



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

πρόγραμμα σπουδών ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

**Τίτλος: Προσομοίωση ζεύξης και παρεμβολών μεταξύ
κεραιών στο κοντινό και το μακρινό πεδίο**

Όνοματεπώνυμο: Χασάπης Γιώργος

Επιβλέπων καθηγητής: Αμανατιάδης Σταμάτης

ΚΟΖΑΝΗ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τίτλος: Προσομοίωση ζεύξης και παρεμβολών μεταξύ κεραιών στο κοντινό και το μακρινό πεδίο

Σε αυτήν την πτυχιακή άσκηση θα ασχοληθούμε με τις προσομοιώσεις ζεύξης και παρεμβολών μεταξύ κεραιών σε κοντινό και μακρινό πεδίο. Αρχικά θα μελετηθεί η ζεύξη και οι παρεμβολές μεταξύ κεραιών μέσω προσομοιώσεων ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο πεδίο του χρόνου. Στην συνέχεια θα γίνουν προσομοιώσεις μιας κεραιάς ξεχωριστά ώστε να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της για την καλή λειτουργία της. Επιπρόσθετα, θα ενταχθούν στην προσομοίωση περισσότερες κεραιές και τα αποτελέσματα θα είναι η ικανότητα ζεύξης μεταξύ δυο κεραιών αλλά και οι παρεμβολές που δημιουργούνται από γειτονικές. Τέλος, οι προσομοιώσεις και οι παρεμβολές θα βγουν με την βοήθεια του προγράμματος Matlab.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:

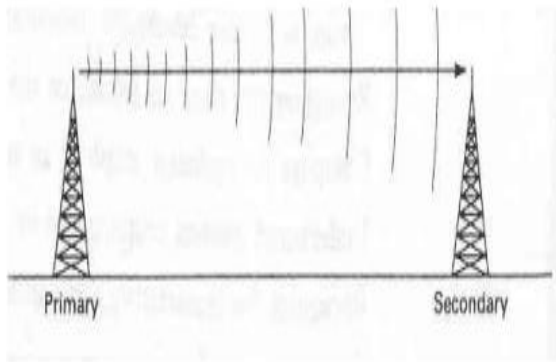
Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Σταμάτη Αμανατιάδη για την ανάθεση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα. Επίσης, οφείλω να πω και ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου για την αμέριστη βοήθεια του και τον χρόνο που διέθεσε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας αυτής. Τέλος, δεν μπορώ παρά να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου, όπως και τους φίλους μου για την πολύτιμη συμπαράσταση τους.

Περίληψη.....	2
Ευχαριστίες.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Εισαγωγή/θεωρητικό μέρος.....	5
<u>1^ο κεφάλαιο:</u>	
1.1: Γενικά για τις κεραιές.....	5
1.2: Σημασίες κεραιών, που και γιατί χρησιμοποιούνται.....	7
1.3: Τι είναι παρεμβολή κεραιάς, τι είναι πρόβλημα ζεύξης και παρεμβολών.....	11
<u>2^ο κεφάλαιο:</u>	
2.1: Κεραιές χοάνης (μελέτη προσομοιώσεων κεραιών).....	14
2.2: Στοιχειοκεραίες.....	17
2.3: Κεραιές διπόλου.....	20
2.4: Τρόπος εξαγωγής διαγραμμάτων ακτινοβολίας.....	22
<u>3^ο κεφάλαιο:</u>	
3.1: Διαγράμματα για παρεμβολή μεταξύ κεραιών.....	24
3.2: Διαγράμματα για ζεύξη μεταξύ κεραιών.....	31
3.3: Συγκριτικά αποτελέσματα.....	38
Βιβλιογραφία.....	39

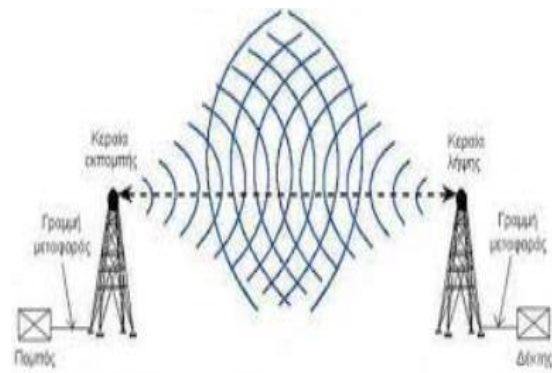
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1: Γενικές πληροφορίες για τις κεραιές:

Γενικά μια κεραιά αποτελεί μια μεταλική κατασκευή όπου η λειτουργία της εστιάζεται στην μετατροπή κάποιων ρευμάτων σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα και το αντίστροφο. Ακόμα, οι κεραιές λήψης και εκπομπής παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά, ανεξαρτήτως των διαφορετικών λειτουργιών τους, όπου αυτό είναι ένα γεγονός που δείχνουμε την ομοιότητα τους στην συμπεριφορά τους. Επίσης, γνωρίζουμε ότι οι διαστάσεις, το μέγεθος και το σχήμα των κεραιών εξαρτάται από το μήκος κύματος και μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα της συχνότητας του κύματος.



Σχήμα 1.1α: λειτουργία πομπού και δέκτη



Σχήμα 1.1β: παρουσίαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Επιπρόσθετα, έχει αποδειχθεί ότι η απόδοση ακτινοβολίας μεγαλώνει στην περίπτωση που τα άκρα της έχουν κάμψι σε τέτοιο βαθμό ώστε να εμφανίζονται κάθετα, κατά αυτόν τον τρόπο το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι 100% συζευγμένα κατά την διάδοση τους στον περιβάλλοντα χώρο, όπου γίνεται πιο γρήγορα η ακτινοβολούμενη ενέργεια. Ακτινοβολούμενη ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που περιέχεται στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας τα οποία διαδίδονται στον κενό χώρο με την ταχύτητα του φωτός. Ακόμα, η ενέργεια αυτή πέρα από το ότι

μεταδίδεται κυρίως στο κενό μεταδίδεται και από το φως που μπορεί και περνά από το διαφανές γυαλί.

Ακόμα, γνωρίζουμε ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι τύποι κεραιών που εστιάζουν το διάγραμμα ακτινοβολίας τους σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση συγκριτικά με τις πανκετευθυντικές κεραιές, όπου αυτές οι κεραιές ακτινοβολούν προς κάθε κατεύθυνση. Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραιάς εξαρτάται κατά βάση από το μήκος της μετρούμενου σε μήκη κύματος, τις πιθανές απώλειες ισχύος και από τα φορτία που πιθανότατα είναι συνδεδεμένα στα δύο άκρα της. Τέλος, παρακάτω θα αναφέρουμε κάποιες παραμέτρους κεραιών, αυτές είναι:

1. διάγραμμα ακτινοβολίας (radiation pattern)
2. κατευθυντικότητα (directivity)
3. απόδοση (efficiency)
4. Κέρδος (gain)
5. Εύρος ζώνης (bandwidth)

Στην συνέχεια παρακάτω θα αναφέρουμε κάποιες συγκεκριμένες πληροφορίες για τα παραπάνω κατά σειρά:

