή σφαιρικής δομής. Το σχήμα 3.13(δ) δίνει ένα παράδειγμα μιας κυβικής δομής με διαχωρισμό στοιχείων Δx , Δy και Δz . Η ραδιομονάδα αποτελείται από μια σειρά από υπομετατροπές, αναλογικές σε ψηφιακές μετατροπές (A/D). Πρέπει να υπάρχουν N αλυσίδες κάτω-μετατροπής, μια για κάθε ένα από τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας.



ΣΧΗΜΑ 3.13 Διαφορετική γεωμετρία στοιχειοκεραίας για τις ευφείς κεραίες:

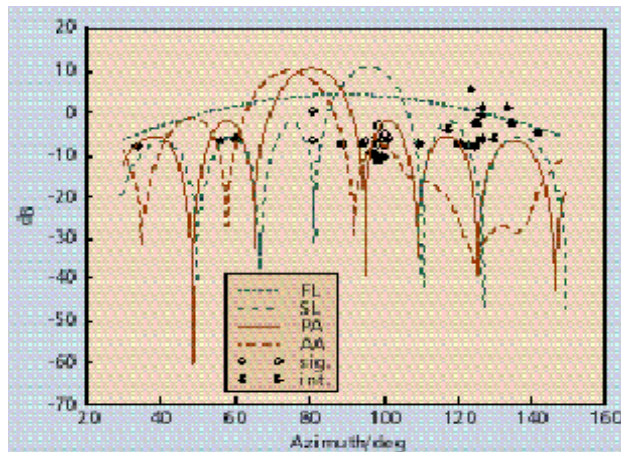
- α) ομοιόμορφη γραμμική στοιχειοκεραία β) κυκλική στοιχειοκεραία
 γ) 2D πλέγμα στοιχειοκεραίας δ) 3D πλέγμα στοιχειοκεραίας.

Η μονάδα επεξεργασίας σήματος, που είναι βασισμένη στο λαμβανόμενο σήμα, θα υπολογίσει τα σύνθετα βάρη $w_1 - w_N$ με τα οποία το λαμβανόμενο σήμα πολλαπλασιάζεται με κάθε ένα από τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας. Αυτά τα βάρη θα καθορίσουν το σχέδιο κεραίας σε κατεύθυνση άνω ζεύξης όπως περιγράφεται στο προηγούμενο κομμάτι. Τα βάρη μπορούν να βελτιστοποιηθούν από δύο κύριους τύπους κριτηρίων: μεγιστοποίηση του λαμβανόμενου σήματος από τον επιθυμητό χρήστη (π.χ., μεταστρεφόμενος λοβός ή συγχρονισμένη στοιχειοκεραία) ή μεγιστοποίηση του SIR με την καταστολή του σήματος από τις πηγές παρεμβολής (προσαρμοστική στοιχειοκεραία). Θεωρητικά, με M στοιχεία κεραίας κάποιος μπορεί "να εκμηδενίσει" $M-1$ πηγές παρεμβολής, αλλά λόγω της διάδοσης πολλαπλών διαδρομών αυτός ο αριθμός θα είναι κανονικά χαμηλότερος.

Η μέθοδος υπολογισμού των βαρών διαφέρει αναλόγως με τον τύπο κριτηρίου βελτιστοποίησης. Όταν χρησιμοποιείται ο μεταστρεφόμενος λοβός (SL) ο δέκτης εξετάζει όλα τα προκαθορισμένα διανύσματα βάρους (που αντιστοιχούν στο καθορισμένο λοβό) και επιλέγουν αυτόν που θα δώσει το πιο ισχυρό λαμβανόμενο επίπεδο σήματος. Εάν χρησιμοποιείται η προσέγγιση συγχρονισμένης στοιχειοκεραίας (PA), η οποία αποτελείται από την κατεύθυνση ενός μεγίστου κέρδους ακτίνας προς το ισχυρότερο τμήμα σήματος, αρχικά υπολογίζεται η κατεύθυνση αύξησης (DoA) και έπειτα τα βάρη όπως περιγράφηκαν στο προηγούμενο τμήμα που έχουν ομοιόμορφο εύρος και φάση σύμφωνα με την επιθυμητή γωνία οδήγησης.

Εάν η μεγιστοποίηση του SIR πρόκειται να γίνει (AA), το βέλτιστο διανυσματικό βάρους (της διάστασης N) το \mathbf{W}_{opt} δίνεται από το κύριο γενικευμένο χαρακτηριστικό άνυσμα του ζευγαριού πινάκων $[\mathbf{R}_k, \mathbf{Q}_k]$ όπου \mathbf{R}_k είναι ο πίνακας συσχετισμού NN του συνολικού λαμβανόμενου σήματος και το \mathbf{Q}_k είναι ο πίνακας συσχετισμού NN της συνολικής παρεμβολής. Αυτό καλείται βέλτιστος συνδυασμός. Το σχήμα 3.14 δείχνει ένα παράδειγμα των προκύπτων σχεδίων κεραιών για το PA, SL, και AA στη περίπτωση όπου και το σήμα και η παρεμβολή μετριοούνται σε πραγματικό κανάλι. Σημειώστε πως το AA κατευθύνει τα μηδενικά προς τις ισχυρότερες πηγές παρεμβολής.

Άλλες πιθανές τεχνικές είναι όπως οι καλά τεκμηριωμένοι αλγόριθμοι ποικιλομορφίας μέγιστης αναλογίας σε πολλαπλές διαστάσεις.



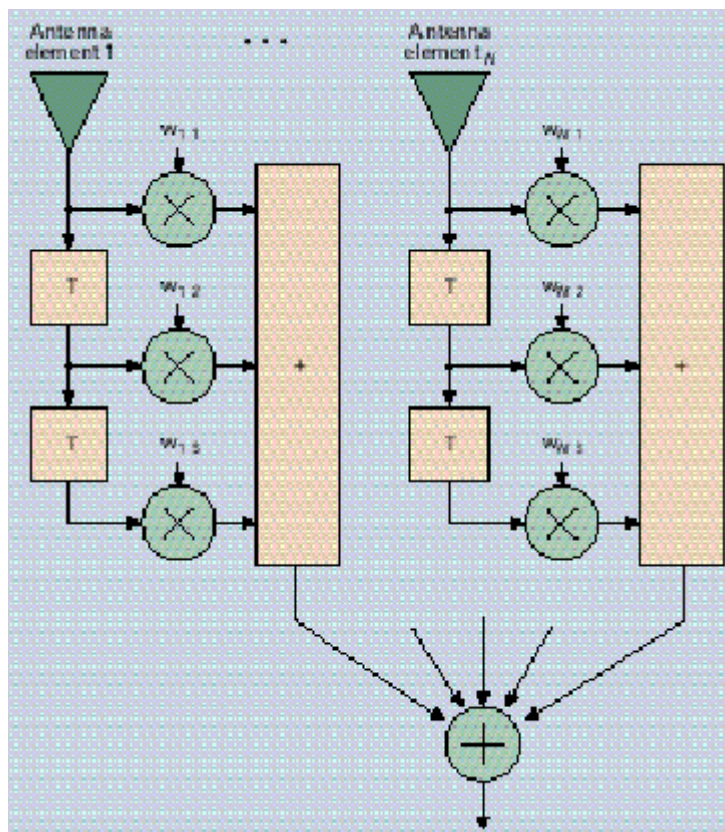
ΣΧΗΜΑ 3.14 Προκύπτοντα σχέδια κεραιών για το SL, το PA, και το AA για μετρημένα κανάλια σημάτων και παρεμβολής. Το σχήμα επίσης δείχνει τον αποκαλούμενο "σταθερό λοβό" (FL) συμβατικό σχέδιο κεραιών για σύγκριση.

Για να είναι σε θέση ο σταθμός βάσης να υπολογίσει το ράδιοκανάλι, μια αναφορά ή μια ακολουθία κατάρτισης είναι κανονικά απαραίτητη, δηλ., μια γνωστή ακολουθία από bits πρέπει να μεταδοθεί περιοδικά. Οι μέθοδοι που μεγιστοποιούν το SIR σε γενικές γραμμές απαιτούν γνώση της στιγμιαίας απάντησης καναλιών και από τον επιθυμητό χρήστη και από τις πηγές παρεμβολής, το οποίο σημαίνει ότι η ακολουθία κατάρτισης πρέπει να είναι μοναδική για κάθε χρήστη.

Στη μονάδα που σχηματίζει το λοβό πραγματοποιείται η πραγματική στάθμιση του λαμβανόμενου σήματος από κάθε ένα από τα στοιχεία της στοιχειοκεραίας. Στην πιο εξελιγμένη περίπτωση η μονάδα θα είναι μια ολοκλήρωση του εξισωτή καναλιού/ του δέκτη RAKE και της ευφυούς κεραίας. Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται βάρη ND όπου το D είναι ο αριθμός των περιοδικών συμβόλων (βάθος) στον εξισωτή καναλιού. Αυτό καλείται χωροχρονικό φίλτρο επειδή αφαιρεί τα ανεπιθύμητα τμήματα των σημάτων και κρατά τα επιθυμητά στο πεδίο του χρόνου και του χώρου. Μια τέτοια μονάδα σχηματισμού λοβού δείχνεται στο σχήμα 3.14. Σε αυτό το παράδειγμα ο αριθμός βαρών είναι N3, δείχνοντας ότι το βάθος του εξισωτή είναι 3. Ο χρόνος μεταξύ της άντλησης σε κάθε στοιχείο της κεραίας είναι T. Σε έναν δέκτη RAKE, η χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στις αντλήσεις δεν είναι ομοιόμορφη.

Όταν η διαμόρφωση του λοβού γίνεται ψηφιακά (μετά από A/D) οι μονάδες διαμόρφωσης λοβού και επεξεργασίας σήματος θα ενσωματωθούν κανονικά στην ίδια μονάδα, δηλαδή στο DSP. Ο διαχωρισμός στο σχήμα 3.12 γίνεται για να διευκρινιστεί η λειτουργία. Είναι επίσης δυνατό να εκτελεστεί ο σχηματισμός του λοβού σε hardware μορφή στη ραδιοσυχνότητα (RF) ή στην ενδιάμεση συχνότητα (IF).

Οι τρεις προαναφερθείσες μέθοδοι (SL, PA, και AA) διαφέρουν στην πολυπλοκότητα και το υπολογιστικό φορτίο. Εντούτοις, η λεπτομερής ανάλυση είναι έξω από τον στόχο μας επειδή πρέπει να καθοριστούν πολλοί παράμετροι και υποθέσεις έτσι ώστε να ποσοτικοποιηθεί αυτή η διαφορά. Γενικά, το SL είναι λιγότερο σύνθετο από το PA, το οποίο είναι στη συνέχεια λιγότερο σύνθετο από το AA. Οι συνθήκες που επηρεάζουν αυτό είναι, παραδείγματος χάριν, η απαραίτητη ακρίβεια και η απόδοση όσο αναφορά τη δύναμη ή το κέρδος C/I. Επίσης αναμένεται ότι η μέθοδος ραδιοπροσπέλασης θα διαφέρει, δηλ., TDMA έναντι CDMA.



ΣΧΗΜΑ 3.15 Απεικόνιση του λοβού που διαμορφώνει τη μονάδα στην περίπτωση ενός χωροχρονικού φίλτρου με N στοιχεία κεραιών.

ΠΟΜΠΟΣ

Το μέρος μετάδοσης της ευφυούς κεραιάς θα είναι σχηματικά παρόμοιο με το μέρος υποδοχής. Μια απεικόνιση δείχνεται στο σχήμα 3.16. Το σήμα είναι χωρισμένο στους κλάδους N , οι οποίοι σταθμίζονται από τα σύνθετα βάρη $z_1 - z_N$ στο λοβό που διαμορφώνει τη μονάδα. Τα βάρη, τα οποία αποφασίζουν το σχέδιο ακτινοβολίας στη κατεύθυνση κάτω ζεύξης, υπολογίζονται από τη μονάδα επεξεργασίας σήματος. Η ράδιο-μονάδα αποτελείται από τους μετατροπείς D/A και τις σειρές άνω μετατροπέων. Στην πράξη, μερικά στοιχεία, όπως οι ίδιες οι κεραιές και το DSP, θα είναι φυσικά τα ίδια όπως στην υποδοχή.

Η κύρια διαφορά μεταξύ άνω και κάτω ζεύξης είναι ότι αφού δεν υπάρχει καμία ευφυή κεραία που να εφαρμόζεται στα τερματικά χρηστών (δηλαδή στους κινητούς σταθμούς) δεν είναι διαθέσιμη καμία γνώση της αντίδρασης του χωρικού καναλιού στην κάτω ζεύξη. Σε ένα σύστημα διπλής διαίρεσης χρόνου (TDD) ο κινητός σταθμός και ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούν την ίδια φέρουσα συχνότητας διαιρεμένη στο χρόνο. Σε αυτήν την περίπτωση τα βάρη που ήταν υπολογισμένα στην άνω ζεύξη θα είναι βέλτιστα στην κάτω ζεύξη εάν το κανάλι δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της περιόδου εκπομπής από την άνω στην κάτω ζεύξη.

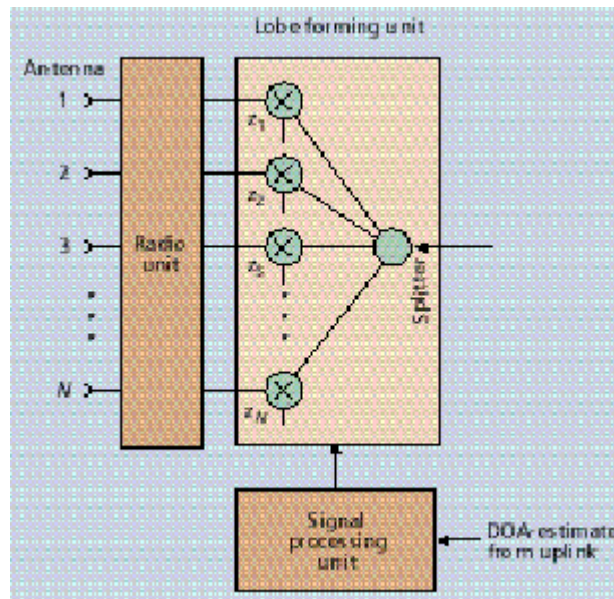
Εντούτοις, συμβαίνει γενικά, αλλά όχι στα συστήματα όπου οι χρήστες αναμένονται να κινηθούν με υψηλή ταχύτητα. Εάν χρησιμοποιείται η διπλή διαίρεση συχνότητας (FDD), η άνω ζεύξη και η κάτω ζεύξη χωρίζονται στη συχνότητα. Σε αυτή την περίπτωση τα βέλτιστα βάρη γενικά δεν θα είναι ίδια λόγω της εξάρτησης της αντίδρασης του καναλιού στη συχνότητα.

Κατά συνέπεια ο βέλτιστος σχηματισμός ακτίνας στην κάτω ζεύξη είναι δύσκολος, και η τεχνική που συχνά προτείνεται είναι η γεωμετρική προσέγγιση του υπολογισμού κατεύθυνσης της άφιξης (DoA). Η αξίωση είναι κατευθυντική αμοιβαιότητα, δηλ., η κατεύθυνση από την οποία το σήμα έφθασε στην πάνω ζεύξη είναι η κατεύθυνση μέσα στην οποία το σήμα πρέπει να διαβιβαστεί για να φθάσει ο χρήστης στην κάτω ζεύξη. Αυτή η υπόθεση ενδυναμώνεται από τα πρόσφατα πειραματικά αποτελέσματα. Η στρατηγική που χρησιμοποιείται από το σταθμό βάσης είναι ο υπολογισμός του DoA της κατεύθυνσης (ή των κατευθύνσεων) από την οποία το κύριο μέρος του σήματος των χρηστών παραλαμβάνεται. Αυτή η κατεύθυνση χρησιμοποιείται στην κάτω ζεύξη επιλέγοντας τα βάρη $z_1 - z_N$ έτσι ώστε το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι ένας λοβός (ή λοβοί) κατευθυνόμενος προς τον επιθυμητό χρήστη.

Επιπλέον, είναι δυνατό να τοποθετήσει μηδενικά στην κατεύθυνση προς άλλους χρήστες έτσι ώστε η παρεμβολή που γίνεται σε αυτούς τους χρήστες ελαχιστοποιείται. Λόγω της εξασθένισης στις διαφορετικές πορείες σημάτων, έχει προταθεί να επιλέγεται η κατεύθυνση κάτω ζεύξης με βάση τον υπολογισμό του μέσου όρου του καναλιού πάνω ζεύξης κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Εντούτοις, δε θα είναι το βέλτιστο έναντι της κάτω ζεύξης όπου η γνώση σχετικά με το στιγμιαίο ράδιο-κανάλι είναι διαθέσιμη.

Πρέπει να τονιστεί ότι στα παραπάνω υποτίθεται ότι οι παρεμβολείς που παρατηρούνται από τους σταθμούς βάσεις είναι κινητοί σταθμοί και οι παρεμβολείς που παρατηρούνται από τους κινητούς σταθμούς είναι σταθμοί βάσεις. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο σταθμός βάσης στην μετάδοση τοποθετεί μηδενικά και τα κατευθύνει σε άλλους κινητούς σταθμούς εκτός του επιθυμητού, μειώνεται η παρεμβολή που υπόκειται από αυτά τα κινητά. Εάν παρόλα αυτά οι παρεμβολείς που παρατηρούνται στα κινητά είναι άλλα κινητά, όπως για

παράδειγμα στη συγκεκριμένη περίπτωση στην UTRA TDD θα περιοριστεί η πιθανότητα για μείωση παρεμβολής στο κινητό.



ΣΧΗΜΑ 3.16 Μέρος εκπομπής μιας ευφυούς κεραίας.

3.8 ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

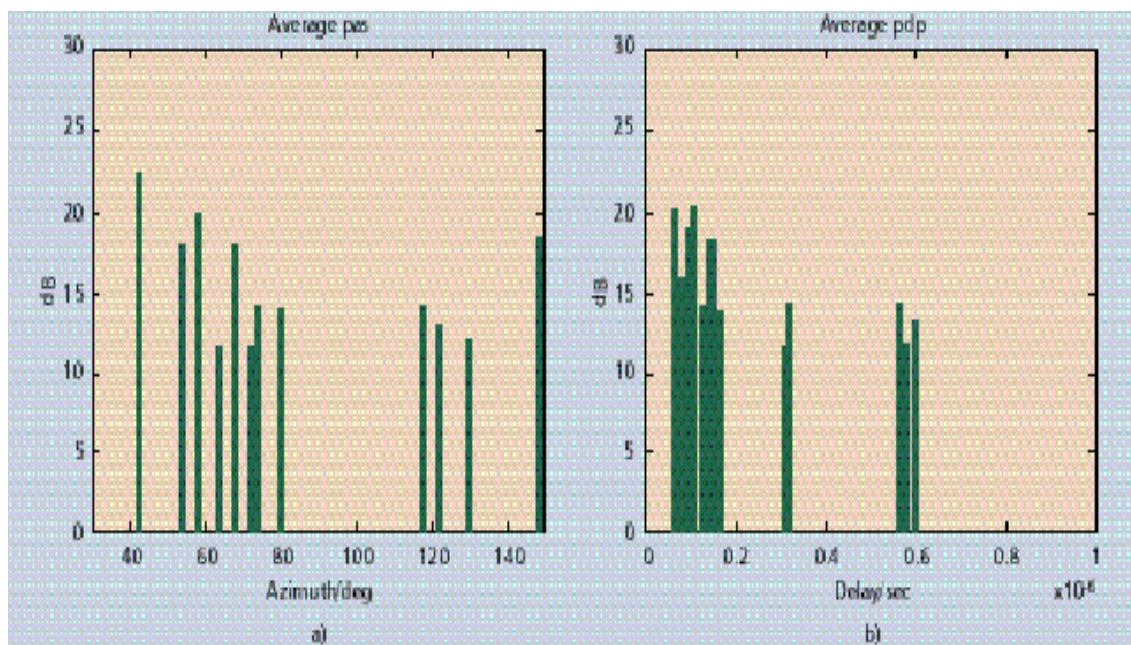
Διάφορα τεχνικά ζητήματα παραμένουν να λυθούν για να φθάσουν οι ευφυείς κεραίες στις πλήρες δυνατότητές τους. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι βρίσκουν εφαρμογή στα modem καθώς επίσης και στους αλγορίθμους για τον σχηματισμό ακτίνας. Όπως αναφέρεται στο προηγούμενο τμήμα ο σχηματισμός ακτίνας στην κάτω ζεύξη γίνεται δυσκολότερα εξαιτίας της έλλειψης γνώσης σχετικά με τη στιγμιαία απάντηση καναλιού. Η στρατηγική κατεύθυνσης του λοβού (ή των λοβών) στη κατεύθυνση του σήματος του χρήστη DoA χρησιμοποιείται συχνά, αλλά αυτό κάνει την απόδοση κάτω ζεύξης πολύ εξαρτημένη από το ράδιο-κανάλι και το ποσοστό αλλαγής του. Εάν το κανάλι υπόκειται σε μεγάλη γωνιακή διάδοση, δηλ., το σήμα φθάνει από πολλές κατευθύνσεις, κατευθύνοντας έναν μόνο λοβό στη διεύθυνση της μέγιστης υποδοχής απέχει πολύ από το να είναι βέλτιστο όσο αναφορά τη μεγιστοποίηση δύναμης που μεταφέρεται στο χρήστη. Το να κατευθύνει μηδενικά προς άλλους χρήστες για να ελαχιστοποιήσει την παρεμβολή που υφίσταται από αυτούς είναι δύσκολο για τον ίδιο λόγο. Όταν το κανάλι μεταβάλλεται γρήγορα οι δυσκολίες στην κάτω ζεύξη θα επιδεινωθούν. Είναι η περίπτωση για τα κινητά που κινούνται γρήγορα καθώς και για πολύ πυκνοκατοικημένα και σύνθετα περιβάλλοντα.

Το σχήμα 3.17 δείχνει την καταγραφή ενός γωνιακού ράδιο-καναλιού από ένα προαστιακό μικροκυματικό περιβάλλον. Η απόσταση μεταξύ μέτρησης κάθε καναλιού ήταν 2 εκατ. που αντιστοιχούν στα 10 m/s μεταξύ των μετρήσεων με μια ταχύτητα 2 m/s (ταχύτητα περπατήματος).

Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας είναι η γραμμικότητα στις σειρές υποδοχής και μετάδοσης. Οι λειτουργίες μεταφοράς όλων των σειρών άνω - και κάτω-μετατροπέων πρέπει να είναι σωστές για να είναι με ακρίβεια ο σχηματισμός ακτίνας. Εντούτοις, δεδομένου ότι αναμειγνύονται ενεργά στοιχεία, οι αντιδράσεις θα αλλάξουν με το χρόνο και τη θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι για να λειτουργήσει κανονικά η ευφυή κεραία χρειάζεται να εφαρμοσθεί απευθείας σύνδεση βαθμολόγησης των ράδιο-μονάδων.

Οι απαιτήσεις για τη γραμμικότητα στις σειρές πομποδεκτών μπορούν ενδεχομένως να μειωθούν με την εκτέλεση των μετατροπέων A/D (και D/A) όσο είναι δυνατό πιο κοντά στο στοιχείο της στοιχειοκεραίας, το οποίο επιλέγει το RF ή IF. Αυτό απαιτεί πολύ γρήγορο και εξειδικευμένο hardware. Η πολυπλοκότητα της ευφυούς κεραίας είναι μια μεγάλη πρόκληση επειδή οι πιο προηγμένες εφαρμογές ευφών κεραιών προσπαθούν ταυτόχρονα να μεγιστοποιήσουν το χρήσιμο σήμα και να εκμηδενίσουν τις πηγές παρεμβολής.

Επιπλέον αυτός ο σχηματισμός ακτίνας πρέπει να γίνει για κάθε χρήστη που επικοινωνεί μέσω των εν λόγω σταθμών βάσεων. Αν και διατίθενται σήμερα ισχυρές μονάδες επεξεργασίας σήματος, η εκτέλεση του σε πραγματικό χρόνο είναι ένας δύσκολος στόχος. Πολύ εργασία θα πρέπει να γίνει στη βελτιστοποίηση του κώδικα και στην ανάπτυξη αποδοτικών αλγορίθμων για να δουλέψει κατάλληλα. Εντούτοις οι εξελίξεις στην τεχνολογία υπολογιστών τα τελευταία χρόνια αναμφίβολα έκαναν δυνατή την απόδοση ακόμη πιο σύνθετων επεξεργασιών σε πραγματικό χρόνο.



ΣΧΗΜΑ 3.17 Καταγραφή ενός γωνιακού ράδιο-καναλιού σε ένα αστικό μικροκυψελικό περιβάλλον. Η απόσταση είναι 2 cm.: α) Φάσμα ισχύος αζιμουθίου(PAS). β) Σχεδιάγραμμα ισχύος καθυστέρησης (PDP).

3.9 ERICSSON/MANNESMANN ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΟ GIESSEN ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ

Η Ericsson έχει πραγματοποιήσει μια δοκιμή σε συνεργασία με το Γερμανό διαχειριστή Mannesmann στο σύστημα GSM1800 στην πόλη του Γκίσεν. Τρεις σταθμοί βάσης εξοπλίστηκαν με ευφυείς κεραιές. Οι σταθμοί βάσης ήταν τοποθετημένοι σε υψηλές θέσεις δίνοντας μια μεγάλη κάλυψη. Το φθινόπωρο του 1998 η δοκιμή Ericsson-Mannesmann έγινε η πρώτη δοκιμή για να καταδείξει την εμπορική κυκλοφορία μέσω των σταθμών βάσης εξοπλισμένων με ευφυείς κεραιές. Φυσικά, οι ευφυείς κεραιές ήταν έξι στοιχείων συσσωρευμένων δίπολων. Κάθε στοιχείο ήταν διπλά πολωμένο, με ± 455 πολωμένα στοιχεία. Ο συνδυασμός άνω ζεύξης βασίστηκε στο συνδυασμό μέγιστης αναλογίας, ενώ ο σχηματισμός ακτίνας στην κάτω ζεύξη βασίστηκε στην μετατροπή οκτώ λοβών.

TSUNAMI II ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΟ ΜΠΡΙΣΤΟΛ, UK

Το TSUNAMI II είναι ένα έργο στο 4^ο ευρωπαϊκό πλαίσιο προγράμματος ACTS³ που έχει να κάνει με την ανάπτυξη πειράματος ευφυούς κεραιάς και την εφαρμογή σταθμού βάσης ευφυούς κεραιάς. Μερικοί από τους συμμετέχοντες σε αυτό το πρόγραμμα είναι το Πανεπιστήμιο του Αλμποργκ (DK), Bosch TELEKOM (D), Orange (UK), και το πανεπιστήμιο του Μπρίστολ (UK). Το πρόγραμμα έχει τελειώσει και έχει εκτελέσει τις δοκιμές κοντά στο Μπρίστολ (UK) αλλά και στα αστικά και αγροτικά περιβάλλοντα (αν και δεν έχουν δημοσιευθεί ακόμα όλες οι αναλύσεις στοιχείων). Οι δοκιμές επιβεβαιώνουν την αύξηση χωρητικότητας μιας ευφυούς κεραιάς. Στο αγροτικό περιβάλλον (μακροκυψέλη) αναφέρθηκε μια επέκταση της σειράς μέχρι 54 %, χρησιμοποιώντας την αρχή HSR. Η μείωση παρεμβολής ήταν καλύτερη από 30 dB, που είναι πολύ υψηλότερη από την αναμενόμενη.

Εντούτοις, μόνο ένας παρεμβολέας χρησιμοποιήθηκε, ο οποίος τοποθετήθηκε περισσότερο από 10 μίρες μακριά από το σύστημα αποστολής σημάτων. Η κεραιά ήταν διπλά πολωμένη οκτώ-στοιχείων. Εξετάστηκαν ιαφορετικές στρατηγικές συνδυασμών. Αποδείχθηκε ότι συνδυαζόμενες τεχνικές βασιζόμενες σε προσαρμοστικές στοιχειοκεραιές, οι οποίες περιελάμβαναν κάποιο είδος της απόρριψης παρεμβολής, έδειξαν τα καλύτερα αποτελέσματα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο κύριος στόχος ήταν να γίνει μια επισκόπηση στις τεχνολογίες των ευφών κεραιών. Είναι προφανές ότι οι ευφυείς κεραιές στους σταθμούς βάσης είναι μια σημαντική τεχνολογία για την παροχή απαραίτητης χωρητικότητας και κάλυψης. Βοηθά επίσης να πραγματοποιηθούν νέες υπηρεσίες, π.χ., τοποθέτηση χρήστη.

Από την άποψη της τεχνολογίας, οι ευφυείς κεραιές θεωρούνται ως επέκταση της "συμβατικής" κατανομής πόρων των σχεδίων που χρησιμοποιούνται στις ραδιοεπικοινωνίες. Επιπρόσθετα με τη διαίρεση του διαστήματος στην κυψέλη, θα είναι δυνατό να υιοθετηθεί

διαίρεση χώρου μέσα σε κάθε κυψέλη. Διαφορετικοί βαθμοί χρησιμοποίησης από τη χωρική διάσταση είναι πιθανοί. Εδώ έχουν περιγραφεί τα διαφορετικά στάδια.

Η τεχνολογία ευφών κεραιών είναι μια ευρεία έννοια και οι εφαρμογές ποικίλουν στις απλές τεχνικές που περιλαμβάνουν τη μετατροπή μεταξύ των λοβών σε προηγμένους αλγόριθμους που μεγιστοποιούν το λαμβανόμενο σήμα αναλογικά με την παρεμβολή. Η εφαρμογή ευφών κεραιών έγινε χρησιμοποιώντας στοιχειοκεραίες. Οι τεχνικές για το σχηματισμό ακτίνας με στοιχειοκεραίες είναι γνωστές, και πρέπει να υιοθετηθούν και στις δύο κατευθύνσεις έτσι ώστε οι βελτιώσεις να είναι ουσιαστικές. Εντούτοις, με τις γρήγορες παραλλαγές καναλιών δεν είναι τετριμμένος στόχος η παροχή βέλτιστου σχηματισμού ακτίνας, ειδικά για την κατεύθυνση κάτω ζεύξης.

Η χρήση των ευφών κεραιών δεν είναι καθαρά ένα ζήτημα ραδιομετάδοσης. Επηρεάζει τις υπηρεσίες δικτύων όπως την μεταγωγή και την εφαρμογή εγκατάστασης σύνδεσης. Με την εισαγωγή της χωρικής περιοχής μέσα στο σύστημα διαχείρισης των πόρων γίνεται πιο σύνθετο. Διάφορα πειράματα ευφών κεραιών και πεδία δοκιμών εγκαταστάθηκαν και εφαρμόστηκαν από τους κατασκευαστές και τα ερευνητικά ιδρύματα. Οι πρώτες εξετάσεις επέτρεψαν την εμπορική κυκλοφορία περισσότερων από έναν σταθμό βάσης χρησιμοποιώντας τις ευφείς κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν από την Ericsson και Mannesmann Mobilfunk στη Γερμανία το φθινόπωρο του 1998.