1. Το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι μια γραφική απεικόνιση της σχετικής έντασης πεδίου που εκπέμπεται ή λαμβάνεται από την κεραιά. Καθώς οι κεραιές ακτινοβολούν συχνά είναι απαραίτητες κάποιες καμπύλες για την περιγραφή της κεραιάς.
2. Η κατευθυντικότητα της κεραιάς είναι ο λόγος της μέγιστης έντασης ακτινοβολίας που ακτινοβολείται από την κεραιά στη μέγιστη διεύθυνση διαιρεμένη με την ένταση που ακτινοβολείται από μια υποθετική ισότροπη κεραιά που ακτινοβολεί την ίδια συνολική ισχύ με αυτήν την κεραιά. Ισότροπη κεραιά είναι η κεραιά που εκπέμπει την ίδια ισχύ προς κάθε κατεύθυνση.
3. Η απόδοση είναι ο λόγος της ισχύος που εκπέμπεται πραγματικά από μια κεραιά προς την ηλεκτρική ισχύ που λαμβάνει από έναν πομπό. Η ακτινοβολία σε μια κεραιά προκαλείται από την αντίσταση ακτινοβολίας που δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα αλλά είναι ένα

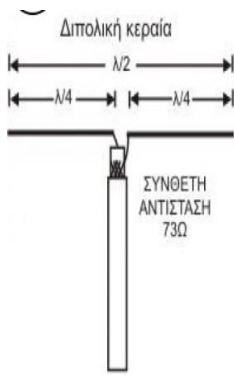
συστατικό της συνολικής αντίστασης που περιλαμβάνει την αντίσταση της απώλειας.

4. Το κέρδος ως παράμετρος μετρά την κατευθυντικότητα μιας δεδομένης κεραίας. Μια κεραία με χαμηλό κέρδος εκπέμπει ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις εξίσου, ενώ μια κεραία μεγαλύτερης απολαβής θα ακτινοβολεί σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις.
5. Το εύρος ζώνης εντός του οποίου η απόδοση της κεραίας σε σχέση με άλλα χαρακτηριστικά συμμορφώνονται με ένα καθορισμένο πρότυπο, δηλαδή με άλλα λόγια το εύρος ζώνης εξαρτάται από την συνολική αποτελεσματικότητα της κεραίας μέσω ενός εύρους συχνότητας

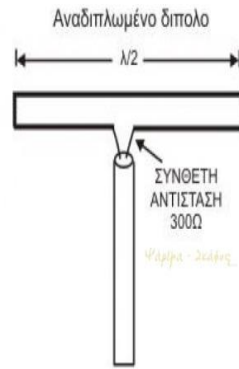
1.2: Σημασίες κεραιων, που και γιατι χρησιμοποιουνται:

Διπολικη κεραια:

Η διπολική κεραία χρησιμοποιείται για την μετάδοση και την λήψη μιας σταθερής συχνότητας του σήματος. Επιπρόσθετα, αποτελείται από δύο αγωγούς ίσου μήκους προσανατολισμένους από άκρο σε άκρο με την γραμμή της τροφοδοσίας να είναι συνδεδεμένη μεταξύ τους. Οι συνήθεις μετρήσεις που χρησιμοποιούν κεραίες ευρείας ζώνης, πρέπει να χρησιμοποιούν μια διπολική κεραία στην μέτρηση της εξασθένησης στον χώρο και τον παράγοντα της κεραίας. Γενικά οι διπολικές κεραίες χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία πιο περίτεχνων κατευθυντικών κεραιών. Επίσης, η κατακόρυφη κεραία είναι μια διπολική όπου αποτελείται από δύο αγωγούς. Ακόμα, η διπολική κεραία ονομάζεται και μήκους κύματος ταλαντωτή. Εάν ένα σημείο της τροφοδοσίας είναι βραχυκυκλωμένο τότε θα αντηχεί σε μια συχνότητα συγκεκριμένη. Τέλος, μια διπολική κεραία αποτελείται συνήθως, από δύο παρόμοια αγώγιμα στοιχεία, τα μεταλλικά σύρματα ή τις ράβδους.



Σχήμα 1.2α: σχέδιο διπολικής κεραίας
κεραίας



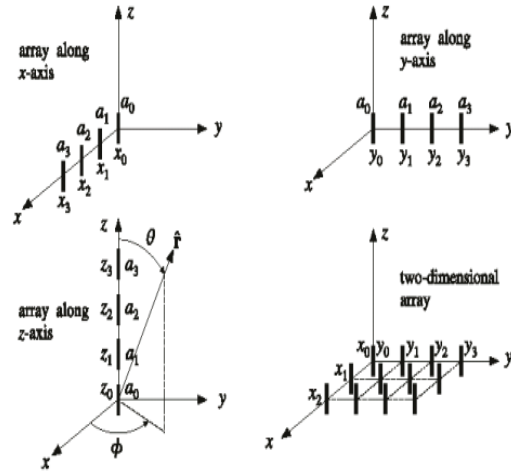
Σχήμα 1.2β: εικόνα πραγματικής διπολικής
κεραίας

Στοιχειοκεραία:

Η στοιχειοκεραία είναι ένα σύνολο πολλαπλών συνδεδεμένων κεραιών που συνεργάζονται ως μια κεραία για την μετάδοση ή την λήψη ραδιοκυμάτων. Οι μεμονωμένες αυτές κεραίες συνδέονται με έναν δέκτη ή έναν πομπό. Επίσης, τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από κάθε μεμονωμένη κεραία συνδυάζονται και υπερτίθενται προσθέτοντας μαζί για να ενισχύσουν την ισχύ και να την ακυρώσουν σε άλλες κατευθύνσεις. Από την άλλη όταν χρησιμοποιούνται για την λήψη οι μεμονωμένες κεραίες συνδυάζονται στον δέκτη για να ενισχύσουν τα σήματα που λαμβάνονται από τις επιθυμητές κατευθύνσεις και να ακυρώσουν αυτά των ανεπιθύμητων κατευθύνσεων. Ακόμα, η στοιχειοκεραία αποτελεί έναν εναλλακτικό και αποδοτικό τρόπο για την κατασκευή κάποιων συστημάτων κατεύθυνσης ακτινοβολίας. Αυτή η κατευθυνση μπορεί να γίνει με την αύξηση των ηλεκτρικών διαστάσεων του ακτινοβολητή, για αυτόν τον λόγο οι ακτινοβολητές τοποθετούνται έτσι ώστε τα πεδία να βοηθούν ενισχυτικά προς μια κατεύθυνση και να αναιρούνται μεταξύ τους στον υπόλοιπο χώρο. Τέλος, όσα περισσότερα μεμονωμένα στοιχεία κεραίας έχουμε που χρησιμοποιούνται τόσο υψηλότερα είναι το κέρδος.



Σχήμα 1.3α: πραγματική στοιχειοκεραία



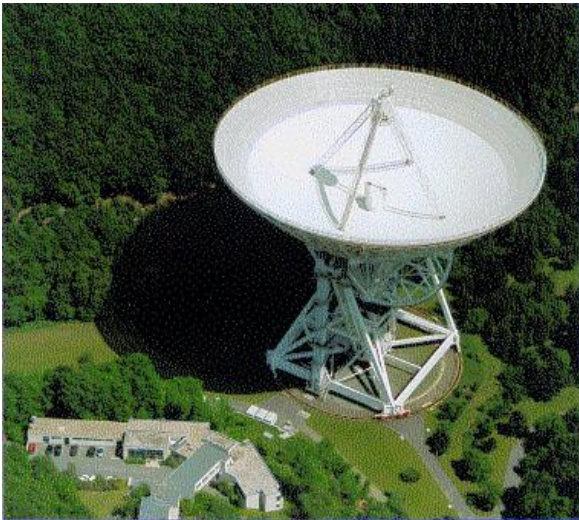
Σχήμα 1.3β: διαγράμματα στοιχειοκαιρέας

Κεραία χοάνης:

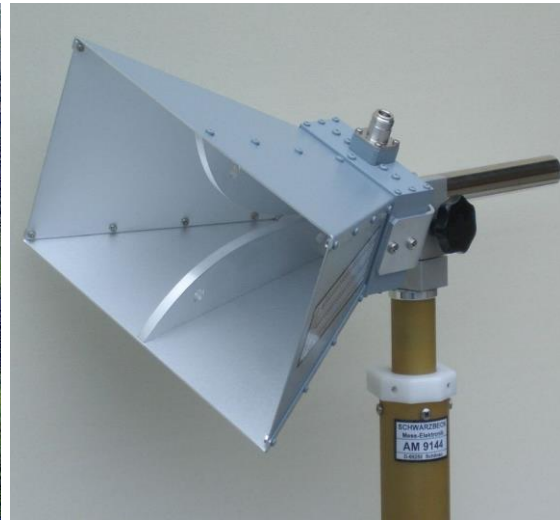
Οι κεραίες χοάνης χρησιμοποιούνται πιο συχνά στις μικροκυματικές επικοινωνίες. Ακόμα χρησιμοποιείται στην αστρονομία, ως στοιχείο τροφοδοσίας σε κεραίες ανακλαστήρα, στις δορυφορικές επικοινωνίες ενώ αποτελεί πρότυπο για την ρύθμιση και τον υπολογισμό του κέρδους για άλλες κεραίες.

Έχουμε κεραίες χοάνης διατομής επίπεδου E (E-plane sectoral) και H (H-plane sectoral), για τις E Το μεγαλύτερο άνοιγμα της κεραίας είναι παράλληλο προς το διάνυσμα E. Καθώς το άνοιγμα της κεραίας αυξάνει το διάγραμμα ακτινοβολίας γίνεται πιο πλατύ, για τις H Το μεγαλύτερο άνοιγμα της κεραίας είναι παράλληλο προς το διάνυσμα H. Καθώς το άνοιγμα της κεραίας αυξάνει το διάγραμμα ακτινοβολίας γίνεται πιο στενό μέχρι κάποιο άνοιγμα. Η πυραμιδοειδής χοάνη είναι η πιο συνηθισμένη μορφή κεραίας χοάνης, συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των χοανών E και H. Επίσης, οι κεραίες ανακλαστήρα είναι ένας τύπος που κυριαρχεί για τις δορυφορικές επικοινωνίες όπου κάποιοι συνηθέστεροι τύποι κάτοπτρων περιλαμβάνουν επίπεδους, γωνιακούς και παραβολικούς ανακλαστήρες. Αρχικά το κάτοπτρο επίπεδο επιταχύνει την ακτινοβολία προς μια

διεύθυνση που είναι επιθυμητή. Επίσης, η πόλωση της πηγής ακτινοβολίας και η θέση της καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας του συστήματος. Στην συνέχεια για το γωνιακό κάτοπτρο γνωρίζουμε ότι επιταχύνει καλύτερη συσσώρευση της ακτινοβολίας προς μια επιθυμητή διεύθυνση σε σχέση με το επίπεδο κάτοπτρο. Επιπλέον το γωνιακό κάτοπτρο περιορίζει την ακτινοβολία προς τα πίσω και προς πλευρικές διευθύνσεις. Τέλος, το παραβολικό κάτοπτρο γνωρίζουμε ότι όταν μια δέσμη παράλληλων ακτινών προσπίπτει σε έναν ανακλαστήρα με σχήμα παραβολής, τότε η ακτινοβολία θα συγκεντρωθεί σε ένα σημείο, εάν μια σημειακά πηγή τοποθετηθεί στο εστιακό σημείο η εκπεμπόμενη ακτινοβολία που ανακλάται από το κάτοπτρο θα σχηματίσει μια δέσμη παράλληλων ακτινών. Ακόμα, όμως, τα παραβολικά κάτοπτρα έχουν ένα μεγάλο μειονέκτημα την τροφοδοτούμενη από μπροστά κάτοπτρων, αυτό το μειονέκτημα είναι ότι απαιτούνται μεγάλες γραμμές μεταφοράς από το σημείο τροφοδοσίας στον κεντρικό εξοπλισμό του πομπού ή του δέκτη.



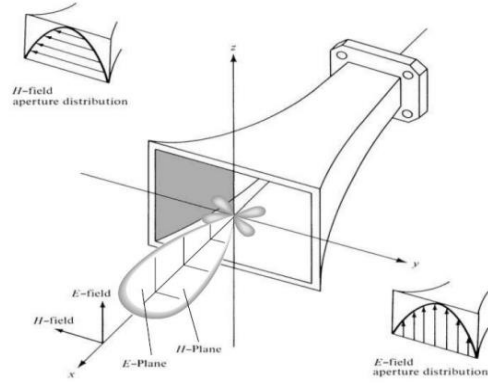
Σχήμα 1.4α: κεραία χοάνης



Σχήμα 1.4β: κεραία χοάνης



Σχήμα 1.4γ: παλιά κεραία χοάνης



Σχήμα 1.4δ: διαγράμματα κεραίας χοάνης

1.3: Τι είναι παρεμβολή κεραίας, τι είναι πρόβλημα ζεύξης και παρεμβολών:

Πολλές φορές το ψηφιακό σήμα παρουσιάζει προβλήματα όπως ένα παράδειγμα: η παρουσίαση των pixels σε μια οθόνη, αυτό ονομάζεται παρεμβολή. Παρεμβολές δημιουργούνται και από συσκευές που έχουμε στο σπίτι μας, για παράδειγμα μια οθόνη τηλεόρασης στο σπίτι μας μπορεί να παρουσιάζει παρεμβολές και να έχουν ευθύνη για αυτό ασύρματα routers και άλλα. Αν προκληθούν παρεμβολές από τα παραπάνω μπορεί να φταίνε κατά πάσα πιθανότητα οι καλωδιώσεις οι οποίες μπορεί να είναι σε κακή κατάσταση ή να έχουν τοποθετηθεί και εγκατασταθεί λάθος. Επίσης, παρεμβολές μπορούν να προκληθούν από γείτονες, δηλαδή από μια κεραία λήψης που έχει κάποιος γείτονας, από φυσική πηγή δηλαδή από πτηνά που ενδεχομένως να κάθονται πάνω στις κεραίες και από κακές πρακτικές στις εγκαταστάσεις τηλεοπτικής λήψης όπως να υπάρχουν θέματα στην ηλεκτρική καλωδίωση ή ακόμα και αυτή να είναι κατεστραμμένη. Επιπρόσθετα, στις παρεμβολές έχουμε και τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, όπου μια ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή είναι κάθε εκπομπή σήματος που παρεμποδίζει τις ασύρματες επικοινωνίες όπως κινητή τηλεφωνία, τηλεόραση, ραδιόφωνο, έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας, τηλεχειρισμός, σταθμοί ραδιοερασιτεχνών και δίκτυα Wi Fi προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία ενσύρματων δικτύων και ηλεκτρονικού/ηλεκτρολογικού εξοπλισμού όπως ενσύρματα τηλέφωνα, ηχεία, θυροτηλεοράσεις και modem/router.

Ηλεκτρομαγνητική ζεύξη ονομάζεται η ασύρματη σύνδεση μεταξύ δύο κεραιών σε απομακρυσμένη απόσταση μέσω της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Παράδειγμα ζεύξης είναι η σύνδεση ενός υπολογιστή με το δίκτυο Wi-Fi, η λήψη του τηλεοπτικού σήματος σε ένα σπίτι από την κεραία εκπομπής, η σύνδεση ενός κινητού τηλεφώνου με το σταθμό βάσης, η σύνδεση μεταξύ της γης με τους δορυφόρους κ.α. Για παράδειγμα μια δορυφορική ζεύξη αποτελεί μια πολύ σημαντική επικοινωνιακή λειτουργία ενός δορυφορικού συστήματος. Για να έχουμε μια καλή ζεύξη και όχι να έχουμε παρεμβολές ο κατασκευαστής θα πρέπει να βελτιστοποιήσει την συνολική ζεύξη δίνοντας μια ιδιαίτερη προσοχή σε οποιαδήποτε στοιχείο της ζεύξης. Τέλος, πρόβλημα ζεύξης είναι ότι κατά την σχεδίαση αν δεν έχουμε υπόψη μας τα χαρακτηριστικά του δορυφορικού ανεματοδότη ώστε να δώσουμε μεγαλύτερη δυνατότητα επιλογών στον σχεδιαστή μας τότε θα έχουμε πρόβλημα σε μια ζεύξη. Ακόμα έχουμε και τις ασύρματες ζεύξεις κεραιών όπου αναφέρονται παρακάτω:

1. μελέτη Ζεύξης Σημείο-προς-Σημείο: Η μελέτη αυτή, αναφέρεται κυρίως σε ζεύξεις P2P στις οποίες οι θέσεις σταθμού βάσης και σταθμού χρήστη είναι σταθερές. Ο σχεδιαστής έχοντας στη διάθεσή του το ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής και έχοντας επιλέξει το καταλληλότερο μοντέλο απωλειών, καταλήγει στην ρύθμιση των παραμέτρων της συγκεκριμένης ζεύξης με στόχο να αριστοποιήσει τις επιδόσεις του συστήματος.
2. Μελέτη Ραδιοκάλυψης Περιοχής: Η μελέτη αυτή, αναφέρεται κυρίως σε ζεύξεις PMP, στις οποίες η θέση του σταθμού βάσης είναι σταθερή ενώ το πλήθος και η ακριβής θέση των σταθμών των χρηστών, είναι άγνωστες. Στόχος του σχεδιαστή είναι έχοντας στην διάθεσή του το ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής και έχοντας επιλέξει το καταλληλότερο μοντέλο απωλειών, να ρυθμίσει την θέση και τις παραμέτρους του Σταθμού Βάσης έτσι ώστε η περιοχή κάλυψης να είναι η καλύτερη δυνατή ως προς τα κτήρια που θέλουμε.

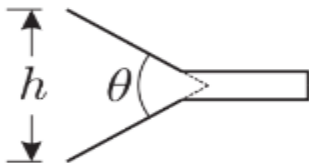
Άλλες μελέτες στη κατηγορία αυτή είναι: η μελέτη Διαδρομής, δηλαδή η ραδιοκάλυψη για μια ενδιαφέρουσα γραμμή πάνω στο χάρτη και η μελέτη εσωτερικού χώρου, δηλαδή η ραδιοκάλυψη σε περιβάλλον όπου ο πομπός περικλείεται από τοίχους για παραδειγμα σε ένα υποκαταστημα.

Κεφάλαιο 2: Μελέτη κεραιών

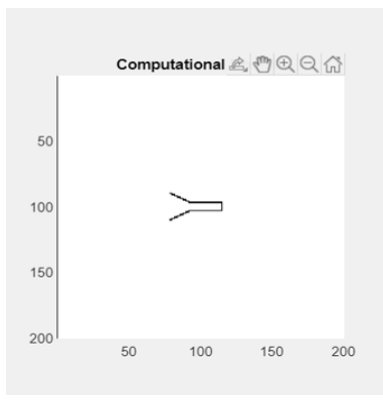
2.1: Κεραίες χοάνης

Προσομοιώσεις κεραιών:

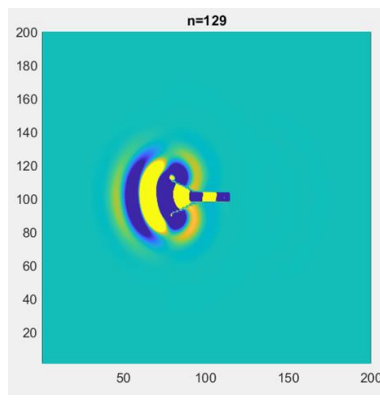
Η γεωμετρία της είναι το παρακάτω σχήμα και έχει ένα μεταλλικό άνοιγμα και θα μελετήσουμε τρεις διαφορετικές κεραιές. Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις.



Πρώτη κεραία χοάνης: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραιάς έχει μήκος ανοίγματος $h = 14.25$ cm και γωνία $\theta = 56^\circ$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.



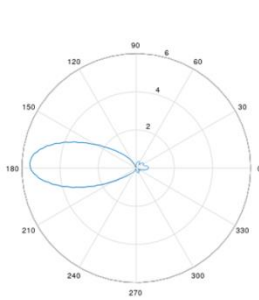
Σχήμα 1α



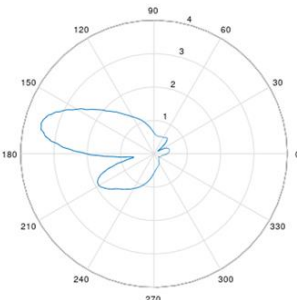
Σχήμα 1β

Για testn1h που είναι η κεραία χοάνης horn 1 παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα η μέγιστη ισχύς είναι κατά τη φορά του ανοίγματος, ενώ στις υπόλοιπες κατευθύνσεις μειώνεται πολύ. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 165ο αλλά υπάρχει και μία δεύτερη περιοχή ακτινοβολίας στις 210ο. Στις πλευρικές περιοχές και πίσω από την κεραία η ακτινοβολία είναι πολύ μικρή. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 155ο αλλά και μια δεύτερη περιοχή με μεγάλη ισχύ προς τις 200ο . Κατά την κατεύθυνση 180ο, όπου είναι το άνοιγμα της κεραίας, υπάρχει μεγάλη μείωση της ακτινοβολίας. Πίσω από την κεραία η ισχύς είναι ελάχιστη, ενώ στις πλευρικές περιοχές της κεραίας η ακτινοβολία είναι χαμηλή.

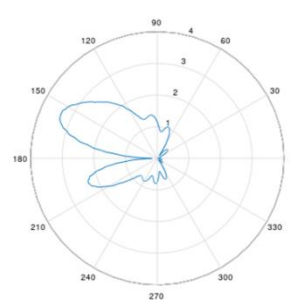
Κανάλι συχνότητας 1:



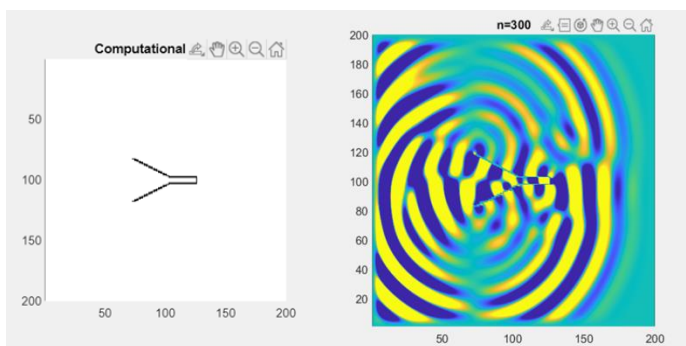
Κανάλι συχνότητας 2:



Κανάλι συχνότητας 3:



Δεύτερη κεραία χοάνης: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας έχει μήκος ανοίγματος $h = 25.5$ cm και γωνία $\theta = 56^\circ$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.