3.10 ΕΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ

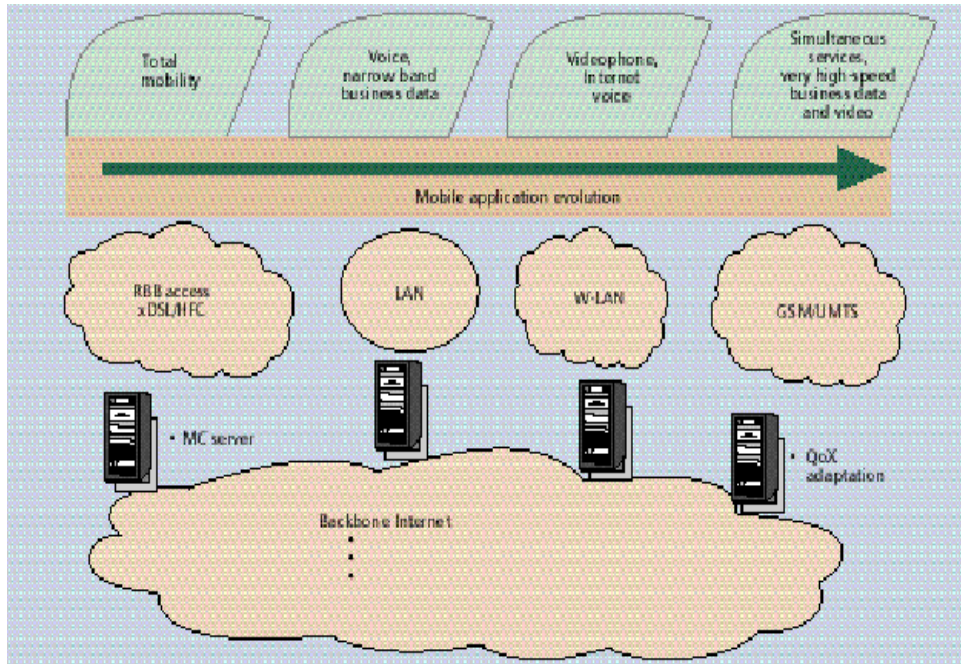
Τα τελευταία χρόνια υπήρξε γρήγορη πρόοδος στις τηλεπικοινωνίες, με αποτέλεσμα τα νέα σενάρια εφαρμογής για κινητά δίκτυα (σχήμα 3.18). Με τις προόδους στην τεχνολογία, μια ποικιλία από συσκευές επικοινωνίας όπως Ethernet, WaveLAN, CDPD, Metricom Ricochet, και τα κυψελοειδείς modem έχουν διατεθεί σε προσιτές τιμές. Σήμερα, είναι κοινό για ένα φορητό υπολογιστή να έχει πρόσβαση σε περισσότερα από ένα δίκτυα.

Όλες αυτές οι τεχνολογίες προσφέρουν διαφορετικά χαρακτηριστικά δικτύων, που οδηγούν στην ανομοιογένεια στις δικτυακές αρχιτεκτονικές. Για να ασχοληθούμε με τα ετερογενή δίκτυα, σημαντικά στοιχεία του χωροχρονικού (space-time) επεξεργαστή πρέπει να προσδιοριστούν με στόχο να παρέχουν υπηρεσίες πληροφοριών, και αναμφισβήτητες και ελαστικές εφαρμογές σε ανθρώπους εν κινήσει. Οι ακόλουθοι τρεις παράγοντες πρέπει να εξεταστούν για την τεχνολογία στα ετερογενή δίκτυα:

Υπηρεσίες - αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες πραγματικού χρόνου για δεδομένα, για βίντεο, και φωνή, σε διανεμημένα συστήματα με τερματικά και ανεξάρτητους κεντρικούς υπολογιστές.

Συνδετικότητα - η αποδοτική εφαρμογή του πολύ-πρωτοκόλλου διασύνδεσης.

Νέες μέθοδοι εφαρμογής - που ενισχύουν το καθεστώς υπηρεσιών χρησιμοποιώντας χωροχρονική επεξεργασία.



ΣΧΗΜΑ 3.18 Ετερογενείς τοπολογίες δικτύων που στοχεύουν σε χωροχρονικούς επεξεργαστές.

Για την διεξαγωγή μιας συστηματικής ενσωμάτωσης των επεξεργαστών χωροχρόνου στα ετερογενή δίκτυα πρέπει να σημειωθούν στο γενικό τεχνο-εμπορικό σχέδιο τρία κρίσιμα στάδια. Αυτά περιλαμβάνουν τη δοκιμή των κινητών εφαρμογών, την προ-ρύθμιση και τέλος την επικύρωση μετά την χρήση πειραμάτων. Αυτή την περίοδο, υπάρχει παγκόσμια δραστηριότητα σε εξέλιξη για την εξέταση της τεχνολογίας σε διάφορα δίκτυα. Υπάρχει απέραντη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί μια σφαιρική εικόνα και να προσδιοριστούν οι αρχιτεκτονικές ομοιότητες της επεξεργασίας, μεταξύ των διάφορων επικρατούντων προτύπων. Οι ακόλουθοι τρεις παράγοντες είναι ακέραιοι στη στρατηγική σχεδίου και χρησιμεύουν ως κύριοι οδηγοί για τη προσαρμογή της τεχνολογία στα δίκτυα:

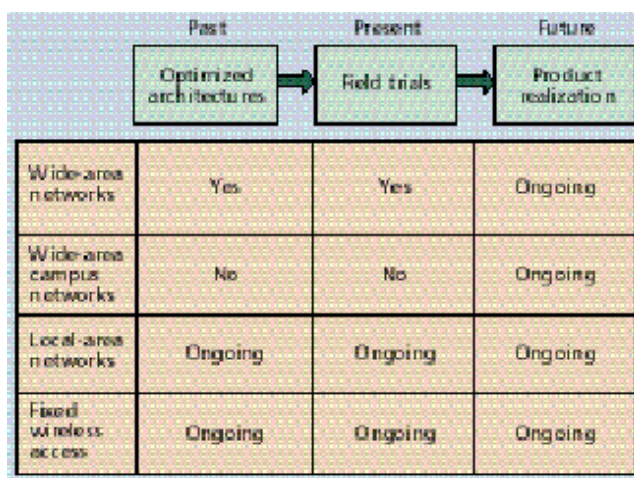
- Μελλοντική μακροπρόθεσμη σταθερότητα.
- Βραχυπρόθεσμη δυνατότητα εφαρμογής.
- Τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης.

Το σχήμα 319 δείχνει τη διείδυση της χωροχρονικής εξουδετέρωσης της παρεμβολής στα ετερογενή ασύρματα δίκτυα για τη παροχή υπηρεσιών πραγματικού χρόνου. Διαίρονται σε δίκτυα εξωτερικά, υπαίθριας-πανεπιστημιούπολης, τοπικής περιοχής και σταθερές ασύρματες αρχιτεκτονικές πρόσβασης. Σε κάθε μια τεχνολογία οι ευφυείς κεραίες θα προσφέρουν τις δυνατότητες απόρριψης της παρεμβολής. Εφαρμόζονται ισχυροί αλγόριθμοι προκειμένου να κερδίσουν σε απόδοση σε όλα τα προαναφερθέντα σενάρια.

Τελικά, η επιλογή κατάλληλης τεχνολογίας θα εξαρτηθεί από τα στοιχεία της εφαρμογής που περιλαμβάνει:

- Το περιβάλλον όπου η ευφυή κεραία επεκτείνεται.
- Το προφίλ του χρήστη.

Στα πλαίσια της ποικιλίας των τοπολογιών των δικτύων και τις αντίστοιχες απαιτήσεις του τελικού χρήστη, σημαντικά ζητήματα που σχετίζονται με τις προδιαγραφές των διεπαφών αέρα και τη αλληλεπίδρασή τους με τη χωροχρονική εξουδετέρωση παρεμβολής θα αναλυθεί παρακάτω. Αυτό μπορεί επίσης να βοηθήσει τους σχεδιαστές να ρίξουν νέο φως στις απαιτήσεις σηματοδοσίας της επεξεργασίας του ST για τα μελλοντικά ασύρματα δίκτυα πολυμέσων.



ΣΧΗΜΑ 3.5 Σημαντικές χωροχρονικές εξελίξεις λήψης.

3.11 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΓΕΝΕΣΗ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ TDMA ΚΑΙ CDMA - ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους το χωροχρονικό φιλτράρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα κινητό σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις οι πιο απλές τεχνικές δίνουν την καλύτερη απόδοση επειδή είναι πιο ανθεκτικές στα δύσκολα περιβάλλοντα διάδοσης. Η καθοδήγηση της δέσμης αναφέρεται στην κατηγορία αλγορίθμων που προσπαθούν να κατευθύνουν μια δέσμη προς το επιθυμητό κινητό αλλά δεν επιχειρούν να μηδενίσουν τα συγκαναλικά σήματα παρεμβολής. Η αποτελεσματική μείωση της παρεμβολής του βασικού καθορισμού δέσμης μπορεί να ενισχυθεί με το συνδυασμό του με άλλες τεχνικές όπως την υπερπήδηση της συχνότητας.

Η προσαρμοστική εξουδετέρωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω μείωση της συγκαναλικής παρεμβολής στην άνω ζεύξη για να βελτιώσει την ολική χωρητικότητα του συστήματος. Στα συστήματα TDMA υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσαρμοστική εξουδετέρωση:

- Χωρικό φίλτράρισμα για τη μείωση παρεμβολής (SFIR)– σε αυτό το σχέδιο η εξουδετέρωση διαμορφώνεται στην κατεύθυνση της παρεμβολής της πηγής στην άνω και στην κάτω ζεύξη Αυτό βελτιώνει το φέρον στην αναλογία παρεμβολής (C/I) και επιτρέπει στη συχνότητα επαναχρησιμοποίησης του σχεδίου να αυξάνεται. Έτσι αυξάνεται η χωρητικότητα.
- Χωρική διαίρεση πολλαπλής πρόσβασης (SDMA) - αυτό περιλαμβάνει τη χρήση προσαρμοστικής εξουδετέρωσης για να επιτρέψει δύο ή περισσότερα κινητά στο ίδιο κύτταρο να μοιραστούν την ίδια σχισμή συχνότητας και χρόνου. Μια ακτίνα διαμορφώνεται για κάθε κινητό με μηδενισμό στην κατεύθυνση των άλλων κινητών.

Το SDMA απαιτεί την καλύτερη απόδοση εξουδετέρωσης από το SFIR επειδή η υψηλή δυναμική περιοχή άνω ζεύξης σηματοδοσίας μέσα σε ένα κύτταρο σημαίνει ότι το C/I του επιθυμητού σήματος μπορεί να είναι μακρά κάτω από 0 dB. Στην περίπτωση του SFIR το C/I είναι συνήθως θετικό. Εντούτοις, το SDMA έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί μεμονωμένα στα μονά κύτταρα (π.χ., σημαντικά σημεία κυκλοφορίας), ενώ το SFIR πρέπει να εφαρμόζεται σε ολόκληρη την ομάδα των κυττάρων. Φυσικά το SDMA απαιτεί επίσης την καθιέρωση των νέων διαδικασιών για την διαχείριση των πόρων των διεπαφών αέρα μέσα σε κάθε κύτταρο. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τις μεταγωγές ενδοκυττάρων.

Στα συστήματα CDMA μια βελτίωση στο C/I οδηγεί σε γενικές γραμμές σε μια ανάλογη βελτίωση στη χωρητικότητα, και οι ευφυείς κεραιές μπορούν να θεωρηθούν ως άμεση επέκταση της τεχνικής τμηματοποίησης που χρησιμοποιείται αυτήν την περίοδο στα συστήματα IS-95. Και οι δύο εκπομπές δέσμης και το SFIR μπορεί να χρησιμοποιηθούν στο CDMA. Εντούτοις, το SDMA είναι ακατάλληλο στα συστήματα CDMA, δεδομένου ότι υπονοεί την επαναχρησιμοποίηση διαδιδόμενων κωδίκων, το οποίο είναι ανεπιθύμητο και μη αναγκαίο.

Η εξουδετέρωση της εκπομπής δέσμης και του SFIR είναι βασισμένη στο γραμμικό χωρικό φίλτράρισμα. Εντούτοις, αυτός δεν είναι ο μόνος τρόπος για να χρησιμοποιηθούν οι στοιχειοκεραίες για την ενίσχυση της απόδοσης.

Μερικά παραδείγματα των εναλλακτικών τεχνικών δίνονται παρακάτω.

- Το σχήμα της εξίσωσης Viterbi που χρησιμοποιήθηκε στο GSM θα μπορούσε άμεσα να επεκταθεί στη λειτουργία ενός διανύσματος των σημάτων από μια στοιχειοκεραία αντί ενός σήματος από έναν δέκτη.
- Οι κοινοί αλγόριθμοι ανίχνευσης που προτείνονται για το TD- CDMA θα μπορούσαν επιπλέον να επεκταθούν για τη λειτουργία διανύσματος.
- Η χρήση της χωρικής ποικιλομορφίας μετάδοσης, η οποία περιλαμβάνει διαβίβαση των μη ταυτόσημων αντιγράφων του σήματος της κάτω ζεύξης από δύο ή περισσότερες κεραιές εκπομπής προκειμένου να εκμεταλλευτεί τη χωρική ποικιλομορφία αυτών των

κεραίων. Παραδείγματος χάριν, στο CDMA το ίδιο σήμα θα μπορούσε να διαβιβαστεί από δύο κεραίες με διαφορετικούς διαδιδόμενους κώδικες.

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

Ένα κινητό ραδιο-κανάλι μπορεί να χαρακτηριστεί από τρεις βασικές παραμέτρους ως εξής:

- Καθυστέρηση διασποράς - περιγράφει τη χρονική διοχέτευση του καναλιού και αναφέρεται στο πόσο γρήγορα το κανάλι αποσυσχετίζεται με τη συχνότητα (εύρος συσχετισμού).
- Διασπορά Doppler- αυτό περιγράφει τη διασπορά συχνότητας του καναλιού και καθορίζεται από την ταχύτητα του κινητού. Αναφέρεται στο πόσο γρήγορα το κανάλι αποσυσχετίζεται με το χρόνο (χρόνος συσχετισμού).
- Γωνιακή διασπορά - περιγράφει τη γωνιακή διασπορά καναλιού και αναφέρεται στο πόσο γρήγορα το κανάλι αποσυσχετίζεται με την απόσταση. Αυτές οι παράμετροι ποικίλλουν για περιβάλλοντα πικοκυψελικά, μικροκυψελικά και μακροκυψελικά. Πολλές από τις παραμέτρους σχεδιασμού του συστήματος ευφυούς κεραίας επηρεάζονται από αυτές τις παραμέτρους καναλιού. Παραδείγματος χάριν, η επιλογή του αλγορίθμου, η δύναμη επεξεργασίας που απαιτείται και η γεωμετρία της στοιχειοκεραίας επηρεάζονται από τις παραμέτρους καναλιού. Επομένως, είναι απίθανο να υπάρχει μία μόνο λύση που να ισχύει σε όλους τους τύπους κυτταρικών περιβαλλόντων. Ένα σύστημα ευφυούς κεραίας θα ήταν βασισμένο σε μια υπόθεση περιβάλλοντος στο οποίο πρόκειται να λειτουργήσει.

ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ (DUPLEXING SCHEMES)

Στα παραδοσιακά κυψελωτά συστήματα, μόνο το κανάλι άνω ζεύξης μπορεί να υπολογιστεί από τον σταθμό βάσης. Επομένως, το διάγραμμα ακτινοβολίας κάτω ζεύξης πρέπει κατά κάποιο τρόπο να προέλθει από τις εκτιμήσεις του καναλιού άνω ζεύξης. Η αντιληπτή κατεύθυνση της άφιξης (DOA) ενός σήματος (ή ακριβέστερα, το διάνυσμα πηγής του) είναι μια λειτουργία και του χρόνου και της συχνότητας σε ένα κανάλι διασποράς μεταβαλλόμενου χρόνου. Το διπλό σχέδιο διεπαφών αέρα είναι επομένως σημαντικό επειδή επηρεάζει το βαθμό συσχετισμού που υπάρχει μεταξύ των καναλιών άνω και κάτω ζεύξης.

Η βελτίωση απόδοσης που αποκτιέται από το σύστημα ευφυούς κεραίας δεν είναι συμμετρική μεταξύ άνω και κάτω ζεύξης για αυτόν τον λόγο. Ο βαθμός ασυμμετρίας εξαρτάται της τάξης του αλγορίθμου που εφαρμόζεται. Η κατεύθυνση του μέγιστου μιας ακτίνας είναι λιγότερο ευαίσθητη στη μετατροπή του χρόνου και της συχνότητας από την κατεύθυνση ενός μηδενικού. Επομένως, η ασυμμετρία είναι ιδιαίτερα εμφανής όταν είναι

απαραίτητος ο σχηματισμός μεγάλων μηδενικών στο διάγραμμα ακτινοβολίας κάτω ζεύξης που απαιτείται για SDMA.

Στα σχέδια TDD τα κανάλια άνω και κάτω ζεύξης μπορούν να θεωρηθούν αμοιβαία εάν τα διανύσματα πηγής των σημάτων δεν αλλάζουνσημαντικά στο χρόνο μεταξύ των χρονοθυρίδων εκπομπής και λήψης. Η συχνότητα αλλαγής του διανύσματος πηγής ελέγχεται από την ταχύτητα κινητού και τη γωνιακή διασπορά του καναλιού. Σε ένα μακροκυβελικό περιβάλλον όπου η γωνιακή διασπορά είναι χαμηλή το διάνυσμα πηγής του κινητού δεν αλλάζει σημαντικά. (πέρα από μια απόσταση πολλών μηκών κύματος.) Σε αυτήν την κατάσταση το διάνυσμα πηγής δεν αλλάζει σημαντικά με τη γρήγορη εξασθένιση.

Εντούτοις, σε μικροκυβελικά περιβάλλοντα, η κίνηση ενός μικρού τμήματος μήκους κύματος μπορεί να είναι αρκετή για να αλλάξει σημαντικά το διάνυσμα πηγής του κινητού και επομένως να εξαφανίσει ένα μηδενικό. Ο σχηματισμός μεγάλων μηδενικών στη κάτω ζεύξη σε μικροκυβελικά περιβάλλοντα δεν είναι πρακτικός σε όλες τις περιπτώσεις. Μια κατάλληλη επιλογή σε πολλά συστήματα μπορεί να είναι η εφαρμογή SFIR στην άνω ζεύξη και κατεύθυνση ακτίνας για τη κάτω ζεύξη. Τα σχέδια FDD των καναλιών άνω και κάτω ζεύξης μπορούν να θεωρηθούν αμοιβαία εάν τα διανύσματα πηγής των σημάτων δεν αλλάζουν σημαντικά ανάμεσα στις συχνότητες εκπομπής και λήψης. Χαρακτηριστικά οι ζώνες άνω και κάτω ζεύξης διαχωρίζονται περισσότερο από ένα εύρος ζώνης του καναλιού, και τα διανύσματα πηγής στις δύο συχνότητες διαφέρουν αρκετά. Μια εξαίρεση σε αυτό είναι η περίπτωση ανοιχτής μακροκυβέλης με ελάχιστη ή καθόλου διασπορά καθυστέρησης ή γωνιακή διασπορά. Σε αυτήν την περίπτωση είναι δυνατή η πρόβλεψη του επιδιωκόμενου DOA στη συχνότητα κάτω ζεύξης χρησιμοποιώντας τη γνωστή γεωμετρία της στοιχειοκεραίας.

3.12 ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ (PILOT CHANNELS)

Σε μερικά κυβελωτά συστήματα δεύτερης γενεάς η εφαρμογή του ελέγχου ραδιοφωνικής μετάδοσης και τα κανάλια σηματοδότησης προκαλούν δυσκολίες για εφαρμογές ευφυούς κεραίας. Παραδείγματος χάριν, είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν οι ευφυείς κεραίες για την επέκταση εύρους κάτω ζεύξης στο GSM. Αυτό συμβαίνει επειδή το μέγεθος του κυττάρου της κυβέλης στη κάτω ζεύξη καθορίζεται από το κανάλι ελέγχου ραδιοφωνικής μετάδοσης (BCCH) το οποίο μετριέται από τα κινητά στις γειτονικές κυβέλες. Αφού το BCCH είναι ένα κανάλι ραδιοφωνικής μετάδοσης πρέπει να εκπέμπεται ομοιοκατευθυντικά. Το BCCH πρέπει επομένως να εκπέμπεται σε μια υψηλότερη δύναμη από τα κανάλια κίνησης λαμβάνοντας υπόψη ότι από τη στιγμή που καθορίζει το κανάλι κίνησης το κέρδος σχηματισμού ακτίνας, θα βελτιωθεί ο υπολογισμός σύνδεσης.

Στην κάτω ζεύξη IS-95 χρησιμοποιείται ένα κανάλι σηματοδοσίας το οποίο μεταδίδεται σε όλα τα κινητά για λόγους συγχρονισμού. Αυτό το σήμα σηματοδοσίας πρέπει να περάσει μέσω του ίδιου καναλιού με το σήμα κίνησης έτσι ώστε ο δέκτης RAKE στο κινητό να λειτουργεί σωστά. Εάν χρησιμοποιούνται ανεξάρτητες ακτίνες κάτω ζεύξης για κάθε χρήστη τότε δεν ισχύει το παραπάνω και επομένως η τρέχουσα διεπαφή αέρα IS-95 είναι ακατάλληλη για το σχηματισμό ακτίνας κάτω ζεύξης. Το UMTS υπερνικά αυτό το πρόβλημα με την παροχή ενός συγκεκριμένου πειραματικού σήματος κάτω ζεύξης για κάθε ένα κινητό.

Μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι προαναφερθείσες λεπτομέρειες καλύπτουν μόνο ένα συγκεκριμένο σύνολο διεπαφής αέρα. Καθώς οι νέες τεχνολογίες φυσικού επιπέδου συνεχίζουν να εμφανίζονται, θα είναι μια συνετή επένδυση οι επεξεργαστές ST που είναι αποτελεσματικά ανεξάρτητοι από οποιεσδήποτε λεπτομέρειες διεπαφής αέρα.

3.13 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΤΕΡΟΓΕΝΗ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Σε αυτό το τμήμα, βλέπουμε την τοπολογία δικτύου κατά μήκος τριών κατευθύνσεων. Συμπεριλαμβάνονται τα υπαίθρια δίκτυα με υψηλή κινητικότητα χρηστών, τα σταθερά ασύρματα κατοικιών, καθώς επίσης και οι χρήστες χαμηλής-κινητικότητας σε ένα δίκτυο εκτενής ζώνης - πανεπιστημιούπολης. Με βάση αυτό περιγράφονται, η ανάλυση απόδοσης και οι παράμετροι που ελέγχουν την επιλογή μιας λύσης επεξεργασίας χωροχρόνου σε ένα χαρακτηριστικό κυψελωτό δίκτυο. Λόγω των πρόσφατων τρεχόντων δραστηριοτήτων δίνεται περισσότερη έμφαση στην εκτίμηση εξωτερικού δικτύου.

ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Το σχέδιο των κατάλληλων χωροχρονικών συστημάτων για συστήματα υψηλής κινητικότητας με πιθανά δεδομένα που έχουν ταχύτητα μέχρι 2 Mb/s έρχεται αντιμέτωπο με ένα πλήθος προκλήσεων και είναι ουσιαστικό να αναγνωριστούν τα υποσυστήματα που περικλείουν τα βασικά μπλοκ. Η κατάσταση επομένως απαιτεί τη διαδικασία ενσωμάτωσης εξειδικευμένων αλγορίθμων στο σχέδιο. Μερικές πτυχές της μελέτης για μακροκυψέλες και για μικροκυψέλες πραγματοποιήθηκαν σε μια ευρωπαϊκή εργασία που ονομάστηκε TSUNAMI.

Αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα TDMA- οι ακόλουθοι αλγόριθμοι συγκρίθηκαν στις δοκιμές:

- **Μοναδικό στοιχείο** - είναι η περίπτωση αναφοράς στην οποία μόνο ένα στοιχείο της στοιχειοκεραίας χρησιμοποιήθηκε και στην άνω ζεύξη και στη κάτω ζεύξη. Καμία επεξεργασία προσαρμογής δεν εκτελέστηκε.
- **Συνδυασμός μέγιστης αναλογίας (MRC)** - αυτός ο αλγόριθμος εκτελεί μέγιστη αναλογία που συνδυάζεται στην άνω ζεύξη και χρησιμοποιεί το ίδιο διάνυσμα βάρους για

την κάτω ζεύξη. Αυτός ο αλγόριθμος εξετάστηκε χρησιμοποιώντας και τα οκτώ στοιχεία (MRC8) καθώς και μόνο τα δύο εξωτερικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας (MRC2). Το διάνυμα βάρους ανανεώνεται κάθε τέσσερα πλαίσια (18.46ms).

- **Διπλό στοιχείο σάρωσης φάσης** - σε αυτό το σχέδιο μόνο τα δύο εξωτερικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας χρησιμοποιούνται. Και τα δύο στοιχεία έχουν σταθερά βάρη μέγεθος μονάδας αλλά η φάση του ενός στοιχείου αυξάνεται με βήμα 90° σχετικά με το άλλο στοιχείο σε κάθε επανάληψη. Αυτές οι αλλαγές φάσης συμβαίνουν κάθε τέσσερα πλαίσια (18.46ms).
- **Προσωρινό πλέγμα ακτινών αναφοράς σχηματισμού ακτίνας (trb)** - αυτός ο αλγόριθμος αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Άλμποργκ για τη χρήση συστήματος σε δοκιμαστικό πεδίο. Λειτουργεί χρησιμοποιώντας την σειρά κατάρτισης DCS- 1800 που λαμβάνεται στην άνω ζεύξη για να διαμορφώσει μια εκτίμηση απάντησης του καναλιού από το κινητό σε κάθε στοιχείο της στοιχειοκεραίας. Αυτές οι απαντήσεις σχηματίζουν ακτίνα χρησιμοποιώντας ένα σταθερό σύνολο ακτινών για να λάβουν μια εκτίμηση της λαμβανόμενης ενέργειας του σήματος ως συνάρτηση του χρόνου άφιξης και της κατεύθυνσης άφιξης (DOA).

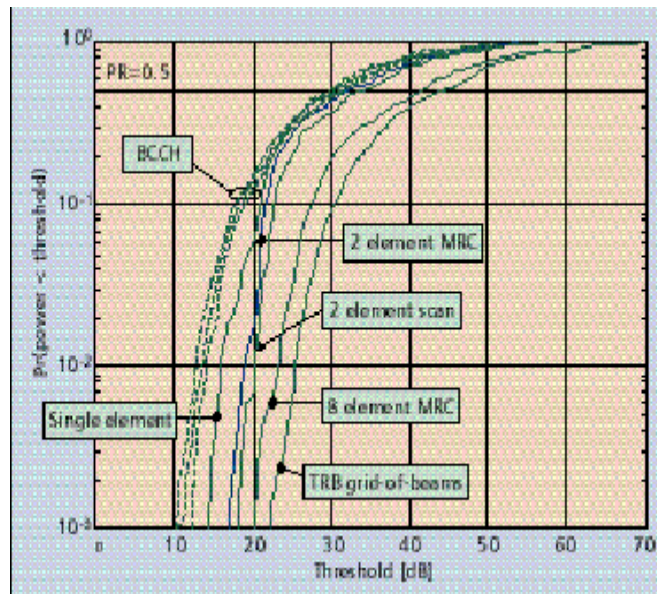
Η ενέργεια της απάντησης σε κάθε σχηματισμό TOA – DOA υπολογίζεται κατά μέσο όρο πέρα από διάφορα πλαίσια για να διαμορφώσει μια εκτίμηση της μέσης κατεύθυνσης της άφιξης. Η ακτίνα που αντιστοιχεί στη μέγιστη ενέργεια σήματος επιλέγεται για τη μετάδοση της κάτω ζεύξης. Το διάνυμα βάρους ενημερώνεται κάθε οκτώ πλαίσια (36.92ms). Κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής τα κινητά καταγράφουν όχι μόνο την ισχύ του καναλιού κίνησης κάτω ζεύξης αλλά και την ισχύ του καναλιού ραδιοφωνικής μετάδοσης (BCCH) του σταθμού βάσης. Στο σχήμα 3.20 παρουσιάζονται οι καμπύλες διακοπής λειτουργίας της ισχύος BCCH, δείχνοντας ότι τα αποτελέσματα επαναλαμβάνονται κάθε φορά που πραγματοποιείται ένα διαφορετικό πείραμα

Η χρήση της εκπομπής ακτίνας στην κάτω ζεύξη δεν αναμένεται να αλλάξει εντυπωσιακά τη μορφή του σχεδιαγράμματος μέτρησης της ισχύος που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.21. Εντούτοις, μπορούμε να αναμείνουμε μια αύξηση στην μέση λαμβανόμενη ισχύ και μια μείωση του αριθμού των μεγάλων εξασθενήσεων. Συνεπώς, οι μορφές από κάθε μια από τις διακοπόμενες καμπύλες στο σχήμα 3.20 είναι κατά ένα μεγάλο μέρος το ίδιο, αλλά μετατοπίζονται προς τα δεξιά για διάφορα ποσά.

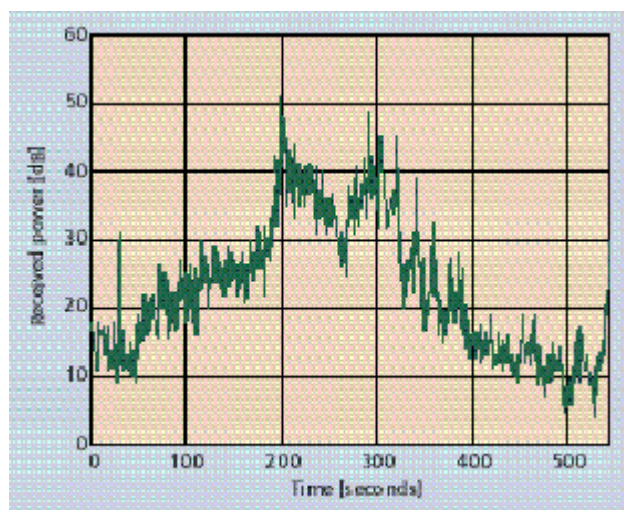
Το σήμα BCCH εκπέμπεται σε μια υψηλότερη ισχύ από τα σήματα που εκπέμπονται από κάθε στοιχείο του σχηματιστή ακτίνας. Ένας παράγοντας διόρθωσης έχει εφαρμοστεί στο σχήμα 3.20 βασισμένος στις εκτιμήσεις από τις εκπεμπόμενες δυνάμεις που γίνονται από τον εξοπλισμό του σταθμού βάσης. Η καμπύλη μοναδικού στοιχείου εμφανίζεται ελαφρώς προς τα δεξιά των μετρήσεων BCCH που θα μπορούσαν να είναι το αποτέλεσμα λαθών στην εκτίμηση των εκπεμπόμενων ισχύων του σταθμού βάσης. Διαπιστώθηκε ότι ο αλγόριθμος

TRB πλέγματος ακτινών παρείχε την καλύτερη γενική απόδοση από την άποψη της λαμβανόμενης ισχύος σήματος και της ποιότητας σύνδεσης.

Εντούτοις, η μέγιστη αναλογία που συνδυάζει τον αλγόριθμο (MRC) παρέχει σχεδόν 3 dB περισσότερο κέρδος από τον αλγόριθμο TRB του πλέγματος ακτινών. Το ποσό του κέρδους που λαμβάνεται με τον αλγόριθμο MRC έδωσε τη μεγάλη διαφορά συχνότητας και τη χρονοκαθυστέρηση μεταξύ των καναλιών άνω και κάτω ζεύξης. Περαιτέρω έρευνες συνεχίζονται για να αποκτηθεί λεπτομερέστερη ανάλυση από το πεδίο μετρήσεων. Παρακάτω περιγράφεται η πραγματοποίηση ενός εξουδετερωτή παρεμβολής για εξωτερικά δίκτυα τρίτης γενιάς.



ΣΧΗΜΑ 3.20 Διανομή των μετρήσεων ισχύος στην κάτω ζεύξη για διάφορους αλγόριθμους.



ΣΧΗΜΑ 3.21 Λαμβανόμενη ισχύ μετρημένη στο κινητό στην μικροκυβελική διαδρομή (χρησιμοποιεί ένα μοναδικό στοιχείο για τη μετάδοση στην κάτω ζεύξη).

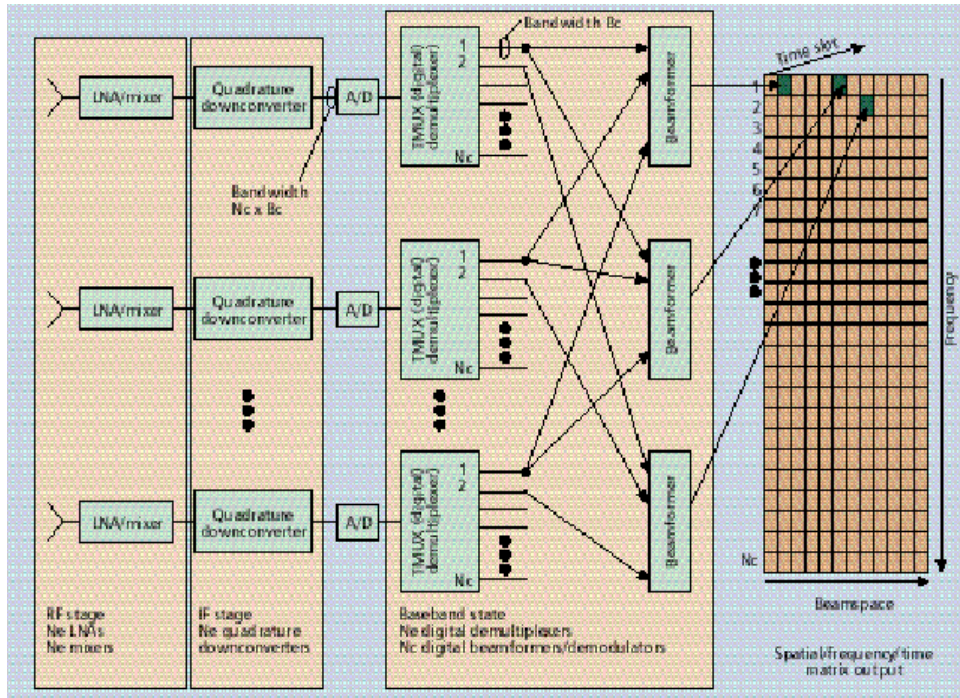
Χωροχρονική πραγματοποίηση αρχιτεκτονικής μέσω δια-πολυπλεξίας και σχηματισμού ακτίνας διέλευσης ζώνης- σε εξωτερικά δίκτυα, κάθε σταθμός βάσης μπορεί να επεξεργάζεται τα σήματα σε περισσότερα από ένα φέροντα ταυτόχρονα. Η αποδοχή και η εκπομπή πολυφέροντων απαιτούν την αποπολυπλεξία FDMA και τις λειτουργίες πολυπλεξίας, αντίστοιχα, και είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως τέτοιες λειτουργίες ολοκληρώνονται με τη λειτουργία σχηματισμού ακτίνας.

Οι διαδικασίες της αποδιαμόρφωσης FDMA και ο σχηματισμός ακτίνας μπορούν να συνδυαστούν σε ψηφιακό τομέα με τη χρησιμοποίηση ενός ψηφιακού φίλτρου, ή πολυπλέκτη (TMUX), για να διαχωρίσει όλα τα φέροντα σε κάθε σταθμό βάσης πριν από το σχηματισμό ακτίνας και την αποδιαμόρφωση. Εκ πρώτης όψεως μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να φανεί ανεπαρκής, εφόσον δε θα χρησιμοποιηθούν όλα τα κανάλια που προέρχονται από τον αποπολυπλέκτη.

Εντούτοις, το σχέδιο παρέχει έναν πολύ υψηλό βαθμό ευελιξίας, που εύκολα υποστηρίζει δυναμική κατανομή συχνότητας. Ολοκληρώνοντας το σχηματισμό ακτίνας και τις συναρτήσεις δρομολόγησης συχνότητας μέσα στο ψηφιακό τομέα και χρησιμοποιώντας αποδοτικές μεθόδους ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αποδοτική αρχιτεκτονική επεξεργαστή ακτίνας-συχνότητας.

Μια πιθανή αρχιτεκτονική δέκτη που βασίζεται στους ψηφιακούς πολυπλέκτες παρουσιάζεται στο σχήμα 3.22 Τα κύρια χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του σχήματος 3.22 είναι τα εξής:

- Ένα στάδιο RF που αποτελείται από το N_e LNAs και μίκτες N_e , όπου το N_e είναι ο αριθμός των στοιχείων της στοιχειοκεραίας.
- Οι υπο-μετατροπείς N_e οι οποίοι μεταφράζουν το σύνολο της μάντας σε μηδέν IF. Οι μίκτες N_e διπλής μετατροπής σε A/D χρησιμοποιούνται για την ψηφιοποίηση της ευρείας ζώνης των στοιχείων σήματος.
- Ψηφιακοί πολυπλέκτες N_e . Κάθε ένας από αυτούς εκτελεί μια αποπολυπλεξία συχνότητας, διαχωρίζοντας τα ψηφιακά σήματα εισόδου ευρείας ζώνης σε N_e στοιχεία μηδενισμού-IF, κάθε ένα από αυτά με εύρος ζώνης B_c .
- Οι ψηφιακοί σχηματιστές ακτίνας N_e και οι αποδιαμορφωτές, καθ' ένας από τους οποίους εξυπηρετεί ένα μοναδικό σήμα φέροντος. Σημειώστε ότι μπορούν να σχηματιστούν περισσότερες από μια ακτίνα σε κάθε συχνότητα φέροντος, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.22 Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα της αρχιτεκτονικής απαιτείται για τη λειτουργία πρόσβασης διαίρεσης χώρου (SDMA). Κάποια μορφή ενός προγραμματισμένου διακόπτη θα χρησιμοποιηθεί για να δρομολογήσει τα εξωτερικά κανάλια TMUX σε μοντέλο σχηματισμού ακτίνας. Ο διακόπτης μπορεί να μετατραπεί γρήγορα για να υποστηρίξει λειτουργίες δυναμικής κατανομής καναλιού (DCA).



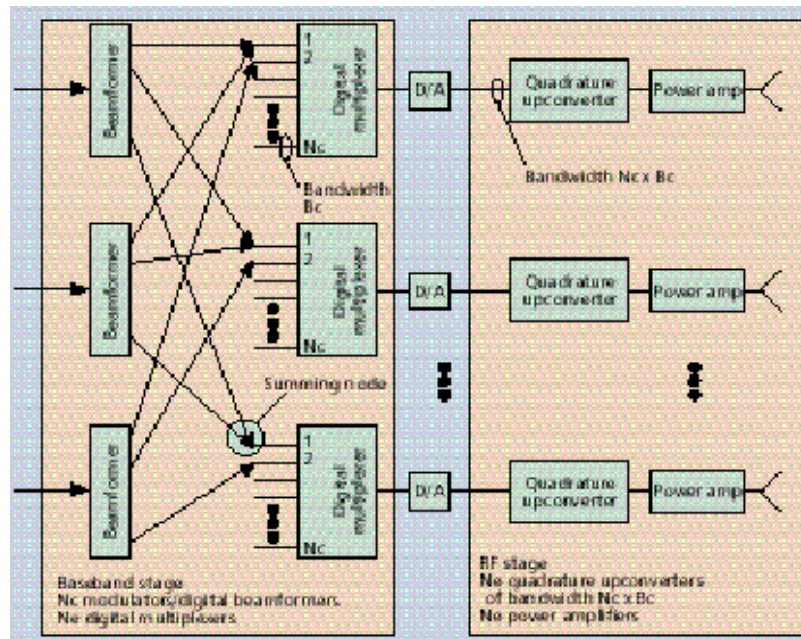
ΣΧΗΜΑ 3.22 Αρχιτεκτονική δεκτών πολυπλεκτών μετάδοσης (Transmultiplexer TMUX).

Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το πρόβλημα της μεταφοράς της σύνδεσης στοιχείου-ακτίνας από τον αναλογικό σε ψηφιακό τομέα. Αυτό αυξάνει την έμφυτη ευελιξία της αρχιτεκτονικής, επιτρέποντας σε κάθε λαμβανόμενο φέρον να δρομολογείται εύκολα σε έναν επεξεργαστή σχηματισμού ακτίνας με έλεγχο κατάλληλου λογισμικού. Άλλο πλεονέκτημα του σχεδίου TMUX αποπολυπλεξίας είναι η δυνατότητα εφαρμογής αναμειγμένων συχνοτήτων έτσι ώστε να προσφέρει μια ποικιλία καναλιών με διαφορετικό εύρος ζώνης. Καθένα από αυτά αντιστοιχεί σε υπηρεσίες με διαφορετικό ρυθμό ψηφίων που προβλέπονται για το UMTS. Η ισοδύναμη αρχιτεκτονική εκπομπού φαίνεται στο σχήμα 3.23 Οι κύριες ιδιότητες της αρχιτεκτονικής του εκπομπού συνοψίζονται παρακάτω:

- Ψηφιακοί διαμορφωτές και σχηματιστές ακτίνας Κάθε ένας από αυτούς παράγει σύνθετα ψηφιακά σήματα διέλευσης ζώνης N_e .
- Ψηφιακοί πολυπλέκτες N_e . Κάθε πολυπλέκτης συσσωρεύει τα εισερχόμενα ψηφιακά στοιχεία στη συχνότητα. Επιπλέον μεταφράζει κάθε σήμα διέλευσης ζώνης στην επιθυμητή θέση φέροντος. Σημειώνουμε ότι περισσότερα από ένα διαμορφωμένα σήματα μπορούν να εκπέμπουν το ίδιο φέρον εάν είναι διαχωρισμένα χωρικά από SDMA. Αυτό απαιτεί άθροισμα των κόμβων στις εισόδους στους πολυπλέκτες όπως φαίνεται στο σχήμα 3.23. Οι έξοδοι των ψηφιακών πολυπλεκτών τροφοδοτούνται στους μετατροπείς D/A.

Συνδυάζοντας τα εκπεμπόμενα σήματα εξαλείφεται η ανάγκη για συνδυαστές ισχύος RF. Ο ψηφιακός συνδυασμός είναι χωρίς απώλειες και προσφέρει αυξημένη γραμμικότητα

και ευελιξία. Η προσέγγιση TMUX μετατρέπει τις λειτουργίες της υπο-μετατροπής και άνω μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό τομέα. Αυτό μειώνει τον αριθμό των αναλογικών εξαρτημάτων που απαιτούνται. Όμως οι απαιτήσεις απόδοσης των αναλογικών εξαρτημάτων αυξάνονται επειδή πρέπει να λειτουργούν σε αυξημένο εύρος ζώνης και γραμμικότητας. Στο δέκτη TMUX ο αυτόματος έλεγχος κέρδους δεν μπορεί να διενεργηθεί στον αναλογικό τομέα με μια βάση ανά-φέρον. Αυτό υπονοεί ότι η ανάλυση A/D είναι τέτοια ώστε μπορεί να υποστηριχθεί μία δυναμική έκταση φέροντος σημάτων. Το πρακτικό εύρος ζώνης της αρχιτεκτονικής TMUX περιορίζεται από το ρυθμό δείγματος. Η διαστρέβλωση ενδο-διαμόρφωσης μεταξύ των φερόντων στο αναλογικό μέρος του δέκτη και του εκπομπού είναι επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα. Ο βαθμός γραμμικότητας που απαιτείται από αυτά τα εξαρτήματα απαιτεί τη χρήση προηγμένων προσαρμοστικών τεχνικών γραμμικής μορφοποίησης στις αλυσίδες του δέκτη και του εκπομπού.



ΣΧΗΜΑ 3.23 Αρχιτεκτονική εκπομπών (Transmultiplexer TMUX).

Αρχιτεκτονικές για τη χωροχρονική επεξεργασία σε Συστήματα CDMA - η χωροχρονική επεξεργασία στα συστήματα CDMA είναι συχνά διαμορφωμένη ως ένας αποτελεσματικός συνδυασμός του σχηματιστή ακτίνας και του δέκτη RAKE. Αυτό αναφέρεται ως μία διδιάστατη (2D) αρχιτεκτονική δεκτών RAKE. Μερικές τεχνικές υιοθετούν την προσέγγιση όπου υπάρχει ένα κανάλι σηματοδοσίας (pilot channel) ή κανάλι πρόσβασης στο οποίο ακριβώς ο κώδικας PN εκπέμπεται, χωρίς στοιχεία.

Ωστόσο, για να ενσωματωθεί η ευελιξία η προσέγγιση πρέπει επίσης να λειτουργήσει εάν το κανάλι σηματοδοσίας (pilot channel) ή το κανάλι πρόσβασης υιοθετηθεί. Η αρχιτεκτονική ερευνητών λειτουργεί με το συσχετισμό του κώδικα PN με το λαμβανόμενο

σήμα να δημιουργεί ένα σχεδιάγραμμα ενέργειας-καθυστερήσης. Αυτό είναι μια μέτρηση από μια λαμβανόμενη ενέργεια σήματος ως λειτουργία του κώδικα μετατόπισης που χρησιμοποιείται στα συστήματα δεκτών. Εξετάζεται έπειτα το σχεδιάγραμμα ενέργειας-καθυστερήσης για να εκτιμήσει τον αριθμό των πολλαπλών διαδρομών των στοιχείων στο σήμα και τον PN κώδικα μετατόπισης από κάθε πολλαπλή διαδρομή των στοιχείων.

Ο 2D RAKE αποτελείται από έναν αριθμό χωρικών τομέων, κάθε ένας του οποίου μπορεί να διαμορφώσει μια ανεξάρτητη ακτίνα. Σε κάθε τομέα είναι ορισμένο ένα εξάρτημα πολλαπλής διαδρομής. Ένας πιθανός μηχανισμός για να αποκτηθεί η επίγνωση στη δισδιάστατη (2D) αρχιτεκτονική RAKE είναι να επινοηθούν μερικά πειράματα προσομοίωσης. Η αναζήτηση μπορεί να εκτελεσθεί ανεξάρτητα σε κάθε τομέα σε μια τέτοια άσκηση προσομοίωσης. Εάν καμιά πολλαπλή πορεία δεν ανιχνευθεί από το δισδιάστατο (2D)ερευνητή όλα τα βάρη θα τεθούν στο μηδέν και η υπόλοιπη επεξεργασία πραγματοποιείται με ένα απλό τρόπο. Αυτήν την περίοδο ερευνούνται διάφορες αλγοριθμικές λύσεις για να προσδιορίσουν τα αρχιτεκτονικά εξαρτήματα του χωροχρονικού δισδιάστατου δέκτη (2D RAKE) για 3G ασύρματα εξωτερικά δίκτυα.

ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Αυτή η τοπολογία δικτύων αποτελείται από τα ιδιαίτερα δεδομένα κομματιασμένων πακέτων ροής με ρυθμό δεδομένων πάνω από 10 Mb/s που χαρακτηρίζονται από χαμηλή κινητικότητα σε αντιδιαστολή με τα χαρακτηριστικά εξωτερικά δίκτυα όπου οι χρήστες δοκιμάζουν υψηλή κινητικότητα. Με τις αυξανόμενες απαιτήσεις για δυνατότητες ευρείας ζώνης και τη πρόσφατη τάση προς τα δεδομένα μετάδοσης πέρα από τα καθορισμένα δίκτυα μαζί με το Διαδίκτυο, οι πλατφόρμες εναλλακτικής μετάδοσης πακέτου πληροφοριών γίνονται δημοφιλείς.

Η χωροχρονική αρχιτεκτονική θα επινοηθεί για να παραδώσει αποδεκτό QoS σε παρόμοιες καταστάσεις σε υψηλό ρυθμό δεδομένων πακέτου επικοινωνιών που προσφέρουν ποικίλες υπηρεσίες. Συχνότερα τα τερματικά μπορούν να οργανώσουν και να τροποποιήσουν τις περιόδους για τη φωνή, τα δεδομένα, την εικόνα καθώς επίσης και βίντεο μέσω των ασύρματων συνδέσεων στους σταθμούς βάσης.

Πολλαπλό σύστημα πρόσβασης- τα πολλαπλά συστήματα πρόσβασης τύπων CDMA δεν ακολουθούνται ως εφικτές επιλογές για αυτό το δίκτυο. Και αυτό εξαιτίας του ρυθμού δεδομένων και των αντίστοιχων διαδιδόμενων ρυθμών μετάδοσης. Με τη γρήγορη εξάπλωση του Διαδικτύου που συνδυάζεται με τις προόδους στο RF και την ψηφιακή τεχνολογία, τα νέα πολλαπλά συστήματα πρόσβασης συμπεριλαμβανομένων των υψηλών επιπέδων διαμορφώσεων και του OFDM για τις ασύρματες επικοινωνίες προκύπτουν ως πιθανές λύσεις μαζί με τις χωροχρονικές αρχιτεκτονικές.

Πρόσθετες ανάγκες σχετικές με την κυκλοφορία πακέτων - Η κίνηση πακέτων χαρακτηρίζεται συχνά ως τεμαχισμένη (bursty). Διεισδύοντας πακέτα λανθάνουσας κατάστασης στους κόμβους δικτύων και στην άποψη της τρέχουσας ποιότητας της δραστηριότητας υπηρεσιών ο ρόλος των χωροχρονικών αρχιτεκτονικών είναι υπό συζήτηση.

ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Αυτό το δίκτυο καλείται επίσης ασύρματος τοπικός βρόχος (WLL) και κατά μία έννοια εξετάζει τη γρηγορότερη εγκατάσταση με τη χρήση ραδιοτεχνολογίας για να προσφέρει μια σταθερή τηλεφωνική γραμμή. Τα αρχικά WLLs είναι περιορισμένης ζώνης προσφέροντας από 32 kb/s ως ένα μέγιστο 128 kb/s. Νέα συστήματα WLL ευρείας ζώνης προκύπτουν με ρυθμό πληροφορίας της τάξεως των 25 Mb/s ανά συνδρομητή με τη χρήση της τεχνολογίας μετάδοσης πακέτων και λειτουργώντας σε υψηλότερες συχνότητες. Αντίθετα από τα κυψελωτά συστήματα, δεν υπάρχει σαφές πρότυπο για WLL.

Εντούτοις, το Ευρωπαϊκό ίδρυμα προτύπων τηλεπικοινωνιών (ETSI) καθιέρωσε ένα πρόγραμμα αποκαλούμενο δίκτυα ραδιοπρόσβασης ευρείας ζώνης (BRAN) τον Απρίλιο του 1997 για να πραγματοποιήσει τις εφαρμογές πολυμέσων και υπηρεσίες που παρέχονται από το συνδυασμό των δικτύων ραδιοτοπικής περιοχής ευρείας ζώνης και σταθερής ραδιοπρόσβασης μετά το 2002.

Η ολοκλήρωση των επεξεργαστών χωροχρόνου σε αυτό το πλαίσιο μετριάζει τους περιορισμούς σε σχέση με τη χωρητικότητα και τη γενική λειτουργικότητα από την άποψη της υψηλής ποιότητας, της μικρής καθυστέρησης φωνής και των δεδομένων. Τα συστήματα WLL αναμένονται να παραδώσουν QoS που είναι πολύ κοντά σε αυτό που παρέχεται από τα τοπικά φέροντα ανταλλαγής. Εξαιτίας της χαμηλής κινητικότητας που συνδυάζεται με τον έλεγχο ισχύος και την χαμηλή αναλογία παρεμβολής προς φέρον (C/I), ένας υψηλός βαθμός επαναχρησιμοποίησης αναμένεται. Η χωρητικότητα του συστήματος, επομένως, περιορίζεται από συγκαναλικές εκπομπές που προκύπτουν από άλλες ταυτόχρονες μεταδόσεις. Αυτό πρέπει να είναι η πρωταρχική μέριμνα του σχεδιαστή για να απορρίψει την παρεμβολή από την επαναχρησιμοποίηση σχηματίζοντας μια στενή δέσμη ακτίνας στην κατεύθυνση του χρήστη.

Προσεκτική επιλογή των συντελεστών του επεξεργαστή απαιτείται για να κινήσει την ακτίνα πάνω-κάτω μεγιστοποιώντας το κέρδος της στοιχειοκεραίας. Αυτό προκαλεί την εφαρμογή σε SDMA για WLL. Προκειμένου να εξασφαλιστεί αποτελεσματική εξουδετέρωση παρεμβολής από επεξεργαστή χωροχρόνου, το σχέδιο ακτίνας που παράγεται επί του σταθερού σημείου πρέπει επίσης να βελτιστοποιηθεί. Για αυτόν τον σκοπό απαιτείται σημαντική έρευνα ώστε να επισημανθούν κατάλληλα βελτιστοποιημένοι αλγόριθμοι.

3.14 ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Η βασική απαίτηση για τη χωροχρονική αρχιτεκτονική είναι να υιοθετήσει τους γερούς προσαρμοστικούς αλγόριθμους για να εξασφαλίσει την αξιόπιστη λειτουργία της ευφούς κεραίας. Η εκρηκτική ανάπτυξη των συστημάτων επικοινωνιών παρεμβολής έχει προκαλέσει αύξηση ποικίλων αλγόριθμων στα διαφορετικά πλαίσια εργασίας.

Το επίκεντρο του προβλήματος είναι η κατασκευή εύκαμπτων αλγορίθμων κατάλληλων για εφαρμογή όταν ο χρήστης κινείται μεταξύ των διάφορων τοπολογιών δικτύων. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει επέμβαση διαχείρισης του συστήματος δικτύου για τον εντοπισμό της μετακίνησης του χρήστη από το ένα σημείο στο άλλο. Η μετακίνηση του χρήστη θα προκαλέσει έναν μηχανισμό στο δίκτυο ο οποίος θα παρέχει έναν κατάλληλο αλγόριθμο στο δίκτυο ραδιοπρόσβασης που πρόκειται να εξυπηρετήσει το χρήστη. Σημειώνεται ότι σε αυτήν την περίπτωση η εύκολη μεταγωγή αποκλείεται. Κάτω από αυτές τις περιστάσεις, είναι επιτακτικό το δίκτυο να γνωρίζει τη θέση του χρήστη με επαρκή ακρίβεια. Αυτό επίσης θα μειώσει τη σηματοδοσία πάνω στο δίκτυο. Υπάρχει εντατική τρέχουσα εργασία σχετικά με τη διαχείριση θέσης του χρήστη στα ετερογενή δίκτυα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή οργάνωσε ένα εργαστήριο στο οποίο διάφορες τεχνικές εκτίμησης θέσης συμπεριλαμβανομένου του συστήματος παγκόσμιου εντοπισμού (GPS) συζητήθηκαν. Ένα περαιτέρω πιθανό βήμα είναι η σκέψη μιας εφαρμογής για να ενσωματωθεί ένα είδος συνδυασμού ανάμεσα στην αρχιτεκτονική χωροχρόνου και στις ενότητες διαχείρισης πηγής στους κόμβους δικτύων που χρησιμοποιούν πληροφορίες θέσης που καθορίζονται από τον επεξεργαστή του ST.

Χρονικοί μέθοδοι δομής καλύπτονται από σταθερούς συντελεστές (CM) και στατιστικές μεθόδους υψηλής διάταξης (HOS). Ο αλγόριθμος (CM) προσπαθεί να ελαφρύνει τη δομική βλάβη του σήματος που εισάγεται από το κανάλι και τη παρεμβολή. Ολοκληρώνεται με τη διατήρηση σταθερής εξόδου στη στοιχειοκεραία διατηρώντας συγχρόνως τη φάση της στοιχειοκεραίας. Οι αλγόριθμοι (CM) μπορούν σε γενικές γραμμές να υιοθετήσουν προσέγγιση απότομης καθόδου ή προσέγγιση ελαχίστων τετραγώνων για να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση κόστους (CM).

Πρόσφατα, το πλαίσιο εργασίας (HOS) έλαβε αυξανόμενο ενδιαφέρον. Μία από τις πιο δημοφιλείς λύσεις είναι η κατασκευή ενός πίνακα και έπειτα η εκτέλεση της μοναδικής αξίας (SVD) του αντίστοιχου πίνακα για να ανακτηθούν τα σήματα πηγής για σχηματισμό ακτίνας. Το πλεονέκτημα αυτών των τεχνικών είναι ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε αυθαίρετη διαμόρφωση στοιχειοκεραίας και δεν απαιτείται οποιαδήποτε γνώση της αντίδρασης της στοιχειοκεραίας. Επιπλέον, αυτό το πλαίσιο υπερνικά την ευαισθησία του προβλήματος που σχετίζεται με τον κακό συνδυασμό στο σχεδιασμό των σχηματισμών ακτινών.

Όταν μια προσαρμοστική λύση επιδιώκεται, σε μια διαφορετική κατηγορία αλγορίθμων, έχει μεγάλη σημασία η τεχνική βελτίωσης της ταχύτητας σύγκλισης χωρίς να περιέλθει το τοπικό ελάχιστο καθώς και η δυνατότητα εντοπισμού. Η παροχή σήματος αναφοράς είναι κρίσιμη για τέτοιους αλγορίθμους κατάρτισης. Στην περίπτωση των αυτοκατευθυνόμενων αλγορίθμων, μετά από την αποδιαμόρφωση της εξόδου της στοιχειοκεραίας λαμβάνεται δυαδική απόφαση για να ανατροφοδοτείται και να παρέχει το σήμα αναφοράς. Ένα χρονικό σήμα αναφοράς απαιτείται επίσης στην άνω ζεύξη για να παρέχει επαρκής εκτίμηση χωροχρονικού καναλιού ή 2D απάντηση παλμού στα συστήματα TDMA.

Εντούτοις, απαιτούνται κατάλληλες μακροχρόνιες ακολουθίες κατάρτισης, με επιθυμητές ιδιότητες συσχετισμού για να βοηθήσουν τη προσαρμοστική κεραία να διακρίνει τους κινητούς χρήστες στην περιοχή του σταθμού βάσης. Το μήκος εξαρτάται από τον αριθμό των στοιχείων της κεραίας που χρησιμοποιούνται μέσα στην προσαρμοστική κεραία και τον τύπο της χωροχρονικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται. Το μήκος των κωδίκων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα CDMA είναι επίσης σημαντικό σε σχέση με τον προσδιορισμό των διαφορετικών διαδρομών για πιο σύνθετα συστήματα εξουδετέρωσης παρεμβολής.

Ένα ακόμα σχετικό θέμα είναι η τεχνική καναλιών βασισμένη στην μεγιστοποίηση του αλγόριθμου (SAGE). Στα συστήματα TDMA, οι αρχιτεκτονικές της προσαρμοστικής κεραίας λειτουργούν υπολογίζοντας την κατεύθυνση των επιθυμητών σημάτων από τα λαμβανόμενα δεδομένα και επιτρέποντας τη χωρική διαίρεση πολλαπλής πρόσβασης (SDMA), ενώ οι χρήστες είναι χωρισμένοι μέσα σε μια κυψέλη κυρίως χωρικής επεξεργασίας και μοιράζονται την κοινή συχνότητα.

Μια λεπτομερής μελέτη προσομοίωσης τονίζεται στα κέρδη επεξεργασίας CIR στην άνω και στην κάτω ζεύξη που συγκρίνονται με το μοναδικό στοιχείο στα 15dB και στα 6dB, αντίστοιχα. Μια διαφορετική κατηγορία αλγορίθμων βασισμένη στα μοντέλα Markov εξετάστηκε στην επεξεργασία της στοιχειοκεραίας. Αυτός ο αλγόριθμος βασικά λειτουργεί σε μια δικτυακή δομή και έχει μια διπλή λειτουργία στην έναρξη και στον τρόπο που χρησιμοποιεί τις διαδικασίες επανεκτίμησης. Από αυτές τις υπάρχουσες λύσεις, οι χωροχρονικές αρχιτεκτονικές και για την άνω ζεύξη και για την κάτω ζεύξη πρέπει να επιλεγθούν προσεκτικά για να χαρτογραφήσουν τελικά αυτές τις χωροχρονικές αρχιτεκτονικές για τα ετερογενή δίκτυα.

Συγκεκριμένα, για τα υπαίθρια δίκτυα τρίτης-γενιάς όπου ο W-CDMA επιλέχτηκε ως η διεπαφή αέρα, ο κοινός μετριάσμος της εσωτερικής παρεμβολής συμβόλου (ISI) και της πολλαπλής παρεμβολής πρόσβασης (MAI) είναι μια απαίτηση για να επιτευχθεί μέγιστη φασματική αποδοτικότητα. Πραγματοποιείται έρευνα για τη βελτιστοποίηση ευέλικτων αλγορίθμων βασισμένων στη διεπαφή αέρα. Στόχος της έρευνας είναι να αξιολογήσει την

αύξηση της χωρητικότητας μέσω της εφαρμογής των πολλαπλών στοιχείων κεραιών στο κινητό τερματικό

Έχει προκύψει και ένας άλλος ενδιαφέρον κλάδος υψηλής χωρητικότητας χωροχρονικών αρχιτεκτονικών. Για τα συστήματα περιορισμένης ζώνης οι χωροχρονικές τεχνικές κωδικοποίησης προσφέρουν σημαντική βελτίωση απόδοσης πέρα από την τυποποιημένη προσέγγιση αποδιαμορφωμένου σήματος χρήστη. Οφέλη προέκυψαν και από το συνδυασμό εκπομπής και λήψης ποικιλομορφίας για να δημιουργηθεί μια πολλαπλή είσοδος-πολλαπλών εξόδων (MIMO) ή ένα κανάλι.

Οι χωροχρονικοί αλγόριθμοι για το ευρείας ζώνης υψηλό ρυθμό επικοινωνιών είναι μια φυσική επέκταση αυτών των τεχνικών που κάνουν βέλτιστη τη χρήση της ποικιλομορφίας που παρέχεται από τη στοιχειοκεραία. Επίσης, αρχίζουν τώρα να εξερευνούνται τεχνικές για συνδυασμό χωροχρονικής κωδικοποίησης και επεξεργασίας σήματος της στοιχειοκεραίας. Με την αξιοπιστία που προαναφέρθηκε από τις τεχνικές MIMO, οι νέοι αλγόριθμοι απαιτούνται για να μειώσουν τα λάθη.

Ένας από τους κύριους στόχους της μελλοντικής έρευνας πρέπει να είναι η έρευνα στις σύγχρονες τάσεις στην χωροχρονική κωδικοποίηση, οι τεχνικές των καναλιών του πίνακα και η επινόηση νέων λύσεων για να ενσωματώσουν την χωροχρονική κωδικοποίηση πολλαπλών επιπέδων στις ευέλικτες τεχνολογίες πομποδεκτών. Τα διαφορετικά επίπεδα κωδικοποίησης παρέχουν προστασία ενάντια στους διαφορετικούς τύπους εξασθένησης του καναλιού. Αυτό θα προκαλέσει τη δημιουργία ενός μοναδικού πλαισίου αλγόριθμων εξουδετέρωσης παρεμβολής ευφούς κεραίας και στον εκπομπό και στο δέκτη. Ακόμη τη δημιουργία πολυδιάστατων χωροχρονικών κωδίκων για αργά και γρήγορα διαφορετικά κανάλια. Ο κύριος οδηγός για αυτήν την έρευνα είναι η καλύτερη χρήση του κέρδους ποικιλομορφίας που προσφέρεται από τα κανάλια MIMO και από τους έξυπνους χωροχρονικούς κώδικες.