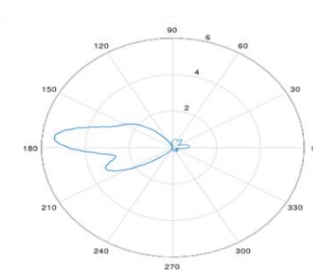


Σχήμα 1α

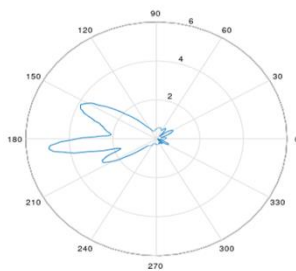
Σχήμα 1β

Για testn2h που είναι η κεραία χοάνης horn 2 παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα η μέγιστη ισχύς είναι κατά τη φορά του ανοίγματος. Σε αυτήν την συχνότητα δυο περιοχές ακτινοβολίας, περίπου η μια στις 200ο και η δεύτερη στις 170ο περίπου, είναι το μέγιστο. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 185ο αλλά υπάρχει μία δεύτερη περιοχή ακτινοβολίας στις 210° και μια τρίτη στις 156ο. Στις πλευρικές περιοχές και πίσω από την κεραία η ακτινοβολία είναι πολύ μικρή. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 135ο αλλά το ελάχιστο είναι προς τις 210ο . Κατά την κατεύθυνση 180ο, όπου είναι το άνοιγμα της κεραίας, υπάρχει μεγάλη μείωση της ακτινοβολίας. Πίσω από την κεραία η ισχύς είναι ελάχιστη, ενώ στις πλευρικές περιοχές της κεραίας η ακτινοβολία είναι χαμηλή.

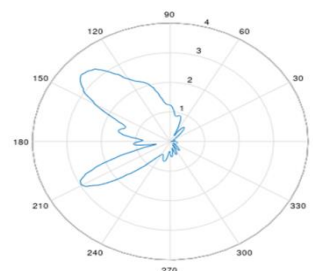
Κανάλι συχνότητας 1:



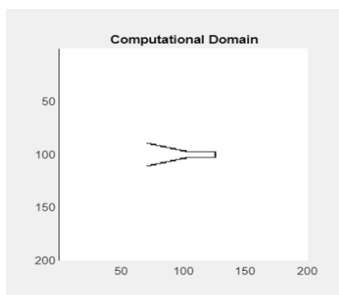
Κανάλι συχνότητας 2:



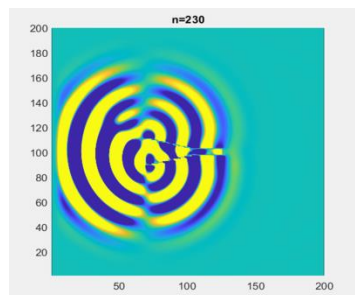
Κανάλι συχνότητας 3:



Τρίτη κεραία χοάνης : η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας έχει μήκος ανοίγματος $h = 14.25 \text{ cm}$ και γωνία $\theta = 28^\circ$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.



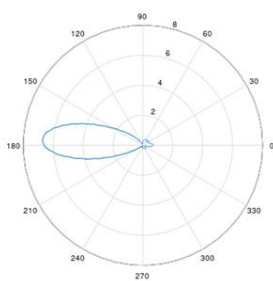
Σχήμα 1α



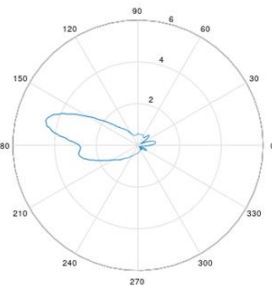
Σχήμα 1β

Για testn3h που είναι η κεραία χοάνης horn 3 παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα η μέγιστη ισχύς είναι κατά τη φορά του ανοίγματος, ενώ στις υπόλοιπες κατευθύνσεις μειώνεται πολύ. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 165ο αλλά υπάρχει και μία δεύτερη περιοχή ακτινοβολίας στις 190ο. Στις πλευρικές περιοχές και πίσω από την κεραία η ακτινοβολία είναι πολύ μικρή. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 155ο αλλά και μια δεύτερη περιοχή με μεγάλη ισχύ προς τις 195ο . Κατά την κατεύθυνση 180ο, όπου είναι το άνοιγμα της κεραίας, υπάρχει μεγάλη μείωση της ακτινοβολίας. Πίσω από την κεραία η ισχύς είναι ελάχιστη, ενώ στις πλευρικές περιοχές της κεραίας η ακτινοβολία είναι χαμηλή.

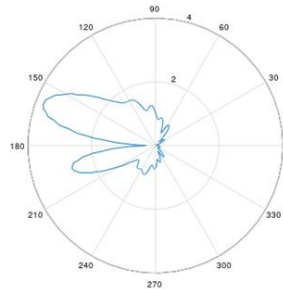
Κανάλι συχνότητας 1:



Κανάλι συχνότητας 2:

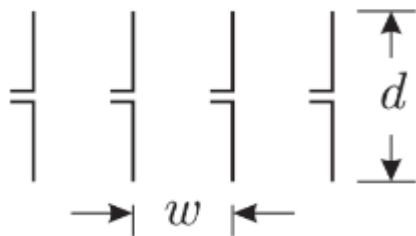


Κανάλι συχνότητας 3:

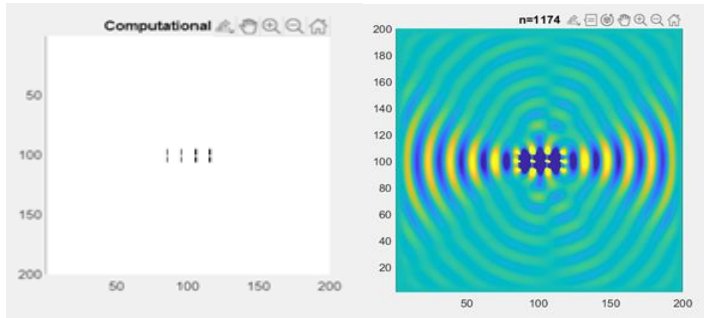


2.2: Στοιχειοκεραίες:

Η γεωμετρία της είναι το παρακάτω σχήμα που περιλαμβάνεται από τέσσερεις μεταλλικούς αγωγούς και θα μελετήσουμε δύο διαφορετικές κεραίες. Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις.



Πρώτη στοιχειοκέραια: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας αποτελείται από 4 δίπολα μήκους $d = 8.25 \text{ cm}$ και απόστασης $w = 7.5 \text{ cm}$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.

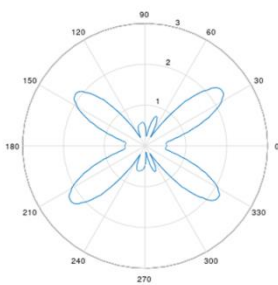


Σχήμα 1α

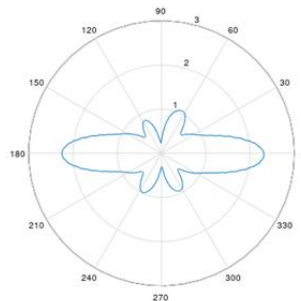
Σχήμα 1β

Για testn4a που είναι η στοιχειοκεραία array 1 παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα η ελάχιστη ισχύς είναι στις 180ο ενώ έχουμε και 4 μέγιστες κατευθύνσεις περίπου στις 35ο, στις 145ο, στις 215ο και στις 325ο. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 180ο και κατά το 0ο αλλά υπάρχουν και κάποιες ακόμα περιοχές ακτινοβολίας στις 60ο, στις 240ο και κάτι μικρότερες προς τις 120ο και τις 295ο. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 285ο και στις 75ο. Επίσης, η συχνότητα 3 έχει και 4 μικρότερες περιοχές ακτινοβολίας και δυο μηδενισμούς ως προς το 0 και το 180, όπου οι μικρότερες περιοχές είναι περίπου στις 40ο, τις 140ο, τις 220ο και τις 320ο.