Η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων επεξεργασίας της στοιχειοκεραίας, μαζί με τους μη-ιδανικούς όρους συστήματος και τις διαφορετικές τοπολογίες της στοιχειοκεραίας, είναι ένα βασικό ζήτημα στη δυνατότητα πραγματοποίησής τους για χρήση στους μελλοντικούς σταθμούς βάσης. Επομένως δεν πρέπει να παραμεληθούν από τους σχεδιαστές απλούστερες και συμβατικότερες χωροχρονικές προσεγγίσεις βασισμένες σε κώδικα επεξεργασίας στοιχειοκεραίας και θα πρέπει να γίνει προσπάθεια με επίκεντρο την πολυπλοκότητα. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι να εξεταστεί η απώλεια απόδοσης λόγω της αποτυχίας των καναλιών δέκτη και πομπού. Πρέπει επίσης να ερευνηθούν οι αλγόριθμοι υψηλής απόδοσης και οι επιπτώσεις τους στην τυποποίηση διεπαφών αέρα, καθώς επίσης και οι επιπτώσεις στις στρατηγικές μεταγωγής και η δυναμική βρόχων ελέγχου ισχύος,

ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΖΩΝΗΣ

Στα ετερογενή δίκτυα, η πρόσφατη παγκόσμια έρευνα έχει παρουσιάσει ότι το λογισμικό του ραδιόφωνου είναι υπολογιστικά ισχυρό, και δίνεται επαρκώς από ψηφιακούς επεξεργαστές σήματος υψηλής ταχύτητας (DSPs). Αυτό προσφέρει μια υψηλή απόδοση MIPS και μια εύκολη πρόσβαση άμεσης μνήμης (DMA), κατάλληλη για την παράλληλη επεξεργασία εις βάρος υψηλής κατανάλωσης ισχύος. Η παρούσα τεχνολογία απαιτεί επιταχυντές παράλληλα με τους επεξεργαστές DSP. Η πυκνότητα ολοκλήρωσης είναι ενδεχομένως πολύ μεγαλύτερη από αυτή που προσφέρεται από το συμβατικό σχέδιο διπλού συστήματος λειτουργίας, και η παραγωγή του λογισμικού από το δίκτυο μπορεί να επανασηματίσει τη διόρθωση του λογισμικού. Η αδυναμία του είναι ότι η υπολογιστική ικανότητα είναι χαμηλή. Αυτό σημαίνει κατανάλωση υψηλής ισχύος. Παρόλα αυτά δεν είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στο σχέδιο αλγορίθμου. Απαιτείται μια στοιχειοκεραία DSPs, ιδανική για ένα IC για εμπορική εφαρμογή.

Εντούτοις, το μέγεθος του IC ή της κάρτας DSP είναι ασήμαντο για εφαρμογές επεξεργαστή χωροχρόνου και θα μπορούσε να επεκταθεί σε μια έκδοση μικρού πακέτου και χαμηλής τάσης για χρήση κινητού. Η ελευθερία για τη χρήση μεγάλων συσκευών υψηλής κατανάλωσης ισχύος καθιστά δυνατές τις χωροχρονικές ραδιοβασισμένες αρχιτεκτονικές, αλλά η ευελιξία είναι δύσκολη λόγω της τεχνικής πολυπλοκότητας. Η πύλη στοιχειοκεραίων προγραμματιζόμενου πεδίου (FPGAs) προσφέρει μικρή κατανάλωση ισχύος και παρουσιάζει μια εύκολη διαδρομή σε ASICs, αλλά τα σχέδια είναι φυσικά μεγάλα λόγω των απαιτήσεων για πολλαπλότητα FPGAs. Ακόμα έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα επανασηματισμού χρόνου και μειωμένο MIPS σε σύγκριση με τη προσέγγιση DSP της παρούσας τεχνολογίας.

3.15 ΑΞΙΟΣΗΜΕΙΩΤΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RF

Σε ένα τυπικό δίκτυο διεπαφής αέρα που χρησιμοποιεί τη τεχνολογία W-CDMA, μια από τις βασικές απαιτήσεις RF είναι η γραμμικότητα της συνάρτησης μεταφοράς εισόδου - εξόδου. Αυτό είναι κρίσιμο για να εξασφαλιστεί η παρακείμενη παρεμβολή καναλιού η οποία περιορίζεται από αυστηρές προδιαγραφές που απαιτούνται από τα περισσότερα συστήματα και από τον ακριβή σχηματισμό ακτινών. Αυτό είναι μια αυστηρή απαίτηση για τον ενισχυτή ισχύος, δεδομένου ότι πρέπει να παρουσιάζει μια υψηλή ισχύ εξόδου διατηρώντας συγχρόνως ενός πολύ χαμηλό επίπεδο παραμόρφωσης.

Επιπλέον, είναι σημαντικό για τα συστήματα μεγάλου εύρους ζώνης, κέρδους και φάσης (κατά μήκους όλου του εύρους ζώνης) η ομοιομορφία να αντιστοιχεί μεταξύ των ενισχυτών και να χρησιμοποιείται για να οδηγεί κάθε στοιχείο της στοιχειοκεραίας. Οι μελέτες TSUNAMI έδειξαν κέρδος και επίπεδο αντιστοιχίας φάσης 0.3dB τρεις βαθμούς, αντίστοιχα, για να επιτευχθεί βάθος ακριβώς 30dB.

Τα διεθνή ασύρματα συστήματα (WSI) στο UK ανέπτυξαν έναν ενισχυτή ισχύος RF πολύ υψηλής γραμμικότητας για τη συχνότητα DCS1800 στα πλαίσια του προγράμματος ACTS TSUNAMI. Αυτός ο ενισχυτής ανταποκρινόταν στις προδιαγραφές καναλιού παρεμβολής DCS1800 και είχε ένα κατάλληλο κέρδος και φάση για εφαρμογές προσαρμοστικής κεραίας.

Επιπλέον, βασίστηκε σε τεχνικές που είναι ικανές για απόκτηση κέρδους, σε επίπεδα αντιστοίχισης φάσης 0.3dB και 3 βαθμών ανάμεσα σε διαφορετικές μονάδες σε έναν κοινό πλαίσιο στήριξης. Ακόμα θα αντισταθμίσει αυτόματα οποιοσδήποτε αλλαγές μέσα στις μονάδες ενισχυτών RF για να εξασφαλίσει ότι αυτή η αντιστοιχία διατηρείται σε διαφορετικά επίπεδα ισχύος εξόδου και αλλαγές θερμοκρασίας. Στην περίπτωση συστήματος μιας ευφυούς κεραίας οι διαβαθμίσεις επιπέδου ισχύος μέσω ενός ενισχυτή είναι πολύ μεγαλύτερες από τις προσδοκούμενες, εφόσον τέτοιες παραλλαγές είναι ουσιαστικές στη λειτουργία οδήγησης ακτινών. Μια δυνατότητα διατήρησης κέρδους και αντιστοίχισης φάση με ένα πλατύ εύρος δυναμικής εισόδου είναι επομένως ουσιαστική για να διορθώσει τη λειτουργία του συστήματος. Η διαθεσιμότητα ενός κατάλληλου ενισχυτή ακρίβειας είναι επομένως κρίσιμη για την επιτυχή εφαρμογή σχεδόν οποιοσδήποτε προσαρμοστικού συστήματος κεραίων (ακόμα και εκείνων που δεν χρησιμοποιούν τη διέλευση ζώνης σχηματισμού ακτίνας).

Ένα ακόλουθο πρόγραμμα, αποκαλούμενο SUNBEAM στην Ευρώπη, είναι η εξέταση της χρήση αυτής της τεχνικής (αλλά και άλλων τεχνικών) και ενός πλατύτερου εύρους συχνότητας για αυξημένη ευελιξία. Εξετάζει επίσης τη χρήση αυτών των συστημάτων στο λογισμικό ραδιοπροσαρμοστικών σταθμών βάσης κεραίων. Αυτό φέρνει στην επιφάνεια ζητήματα επεξεργασίας δεκτών RF, καθώς και το πολύ ακριβό κέρδος και τις απαιτήσεις αντιστοίχισης φάσης σε συνάρτηση με τις αυστηρές απαιτήσεις γραμμικότητας.

Συμπερασματικά, απαιτείται προηγμένη έρευνα στην περιοχή εξουδετέρωσης παρεμβολής για ετερογενή δίκτυα τα οποία μπορούν τελικά να αντικατασταθούν από επανασηματοποιούμενες τεχνικές χωροχρονικής επεξεργασίας. Εντούτοις, αυτές οι τεχνικές απαιτούν επιπρόσθετη επεξεργασία στο φυσικό επίπεδο. Απαιτούνται περαιτέρω αναβαθμίσεις στο επίπεδο δικτύου για τη φόρτωση του κατάλληλου αλγορίθμου όταν ο χρήστης της συσκευής μετακινείται από το ένα μέρος στο άλλο. Επίσης χρειάζεται σημαντική έρευνα στην ανάπτυξη εργαλείων στην ευφυή κεραία και στις αλλαγές στα ανώτερα επίπεδα (MAC) σε διάφορα δίκτυα.

Στο άμεσο μέλλον προηγμένες τεχνικές όπως ευέλικτες χωροχρονικές αρχιτεκτονικές με προσαρμοστικές κεραίες είναι πιθανόν να προσφέρουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα: υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης, ένα βαθμό 'μελλοντικής απόδειξης' εξαιτίας αναβαθμισμένου λογισμικού, επέκταση κάλυψης, αυξημένη χωρητικότητα λόγω επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, αυξημένη ανοχή παρεμβολής και χαμηλότερο θόρυβο δέκτη. Πολλές από αυτές

τις τεχνικές εξαρτώνται από επεξεργασία υψηλής συχνότητας DSP η βελτίωση της οποίας είναι καθαρά το κλειδί για την ενδυνάμωση του μηχανισμού.

ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

- Παρά τις βελτιώσεις στα συστήματα 3G πέρα από τα συστήματα 2G, υπάρχει ανάγκη για περισσότερη χωρητικότητα που θα υποστηριχθεί από συμβατικές διαμορφώσεις κεραιών και επεξεργασίες.
- Η ικανότητα κυττάρων συσχετίζεται άμεσα με τη λήψη της ποιότητας του καναλιού και το επίπεδο παρεμβολής (και στο σταθμό βάσης και στο κινητό).
- Η τεχνολογία των ευφύων κεραιών παρέχει μέσα που χρησιμοποιούν πολλαπλάσιες κεραιές και εκτενής επεξεργασία σήματος και που έτσι επιτυγχάνουν σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση.
- Η προσέγγιση είναι βασισμένη σε έναν συνδυασμό αρχιτεκτονικής/ ισορροπίας κόστους και ανταλλαγής απόδοσης.

3.16 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ– ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ

- Η καλύτερη λύση είναι ενσωματωμένη στο σταθμό βάσης.
- Όλη η επεξεργασία σήματος γίνεται στη ζώνη βάσης στο κανάλι-στοιχείο ASIC.

Η επιλογή της διαμόρφωσης κεραιών καθορίζει τις τεχνικές επεξεργασίας σήματος. Είναι απαραίτητη στην εξασθένιση των επιδράσεων και στη μείωση των παρεμβολών.



Σχήμα 3.24: Επιλογή κεραιάς.

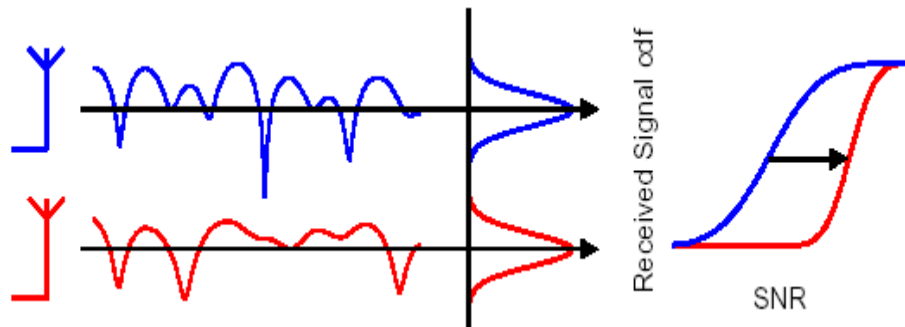
Τεχνολογία.

Συγχρονισμένη στοιχειοκεραία: $<$ μήκος κύματος.

Ποικιλομορφία: μήκος κύματος.

Αυξημένη χωρητικότητα.

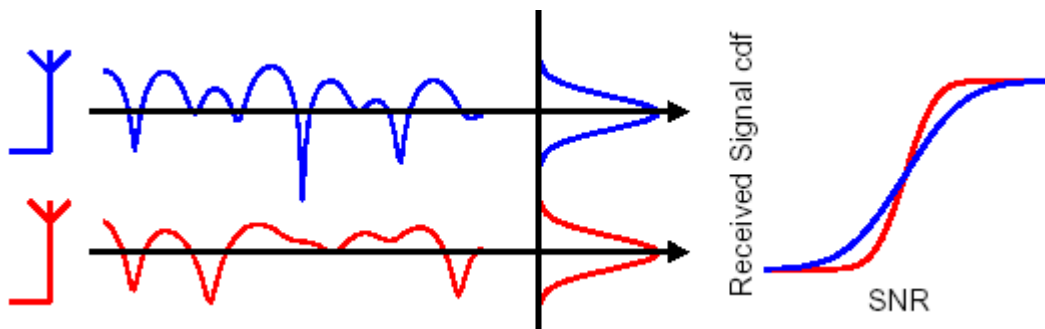
ΛΗΨΗ



Σχήμα 3.24: Λήψη ευφών κεραιών.

- Πηγαίνοντας από 1 ως 2 κεραιές λήψης, η ισχύς λήψης διπλασιάζεται. Αυτό παράγει ένα κέρδος ανοίγματος 3 dB ανεξάρτητα από το διάστημα των στοιχείων.
- Από 1 ως 2 κεραιές, προστίθεται κέρδος ποικιλομορφίας (εξαρτάται από το περιβάλλον και το διάστημα των στοιχείων) ~ 0 σε 6 dB.
- Από 2 ως 4 κεραιές, προστίθεται 3 dB του κέρδους του ανοίγματος συν ~ 0 στο κέρδος ποικιλομορφίας 2 dB.

ΜΕΤΑΔΟΣΗ



Σχήμα 3.25: Μετάδοση ευφών κεραιών.

- Επειδή η ισχύς της μετάδοσης είναι χωρισμένη μεταξύ των κεραιών, η μέση ισχύς των σημάτων δεν βελτιώνει (κανένα κέρδος κεραιών). Εντούτοις, η διαφορά του σήματος μειώνεται.
- Από 1 ως 2 κεραιές το κέρδος ποικίλει από ~ 0 έως 6 dB (εξαρτάται από το περιβάλλον).
- Από 2 ως 4 κεραιές το κέρδος ποικίλει από ~ 0 έως 2 dB (εξαρτάται από το περιβάλλον).

- Οι χωρισμένες κατά διαστήματα κεραίες θα μπορούσαν να διαμορφώσουν τις ακτίνες που παρέχουν μέχρι 3 dB του κέρδους κεραίων.

Το κανάλι καθορίζει εάν μια στενή ή μια ποικιλόμορφη ακτίνα θα παρείχε καλύτερη σύνδεση.

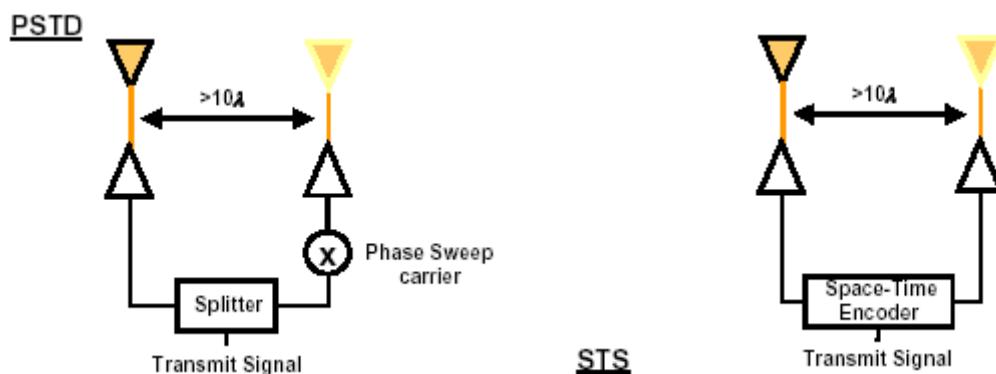
3.17 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

- Χρειάζεται μία μέθοδος για την επίλυση δύο ανεξάρτητων μεταδιδόμενων σημάτων που θα οδηγήσουν σε πιθανές λύσεις.

IS-95A/B.

- Phase-Sweep Transmit Diversity (PSTD) - καμία απαίτηση τροποποίησης προτύπων. Εργασίες με τα υπάρχοντα τεματικά.
- Δεύτερη κεραία σαρώματος με τυχαίες πληροφορίες φάσης. 3G1X.
- Δύο επιλογές καθορίζονται από τα πρότυπα (πρέπει να υποστηριχθεί από το τεματικό).
- Space-Time Spreading (STS).
- Orthogonal Transmit Diversity (OTD).
- Το PSTD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις πρώτες εκδόσεις 3G1X των τεματικών που δεν έχουν STS ή OTD..
- Το PSTD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με STS/OTD.

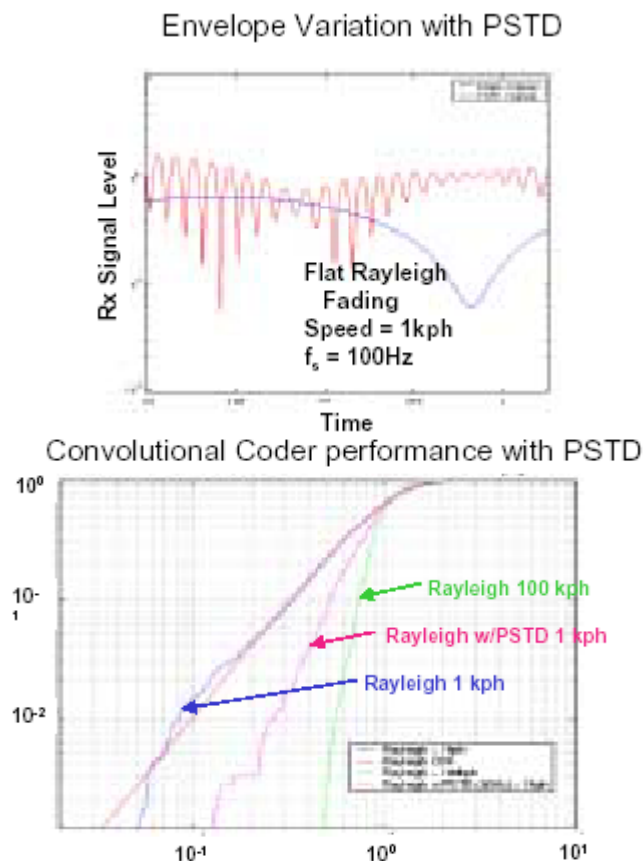
ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ



Σχήμα 3.26: Διάφοροι μέθοδοι μετάδοσης.

- Διαβιβάζεται το ίδιο σήμα πάνω από δύο διαφορετικές ανεξάρτητες κεραίες και μεταβάλλεται η φάση της μιας από τις κεραίες μετάδοσης.
- Ισοδύναμα, η σύνδεση συμπεριφέρεται σαν τον ρυθμό εξασθένησης (αλλά όχι το βάθος της εξασθένησης ή τη διάρκεια) που αυξήθηκε.
- Με αυτό το λαμβανόμενο σήμα, ο αποκωδικοποιητής ανακτά την ποικιλομορφία δύο πορειών που εμφανίζεται μέσα στο σήμα και μπορεί να βελτιώσει την απόδοση στα περισσότερα σενάρια.
- Διαβιβάζονται δύο κωδικοποιημένες εκδόσεις space-time (χωροχρόνου) του ίδιου σήματος που χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα και του κώδικα Walsh στις ανεξάρτητες κεραίες.
- Ο αποκωδικοποιητής μπορεί να χωρίσει τα παρεμβάλλοντα σήματα λόγω της space-time κωδικοποίησης και να τα συνδυάσει για να πετύχει την ποικιλομορφία.

3.18 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ PSTD



Σχήμα 3.27: Συνδυασμός από δύο αργά εξασθετισμένα κανάλια που συνδέονται σε ένα ενιαίο γρήγορα εξασθετισμένο κανάλι.

- Η συνέλιξη της απόδοσης των κωδικοποιητών είναι καλύτερη στις υψηλές ταχύτητες.

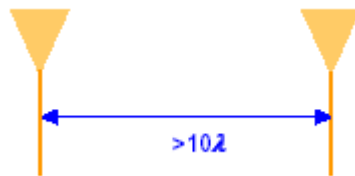
- Η καλύτερη απόδοση κωδικοποιητών συνδέεται με ένα αιχμηρότερο CDF. 100 χλμ/ωρ. είναι καλύτερα από 1 χλμ/ωρ.
- Το PSTD κάνει απόδοση 1 χλμ/ωρ. κατά προσέγγιση απόδοση 100 χλμ/ωρ.
- Το AWGN θα ήταν καλύτερο από όλα.

3.19 ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ.

ΦΑΣΗ 1

Μετάδοση χρησιμοποιώντας 2 κεραίες στο σταθμό βάσης.

- Καμία αλλαγή στις υπάρχουσες (ενιαία στήλη) κεραίες.
- Κέρδος ποικιλομορφίας που επιτυγχάνεται στην εξασθένιση.
- Πιο αποτελεσματική στην ταχύτητα για (πεζούς).

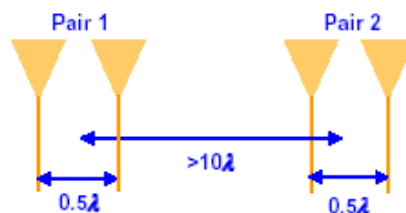


Σχήμα 3.28: Μετάδοση χρησιμοποιώντας 2 κεραίες στο σταθμό βάσης.

ΦΑΣΗ 2

Μετάδοση χρησιμοποιώντας 2 ζευγάρια κεραίων στο σταθμό βάσης.

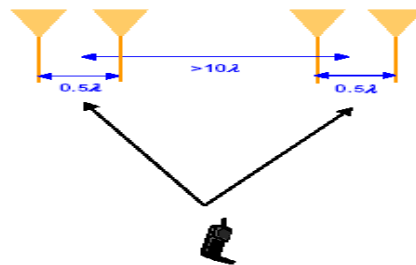
- Εγκατάσταση κεραίων διπλών-στηλών.
- Το κέρδος ποικιλομορφίας πετυχαίνεται μέσω ευρύ χωρισμού μεταξύ των ζευγαριών (ή της ποικιλίας πόλωσης.).
- Το κέρδος της μορφής της δέσμης αποκτιέται χρησιμοποιώντας το κάθε ζευγάρι.
- Οι πληροφορίες οδήγησης ακτινών προέρχονται από αντίστροφες συνδέσεις σημάτων.



Σχήμα 3.29: Μετάδοση χρησιμοποιώντας 2 ζευγάρια κεραίων στο σταθμό βάσης.

Προσέγγιση άνω ζεύξης - Διαμορφώσεις ευφών κεραίων

- Χωρική προσέγγιση φίλτρων που χρησιμοποιούν τη λύση της ελάχιστης εκτίμησης μέσω τετραγώνων (MMSE).
- Η χρήση του φίλτρου είναι μια προσέγγιση για την καλή γνώση της μορφής $w = (R_{yy} - 1\gamma) + y$.
- Περαιτέρω πιθανή χρησιμοποίηση απλοποίησης της σχέσης είναι μεταξύ της εισόδου X και των δεδομένων Y .
- Ανίχνευση που ορίζεται και που ακολουθείται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα 4-κεραιών για να επιτευχθεί χωρική μείωση παρεμβολής.



Σχήμα 3.30: Προσέγγιση άνω ζεύξης.
Διαμορφώσεις ευφών κεραιών

Space-Diversity



1.9 GHz 4-Branch Intelligent Antenna
Spatial Diversity Version

Polarization-Diversity

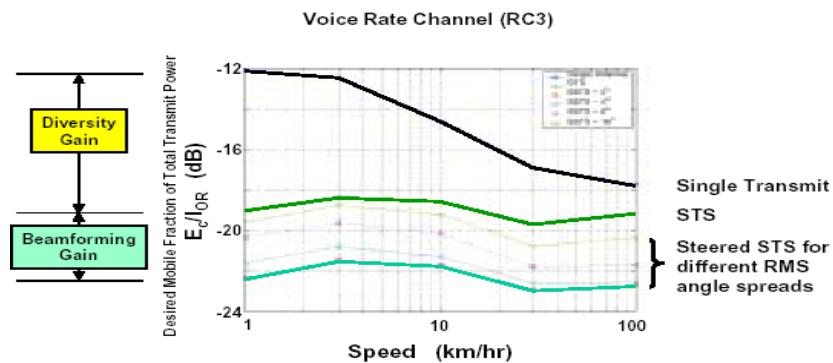


1.9 GHz 4-Branch Intelligent Antenna
Polarization Diversity Version

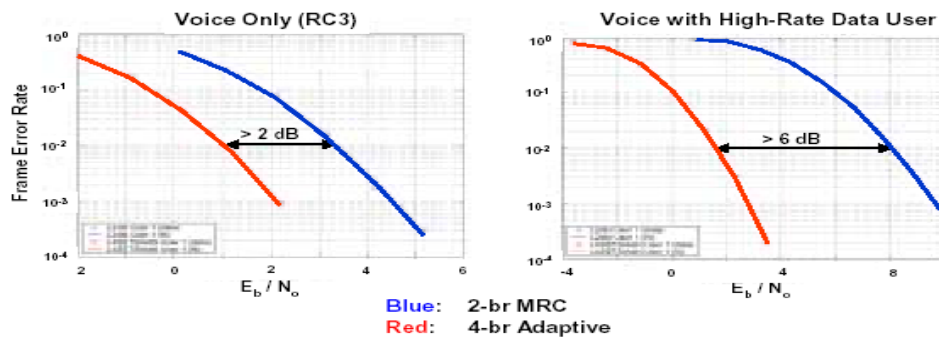
3.20 ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ. – ΣΥΝΔΕΣΗ.– ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ. – ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΔΕΣΜΗΣ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. – ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ. – ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΛΥΨΗ ΚΕΡΔΩΝ.

- Ενσωματώνει και τις τρεις διαστάσεις:
- Χρονική εξασθένιση / άπλωμα Doppler (spread Doppler).
- Εξασθένιση συχνότητας / Delay Spread.
- Χωρική εξασθένιση /γωνιακό άνοιγμα (angle spread).

- Χρησιμοποιεί το μοντέλο IMT-2000 ως θεμέλιο (δεν μπορεί να έχει τις αυθαίρετες στατιστικές).
- Συμφωνεί με το γνωστό 2D πρότυπο για χρόνο και συχνότητα.
- Υποστηρίζει ταυτόχρονα άνω και κάτω ζεύξη πρότυπων καναλιών.
- Επιτρέπει την εξασθένιση Rayleigh και Ricean.
- Επιτρέπει τη χρονική εξέλιξη (δηλ., συνεχή από το ένα πλαίσιο στο άλλο πλαίσιο).
Χρήσιμο στην αξιολόγηση απόδοσης των ακτινών (δεσμών).



Παράδειγμα ευφών κεραιών κέρδους απόδοσης μπροστινής σύνδεσης – επίπεδη εξασθένιση.



Παράδειγμα ευφών κεραιών της απόδοσης του κέρδους σε αντίστροφη σύνδεση.



Urban (Newark, NJ)

- **Urban Results**
 - >2.3 dB in 90% of locations
 - average = 2.50 dB, standard deviation = 0.25 dB.



Απόδοση της δέσμης των ευφών κεραιών. Πειραματικές μετρήσεις.

• **Suburban Results**

- >2.6 dB in 90% of locations
- average = 2.83, standard deviation = 0.17 dB.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>Voice</u> • 25% AWGN • 5% 1-path Rayleigh • 70% 2-path Rayleigh <li style="padding-left: 20px;">– (0dB, - 3dB) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Data</u> • 25% AWGN • 25% 1-path Rayleigh • 50% 2-path Rayleigh <li style="padding-left: 20px;">– (0dB, - 3dB)
--	--

	<u>Rural</u>	<u>Suburban</u>	<u>Urban</u>
3km/h	30%	50%	70%
30km/h	40%	30%	30%
100km/h	30%	20%	0%

Υπολογισμοί χωρητικότητας συστημάτων - παράμετροι καναλιών.

(Gains relative to system with 1 Tx, 2 Rx)

	<u>Coverage</u>	<u>Capacity/Data Rate</u>
Baseline (1 Tx, 2 Rx)	1.0x	1.0x
Capacity Increase:		
Tx Diversity (2 Tx, 2 Rx)	1.0x	~1.2x (Ave.)
IA (4 Tx, 4 Rx)	1.0x	~1.8 to 2.0x (Ave.) Up to 6x under flat faded, narrow angle spread
Coverage and Capacity Increase		
IA (4 Tx, 4 Rx, w/o TTLNA)	~1.5x (30% fewer cell sites)	~1.4x (Ave.)
IA (4 Tx, 4 Rx, w/ TTLNA)	~1.7x (40% fewer cell sites)	~1.7x (Ave.)

Xωρητικότητα ευφών κεραιών και κάλυψη κερδών.

3.21 ΦΑΣΗ 3 MIMO / BLAST- HARDWARE. - ΟΦΕΛΗ- ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Receive: 4-Branch Diversity
Transmit: 4-Branch Diversity



- Τα στοιχεία της κεραιάς αποτελούνται από τέσσερις διακλαδώσεις.
- Τα στοιχεία είναι αποπλεγμένα έτσι ώστε διαφορετικά ρεύματα δεδομένων να εμφανίζονται σε κάθε κεραιά.

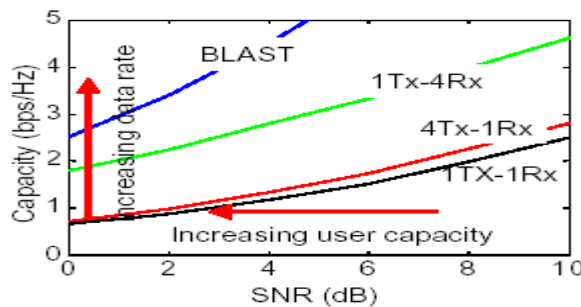
- Τα χωρικά χαρακτηριστικά της ασύρματης σύνδεσης δρουν ως προσθετικοί κώδικες CDMA. Αυτό προκύπτει σε υψηλό ρυθμό δεδομένων.

Hardware: Κεραίες σταθμού βάσης. Διατηρούν την ίδια εμφάνιση ως συμβατικές κεραίες διαμόρφωσης (δηλ. κάθε ραντάρ περιέχει κεραία διπλών-στηλών με το ελάχιστο πλάτος αύξησης).

Οφέλη: Με την αύξηση της εμβέλειας που πραγματοποιείται με τις ευφείς κεραίες παίρνουμε τέσσερις πτυχές αύξησης στην ρυθμοαπόδοση των στοιχείων.

Οι υψηλοί ρυθμοί των δεδομένων επιτυγχάνονται χωρίς να αυξήσουμε την παρεμβολή, έτσι επιπρόσθετοι χρήστες μπορούν να προσαρμοστούν.

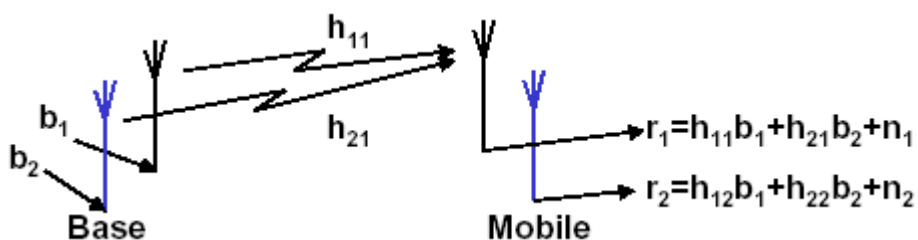
Απόδοση διαμόρφωσης: Τέσσερις κεραίες μετάδοσης στη βάση, τέσσερις κεραίες λήψης στο κινητό.



Σχήμα 3.31: Γραφική απεικόνιση της χωρητικότητας και του θορύβου του σήματος.

Η ποικιλία μετάδοσης δεν παρέχει τόσο πολύ κέρδος επειδή η τελική ισχύ μετάδοσης κρατιέται σταθερή.

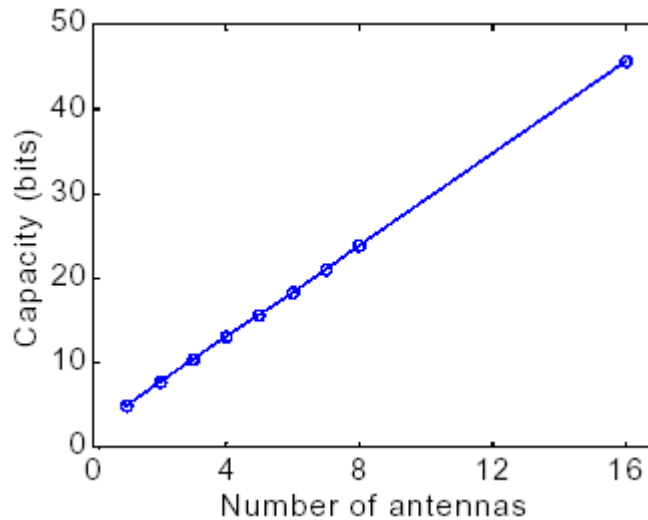
3.22 Η ΕΝΝΟΙΑ ΜΙΜΟ - ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ. – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



Σχήμα 3.32: Πολλαπλές κεραίες στο δέκτη.

Εάν το h_{ij} είναι ανεξάρτητο, οι ίδιοι συντελεστές του καναλιού μπορούν να παρέχουν το ρεύμα των στοιχείων των ετικετών χωρίς την χρησιμοποίηση των κωδικών ή των συχνοτήτων. Απλά χρειάζεται η επίλυση δύο εξισώσεων με δύο αγνώστους. Προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν (να χωριστούν) τα δύο ρεύματα και να αυξηθεί η φασματική αποδοτικότητα, το h_{ij} πρέπει να είναι γνωστό.

Περιγραφή χωρητικότητας:



$$C/W = \log_2(\det(I + \rho H^H H))$$

$$\sim N \cdot \log_2(1 + \text{SNR})$$

Σχήμα 3.33: Γραφική απεικόνιση της χωρητικότητας. Παρατηρούμε ότι μεγαλώνει όσο αυξάνει ο αριθμός των κεραιών.

- Για 4 κεραιές μια φασματική αποδοτικότητα των 10 bps μπορεί να επιτευχθεί στο λογικό E_b/N_0 των 10 dB. Σαν σύγκριση αυτό θα απαιτούσε ένα E_b/N_0 των 50 dB για το mpsk.
- Απαιτεί την ακριβή εκτίμηση καναλιών.
- Απαιτεί τουλάχιστον περισσότερες κεραιές στο κινητό απ' ότι στη βάση.

3.23 ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΡΥΘΜΟΙ ΣΤΟ ΚΑΝΑΛΙ ΠΑΚΕΤΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Ant	Tx technique	Code rate	Mod.	Data rate
(1,x)	Conventional	$\frac{1}{2}$	QPSK	2.4 Mbps
(1,x)	Conventional	$\frac{3}{4}$	QPSK	3.6 Mbps
(1,x)	Conventional	$\frac{1}{2}$	16 QAM	4.8 Mbps
(1,x)	Conventional	$\frac{3}{4}$	16 QAM	7.2 Mbps
(2,y)	MIMO	$\frac{3}{4}$	8 PSK	10.8 Mbps
(4,4)	MIMO	$\frac{1}{2}$	QPSK	10.8 Mbps
(4,4)	MIMO	$\frac{1}{2}$	16 QAM	21.6 Mbps

x = 1,2, or 4 receive antennas
y = 2 or 4 receive antennas

Σχήμα 3.34: Πίνακας πακέτων.

Προσέγγιση ευφρών κεραιών.

- Χρήση ‘υβριδικών’ κεραιών διαμόρφωσης.
- Υποστηρίζει ένα μείγμα ποικιλίας και τεχνικής της μορφής δέσμης.
- Μπροστινή (μετάδοση) σύνδεσης.
- Υιοθετεί την ποικιλομορφία μετάδοσης για όλα τα κινητά.
- Χρησιμοποιεί τις τεχνικές κωδικοποίησης STS ή OTD που καθορίζονται στα πρότυπα για τα κινητά υποστηρίζοντας τα.
- Χρήσεις PSTD (συμπεριλαμβανομένου του 2G).
- Υιοθετεί έναν συνδυασμό ανά χρήστη της μορφής δέσμης με την μετάδοση σε κεραιές πλήρους διαμόρφωσης.
- Αντίστροφη σύνδεση (λήψης).

Ο προσαρμοστικός συνδυασμός MMSE παρέχει σημαντικό κέρδος για όλα τα κινητά και ελαχιστοποιεί τον αντίκτυπο του υψηλού ρυθμού των στοιχείων των κινητών σε άλλα κινητά.

- Το μείγμα της ποικιλομορφίας και της μορφής δέσμης παρέχει σημαντικό κέρδος στο εύρος της κατάστασης των καναλιών .
- Τα μεγάλα κέρδη σύνδεσης υποστηρίζουν έναν κατά προσέγγιση διπλασιασμό της χωρητικότητας όταν υπολογίζεται ο μέσος όρος της κατάστασης των καναλιών και οι ταχύτητες των κινητών.
- Η επεξεργασία MIMO/BLAST παρέχει έναν μοναδικό τρόπο να αυξηθεί φασματικά η αποδοτικότητα καθώς εκμεταλλεύονται τη διανυσματική επεξεργασία. Αυτό το διάνυμα μπορεί να προέρχεται από ποικίλες διαμορφώσεις κεραιών συμπεριλαμβανομένης της ποικιλομορφίας και της πόλωσης.

ΠΗΓΕΣ

- Intelligent Antennas and Blast for cdma2000 Networks - Paul Polakos Director, Wireless Advanced Technology Lab Bell Labs / Technologies.
1 October 2002
- An Overview Of Smart Antenna Technology For Mobile Communication Systems - PE R H. LEHNEAND MAGNE PETTRSEN, TELENOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IEEE Communications Surveys <http://www.comsoc.org/pubs/surveys> • Fourth Quarter 1999, vol. 2 no. 4
- An Overview Of Smart Antenna Technology for Heterogeneous Networks SESHAI AH PONNEKANTI, University Of Hertfordshire – IEEE Communications Surveys • <http://www.comsoc.org/pubs/surveys> • Fourth Quarter 1999, vol. 2 no.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΥΦΥΗ ΚΥΨΕΛΗ (Smartcell) ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ. - ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.

4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ.

SmartCell™ - Κεραία-μόνη λύση που χρησιμοποιεί την Personality Module™ και την εχνολογία Cell Sculping™ για να αυξήσει την χωρητικότητα και την ποιότητα.

SmartShare™ - Κεραία που μοιράζεται το προϊόν που επιτρέπει στους πολλαπλούς φορείς παροχής υπηρεσιών την πρόσβαση στις θέσεις πύργων, με το ανεξάρτητο σχέδιο ελέγχου κεραιών για κάθε χειριστή. Επίσης ενσωματώνει την Personality Module™ και την Cell Sculping™ τεχνολογία για να αυξήσει την χωρητικότητα και την ποιότητα.**SpotLight @ 2200** - Πρόσθετο προϊόν για τους χειριστές CDMA για να αυξήσουν την χωρητικότητα δικτύων και την ποιότητα μέσω του τομέα Synthesis™.

Προσαρμοστική ευφυή κεραία - Ευφυή κεραία που ενσωματώνει την επεξεργασία προσαρμοστικής στοιχειοκεραίας στην ηλεκτρονική βάση σταθμών στην ψηφιακή διέλευση ζώνης για CDMA2000 και WCDMA.



Σχήμα 4.1: Ευφυή κεραία SmartCell.

Χαρακτηριστικά:

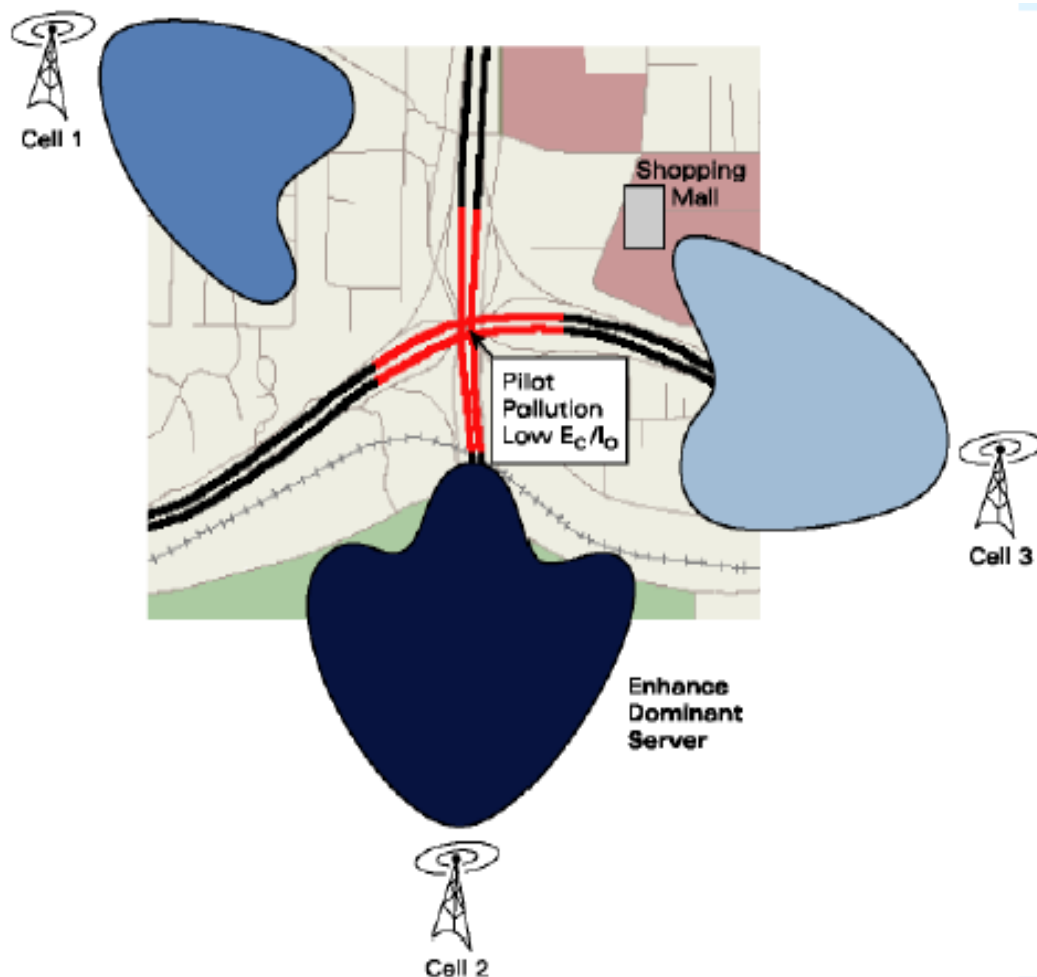
- Μοναδική λύση –μοναδικός χειριστής κεραίας..
- Παθητική κεραία.

- Μη-αυθαίρετη σε BTS..
- Συμβατή στους τομείς 3 με 6.
- Η ενότητα ελέγχει το σχέδιο κεραιών.
- Εγκατάσταση Personality Modules που τελικά ελέγχει την μορφή της κεραίας.
- Αναπτυσσόμενη ανά τομέα.
- Ιδανική για σύνθετα ραδιο περιβάλλοντα.



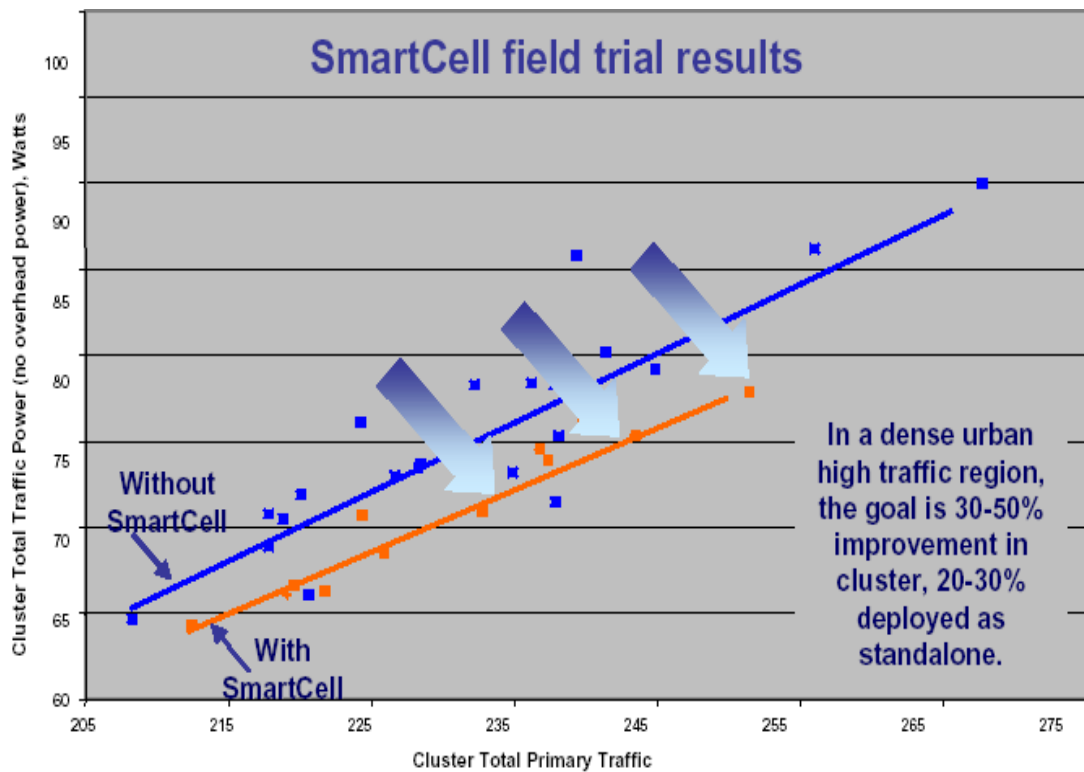
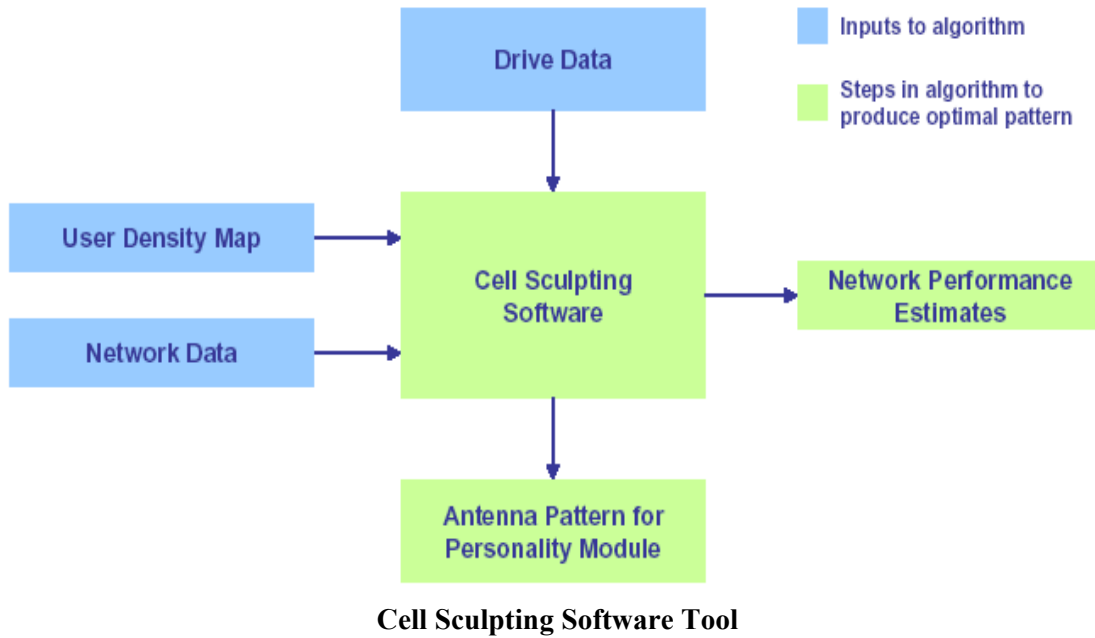
Σχήμα 4.1: Τοποθέτηση SmartCell.

Η ευφυή κυψέλη (SmartCell) προσαρμόζει τα σχέδια κεραιών για να ελαχιστοποιήσει την ισχύ μετάδοσης με τη μείωση της παρεμβολής, ελέγχοντας τη μεταγωγή και την εξισορρόπηση του φορτίου.



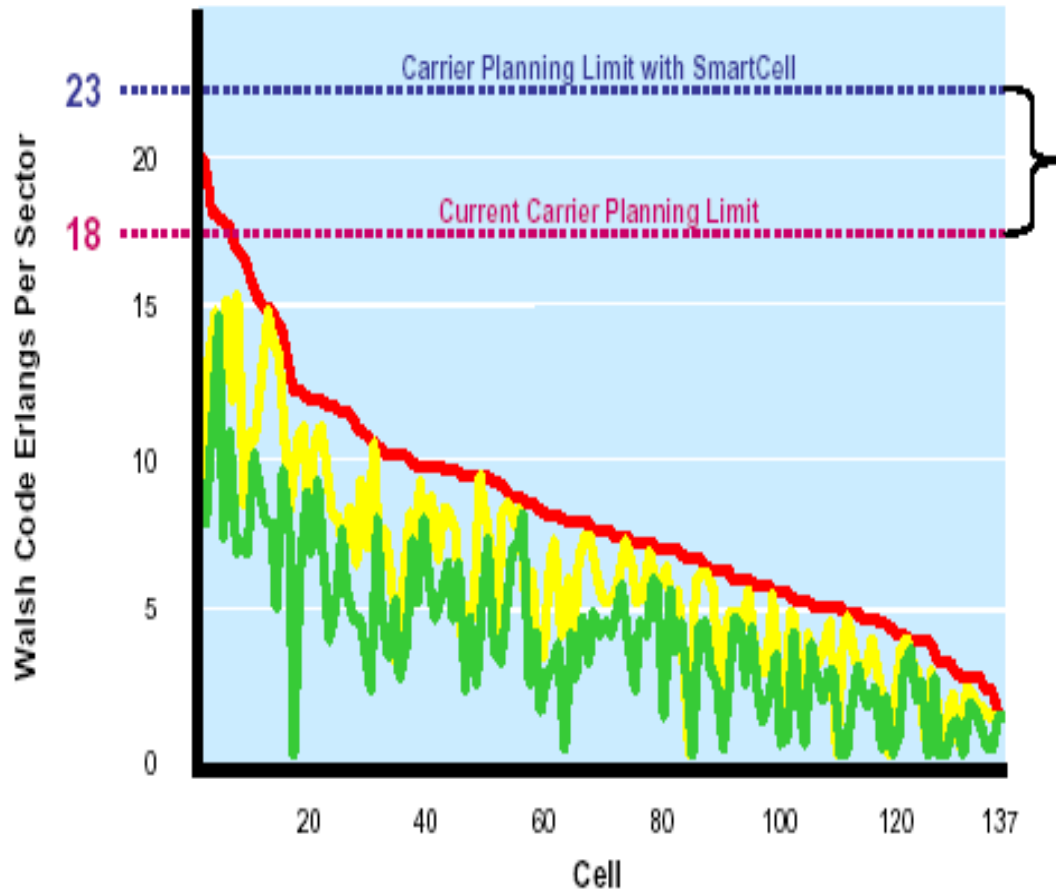
Σχήμα 4.1: SmartCell.

- Λύση βασισμένη στο δίκτυο ευφυούς κεραιάς.
- Ελαχιστοποιεί συνολικά την εκπεμπόμενη ισχύ για ένα βαθμό υπηρεσίας.
- Δημιουργεί κύριους κεντρικούς υπολογιστές.
- Υπογραμμίζει τα κέρδη των καλύτερων τομέων εξυπηρέτησης.
- Μειώνει τα κέρδη των τομέων παρεμβολής. Βελτιώνει την κάλυψη και την ποιότητα σε περιοχές υψηλής κυκλοφορίας.
- Μειώνει την παρεμβολή επιτρεπόμενου ελέγχου ισχύος για να μειώσει την εκπομπή ισχύος.



SmartCell Reduces Transmit Power

Typical Network Traffic Profile

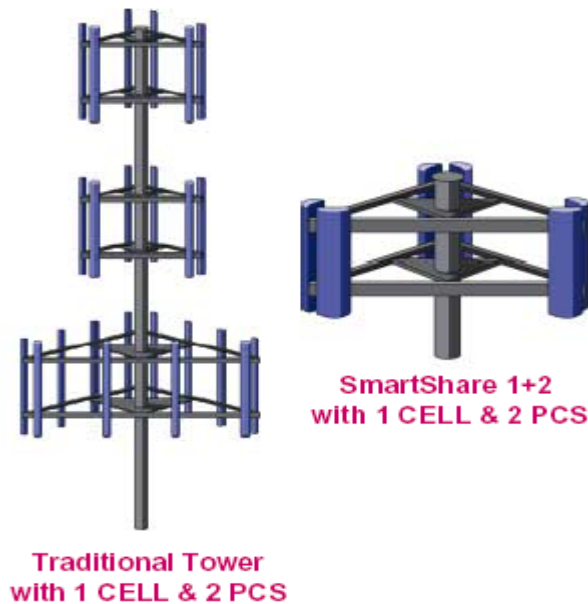


SmartCell Increases Capacity

Η ευφυή κυψέλη αυξάνει τη χωρητικότητα, βελτιώνει τη χρήση πόρων, και παρατείνει τη ζωή του φέροντος συχνότητας CDMA.

Η ευφυή κυψέλη αυξάνει τη συχνότητα φέροντος CDMA σχηματίζοντας κατώφλια.

4.2 SMARTSHARE ANTENNA SHARING



Σχήμα 4.2: Παραδοσιακός πύργος και ευφυή κεραία SmartShare.

Επιτρέπει την πρόσβαση στον πύργο θέσης για πολλαπλούς χειριστές.

Ίδιες ή διαφορετικές συχνότητες ζώνης και διεπαφές αέρα.

Ανεξάρτητα βελτιστοποιημένα σχέδια κεραίας για κάθε διαμοιρασμένο χειριστή με ξεχωριστό Personality module.

Προσαρμοσμένα σχέδια κεραιών για μέγιστη χωρητικότητα και απόδοση μέσω του Cell Sculpting.

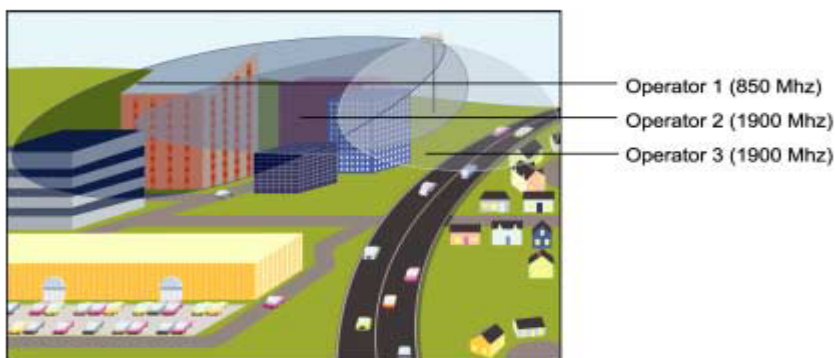
Γρήγορα και εύκολα σχέδια αλλαγής κεραίας για αντιστοίχιση με το δίκτυο και την κίνηση, χωρίς διακοπή σε άλλους διαμοιραζόμενους χειριστές.

SmartShare Technology:

- Οι κεραίες SmartShare έχουν τις πολλαπλάσιες υπό-στοιχειοκεραίες για να υποστηρίξουν τη διανομή.
- Κάθε υπό-στοιχειοκεραία είναι μια χωριστή σειρά στοιχείων κεραιών στηλών.
- Πολλαπλάσιες υπό-στοιχειοκεραίες για να υποστηρίξουν τους διαφορετικούς χειριστές.
- Παρέχει υψηλή μόνωση.
- Αποφεύγει τις απώλειες.
- Μεταβλητό ηλεκτρικό downtilt.
- Ελαχιστοποιεί τη φυσική διαμόρφωση κεραιών στον τόπο της κυψέλης.

4.3 ΑΠΟΔΕΔΕΙΓΜΕΝΗ ΛΥΣΗ - SPOTLIGHT 2200

Το SmartShare είναι μια αποδεδειγμένη λύση που επιτρέπει στους πολλαπλούς χειριστές να μοιραστούν ένα ενιαίο σύνολο κεραιών ενώ ανεξάρτητα βελτιστοποιούν τα σχέδια κεραιών για μεμονωμένα δίκτυα.



SmartShare Field Trial

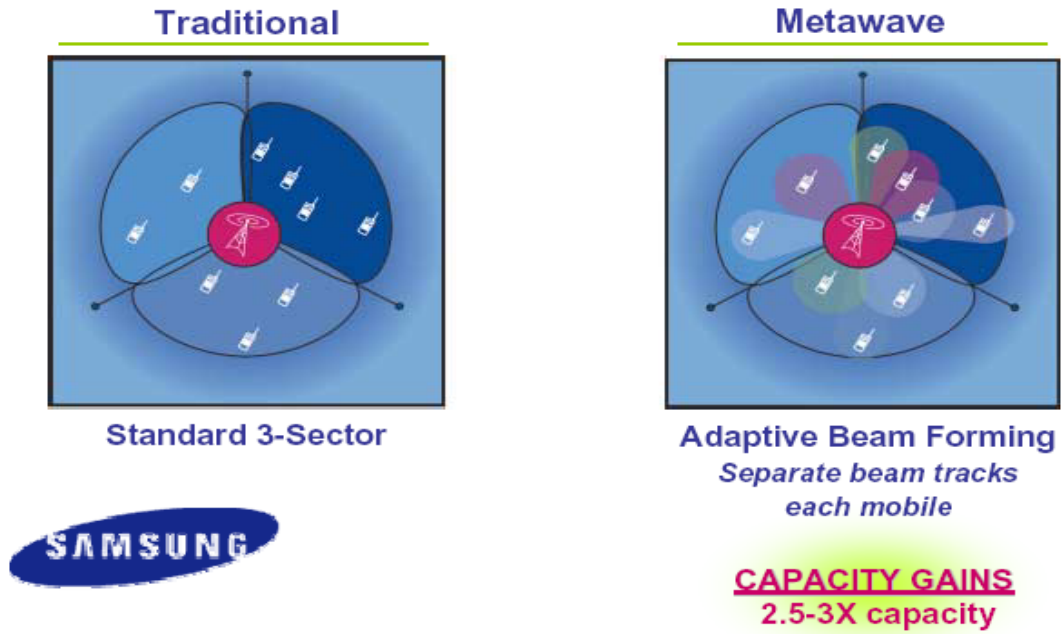
SPOTLIGHT 2200



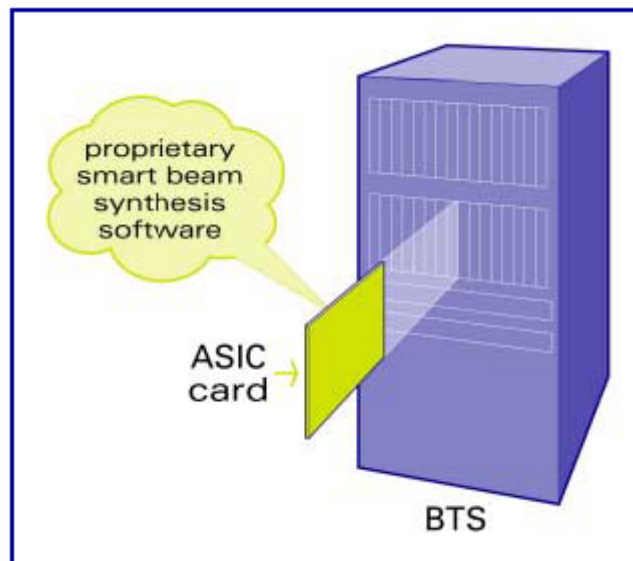
Σχήμα 4.3: SPOTLIGHT 2200

- Πρόσθετες σε υπάρχοντες σταθμούς βάσης.
- Motorola.
- Nortel.
- Συμβατότητα με το δίκτυο.
- Αποδοτική επέκταση χωρητικότητας.
- Βελτιωμένη απόδοση δικτύου.

4.4 ADAPTIVE SMART ANTENNA



Σχήμα 4.4: Εμβέλεια παραδοσιακής και ευφυούς κεραίας.

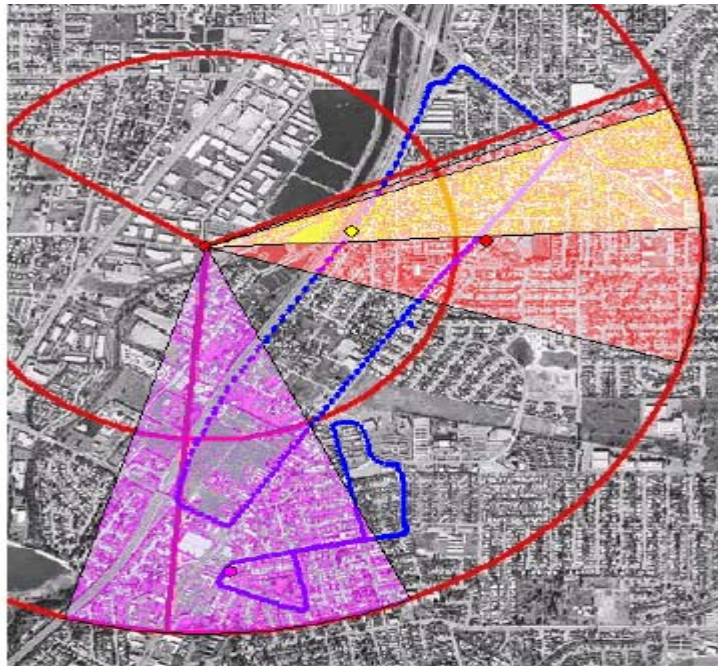


Σχήμα 4.5: Προσαρμοστική ευφυή κεραία σε σταθμό βάσης.

Οι λειτουργίες της ευφυούς κεραίας εκτελούνται με έναν αλγόριθμο λογισμικού, ο οποίος τοποθετείται στην κάρτα στοιχείου του καναλιού ή σε άλλη κάρτα.



Σχήμα 4.6: Κάρτα ευφυής κεραίας της εταιρείας Matawave.



Σχήμα 4.7: Απεικόνιση κάλυψης περιοχής.

- Κέρδος χωρητικότητας 2.5-3X για κίνηση φωνής.
- Η έξοδος αυξάνει για υπηρεσίες δεδομένων 2.5-3X.
- Σημαντικά πλεονεκτήματα για υψηλό ρυθμό δεδομένων.
- Εκμεταλλεύεται τη λανθάνουσα κατάσταση.
- Συνδυάζει την ευφυή κεραία με το 'χωρικό σχεδιάγραμμα' του αλγορίθμου.

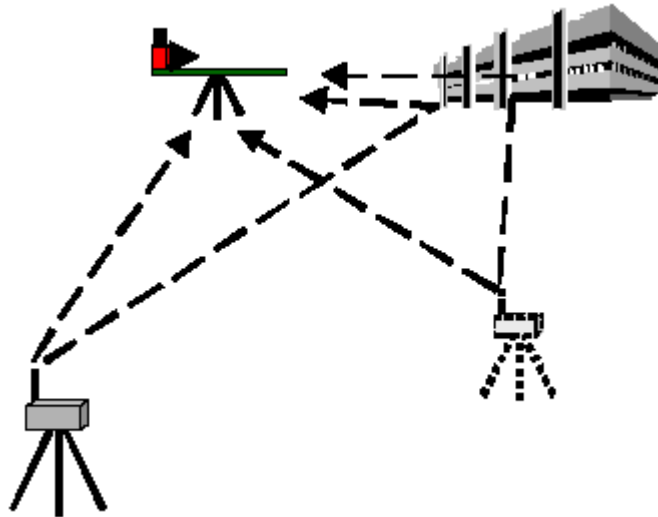
- Δημιουργεί συμβατικές ομάδες υπηρεσίας για να αποδείξει το ρυθμό δεδομένων.