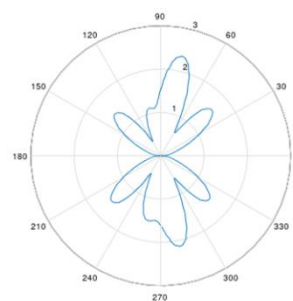
Κανάλι συχνότητας 1:



Κανάλι συχνότητας 2:



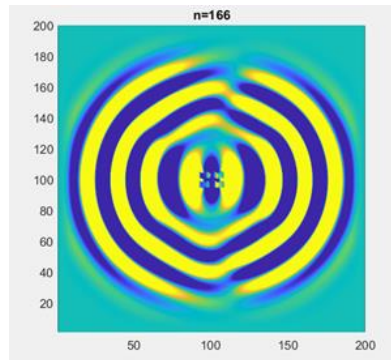
Κανάλι συχνότητας 3:



Δεύτερη στοιχειοκέραια: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας αποτελείται 4 δίοπολα μήκους $d = 8.25 \text{ cm}$ και απόστασης $w = 3.75 \text{ cm}$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.



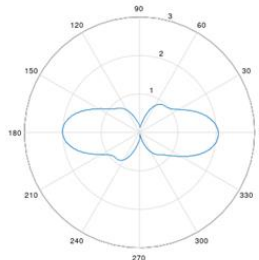
Σχήμα 1α



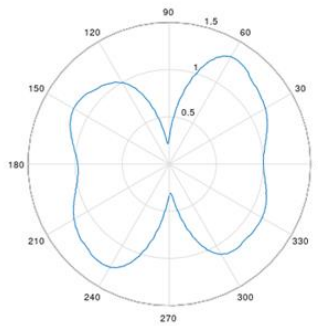
Σχήμα 1β

Για `testn5a` που είναι η στοιχειοκεραία `array 2` παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα η μέγιστη ισχύς είναι στις 180° και στις 0° , ενώ στις υπόλοιπες κατευθύνσεις παρατηρούμε μία σταθερή μείωση. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 240° αλλά υπάρχει μία δεύτερη περιοχή ακτινοβολίας στις 150° , μία τρίτη στις 60° και μια τέταρτη στις 310° . Στις πλευρικές περιοχές η ακτινοβολία μειώνεται. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 245° και στις 65° αλλά και άλλες περιοχές με μικρότερη ισχύ. Επίσης, στη συχνότητα 3 έχουμε και 2 μικρότερες περιοχές ακτινοβολίας στις 120° και στις 290° όπου έχουμε και δυο μηδενισμούς ως προς το 0 και το 180 .

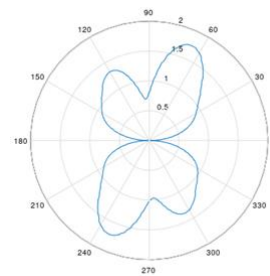
Κανάλι συχνότητας 1:



Κανάλι συχνότητας 2:

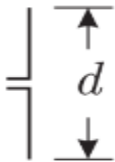


Κανάλι συχνότητας 3:

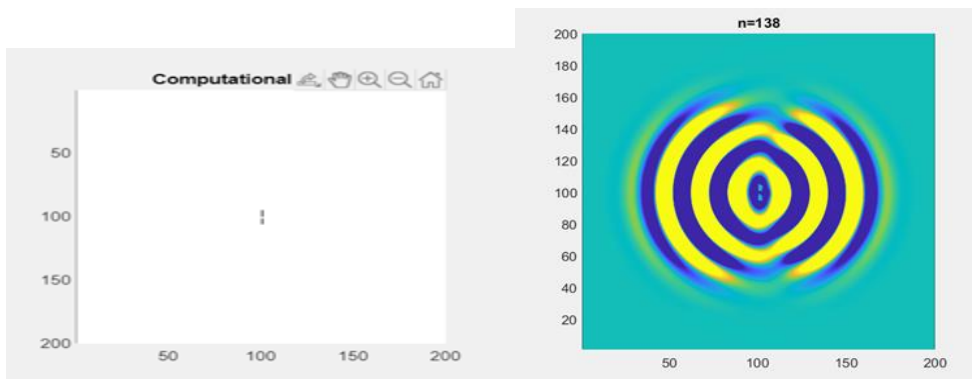


2.3: Κεραίες διπόλου:

Η γεωμετρία της είναι το παρακάτω σχήμα που περιλαμβάνεται από έναν κάθετο αγωγό και θα μελετήσουμε δύο διαφορετικές κεραίες. Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις.



Πρώτη κεραία διπόλου: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας είναι δίπολο μήκους $d = 8.25 \text{ cm}$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.



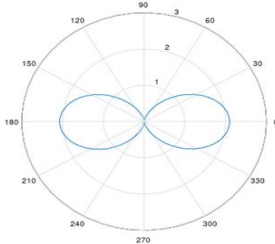
Σχήμα 1α

Σχήμα 1β

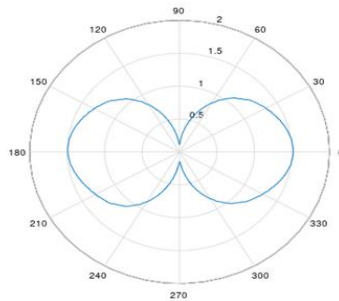
Για $testn6d$ που είναι η κεραία διπόλου *dipole 1* παρατηρούμε ότι στην πρώτη συχνότητα έχουμε δυο μέγιστα περίπου στις 180° και στις 0° και δυο θέσεις που έχουμε την ελάχιστη ακτινοβολία στις 90° και στις 270° . Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 180° και στις 0° αλλά υπάρχουν και άλλες 2 περιοχές μηδενισμού περίπου στις 90° και στις 270° . Στην τρίτη συχνότητα παρατηρούμε ότι έχουμε 4 μέγιστα, η πρώτη περιοχή είναι περίπου στις 45° , μια δεύτερη περιοχή με ισχύ προς τις 135° , μια τρίτη στις 225° και μια τέταρτη στις 315° . Ακόμα, στην συχνότητα 3 έχουμε και 2 άλλες θέσεις με ελάχιστη ακτινοβολία περίπου

στις 0ο και 180ο και δυο άλλες θέσεις με χαμηλή ακτινοβολία περίπου στις 90ο και στις 270ο.