4.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. - ΠΕΙΡΑΜΑ ΦΟΡΗΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΑΣ

Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε για να αξιολογήσει την απόδοση των διαφόρων διαμορφώσεων κεραίας σε διάφορους συνδυασμούς και πειράματα. προσαρμοστικής δέσμης ακτίνας. Το σχήμα 4.a παρουσιάζει ένα τυπικό σενάριο με αυτό το σύστημα. Ο δέκτης αναμειγνύει τα σήματα από δύο ή περισσότερα κανάλια δεκτών στη ζώνη βάσης. Αυτά τα σήματα καταγράφονται σε ψηφιακή ταινία για επεξεργασία εκτός σύνδεσης χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους αλγόριθμους. Ο δέκτης κινείται κατά μήκος μιας διαδρομής 2,8 μέτρων με σταθερή ταχύτητα εξομοιώνοντας έναν κινούμενο άνθρωπο. Μια μικρή φορητή μονάδα τύπου ραδίου έχει δύο κεραίες. Το διάστημα και ο προσανατολισμός των κεραιών ποικίλει.

Το σύστημα έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- 2.05 GHz CW σημάτων.
- 2 πομποί.
- 1 δέκτης (2 κανάλια, που επεκτείνονται σε 4).
- γραμμική διαδρομή 2,8 μέτρων συνεχώς συλλέγοντας δεδομένα, που υποβάλλονται σε επεξεργασία εκτός γραμμής.
- σύστημα που λειτουργεί με μπαταρία, ιδιαίτερα φορητό.
- ρεαλιστικά σενάρια λειτουργίας για το φορητό δέκτη.

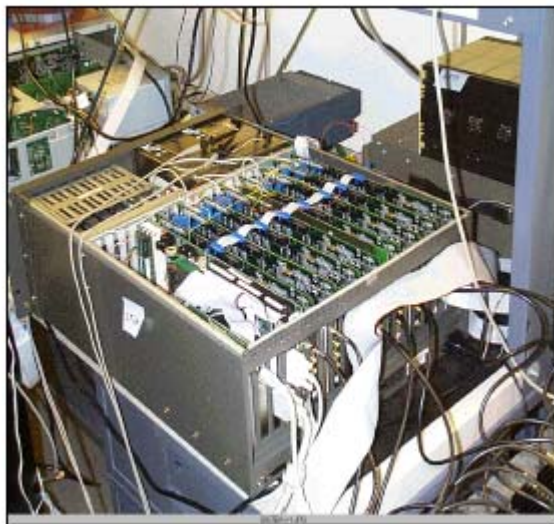


Σχήμα 4.8: χαρακτηριστικό πείραμα που χρησιμοποιεί τη φορητή στοιχειοκεραία σε ένα περιβάλλονπολλαπλών διαδρομών. Ένας πομπός χρησιμοποιείται για πειράματα διαφορετικών συνδυασμών. Ένας δεύτερος πομπός χρησιμοποιείται για πειράματα απόρριψης παρεμβολής χρησιμοποιώντας αλγόριθμους προσαρμοστικού σχηματισμού κεραιών.

4.6 ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΑΣ MPRG.

Το MAAT που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.9 έχει πολλά από τα ίδια χαρακτηριστικά με τη φορητή στοιχειοκεραία αλλά έχει περισσότερα κανάλια και είναι ικανό για μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Είναι, εντούτοις, κάπως ογκώδες και δύσκολο να κινηθεί προς τις διάφορες περιοχές. Το MAAT λειτουργεί σε 2,05 GHz με ένα ημιτονοειδή ή διαμορφωμένο σήμα. Το εύρος ζώνης τίθεται τώρα στα 100 kHz αλλά μπορεί να επεκταθεί στο 1 MHz με τροποποιήσεις. Το MAAT είναι ικανό για το σχηματισμό δέσμης σε πραγματικό χρόνο και εκτίμηση της γωνίας άφιξης.

Τα πειραματικά αποτελέσματα MAAT επιβεβαιώνουν το περιστατικό της μετάδοσης και λαμβάνουν την αμοιβαιότητα, δηλ., οι λειτουργικοί ρόλοι της μετάδοσης και οι κεραίες λήψης ανταλλάσσονται. Αυτό επιτρέπει την απλοποίηση της πειραματικής συλλογής για να αποδείξει την μετάδοση της ευφυούς κεραίας. Επιτρέπει επίσης τα στοιχεία που συλλέγονται για την υποστήριξη της λήψης της ευφυούς κεραίας να χρησιμοποιηθούν για την ερμηνεία της απόδοσης.

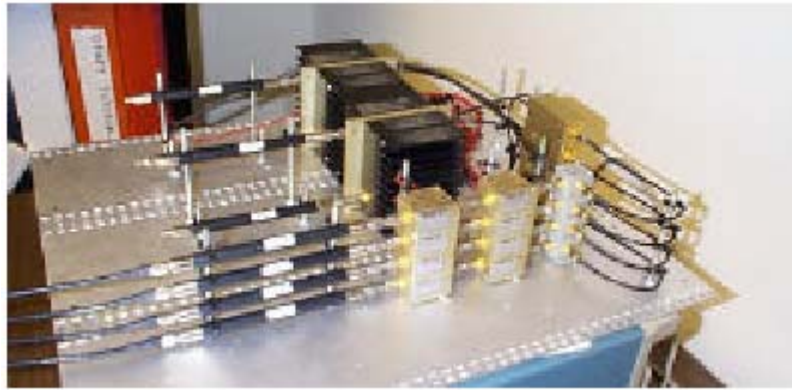


Σχήμα 4.9: Το MAAT περιέχει 8 προγραμματιζόμενους άμεσους ψηφιακούς υπομετατροπείς Harris 40214 και 8 C54x DSPs.

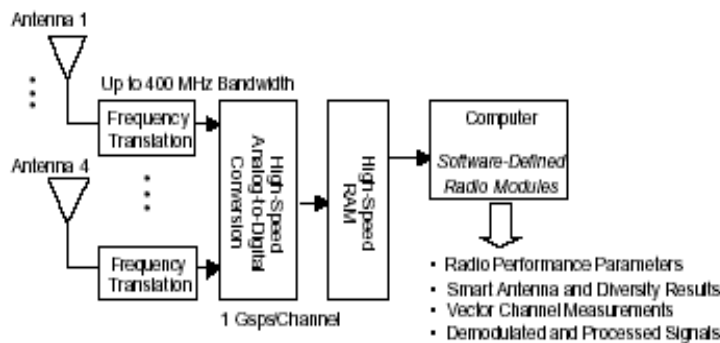
4.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ImPulsE (VIPER)

Αναπτύχθηκε ένας καθορισμένος – λογισμικά, δέκτης μέτρησης ευρείας ζώνης διανυσματικού καναλιού. Το VIPER υποστηρίζει μετάβαση και λήψη διαφόρων μετρήσεων. Ο δέκτης VIPER είναι ικανός να λαμβάνει σήματα μέχρι 400 MHz σε εύρος ζώνης και να τα επεξεργάζεται στο λογισμικό. Ο δέκτης χρησιμεύει ως δοκιμή για τους αλγορίθμους ευφυούς κεραίας και παρουσιάζει λειτουργία ενός συστήματος μέτρησης πολλαπλών διαδρομών για να συγκρίνει τα αποτελέσματα απόδοσης του αλγορίθμου της κεραίας σε περιβάλλοντα πολλαπλών ραδιοκαναλιών.

Το σχήμα 4.10 παρακάτω παρουσιάζει τη φωτογραφία ενός VIPER RF. Ένας παλμογράφος τεσσάρων-καναλιών χρησιμοποιείται για το σύστημα δειγματοληψίας, και ο υπολογιστής αποκτά όλη την πληροφορία σήματος από αυτόν τον παλμογράφο. Το VIPER έχει ως σκοπό να εφαρμόσει λειτουργίες επεξεργασίας στο λογισμικό με ελάχιστο υλικό RF. Το σχήμα 4.11 παρακάτω δείχνει ένα μπλοκ διάγραμμα του δέκτη hardware. Ένα μοναδικό - στάδιο μετατροπής εκτελείται, και τα σήματα IF δειγματοληπτούνται σε 1 giga-δείγμα ανά δευτερόλεπτο για κάθε ένα από τα τέσσερα κανάλια. Τα δείγματα αποθηκεύονται μέσα στη RAM και επεξεργάζονται από τον υπολογιστή.



Σχήμα 4.10: VIPER RF



Σχήμα 4.11: Σύστημα διαγράμματος VIPER

Το λογισμικό VIPER είναι αρμόδιο για την απόκτηση, επεξεργασία, και καταγραφή λαμβανόμενων σημάτων, την επίδειξη των αποτελεσμάτων μέτρησης ή του αλγορίθμου. Το λογισμικό έχει εξελιχθεί από τα προηγούμενα έτη περιλαμβάνοντας τις ακόλουθες ενότητες:

- Ποικιλία κεραιών και ποικιλία κέρδους επεξεργασίας.
- Μέτρηση των χαρακτηριστικών της χρονικής διασποράς (πολλαπλών διαδρομών) των ραδιοκαναλιών.
- Εφαρμογή των αναπτυσσόμενων αλγορίθμων της ευφυούς κεραιάς σε MATLAB.
- Χρόνος- περιοχή, και φάσμα μέτρησης.
- Απόκτηση και καταγραφή ακατέργαστου λαμβανόμενου σήματος.
- Αναπαραγωγή ήχου των καταγραμμένων σημάτων για ανάπτυξη και δοκιμή νέων αλγορίθμων.

4.8 ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

Ένας πομπός ευρείας ζώνης έχει σχεδιαστεί και δημιουργηθεί για την ποικιλομορφία ευρείας ζώνης και τα πειράματα μέτρησης καναλιού. Ο πομπός είναι βασισμένος σε ένα FPGA με ένα επί της πλακέτας EEPROM που καθορίζει τις ακολουθίες PN και των δεδομένων. Η εφαρμογή του ρεύματος του πομπού επιτρέπει στην ακολουθία του τσιπ PN να φτάσει τόσο υψηλά όσο 25 Mcps. Οι μελλοντικές εφαρμογές θα χρησιμοποιήσουν την πλήρη ικανότητα του ολοκληρωμένου κυκλώματος FPGA για να τρέχει μια ακολουθία PN σε 100

Mcps. Αυτό το υψηλό ποσοστό του τσιπ απαιτείται για λεπτομερή μέτρηση των πολλαπλών διαδρομών των ραδιο-καναλιών, αλλά τα χαμηλότερα ποσοστά του τσιπ θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια διαφόρων πειραμάτων για την παραγωγή σημάτων παρόμοιων στο εύρος ζώνης με εκείνα των 3G ασύρματων συστημάτων.

4.9 ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (VMPS)

Ο διανυσματικός προσομοιωτής πολλαπλών διαδρομών διάδοσης (VMPS) αναπτύχθηκε για να λειτουργήσει σε πειραματικές μετρήσεις σε σήματα περιβάλλοντος είτε στενής ζώνης, είτε ευρείας ζώνης. Το πλήρες ραδιο-κανάλι μπορεί να μοντελοποιηθεί με αυτόν τον προσομοιωτή συμπεριλαμβανομένου των επιδράσεων της κεραίας και της διάδοσης.

Πειραματικά αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτιστοποίηση των προτύπων που εφαρμόζονται σε VMPS. Ο στόχος είναι να μελετηθούν και να απομονωθούν τα αποτελέσματα τέτοιων παραμέτρων όπως το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας, οι πολλαπλές διαδρομές, η παρεμβολή και η απόδοση του αλγορίθμου. Ένα σύστημα δέκτη μέχρι 8 κεραίες μοντελοποιείται με έναν προσομοιωτή VMPS. Μπορούν να ενεργοποιηθούν και να τοποθετηθούν σε αυθαίρετες θέσεις γύρω από το δέκτη μέχρι 6 πομποί. Η διάδοση πολλαπλής διαδρομής προσομοιώνεται εισαγάγοντας διασκορπιστές σε τοποθεσίες που επιλέγονται από τους χρήστες ή καθορίζονται από τα ενσωματωμένα πρότυπα. Η μεταδιδόμενη ισχύ και η αντανάκλαση των διασκορπιστών ποικίλει και η γραμμή διάκρισης μπορεί να είναι ή ανοιχτή ή κλειστή. Ο συνδυασμός όλων αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων επιτρέπει την προσομοίωση μιας ευρείας ποικιλίας των όρων των καναλιών.

Ο προσομοιωτής μπορεί να διαμορφώσει την απόδοση διαφόρων σχεδίων όπως χωρικό, πόλωση και διάγραμμα ακτινοβολίας. Τα κέρδη ποικιλομορφίας 7-11 dB έχουν ληφθεί από το VMPS σε επίπεδο 99% για την κεραία δύο στοιχείων έξω από το οπτικό πεδίο γραμμής διάδοσης σε αστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν τη μέγιστη αναλογία συνδυασμού. Αυτά τα αποτελέσματα προσομοίωσης συμφωνούν με μετρήσεις που λειτουργούν κάτω από παρόμοιες συνθήκες διάδοσης που χρησιμοποιούν το σύστημα HAAT. Το VMPS μπορεί επίσης να αξιολογήσει την απόδοση σε συστήματα επικοινωνιών ευρείας ζώνης που χρησιμοποιούν χωροχρονικές και χωρικές στοιχειοκεραίες, ή ένα δέκτη μοναδικής κεραίας κάτω από διάφορα σενάρια παρεμβολής πολλαπλής διαδρομής.

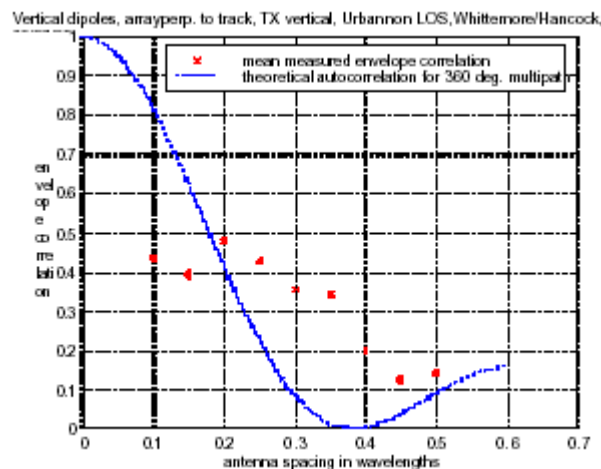
4.10 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Εκτενείς μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί με τα αναπτυγμένα πειράματα hardware. Αυτές οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τις μετρήσεις στη τηλεφωνική συσκευή, την επίδραση της διάταξης του στοιχείου της κεραίας, τον προσαρμοστικό σχηματισμό δέσμης ακτίνας, τη

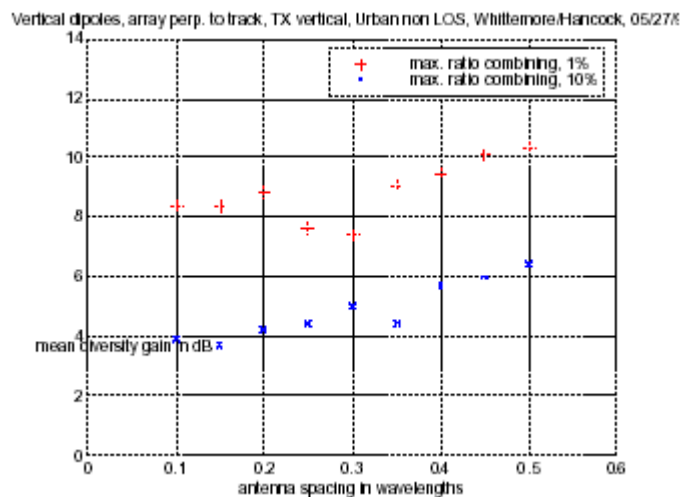
γωνία άφιξης, την επαλήθευση αμοιβαιότητας καναλιών, και το διάνυσμα ευρείας ζώνης μετρήσεων καναλιού. Μετρήσεις ποικιλομορφίας δειγμάτων για ένα εξωτερικό κανάλι εκτός πεδίου παρουσιάζονται στα σχήματα 4.12 και 4.13.

Το σχήμα 4.12 παρουσιάζει συντελεστή συσχετισμού της διάταξης κεραίας. Σημειώνεται ότι ο συσχετισμός είναι αρκετά κάτω από 0.7, το οποίο είναι καλό για την επίτευξη βελτίωσης λόγω της ποικιλομορφίας.

Το σχήμα 4.13 παρουσιάζει κέρδος ποικιλομορφίας ως λειτουργία της διάταξης κεραίας. Υπάρχουν περίπου 9 dB του κέρδους για αξιοπιστία 99% και για κέρδος 5 dB για αξιοπιστία 90% σχεδόν ανεξάρτητα σχετικά με τη διάταξη σε μήκη κύματος 0,1.



Σχήμα 4.12: Συνιστώσα συσχετισμού (envelope) έναντι διάταξης κεραίας για μετρήσεις χωρικής ποικιλομορφίας σε ένα αστικό, non-LOS περιβάλλον.



Σχήμα 4.13: Μέσος όρος κέρδους ποικιλομορφίας και διάταξης κεραίας για χωρικές μετρήσεις ποικιλομορφίας σε ένα αστικό non-LOS περιβάλλον.

Το σύστημα HAAT χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη διαφόρων τύπων εφαρμογής ποικιλομορφίας, οι οποίοι περιλάμβαναν χωρική ποικιλομορφία, πόλωση και διάγραμμα

ακτινοβολίας. Σημειώστε ότι το κεφάλι του χειριστή κοντά στις κεραίες προκαλεί μόνο μίαιμικρή υποβάθμιση στο κέρδος απόδοσης της ποικιλομορφίας.

Table 1:

Type	Envelope Correlation	Power Imbalance, dB	Gain, MRC, dB	Gain, Select, dB
Spatial	0.12-0.49	0.7-4.4	7.4-10.4	6-9
Polarization	0.31	0.4	9.2	7.8
Pattern	0.13-0.08	5.6-6.2	9.2-11.2	7.9-9.7

Table 2:

	Envelope Correlation	Power Imbalance	Diversity gain, MRC	Diversity gain, Selection
w/operator	0.31	0.4 dB	10.6 dB	9.4 dB
w/o operator	0.44	0.5 dB	8.8 dB	7.1 dB

Πίνακας 1: παρουσιάζει μια περίληψη των αποτελεσμάτων ποικιλομορφίας για αστικό non-LOS κανάλι.

Πίνακας 2: παρουσιάζει αποτελέσματα από πείραμα με έναν ανθρώπινο χειριστή.

Εκτενής έρευνα εκτελέστηκε στον προσαρμοστικό σχηματισμό δέσμης χρησιμοποιώντας φορητές στοιχειοκεραίες. Η έρευνα χρησιμοποίησε μικρές στοιχειοκεραίες τεσσάρων στοιχείων που τοποθετήθηκαν σε έναν δέκτη που θα μπορούσε να μεταφερθεί όπως ένα κινητό τηλέφωνο. Η έρευνα προσαρμοστικού σχηματισμού δέσμης περιέλαβε πάνω από 250 πειράματα σε αγροτικά, προαστιακά, και αστικά κανάλια με δύο αμοιβαίους πομπούς παρεμβολής. Ελεγχόμενα πειράματα παρείχαν μια βελτίωση απόδοσης 25 έως 50 dB με έναν συντελεστή αλγορίθμου ελαχίστων τετραγώνων (LSCMA). Στα κανάλια πολλαπλών διαδρομών, αυτά τα επίπεδα απόδοσης επιτεύχθηκαν ακόμη και όταν δεν υπήρχε κανένας χωρισμός μεταξύ των πομπών στη γωνία αζιμουθίου όπως φαίνεται από το δέκτη, και καμία διαφορά στους προσανατολισμούς των δύο εκπεμπόμενων κεραιών.

Πρόσθετες μετρήσεις εκτελέστηκαν, στις οποίες ο δέκτης ήταν φορητός με ταχύτητες βαδίσματος σε σενάρια peer to peer και μικροκυβελών. Ο μέσος όρος βελτίωσης SINR σε σενάριο peer to peer ήταν περίπου 37-41 dB, και ο μέσος όρος SINR μετά το σχηματισμό δέσμης ακτίνας ήταν 21-27 dB στο μικροκυβελικό σενάριο. Το χαμηλότερο SINR του μικροκυβελικού σεναρίου οφείλεται εν μέρει στο χαμηλό SNR προκαλούμενο από την εξασθένιση του σήματος πέρα από μακρύτερη πορεία διάδοσης. Στα κανάλια πολλαπλών

διαδρομών που μετριοούνται, μία διπλή - ή πολλαπλής πόλωσης στοιχειοκεραία παρέχει λιγότερο από 3 dB παραπάνω πέρα από μια ομο-πολωμένη στοιχειοκεραία, δείχνοντας ότι σε αυτά τα κανάλια η ευελιξία πόλωσης μπορεί να είναι χρήσιμη αλλά δεν είναι κρίσιμη.

Το σύστημα MAAT χρησιμοποιήθηκε για να πραγματοποιήσει τη γωνία μέτρησης άφιξης, τους προσαρμοστικούς αλγορίθμους εξουδετέρωσης παρεμβολής, για ένα φάσμα συστήματος διάδοσης (χαμηλό εύρος ζώνης), και τις πολυφασματικές διανυσματικές μετρήσεις καναλιού βασισμένες στον εντοπισμό συχνότητας του εύρους ζώνης άνω των 10 MHz. Οι πολυφασματικές μετρήσεις αποκαλύπτουν το είδος εξασθένισης ενός εσωτερικού καναλιού και το είδος εξασθένισης επιλεκτικής συχνότητας από ένα εξωτερικό σε ένα εσωτερικό κανάλι. Το VIPER χρησιμοποιήθηκε ως αρχή μιας σειράς μετρήσεων διανυσματικού καναλιού ευρείας ζώνης για διάφορα κανάλια (εσωτερικά, εξωτερικά, κ.λπ.) με ένα εύρος ζώνης ισόμετρο με το εύρος ζώνης IMT-2000. Αρχικά πειράματα εκτελέστηκαν σε ένα εσωτερικό περιβάλλον.

Παρακάτω περιγράφονται οι δραστηριότητες της Virginia Tech στην μετάδοση για διαφορετικές μορφές ποικιλομορφίας στη συσκευή τηλεφώνου. Η μεταδιδόμενη ποικιλομορφία δίδεται μεταδίδοντας την ακολουθία συμβόλων σε όλα τα στοιχεία μιας στοιχειοκεραίας στον εκπομπό. Το πρόβλημα καθορίζεται στη μεγιστοποίηση του σήματος θορύβου (SNR) στο δέκτη που υπόκειται σε σταθερή μεταδιδόμενη ισχύ. Διαφορετικοί αλγόριθμοι επινοήθηκαν ως τεχνικές για να εφαρμοστούν στην ποικιλομορφία μετάδοσης στην τηλεφωνική συσκευή για ένα επίπεδο καναλιού εξασθένισης. Οι τεχνικές που σχετίζονται χρησιμοποιούν ένα σύνθετο διάνυσμα βάρους στον εκπομπό για να κλιμακώσει τα σύμβολα μέσω των διαφορετικών στοιχείων κεραιών. Οι προτεινόμενες τεχνικές συγκρίθηκαν σε αντιστοιχία με το μέγιστο επιτεύξιμο SNR και τη συμπεριφορά σύγκλισης.

Οι τεχνικές εξετάστηκαν μέσω των προσομοιώσεων και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τεχνική του LS (ελαχίστων τετραγώνων) παρείχε την πιο ελπιδοφόρα λύση για ένα επίπεδο καναλιού εξασθένισης. Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι σε σχέση με το σύστημα μιας κεραίας για εσωτερικά περιβάλλοντα έχουμε 2-6 dB απόδοση κέρδους για μια στοιχειοκεραία 2-στοιχείων, και 5-12 dB απόδοση κέρδους για μια στοιχειοκεραία 4-στοιχείων. Μελετήθηκαν τα προβλήματα ανατροφοδότησης και η λανθάνουσα κατάσταση που συνδέεται με αυτούς τους προτεινόμενους αλγορίθμους. Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι μια κβαντοποίηση μεγέθους και φάσης του σύνθετου διανύσματος βάρους είναι δυνατή με μόνο μια μικρή υποβάθμιση απόδοσης. Επίσης μελετήθηκε η καταλληλότητα αυτών των αλγορίθμων με αντιστοιχία στην εφαρμογή στα πρότυπα WCDMA IMT- 2000. Οι δομές του καναλιού και το σχήμα σήματος WCDMA μπορεί να προσαρμοστεί στους αλγορίθμους.

Η δυνατότητα πραγματοποίησης του συστήματος ποικιλομορφίας μετάδοσης αναδείχθηκε από μια εφαρμογή hardware. Η διαδικασία ενός πειράματος ποικιλομορφίας αποτελέστηκε από 2 στοιχεία ευρείας ζώνης και ένα δέκτη VIPER. Το κέρδος του ενός

στοιχείου κρατήθηκε σταθερό ενώ η φάση του άλλου στοιχείου διαφοροποιήθηκε σε ξεχωριστά βήματα. Η ισχύ του σήματος μετρήθηκε για κάθε ρύθμιση φάσης και η ρύθμιση που προβλέπει τη μέγιστη ισχύ αναγνωρίστηκε και αναμεταδόθηκε πίσω στον εκπομπό. Οι μετρήσεις ισχύος σήματος έγιναν επίσης για μεμονωμένα στοιχεία κεραίας και η απόδοση του συστήματος ποικιλομορφίας συγκρίθηκε με εκείνα ενός συστήματος μοναδικής κεραίας. Τα αρχικά αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι δυνατή μια βελτίωση 3-4 dB σε επίπεδο 1% του σχεδίου λειτουργίας (CDF).

ΠΗΓΕΣ

- The Evolution Of Smart Antennas To 3G Marty Feuerstein, Chief Technology Officer, 1 October 2002
- Smart Antenna for Handsets - Tom Biedka, Carl Dietrich, Kai Dietze, Richard B. Ertel, Byung-Ki Kim, Raqibul Mostafa, William Newhall, Uwe Ringel, Jeffrey H. Reed, Dennis Sweeney, Warren L. Stutzman, Robert J. Boyle, and Ashok Tikku

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΛΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ.

5.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρακάτω προτείνονται απλουστευμένα πρότυπα κεραιών και προσέγγιση για μια εκτίμηση θέσης αλγόριθμου, σε ένα σύστημα προσομοίωσης επιπέδου, συστημάτων προηγμένων πρωτοκόλλων μεταγωγής με ευφυείς κεραιές. Αυτά τα πρότυπα έχουν εφαρμοστεί στο εργαλείο προσομοίωσής MOSIT που είναι βασισμένο στην προδιαγραφή και τη γλώσσα περιγραφής SDL (ITU Z.100). Η εφαρμογή που αναφέρεται είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης για την εξέταση μιας νέας προσέγγισης για ένα προηγμένο πρωτόκολλο μεταγωγής. Αυτό χρησιμοποιεί την κατ' εκτίμηση κατεύθυνση άφιξης των προσαρμοστικών κεραιών σε συνδυασμό με άλλες κινητές μεθόδους πρόβλεψης μετακίνησης, για να διατηρήσει την χωρητικότητα στο επόμενο προβλεπόμενο ραδιοκύτταρο, προκειμένου να μειωθούν τα ποσοστά μπλοκαρίσματος και σηματοδοσίας.

Για προσομοιώσεις επιπέδου συστήματος τρεις βασικές έννοιες χρησιμοποιούνται συχνά ως υπολογισμός μιας πλήρους σύνδεσης και προσομοίωση επιπέδου συστήματος. Μια έννοια βασίζεται στην ιδέα της προσομοίωσης αρχικά στην κατάσταση δικτύου. Στο δεύτερο βήμα η κατάσταση για μια ενιαία σύνδεση εξετάζεται με μια προσομοίωση σύνδεσης επιπέδου για ένα σύντομο στιγμιότυπο.

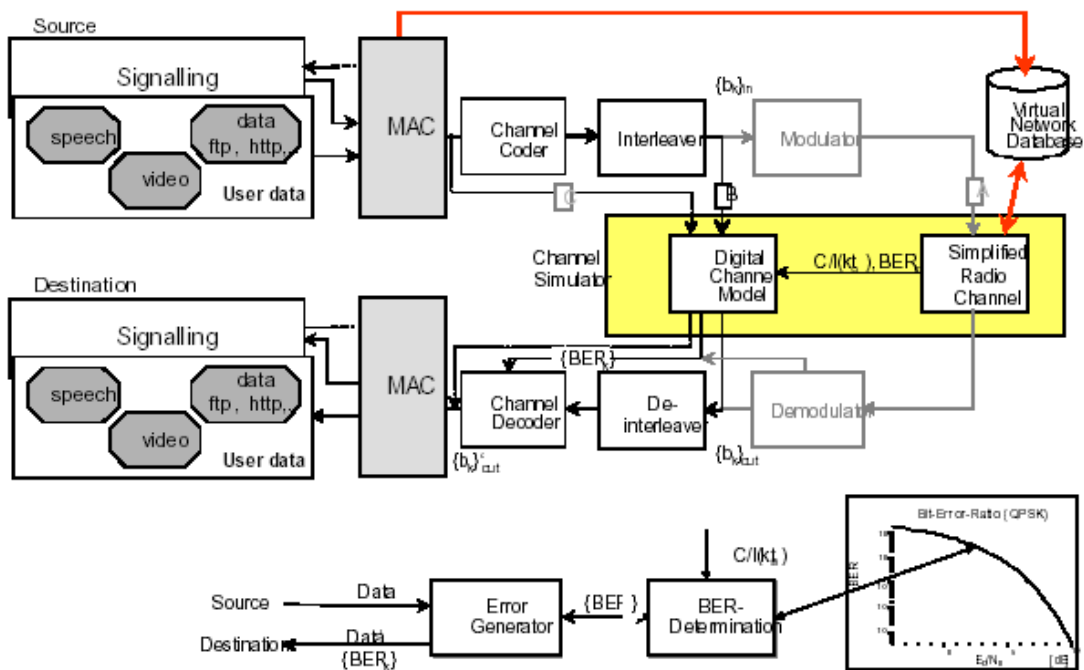
Μια δεύτερη ιδέα χρησιμοποιεί προ-υπολογισμένες τιμές επιπέδου σύνδεσης για ένα τυποποιημένο σενάριο. Αυτό το πρότυπο έχει μειονεκτήματα επειδή ο αλγόριθμος για την κατανομή καναλιού ελέγχου ισχύος, που ισχύει στην μεταγωγή αλλάζει την κατάσταση στη σύνδεση επικοινωνίας. Παραδείγματος χάριν ο έλεγχος ισχύος επηρεάζει τις τιμές του λόγου φέροντος με παρεμβολή (C/I) του δικτύου και έτσι και την κατανομή δυναμικού καναλιού. Ακόμα τους αλγόριθμους μεταγωγής και παράδοσης καναλιών και αντίστροφα. Η δοκιμή των αλγορίθμων με σταθερές παραμέτρους δεν είναι επαρκής σε αυτήν την περίπτωση εφόσον μόνο μεμονωμένες περιπτώσεις μπορούν να παρατηρηθούν.

Μια τρίτη νέα προσέγγιση είναι η πραγματική διεπαφή τιμής (AVI) που έχει αναπτυχθεί στα προγράμματα ACTS που υποστηρίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σε αυτήν την προσέγγιση οι πραγματικοί παράμετροι του επιπέδου σύνδεσης εισάγονται μέσω μιας διεπαφής. Για το σύστημα επιπέδου MOSIT χρησιμοποιείται μια προσαρμοστική γεννήτρια bit error.

Με τα πρότυπα απώλειας πορείας και μοντέλα εξασθένισης η αναλογία C/I υπολογίζεται για κάθε σύνδεση. Η αναλογία του bit error για αποκωδικοποιημένη μετάδοση

$\{bk\}_{in}$ σε $\{bk\}_{out}$ [σχήμα 5.a] καθορίζεται από το γράφημα $(E_b / N_0)/BER$ χρησιμοποιώντας το υπολογισμένο φέρον στο επίπεδο παρεμβολής. Αυτοί οι πίνακες $(E_b / N_0)/BER$ πρέπει να αναπαραχθούν με χωριστές προσομοιώσεις σύνδεσης επιπέδου.

Μια άλλη δυνατότητα θα ήταν να χρησιμοποιηθεί $(E_b / N_0)/RER$ ένα γράφημα ποσοστού λάθους. Συγκεκριμένα μια γραφική παράσταση για μετάδοση κωδικοποιημένων δεδομένων για τον καθορισμό μόνο της υπολειπόμενης αναλογίας λάθους όπως φαίνεται στην πορεία C. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η καθυστέρηση των υβριδικών σχεδίων ARQ II δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί. Από την άλλη μεριά δεν απαιτείται κανένας υπολογισμός για την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση καναλιών. Η προσομοίωση της δυναμικής κατανομής καναλιού για πρωτόκολλα μεταγωγής αλλά ακόμα και οι διαδικασίες διόρθωσης λαθών παράδοσης, όπως τα υβριδικά σχέδια ARQ II απαιτούν αυτήν την παράμετρο επιπέδου σύνδεσης. Ένα πρόβλημα με αυτή τη λύση είναι ότι οι σύγχρονοι αποκωδικοποιητές χρειάζονται τιμές soft-decision και πληροφορίες κατάστασης καναλιού. Όμως δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν ακριβώς με αυτόν τον τρόπο. Πρέπει να υποθέσουμε ένα σταθερό κέρδος του χ dB για τα πρότυπα προσομοίωσης με αποκωδικοποιητές soft-decision ή πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις τιμές αναλογίας bit error για να διαμορφωθεί μια αξιόπιστη εκτίμηση.



Σχήμα 5.1: μοντέλο προσομοίωσης στο σύστημα επίπεδου για μία ζεύξη εκπομπής.

Το εργαλείο προσομοίωσης θα επιτρέψει την αναπαραγωγή του περιβάλλοντος δοκιμής (ή του ιδεατού δικτύου) για σύγκριση των διαφορετικών αλγορίθμων κατανομής καναλιών. Για να εξετάσει τον αντίκτυπο των αλγορίθμων κατανομής καναλιού στο φορτίο

δικτύων, απαιτείται να μοντελοποιήσει τις συνθήκες του δικτύου συμπεριλαμβανομένων των κινούμενων κινητών και των γεννητριών κυκλοφορίας. Κατά την αξιολόγηση των νέων πρωτοκόλλων μπορούν να παραλειφθούν οι κωδικοποιητές δεδομένων πηγής του χρήστη.

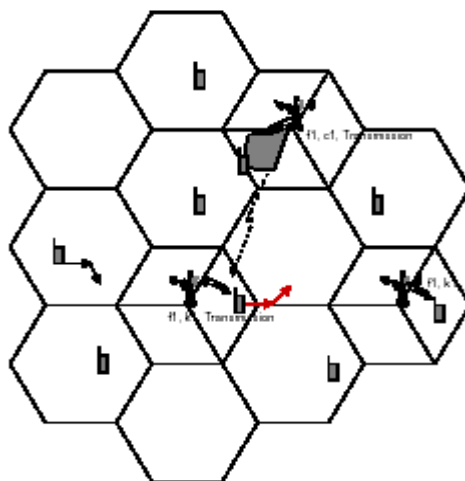
5.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ SDL

Το εργαλείο προσομοίωσης επιπέδου συστήματος MOSIT είναι γραμμένο σε SDL (προδιαγραφική και περιγραφική γλώσσα, Σύσταση-ITU Z.100) που χρησιμοποιεί το γνωστό εργαλείο SDT. Η παραγωγή και η προσομοίωση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας με SDL είναι απλή και αποδοτική. Ο ταυτόχρονος σχεδιασμός μεγάλων συστημάτων με διάφορους μηχανισμούς ανάπτυξης γίνεται αρκετά απλουστευμένος λόγω της υψηλά μοντελοποιημένης γραφικής διεπαφής του χρήστη του SDL και σαφώς καθορίζονται οι διεπαφές μεταξύ των διαδικασιών. Από τη στιγμή που η SDL υποστηρίζει την συνεχόμενη τεκμηρίωση, η ικανότητα επαναχρησιμοποίησης είναι πολύ καλύτερη από το παράδειγμα κώδικα C. Ο κώδικας SDL μετατρέπεται αυτόματα στον κώδικα C και μπορεί να συνταχθεί για πολλές πλατφόρμες με το εργαλείο SDT.

5.3 ΝΟΗΤΟ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ. - ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Το πρότυπο προσομοίωσης αρχικοποιείται με τα αρχεία παραμέτρου για έναν αυθαίρετο αριθμό σταθμών βάσης με χωριστά προσαρμοσμένες παραμέτρους. Οι κινητοί σταθμοί τοποθετούνται τυχαία ή με τα αρχεία σχεδίων. Κάθε ένας κινητός σταθμός αλλάζει την κατεύθυνση και την ταχύτητα τυχαία μέσα στις προσαρμοσμένες παραμέτρους ή ελέγχει μέσω των αρχείων σχεδίων κίνησης. Η πλήρης βάση στοιχείων για την προσομοίωση του εικονικού δικτύου κρατιέται σε μια κεντρική βάση δεδομένων.

Η δραστηριότητα των κινητών ελέγχεται από μια γεννήτρια κυκλοφορίας. Αυτή η γεννήτρια κυκλοφορίας περιέχει τα πρότυπα για την ομιλία, το βίντεο (σταθερό ποσοστό δυαδικών ψηφίων) και τις υπηρεσίες στοιχείων (μεταβλητό ποσοστό δυαδικών ψηφίων). Η μετρημένη χρονική σειρά για τις αντίστοιχες θέσεις και η ταχύτητα μπορεί να διαβαστεί μέσω των αρχείων σχεδίων. Για κάθε τομέα, οι συχνότητες και τα κανάλια των κεραιών μπορούν να οριστούν. Η κατανομή της συχνότητας και του καναλιού μπορεί να είναι είτε στατική είτε δυναμική. Οι ιεραρχικές δομές κυττάρων μπορούν να δημιουργηθούν σύμφωνα με καθορισμένη εκπεμπόμενη ισχύ.



Σχήμα 5.2: Νοητό κυψελωτό δίκτυο.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

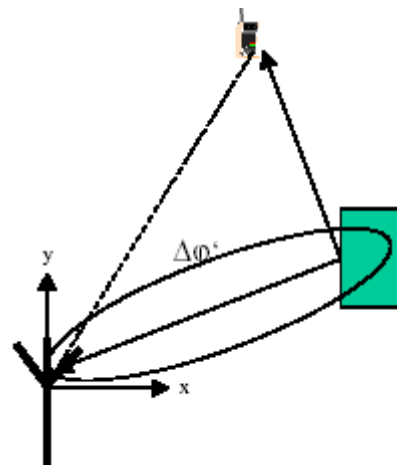
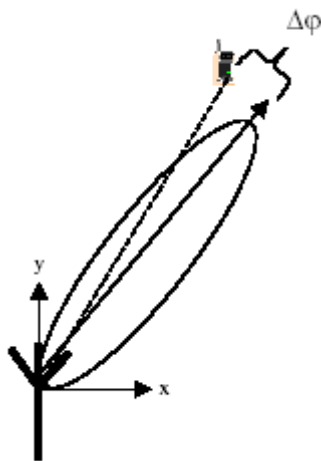
Κάθε κινητός σταθμός ρυθμίζει τη μεταδιδόμενη ισχύ του με την υποστήριξη του σταθμού βάσης εξυπηρέτησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αυτός με το ισχυρότερο φέρον ραδιοφωνικής μετάδοσης. Αυτή η ρύθμιση εκτεμπόμενης ισχύος πραγματοποιείται από ασύγχρονο και αποκεντρωμένο CIR που βασίζεται στους αλγόριθμους IPC, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ γερό στην προσομοίωση. Προς το παρόν τρία τυποποιημένα πρότυπα απώλειας πορείας εφαρμόζονται για να προβλέψουν το φέρον στο επίπεδο παρεμβολής.

5.4 ΚΕΡΑΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Τα δυναμικά προσαρμοστικά διαγράμματα κεραιών και οι τομείς μετάδοσης μπορούν να οριστούν στην κεραία από τους σταθμούς βάσης. Τα κατευθυντικά πρότυπα και οι αλγόριθμοι για τις προσαρμοστικές κεραιές πρέπει να απλοποιούνται για την προσομοίωση επιπέδων συστημάτων.

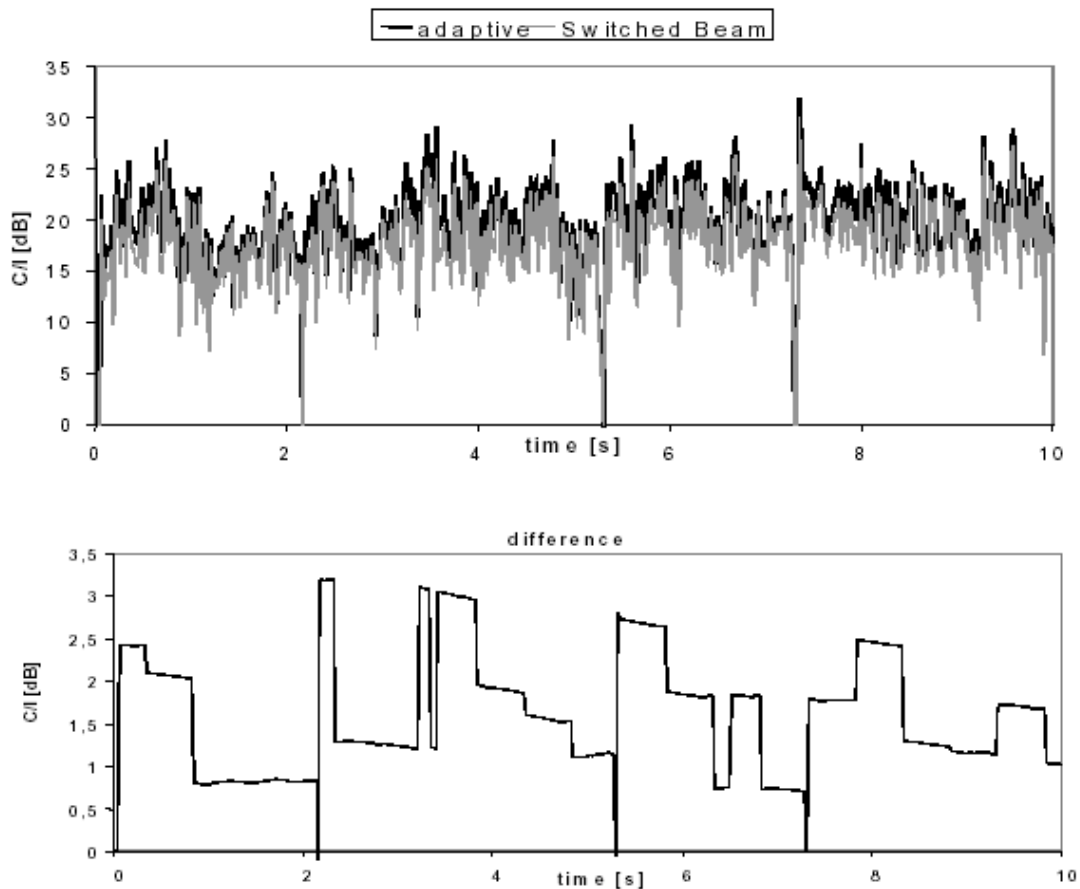
Υπάρχουν δύο αποτελέσματα που πρέπει να εξεταστούν: ανακρίβειες 1) λόγω των αλγορίθμων εκτίμησης και 2) λόγω των "μη κατευθυντικών" ακτινών. Δεν διαμορφώνουμε το πραγματικό περιβάλλον από την αστική περιοχή. Επομένως δεν χρησιμοποιούμε ακτίνα και ισχυρό διασκορπιστή. Η εκτίμηση DOA (κατεύθυνση άφιξης) είναι εξιδανικευμένη και η ακτίνα κεραιών κατευθύνεται προς την ιδανική κατεύθυνση- θέση του κινητού σταθμού. Στην πραγματικότητα η κεραία μπορεί επίσης να κατευθυνθεί από ένα ισχυρό διασκορπιστή.

Οι μετρήσεις έδειξαν μία αρκετά καλή ακρίβεια της γωνίας εκτίμησης των προσαρμοστικών κεραιών με χαμηλή σταθερή απόκλιση. Η σταθερή απόκλιση των περισσότερων αλγορίθμων εκτίμησης συγκρίνεται με τις ανακρίβειες του μετρημένου DOAs [σχήμα 5.3]. Για ένα σύστημα επιπέδου προσομοίωσης υψηλότερων στρωμάτων είναι πολύ πιο σύνθετο να εξεταστούν τα αποτελέσματα των "μη κατευθυντικών κεραιών" προς ισχυρό διασκορπιστή [Σχήμα 5.4].



Σχήμα 5.3: Ανακρίβεια της εκτίμησης DOA. **Σχήμα 5.4:** Ισχυρός διασκορπιστής.

Μόνο τα λάθη εκτίμησης των αλγορίθμων εκτίμησης DOA διαμορφώνονται με μια σταθερή απόκλιση ανάλογα με τον αλγόριθμο που υποτίθεται ότι λειτουργεί. Στην περίπτωση της εξέτασης των μεταστρεφόμενων κεραιών πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ξεχωριστές θέσεις.



Σχήμα 5.5: Σύγκριση μεταστρεφόμενης ακτίνας και φάσης στοιχειοκεραίας για ένα δεδομένο σενάριο.

Χρησιμοποιούμε δύο πρότυπα για τις προσαρμοστικές κεραιές. Το ένα είναι βασισμένο στην περιγραφή των στοιχειοκεραίων φάσης με M sinus ή με πανκατευθυντικά στοιχεία. Με αυτό το πρότυπο η ακτίνα μπορεί να διαμορφωθεί και να οδηγηθεί με έναν σωστό τρόπο αλλά δεν μπορεί να εκμηδενίσει την παρεμβολή ή τις ακτίνες πολλαπλών διαδρομών με τους παράπλευρους λοβούς. Για αυτόν τον σκοπό μια σύνθετη κατευθυντική περιγραφή με ακτίνες πολλαπλών διαδρομών και κατευθυνόμενους αλγορίθμους σύνθετης ακτίνας θα ήταν απαραίτητη (SFIR). Η απώλεια ακτίνων που δεν κατευθύνονται στη βέλτιστη κατεύθυνση (σωστή γωνία στη συγχρονισμένη στοιχειοκεραία) υποτίθεται ότι αντισταθμίζονται από τον αλγόριθμο ελέγχου ισχύος. Μια αύξηση θα μπορούσε να επιτευχθεί με τον περιορισμό της μέγιστης ισχύος ανάλογα με τη γωνία που σχετίζεται με τη στοιχειοκεραία.

Η μορφή της δέσμης της φασικής στοιχειοκεραίας περιγράφεται από:

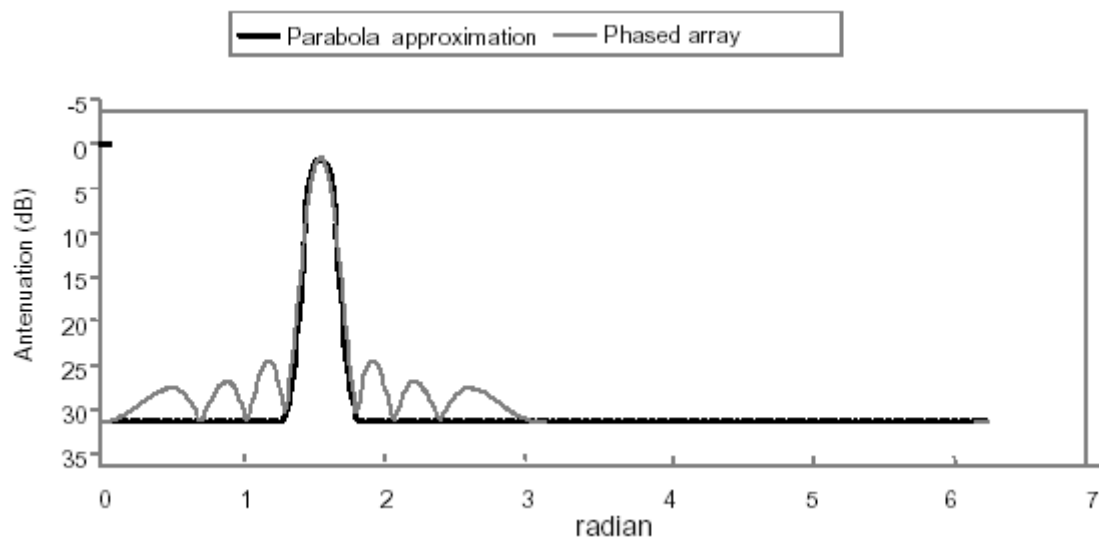
$$f_g(\theta) = \frac{\sin\left(M \cdot \frac{\pi}{2} (\cos\theta - \cos\theta_0)\right)}{M \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} (\cos\theta - \cos\theta_0)\right)} \quad (1.1)$$

$$F(\theta) = f_g(\theta) \cdot g_E(\theta) \quad (1.2)$$

Όπου $g_E(\theta)$ είναι χαρακτηριστικό από το μοναδικό στοιχείο της στοιχειοκεραίας και $f_E(\theta)$ ο ομαδικός παράγοντας.

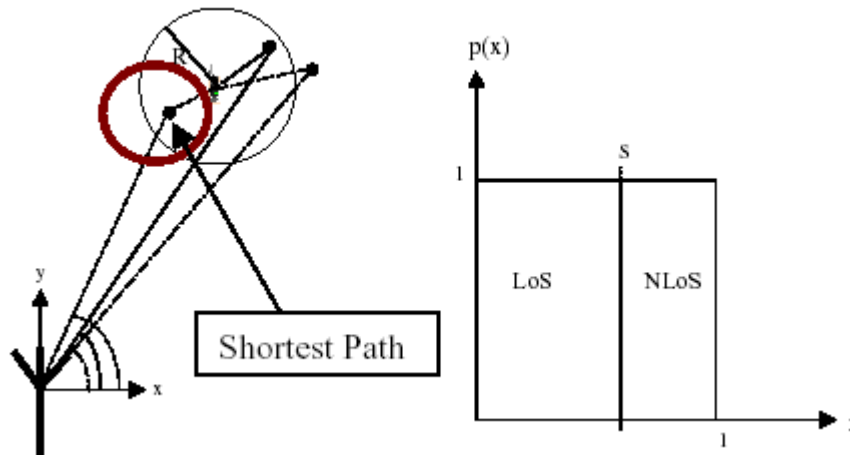
$$g_E(\theta) = \begin{cases} \sin\theta & , 0 < \theta < \pi \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.3)$$

Το κέρδος της κεραιάς G υποτίθεται ότι είναι $G = 10 \cdot \log(M)$ (M στοιχεία)



Σχήμα 5.5: Φασική στοιχειοκεραία και παραβολική προσέγγιση.

Για ένα δεύτερο πρότυπο ευφυούς κεραίας υποθέτουμε την ιδανική εξουδετέρωση παρεμβολής. Η κύρια ακτίνα προσεγγίζεται με τα μέρη των παραβολών που μπορούν να διαμορφωθούν στο πλάτος. Οι παράπλευροι λοβοί τοποθετούνται με μια σταθερή τιμή εξασθένισης. Η μείωση των πολλαπλών διαδρομών ακτινών μπορεί να υποτεθεί σε ένα σταθερό κέρδος βασιζόμενο ανάλογα στο τοπικό περιβάλλον και πρέπει να αξιολογηθεί με ακριβέστερες προσομοιώσεις ή μετρήσεις. Μια άλλη δυνατότητα θα ήταν ένα νέο πρότυπο για μια διαδικασία εξασθένισης προσαρμοσμένου rayleigh.



Σχήμα 5.6: Εκτίμηση θέσης και κατώφλι LoS/NLoS.

5.5 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΕΥΦΥΕΙΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Πρώτα εφαρμόστηκε ένας αλγόριθμος μεταγωγής βασισμένος σε μια απλή διαδικασία χρησιμοποιώντας την ισχύ μετάδοσης του ισχυρότερου καναλιού ραδιοφωνικής εκπομπής των γειτονικών σταθμών βάσης. Για να αποτραπούν γρήγορα άλματα μεταξύ δύο σταθμών βάσης χρησιμοποιήθηκε μια απλή υστέρηση μεταγωγής.

Ένα δεύτερο πιο ενισχυμένο πρότυπο εφαρμόζεται με τις βαλμένες σε στρώσεις ιεραρχικές δομές κυττάρων. Η απόφαση για μια μεταγωγή μπορεί να βασιστεί στην ταχύτητα, στην απώλεια - πορείας και στην ποιότητα ζεύξης.

Ο υπολογισμός ταχύτητας εφαρμόζεται κάτω από την ιδεατή υπόθεση ότι η μετατόπιση Doppler είναι γνωστή και δίνει την ταχύτητα. Ένα πρώτο βήμα σε ένα ενισχυμένο πρωτόκολλο μεταγωγής είναι η παρατήρηση της ποιότητας ζεύξης. Εάν δύο ακτίνες κινούνται κοντά η μια στην άλλη η τιμή C/I μειώνεται. Εάν η ποιότητα ζεύξης που παρατηρείται είναι πάρα πολύ κακή για έναν δεδομένο παράθυρο χρόνου ο αλγόριθμός μας προσπαθεί να προσαρμόσει την πραγματική κατανομή καναλιών. Εάν αυτό αποτύχει το πραγματικό κανάλι χάνεται.

Το επόμενο βήμα θα είναι ένα πιο ενισχυμένο πρότυπο που χρησιμοποιεί τις κατ' εκτίμηση θέσεις του κινητού σταθμού και την ποιότητα ζεύξης. Η κατεύθυνση της εκτίμησης άφιξης (DoA) των προσαρμοστικών κεραιών της κεραίας μπορεί να συνδυαστεί με τις

μακροπρόθεσμες προβλέψεις της κίνησης του συνδρομητή. Σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο έχει μάθει το σχέδιο μετακίνησης που είναι αρκετά συχνό για τους περισσότερους ανθρώπους. Εάν η πραγματική θέση συσχετίζεται με το σχέδιο μετακίνησης μπορεί να προβλεφθεί η κατεύθυνση της μετακίνησης. Σε αυτήν την περίπτωση η χωρητικότητα μπορεί να διατηρείται στο επόμενο κύτταρο για να μειώσει το μπλοκάρισμα κλήσης λόγω της μεταγωγής (ενίσχυση του GoS).

Η κατεύθυνση της εκτίμησης άφιξης (DoA) των προσαρμοστικών κεραιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις βραχυπρόθεσμες προβλέψεις εκτιμώντας ότι οι μακροπρόθεσμες προβλέψεις μπορούν να γίνουν με τις μεθόδους που έχουν τη γνώση κανονικής συμπεριφοράς του χρήστη στο χρόνο και στη θέση, που εφαρμόζεται παραδείγματος χάριν στα νευρωνικά δίκτυα. Με τη γνώση του επόμενου προβλεφθέντος κυττάρου, οι χωρητικότητες μπορούν να προ-διατηρηθούν και να δοθεί προτεραιότητα στο κινητό εκ των προτέρων για να μειώσει το ποσοστό μπλοκαρίσματος και σηματοδοσίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επισημαίνεται ένας πιθανός τρόπος προσομοίωσης πρωτοκόλλων του συστήματος επιπέδου χρησιμοποιώντας απλουστευμένα πρότυπα κεραίας για τον τομέα ή τις ευφείς κεραίες. Δεδομένου ότι η πλήρη ζεύξη και οι προσομοιώσεις συστήματος επιπέδου είναι πολύ πιο σύνθετες για την κατάσταση των υπολογιστών είναι σημαντική η αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των αλγορίθμων. Με τη βιβλιοθήκη προσομοίωσης είμαστε τώρα ικανοί να προσομοιώσουμε νέα πρωτόκολλα που πρέπει να αναπτυχθούν με την εισαγωγή νέων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, π.χ. χωρική ποικιλομορφία πολλαπλής πρόσβασης (SDMA) στα δίκτυα επόμενης γενεάς. Το επόμενο βήμα θα είναι η δοκιμή των προηγμένων πρωτοκόλλων μεταγωγής που χρησιμοποιούν την εκτίμηση DoA των προσαρμοστικών κεραιών για την πρόβλεψη της μετακίνησης των κινητών.

Προς το παρόν χρησιμοποιούμε μία προσέγγιση βασισμένη στην ποιότητα. Πολύ περισσότερη εργασία πρέπει να γίνει στη μεταγωγή και στις στρατηγικές κατανομής καναλιού για ευφείς κεραίες. Ειδικά για το TD- CDMA και το W-CDMA υπάρχουν πολλά σενάρια πιθανά για το σχηματισμό δέσμης ακτίνας. Οι αλγόριθμοι μεταγωγής μπορεί να επηρεάζονται από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ των σταθμών βάσης.

Appendix

First Examples (GSM like System) mean values (1000 samples, 10 sec)

MS16		CIR[db]	Pe[dBm]	Ps[W]
Phased array	down	22,72	-94,64	0,33
Parabola approximation (optimal SFIR)	down	24,27	-93,09	0,30
Sector antenna	down	22,72	-94,64	0,33
Phased array	up	24,47	-94,81	0,09
Parabola approximation (optimal SFIR)	up	24,47	-94,81	0,09
Sector antenna	up	22,89	-96,39	0,13

MS36		CIR[db]	Pe[dBm]	Ps[W]
Phased array	down	9,54	-51,42	0,42
Parabola approximation (optimal SFIR)	down	9,59	-51,37	0,37
Sector antenna	down	7,35	-53,61	1,03
Phased array	up	7,42	-54,74	0,44
Parabola approximation (optimal SFIR)	up	8,20	-53,96	0,39
Sector antenna	up	1,65	-60,51	0,50

MS50		CIR[db]	Pe[dBm]	Ps[W]
Phased array	down	15,90	-81,06	0,61
Parabola approximation (optimal SFIR)	down	15,71	-81,25	0,64
Sector antenna	down	13,15	-83,81	1,22
Phased array	up	17,10	-80,58	0,25
Parabola approximation (optimal SFIR)	up	16,95	-80,73	0,25
Sector antenna	up	14,37	-83,31	0,36

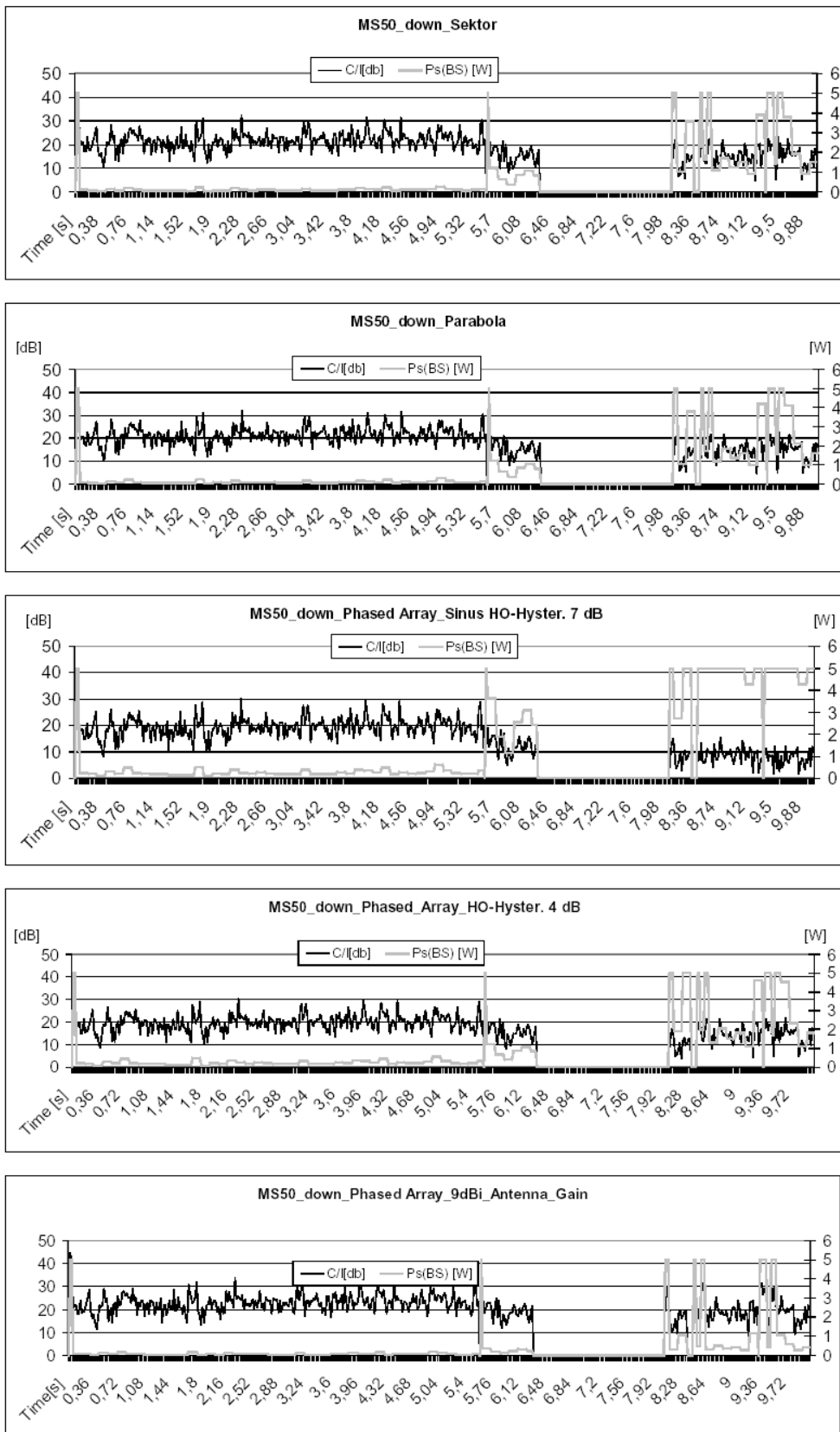
Σχήμα 5.7: Παραδείγματα τιμών για συστήματα GSM.

Assumptions for first simulations (next side)

	antenna gain	P_{sMS} [W]	P_{sMaxBS} [W]	elements	HO-hysteresis
Phased array	0 dBi / (9dBi)	1	5	8	7 dB (4 dB)
Parabola approximation	0 dBi	1	5	8	7 dB
Sector antenna	0 dBi	1	5		7 dB
4 base stations, 3 sectors, 2 frequencies and 3 channels per frequency, C/I based slow power control,					

Σχήμα 5.8: Υποθέσεις για τις πρώτες προσομοιώσεις.

Exemplary simulation results:



Σχήμα 5.9: Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Accuracy of DOA estimation algorithms:

	Algorithm	Standard deviation	Literature
Simulation -SNR variabel	TR-Algorithm 20dB<SNR<40dB training's sequence: 26 Bit $\Delta=0^\circ$	6° - 8°	[14]
Simulation -SNR variabel	TR-Algorithm 20dB<SNR<40dB training's sequence: 52 Bit $\Delta=0^\circ$	1.5° - 2.5°	[14]
Simulation -SNR variabel - Δ variabel	SR-Algorithm 10dB<SNR<30dB without training's sequence $\Delta=0^\circ$	< 2°	[14]
Simulation - SNR variabel - Δ variabel	SR-Algorithm 10dB<SNR<30dB without training's sequence $\Delta=1^\circ$	< 4°	[14]
Simulation - SNR variabel - Δ variabel	SR-Algorithm 10dB<SNR<30dB without training's sequence $\Delta=3^\circ$	< 6°	[14]
Simulation - SNR variabel - Δ variabel	SR-Algorithm 10dB<SNR<30dB without training's sequence $\Delta=7^\circ$	10° - 17°	[14]
Simulation	MEM,SLP Phase- and Amplitude errors	1°	[13]

Δ angle spread

Σχήμα 5.10: Ακρίβεια των αλγορίθμων εκτίμησης DoA.