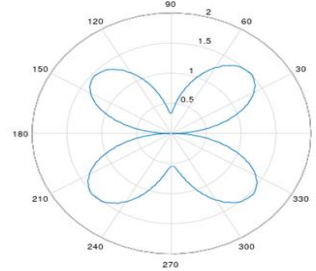
Κανάλι συχνότητας 1:



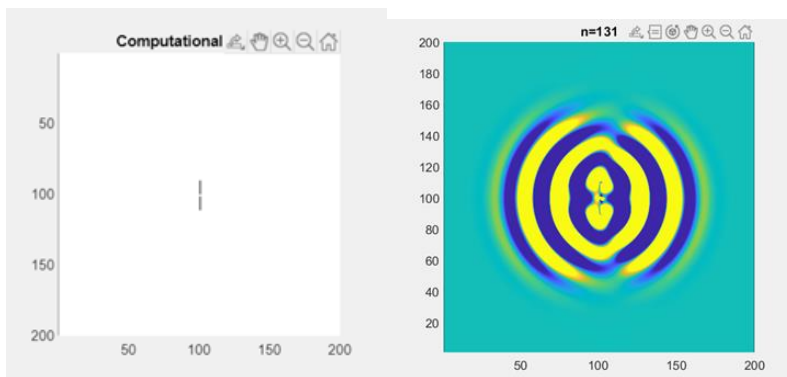
Κανάλι συχνότητας 2:



Κανάλι συχνότητας 3:



Δεύτερη κεραία διπόλου: η γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας είναι δίπολο μήκους $d = 15.75 \text{ cm}$. Στο σχήμα 1α βλέπουμε το παράθυρο της προσομοίωσης και στο σχήμα 1β βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από την προσομοίωση.



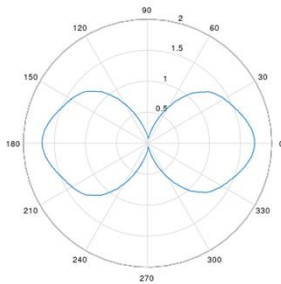
Σχήμα 1α

Σχήμα 1β

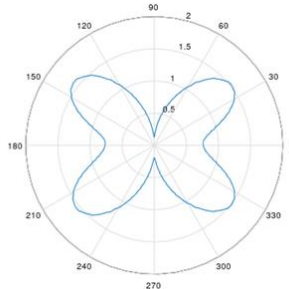
Για `testn7d` που είναι η κεραία διπόλου `dipole 2` παρατηρούμε και εδώ ότι στην πρώτη συχνότητα έχουμε δυο μέγιστα περίπου στις 180ο και στις 0ο και δυο θέσεις που έχουμε την ελάχιστη ακτινοβολία στις 90ο και στις 270ο. Στη δεύτερη συχνότητα, το μέγιστο είναι περίπου στις 145ο αλλά υπάρχει μία δεύτερη περιοχή ακτινοβολίας στις 215ο, μια τρίτη στις 40 και μια τέταρτη στις 320ο. Η τρίτη συχνότητα έχει το μέγιστο στις 235ο αλλά και μια δεύτερη περιοχή με ισχύ προς τις 130ο, μια τρίτη στις 55ο και μια τέταρτη στις 310ο. Ακόμα, στην συχνότητα 3 έχουμε και 2 άλλες θέσεις με

πάρα πολύ μικρή έως και μηδενική ακτινοβολία περίπου στις 0ο και 180ο και δυο άλλες θέσεις με χαμηλή ακτινοβολία περίπου στις 90ο και στις 270ο.

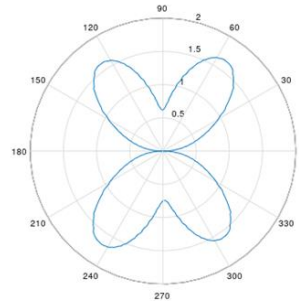
Κανάλι συχνότητας 1:



Κανάλι συχνότητας 2:



Κανάλι συχνότητας 3:



2.4: Τρόπος εξαγωγής διαγραμμάτων ακτινοβολίας:

Για την εξαγωγή των διαγραμμάτων ακτινοβολίας υπολογίζουμε το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου σε μακρινή απόσταση από την κεραία.: $|E| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ (1)

Η αλληλουχία των εντολών στο Octave είναι η παρακάτω:

```
a=importdata('testn.txt');
```

όπου ο σκοπός αυτής της εντολής είναι να καταχωρηθούν τα δεδομένα του αρχείου 'testn.txt' στον πίνακα a.

```
e1=sqrt(a(:,1).^2+a(:,2).^2);
```

όπου με την εντολή αυτή υπολογίζεται η σχέση (1) για την πρώτη συχνότητα

```
th=(1:360)'/180*pi;
```

όπου με την εντολή αυτή καθορίζονται οι κατευθύνσεις ακτινοβολίας. Περιλαμβάνουν κάθε πιθανή κατεύθυνση γύρω από την κεραία.

p1=sum(e1)*th(1)/(2*pi);

όπου αυτή η εντολή προσδιορίζει τη συνολική ενέργεια που ακτινοβολείται από την κεραία.

polar(th-pi/2,e1/p1)

όπου με την εντολή αυτή γίνεται η απεικόνιση του διαγράμματος ακτινοβολίας της κεραίας. Το αρχικό διάγραμμα e1 διαιρείται με τη συνολική ενέργεια p1 ώστε το αποτέλεσμα να είναι ανεξάρτητο της αρχικής ενέργειας.

Στη συνέχεια, η ίδια διαδικασία συνεχίζεται για τη δεύτερη συχνότητα:

e2=sqrt(a(:,3).^2+a(:,4).^2);

th=(1:360)'/180*pi;

p2=sum(e2)*th(1)/(2*pi);

polar(th-pi/2,e2/p2)

Τέλος, για την τρίτη συχνότητα:

e3=sqrt(a(:,5).^2+a(:,6).^2);

th=(1:360)'/180*pi;

p3=sum(e3)*th(1)/(2*pi);

polar(th-pi/2,e3/p3)

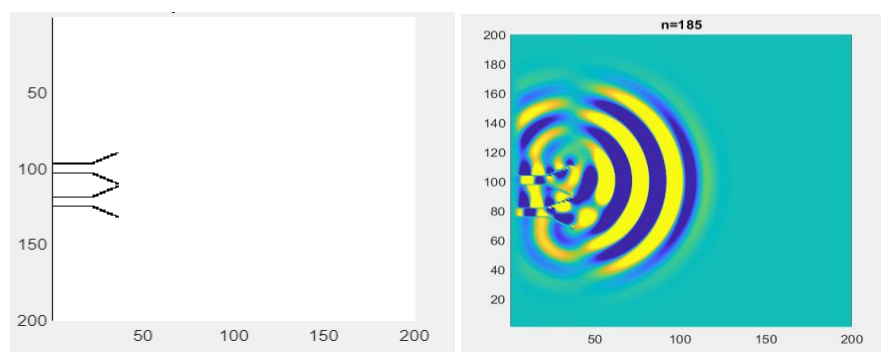
Κεφάλαιο 3^ο: Μελέτη παρεμβολών και ζεύξεων

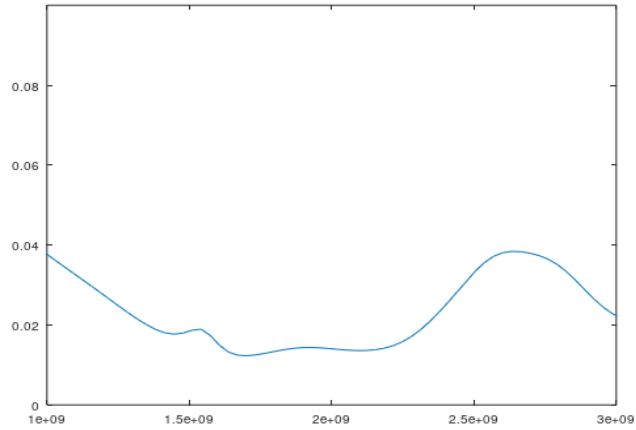
Σε αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε 13 νέες προσομοιώσεις με την βοήθεια του προγράμματος ostage βάζοντας τις κατάλληλες εντολές για να μας βγουν τα επιθυμητά αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Επίσης, με την πρώτη ομάδα προσομοιώσεων θα εξετάσουμε τις παρεμβολές της μιας κεραίας πάνω από την άλλη και με την δεύτερη ομάδα προσομοιώσεων θα εξετάσουμε την ζεύξη της μιας κεραίας απέναντι από την άλλη. Επιπρόσθετα, στις παρακάτω προσομοιώσεις που θα δούμε όπου και θα εξετάσουμε τις παρεμβολές μας παρατηρούμε πως στον κάτω άξονα φαίνονται οι συχνότητες σε GHz και στον αριστερό άξονα φαίνεται η ισχύς του σήματος. Τέλος, θα μας βγουν κάποια σχήματα από το πρόγραμμα ostage όπου θα πρέπει να αναφέρω για το κάθε ένα κάποια σχόλια.