ΠΗΓΕΣ

- Simple Smart Antenna Models For System Level Simulation of Advanced Handover and Channel Allocation Protocols - Jan Steuer, Tilmann Giese, Klaus Jobmann, Januar 1999

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ SMART ANTENNA™ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ EXPLORER MODE 1000

1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ SMART ANTENNA™

Οι σειρές SMART Antenna™ δορυφορικής ανίχνευσης κεραιών χαμηλής γήινης τροχιάς (LEO) έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Οι απαιτήσεις για την υπαίθρια περιοχή όπου η SMART Antenna™ θα τοποθετηθεί περιλαμβάνει:

A. Η θέση πρέπει να παρέχει μια πορεία οπτικής επαφής στον ορίζοντα σε όλες τις κατευθύνσεις, εάν είναι δυνατόν, έτσι ώστε η SMART Antenna™ να έχει μια ανεμπόδιστη οπτική επαφή στο δορυφόρο. Εάν αυτό δεν είναι πρακτικό, οι δορυφορικές επικοινωνίες θα περιοριστούν σε αυτή την περίοδο έτσι ώστε η οπτική επαφή στο δορυφόρο θα είναι ανεμπόδιστη. Η κάτω ζεύξη από τους δορυφόρους LEO είναι ένα σήμα μικροκυμάτων RF (ραδιοσυχνότητα) που ταξιδεύουν με πορεία οπτικής επαφής. Οποιαδήποτε εμπόδια όπως τα κτίρια, τα οχήματα ή τα δέντρα θα εμποδίσουν τα σήματα μικροκυμάτων.

B. Η περιοχή πρέπει να τοποθετείται μακριά από τις πηγές RF στο ίδιο φάσμα συχνότητας που απαιτείται από την άνω ζεύξη ή κάτω ζεύξη του δορυφόρου. Οι τυπικές πηγές θορύβου περιλαμβάνουν κυψελοειδείς τηλεφωνικούς πύργους, μπίπερ και άλλες συσκευές αποστολής σημάτων που είναι μερικές φορές τοποθετημένες στις στέγες. Η SMART Antenna™ δεν πρέπει να είναι τοποθετημένη κάτω από ηλεκτρικές γραμμές μετάδοσης υψηλής ισχύος, ούτε ακριβώς από επάνω ή δίπλα σε ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, ηλεκτρονόμους ή μηχανές.

Γ. Η περιοχή της SMART Antenna™ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στον αποδιαμορφωτή επειδή τα μακριά καλώδια IF οδηγούν στην απώλεια σήματος και δημιουργούν πιθανότερο θόρυβο παρεμβολής για να εισαχθεί στο κύκλωμα RF. Η γενική σύσταση είναι ότι η κεραία πρέπει να βρίσκεται λιγότερο από 100 μέτρα από τον αποδιαμορφωτή. Εάν απαιτούνται αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτή, μπορεί να χρειαστεί να εφαρμοστεί ένα σύστημα οπτικής ίνας IF για να αποφευχθεί η απώλεια σήματος και η εισαγωγή του θορύβου. Τα καλώδια επικοινωνιών RS-422 μπορούν να είναι αποδοτικά

ουσιαστικά σε μεγαλύτερες αποστάσεις (χιλιόμετρα). Παρόλα αυτά η SMARTech συστήνει τα καλώδια να είναι όσο το δυνατόν κοντύτερα.

Δ. Η SMART AntennaTM κανονικά τοποθετείται σε έναν ανοικτό πεδίο, σε στέγη κτιρίου, ή στην κορυφή ενός πύργου που έχει δημιουργηθεί ειδικά για να στεγάσει τη SMART AntennaTM.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΕΡΑΙΩΝ GPS

Οι σειρές Explorer της SMART Antenna χρησιμοποιούν μια ενσωματωμένη κεραία/δέκτη GPS για να διατηρήσει την εσωτερική ακρίβεια συγχρονισμού. Οι απαιτήσεις για την κεραία GPS είναι:

A. Η τοποθέτηση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην ευφυή κεραία, και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 μέτρα.

B. Οι δορυφορικές θέσεις GPS αλλάζουν συνεχώς σχετικά με την κεραία. Είναι ουσιαστικό η κεραία GPS να έχει μια σαφή άποψη του ημισφαιρίου του ουρανού από τον ορίζοντα προς τα πάνω. Η αποδοχή του σήματος GPS γίνεται αυστηρά με οπτική επαφή μεταξύ των δορυφόρων και της κεραίας GPS. Η προτιμώμενη θέση της κεραίας GPS είναι στην κορυφή του κτηρίου στην οποία στεγάζεται ο τερματικός σταθμός.

Γ. Η κεραία GPS πρέπει να τοποθετηθεί τουλάχιστον 2 μέτρα από οποιοδήποτε μεγάλο μεταλλικό αντικείμενο, συμπεριλαμβανομένων των δομών μεταλλικών κτιρίων, και τουλάχιστον 1 μέτρο επάνω από τη στέγη οποιουδήποτε κτιρίου. Η κεραία GPS είναι σχεδιασμένη για να συνδεθεί με έναν πόλο με διάμετρο 25-30mm, και ο πελάτης είναι αρμόδιος για την παροχή μιας κατάλληλης δομής τοποθέτησης.

3. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ SMART ANTENNATM

Ο Explorer SMART AntennaTM είναι σχεδιασμένος για την τοποθέτηση σχεδιασμένου χρήστη και παρεχόμενης δομής. Πρέπει να εξεταστεί το βάρος της κεραίας, η πίεση του αέρα και οι εκκαθαρίσεις κατά το σχεδιασμό της ενισχυτικής δομής. Επιπλέον, ο χρήστης-παρεχόμενης πλατφόρμας πρέπει να συμφωνεί με το σχέδιο μπουλονιών που διευκρινίζεται από τη SMARTech. Οι σχετικές προδιαγραφές παρέχονται τον πίνακα 1 και τα σχέδια μπουλονιών μπορούν να βρεθούν στο σχήμα 2. Να σημειωθεί ότι οι τοποθετημένες τρύπες πρέπει να τρυπηθούν με τρυπάνι έτσι ώστε η ευθυγράμμιση να είναι +/- 10 βαθμούς από τον βορρά (σχήμα 2). Βασικά, η τοποθέτηση της πλατφόρμας πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω:

A. Για τις επίγειες εγκαταστάσεις, πρέπει να χτιστεί μια συγκεκριμένη βάση με τις κατάλληλες διαστάσεις ανάλογα με τις τοπικές εδαφολογικές συνθήκες, και σύμφωνη με τις φυσικές απαιτήσεις βάρους και την πίεση αέρος. Είναι σημαντικό η πλατφόρμα πρέπει να

είναι σταθερή και να μην δονηθεί μελλοντικά ή βυθιστεί δεδομένου ότι αυτό θα έχει επιπτώσεις στην ευθυγράμμιση της κεραίας.

Β. Για τις εγκαταστάσεις στεγών, ο μηχανικός εγκαταστάσεων πρέπει να σχεδιάσει μια σταθερή πλατφόρμα. Η πλατφόρμα πρέπει να αποτελείται από χάλυβα ή άλλο κατάλληλο υλικό, και πρέπει να δεθεί στα δομικά μέλη του συστήματος υλικού κατασκευής της σκεπής. Η SMART Antenna™ πρέπει να είναι τοποθετημένη μόνο στις επίπεδες στέγες. Η πλατφόρμα πρέπει να παρέχει μια ελάχιστη περιοχή υποστήριξης άμεσα κάτω από τη βάση της φλάντζας, και πρέπει να τρυπηθεί με τρυπάνι για την τοποθέτηση μπουλονιών όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Η πλατφόρμα πρέπει να είναι ικανή να υποστηρίξει το βάρος του συστήματος της κεραίας και την υποστήριξη των οριζόντιων δυνάμεων που καθορίζονται στον πίνακα 1. Μια τυπική στέγη τοποθετείται για το Explorer Model 1000 όπως φαίνεται στο σχήμα 3.

Γ. Για τις εγκαταστάσεις πύργων, ο πύργος πρέπει να κατασκευαστεί έτσι ώστε να αποφευχθεί η ταλάντευση στην κορυφή του πύργου, και η κορυφή του πύργου πρέπει να περιέχει μια πλατφόρμα όπως περιγράφεται παραπάνω στο τμήμα 2B. Οι κατάλληλοι πύργοι δεν κατασκευάζονται κανονικά από ξύλο.

Δ. Η τοποθέτηση της πλατφόρμας πρέπει να είναι στις 2^ο του επίπεδου, και το σχέδιο μπουλονιών πρέπει να ευθυγραμμίζεται στο βορρά σύμφωνα με τις παραμέτρους που παρέχονται στο σχήμα 2.

4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Η εγκατάσταση της SMART Antenna™ έχει τέσσερις (4) διαφορετικές απαιτήσεις καλωδίωσης:

Α. Μια πηγή ηλεκτρικής ισχύος πρέπει να παραχθεί στην κεραία με τάση και προδιαγραφές ρεύματος που παρέχονται στον πίνακα α. Ιδιαίτερα συστήνεται ότι αυτή η ισχύ ρυθμίζεται και με μια εφεδρική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος που παρέχεται επί τόπου οι διακυμάνσεις ισχύος και οι διακοπές λειτουργίας είναι κοινές. Το καλώδιο της ισχύος πρέπει να συνδεθεί με έναν τοπικό κύκλωμα ισχύος και σύμφωνα με τους τοπικούς νόμους της περιοχής, στο χρόνο της εγκατάστασης.

Β. Ένα καλώδιο επικοινωνιών RS-422 πρέπει να περάσει μεταξύ της SMART Antenna™, και του συστήματος του υπολογιστή που παρεμβάλλεται με το σύστημα. Η SMARTech παρέχει το καλώδιο με αδιάβροχη προστασία, με το διεθνή-εγκεκριμένο κονέκτορα NEMA στο τέλος της κεραίας και έναν κονέκτορα DNB-9 στο τέλος του υπολογιστή.

Γ. Ένα ομοαξονικό καλώδιο δεδομένων IF πρέπει να περάσει από τη SMART Antenna™, και τα συνδεδεμένα εξαρτήματα RF.

Δ. Ένα RS-422, καλώδιο κεραίας GPS πρέπει να περάσει από τη SMART Antenna™ στη περιοχή της κεραίας στο GPS.

5. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η SMART Antennas™ έχουν ως σκοπό να κατασκευάζουν και να λειτουργούν από ενιαία φάση πηγές ισχύος με τάσεις από 220-240 volts AC, και συχνότητες 50 ή 60Hz. Το γήινο έδαφος ασφάλειας πρέπει να παρέχεται από την κύρια πηγή ισχύος στη SMART Antenna™ μέσω του καλωδίου ισχύος. Το πλαίσιο της SMART Antenna™ πρέπει επίσης να είναι συνδεδεμένο με το γήινο έδαφος μέσω ενός από τα μπουλόνια. Η SMART Antenna™ τραβά ένα μέγιστο ρεύμα όπως καθορίζεται στον πίνακα α. Η σύνδεση ισχύος της SMART Antenna™ πρέπει να καθοδηγηθεί μέσω ενός διακόπτη στο κύκλωμα ισχύος, και ο διακόπτης πρέπει να έχει μια ελάχιστη έντασης ρεύματος όπως καθορίζεται στον πίνακα α. Το καλώδιο ισχύος που παρέχεται από την SMARTech μαζί με κάθε SMART Antenna™ εγκρίνεται για υπαίθρια και υπόγεια χρήση. Αυτό το καλώδιο περνά μέσω ηλεκτρικού αγωγού οπουδήποτε είναι εφικτό. Όλες οι συνδέσεις ισχύος πρέπει να ακολουθούν τους τυποποιημένους ρυθμιστικούς κώδικες της περιοχής.

Table a. Explorer Model 1000 Installation Specifications

	Units	Value
Mechanical / Wind Specifications		
Standard Reflector Size	m	2.4
	ft.	8
Mounting Bolts:	#	8
Positioner Weight (2.4m reflector)	Kg	360
Positioner Weight (2.4m reflector)	Lbs	795 lbs
Wind Drag Moment (2.4m reflector)	Nm	34,500
Wind Drag Moment (2.4m reflector)	ft.-lbs	25,400
Power Requirements		
Voltage Requirements:	volts-AC	230 +/- 10%
	Hz	50 or 60
Current Requirements (maximum):	amps	20
Overall Dimensions		
Dimension A	cm	308
Dimension B	cm	214
Dimension C	cm	61
Dimension D	cm	187
Dimension E	cm	121

Dimension F	cm	240
Dimension A	in	121
Dimension B	in	84
Dimension C	in	24
Dimension D	in	74
Dimension E	in	48
Dimension F	in	96

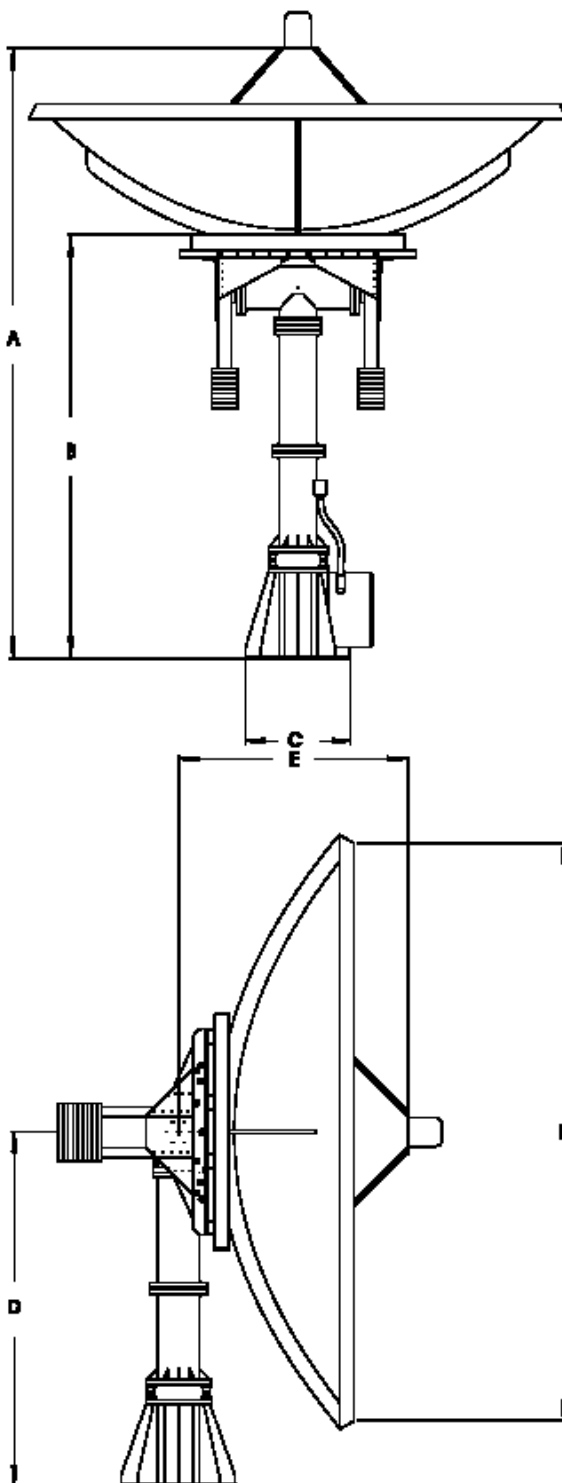


Figure 1. Dimensions Diagram

Figure 2. Explorer Model 1000 Mounting Bolt Pattern.

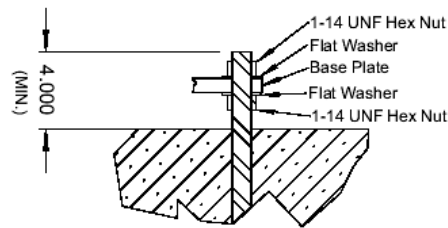
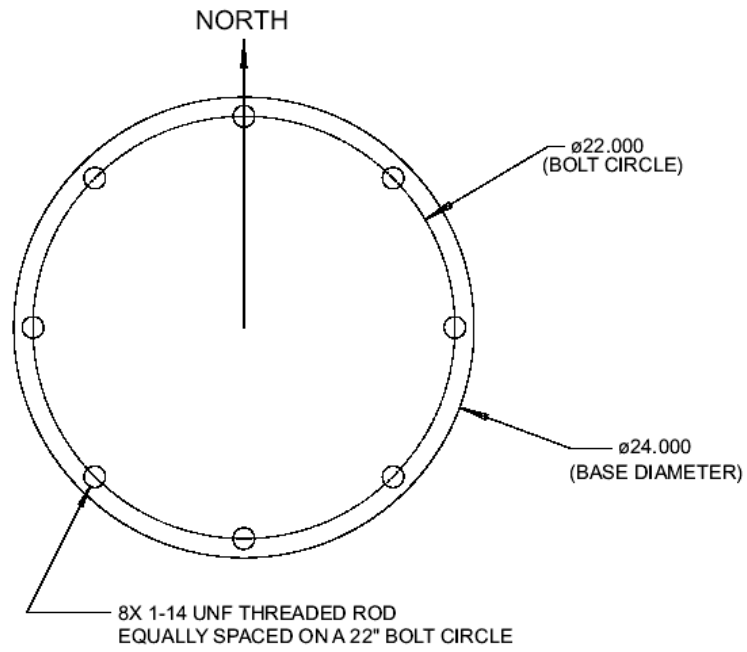
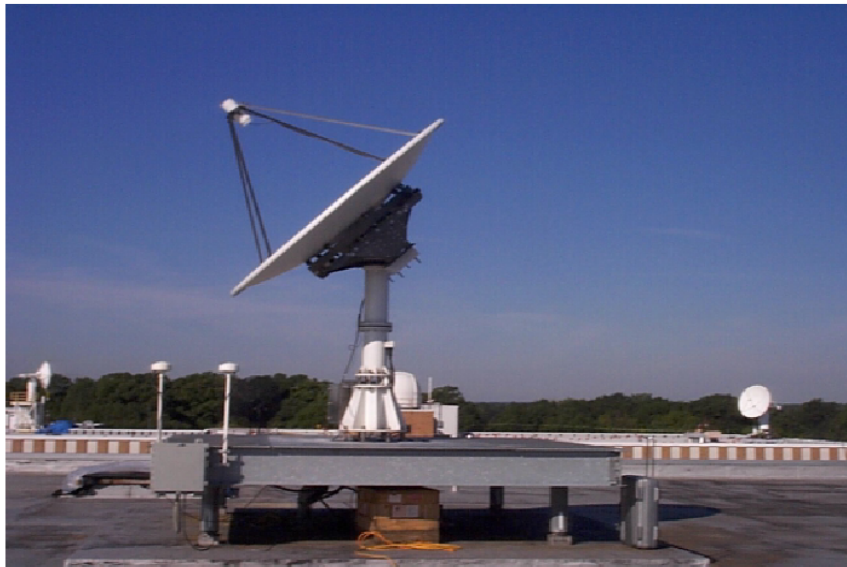


Figure 3. A typical Roof-Top Mounting Structure.



6.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΥΦΥΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ.

Μετά την μελέτη που έγινε πάνω στις ευφυείς κεραίες συνοψίζουμε στο πού εφαρμόζονται και πού θα εφαρμοστούν μελλοντικά. Σε πρώτο στάδιο πριν την ευρύ κυκλοφορία τους στην αγορά έγιναν κάποιες δοκιμές όπου διαπιστώθηκε η ομαλή και σωστή λειτουργία τους.

Η Ericsson πραγματοποίησε μια δοκιμή στο σύστημα GSM1800 στην πόλη του Γκίσεν. Τρεις σταθμοί βάσης εξοπλίστηκαν με ευφυείς κεραίες. Οι σταθμοί βάσης τοποθετήθηκαν σε υψηλές θέσεις δίνοντας μια μεγάλη κάλυψη. Το φθινόπωρο του 1998 η δοκιμή Ericsson-Mannesmann έγινε η πρώτη δοκιμή με σκοπό να καταδείξει την εμπορική κυκλοφορία των σταθμών βάσης που ήταν εξοπλισμένοι με ευφυείς κεραίες. Οι ευφυείς κεραίες ήταν έξι στοιχείων συσσωρευμένων δίπολων. Κάθε στοιχείο ήταν διπλά πολωμένο, με ± 455 πολωμένα στοιχεία. Ο συνδυασμός άνω ζεύξης βασίστηκε στο συνδυασμό μέγιστης αναλογίας, ενώ ο σχηματισμός ακτίνας στην κάτω ζεύξη βασίστηκε στην μετατροπή οκτώ λοβών.

Το TSUNAMI II είναι μία ακόμη δοκιμή στο 4^ο ευρωπαϊκό πλαίσιο προγράμματος ACTS³ που έχει να κάνει με την ανάπτυξη πειράματος ευφυούς κεραίας και την εφαρμογή της σε σταθμό βάσης. Οι δοκιμές επιβεβαιώνουν την αύξηση χωρητικότητας μιας ευφυούς κεραίας. Στο αγροτικό περιβάλλον (μακροκυψέλη) αναφέρθηκε μια επέκταση της σειράς μέχρι 54 %. Η μείωση παρεμβολής ήταν καλύτερη από 30 dB, που είναι πολύ υψηλότερο ποσοστό από το αναμενόμενο.

Εντούτοις, μόνο ένας παρεμβολέας χρησιμοποιήθηκε, ο οποίος τοποθετήθηκε περισσότερο από 10 μίρες μακριά από το σύστημα αποστολής σημάτων. Η κεραία ήταν διπλά πολωμένη οκτώ-στοιχείων. Εξετάστηκαν διαφορετικές στρατηγικές συνδυασμών. Αποδείχθηκε ότι συνδυαζόμενες τεχνικές, βασιζόμενες σε προσαρμοστικές στοιχειοκεραίες, (οι οποίες περιέλαβαν την απόρριψη της παρεμβολής), έδειξαν τα καλύτερα αποτελέσματα.

Η δοκιμή C2 που ονομάστηκε 'ευφυής κεραία' είχε διάρκεια 24 μήνες και ολοκληρώθηκε το Σεπτέμβριο του 2001. Πραγματοποιήθηκε από τη Siemens PSE PRO RCD σε συνεργασία με το αυστριακό ερευνητικό κέντρο του Seibersdorf. Η δοκιμή εστίαζε την έρευνα των ευφύων κεραιών στα συστήματα GSM. Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να επεκταθεί η τεχνική των ευφύων κεραιών σε κινητούς σταθμούς για να επιτύχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και καλύτερη ποιότητα χωρίς παρεμβολές στα τερματικά.

Στα συστήματα CDMA οι ευφυείς κεραίες χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο από μία μείωση στην εκπεμπόμενη ισχύ. Μειώνουν λοιπόν την παρεμβολή στην κυψέλη επειδή ελαττώνουν την απαιτούμενη ισχύ για να διατηρήσουν τη σύνδεση σταθμού βάσης – χρήστη.

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όπου απαιτείται υψηλός ρυθμός πληροφορίας. Ο υψηλός ρυθμός πληροφορίας είναι χαρακτηριστικό του 3G.

Οι ευφυείς κεραιές μειώνουν την παρεμβολή στην κυψέλη με δυο τρόπους:

- Η δέσμη της κεραιάς μπορεί να κατευθυνθεί ακριβώς στον χρήστη ώστε η εκπεμπόμενη ισχύς να σταλεί ακριβώς όπου έχει ζητηθεί.
- Διαχειρίζοντας το σήμα με κατάλληλο τρόπο, ένας μηδενισμός μπορεί να κατευθυνθεί προς κάποιους παρεμβολείς. Αυτό σημαίνει ότι το αποτέλεσμα του παρεμβολέα στο επιθυμητό σήμα είναι αξιοσημείωτα μειωμένο.

Οι ευφυείς κεραιές χρησιμοποιούνται στα ραδιοσυστήματα 3G.

- Το πιο σημαντικό είναι η υψηλή χωρητικότητα των δικτύων ή η ικανότητα να εξυπηρετήσει περισσότερους χρήστες κάθε σταθμός βάσης.
- Η ποιότητα εκπομπής αποδεικνύεται δίχως να αυξάνεται η ισχύ του σήματος, και έτσι μειώνεται η παρεμβολή.
- Μείωση της εκπομπής ισχύος και στην άνω και στην κάτω ζεύξη.
- Μειώνοντας την ισχύ της κάτω ζεύξης αυξάνεται η ζωή της μπαταρίας της τηλεφωνικής συσκευής. Επίσης αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε μια κλήση.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα προσαρμόζονται έτσι ώστε ένα δίκτυο ευφών κεραιών να μπορεί να εξασφαλίσει περισσότερους χρήστες ή περισσότερη μεταδιδόμενη πληροφορία ή κάποιο συνδυασμό των δύο.

Η IntelliCell έχει τελειοποιηθεί για να καταστήσει τις ευφυείς κεραιές πρακτικές και οικονομικές στα πραγματικά εμπορικά κυψελοειδή συστήματα. Σήμερα, η τεχνολογία IntelliCell επεκτείνεται σε περισσότερες από 90.000 εμπορικές επεκτάσεις σταθμών βάσεων παγκοσμίως.

Το σύστημα Radio Design AB RD4500 περιέχει την τεχνολογία των ευφών κεραιών σε υπάρχουσες πλατφόρμες των σταθμών βάσης.

- Η στοιχειοκεραία αποτελείται από κάθετα δίπολα.
- Συνδυάζονται 16 λοβοί για να καλύψουν μια περιοχή 120° .
- Ένας δέκτης σαρώνει τους λοβούς και καθορίζει ποια δέσμη είναι καταλληλότερη για το χρήστη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ευφυείς κεραιές συχνά τοποθετούνται στο σταθμό βάσης, ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα κινητά τηλέφωνα ή σε φορητούς υπολογιστές.

Επίσης οι ευφυείς κεραιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ασύρματα συστήματα. Τα ασύρματα συστήματα απαιτούν αυξημένη χωρητικότητα μετάδοσης. Οι ευφυείς κεραιές

μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτή την απαίτηση. Σε αυτή την περίπτωση αναπτύσσονται είτε στη συσκευή πρόσβασης (access point) ή στο access point ή στο τερματικό. Οι ευφυείς κεραιές χρησιμοποιώντας αλγόριθμους εξετάζουν την άνω και την κάτω ζεύξη. Ακόμα χρησιμοποιώντας πολλαπλούς πομπούς και δέκτες παρέχουν αυξημένη χωρητικότητα. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι οι ευφυείς κεραιές παρέχουν ουσιαστική αύξηση χωρητικότητας και είναι μια δυνατή τεχνολογία για μελλοντικά συστήματα στις ασύρματες επικοινωνίες.

Στην πραγματικότητα οι ευφυείς κεραιές έχουν ήδη εφαρμοστεί στα συστήματα αμύνης. Τα τελευταία χρόνια, το εμπόδιο κόστους μείωσε την χρήση τους στα εμπορικά συστήματα. Η άφιξη των αποτελεσματικών ψηφιακών σημάτων επεξεργαστών χαμηλού κόστους (DSPs), των επεξεργαστών γενικού σκοπού (ASICs), καθώς και των τεχνικών λογισμικού βασισμένων στην επεξεργασία σήματος (αλγόριθμοι) έκαναν τις ευφυείς κεραιές πρακτικές για κυψελικά επικοινωνιακά συστήματα.

Στο μέλλον ένα σύστημα που θα ενημερώνει τους επιβάτες για τις πτήσεις μέσω των κινητών τους τηλεφώνων θα δοκιμαστεί στο αεροδρόμιο «Ελ. Βενιζέλος» της Αθήνας στη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων.

Το Δίκτυο Αποφάσεων και Διαχείρισης Αεροδρομίου (Adamant) θα χρησιμοποιεί ευφυείς κεραιές κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς, οι οποίες μειώνουν τα «σκοτεινά σημεία» χωρίς κάλυψη.

Όπως αναφέρει το NewScientist.com, το Adamant, που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει ως στόχο να μειώσει τις καθυστερήσεις των πτήσεων, δίνοντας στις αεροπορικές εταιρείες τη δυνατότητα να επικοινωνούν με τους κατόχους εισιτηρίων πριν από την επιβίβαση.

Οι επιβάτες εντοπίζονται μέσα στο αεροδρόμιο μέσω των κινητών τους τηλεφώνων και ενημερώνονται με γραπτά μηνύματα για τυχόν αλλαγές στην ώρα, πτήσεις ή ουρές στον έλεγχο εισιτηρίων, καθώς και για το χρόνο που απομένει μέχρι την απογείωση.

Το Adamant, υβριδικό σύστημα δικτύων δεύτερης και τρίτης γενιάς (2.5G), προϋποθέτει ότι εντός του αεροδρομίου δεν υπάρχουν σκοτεινά σημεία όπου τα κινητά χάνουν το σήμα τους.

Τα σκοτεινά σημεία εμφανίζονται όταν μια κυψέλη (η έκταση που καλύπτει κάθε κεραία) κατακλυστεί με μεγάλο αριθμό χρηστών. Αδυνατώντας να ανταποκριθούν στο αυξημένο φορτίο, οι συμβατικές κεραιές μειώνουν αυτόματα την εμβέλειά τους, αφήνοντας τους χρήστες στο όριο της κυψέλης χωρίς κάλυψη.

Αντίθετα, οι ευφυείς κεραιές του Adamant, που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου Queen Mary, επικοινωνούν μεταξύ τους και χρησιμοποιούν ειδικό λογισμικό ώστε

να αυξομειώνουν κατάλληλα το μέγεθος και το σχήμα κάθε κυψέλης για να καλύπτουν όλους τους χρήστες.

Το σύστημα, μπορεί να εφαρμοστεί ευρέως αν οι δοκιμές στο «Ελ.Βενιζέλος» είναι επιτυχείς. Όχι μόνο αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου, αλλά μειώνει έως και κατά 15% τον αριθμό των κεραιών που απαιτούνται για να καλυφθεί οποιαδήποτε περιοχή.

ΠΗΓΕΣ

- SMART Antenna™ Installation Preparation Guide Explorer Model 1000, Jackson And Tull SMARTech Division, April 2002.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Intelligent Antennas and Blast for cdma2000 Networks. Paul Polakos Director, Wireless Advanced Technology Lab Bell Labs / Technologies. 1 October 2002
2. The Evolution Of Smart Antennas To 3G Marty Feuerstein, Chief Technology Officer. 1 October 2002
3. SMART Antenna™ Installation Preparation Guide Explorer Model 1000, Jackson And Tull SMARTech Division April 2002
4. Smart Antenna for Handsets. Tom Biedka, Carl Dietrich, Kai Dietze, Richard B. Ertel, Byung-Ki Kim, Raqibul Mostafa, William Newhall, Uwe Ringel, Jeffrey H. Reed, Dennis Sweeney, Warren L. Stutzman, Robert J. Boyle, and Ashok Tikku
5. Simple Smart Antenna Models For System Level Simulation of Advanced Handover and Channel Allocation Protocols **Jan Steuer, Tilmann Giese, Klaus Jobmann** Januar 1999
6. IntelliCell[®]: A Fully Adaptive Approach to Smart Antennas ArrayComm, Incorporated
7. Smart Beam Synthesis Technology for New Base Station Design, www.metawave.com
8. Smart Antenna Systems Web ProForum Tutorials, www.iec.org. The International Engineering Consortium
9. An Overview Of Smart Antenna Technology For Mobile Communication Systems. P E R H. LEHNE AND MAGNE PETTRSEN, TELENOR RESEARCH AND DEVELOPMENT. IEEE Communications Surveys • <http://www.comsoc.org/pubs/surveys> • Fourth Quarter 1999, vol. 2 no. 4
10. An Overview Of Smart Antenna Technology for Heterogeneous Networks, SESHIAH PONNEKANTI, University Of Hertfordshire, IEEE Communications Surveys • <http://www.comsoc.org/pubs/surveys> Fourth Quarter 1999, vol. 2 no. 4

11. Smart Antennas – a Notechnical Introduction SYMENA Software & Consulting GmbH. www.symena.com