3.1: Διαγράμματα για παρεμβολή μεταξύ κεραιών

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 17cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι περίπου τα 1.6GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.3GHz όπου αυξάνουν μέχρι το μέγιστο στα 2.6GHz. Στη συνέχεια, παρατηρείται και πάλι μείωση.

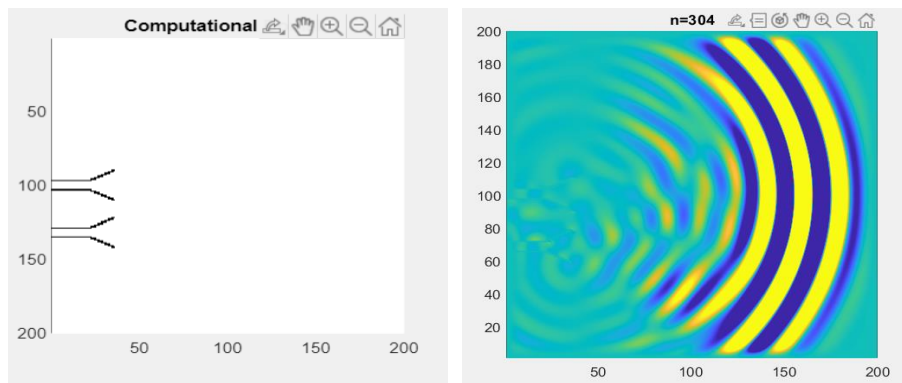


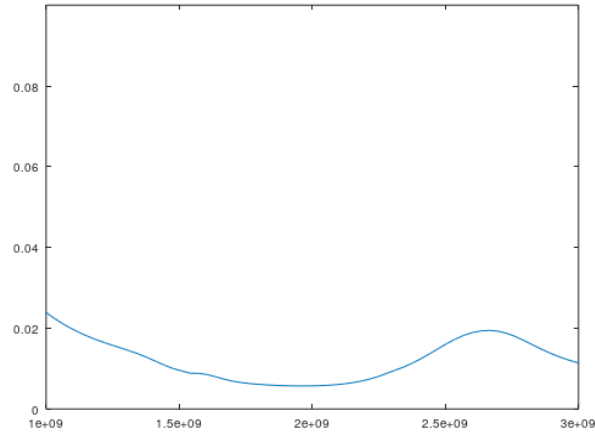


Σχήμα 3.1: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 17cm.

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 24cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι περίπου τα 2GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.1-2.2GHz όπου μετά αυξάνουν μέχρι το μέγιστο στα 2.7GHz και τέλος, παρατηρείται και πάλι μικρή μείωση.

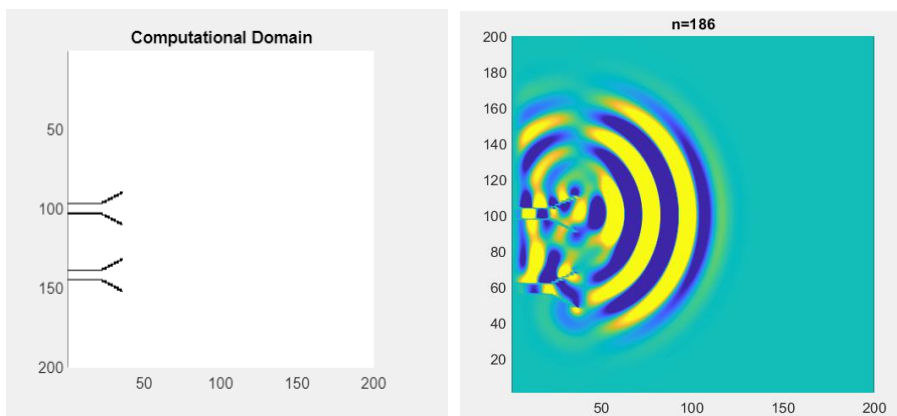


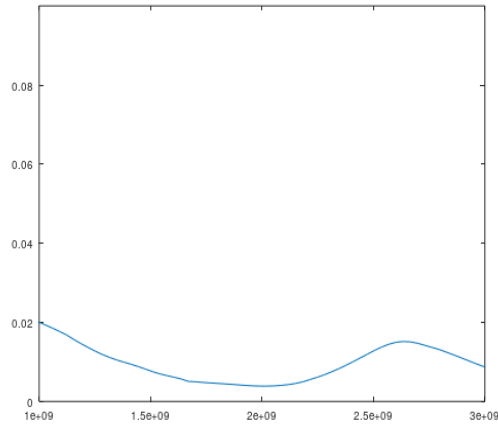


Σχήμα 3.2: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 24cm.

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 32cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι κοντά στα 2GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή εκεί. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.2GHz όπου μετά παρατηρούμε μια αύξηση μέχρι το μέγιστο στα 2.7GHz. Στη συνέχεια, παρατηρείται και πάλι μείωση.

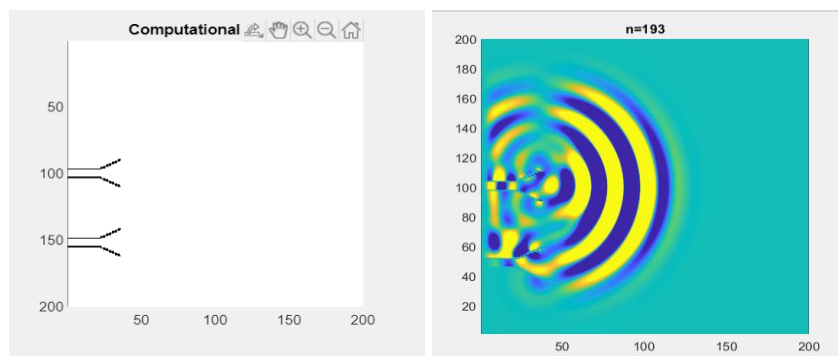


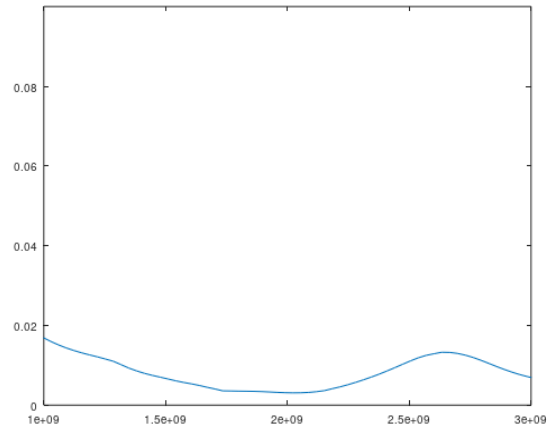


Σχήμα 3.3: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 32cm.

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 39cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι περίπου τα 2GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.1GHz όπου μετά σιγά σιγά αυξάνουν μέχρι το μέγιστο στα 2.7GHz. Στη συνέχεια, παρατηρείται και πάλι μείωση.

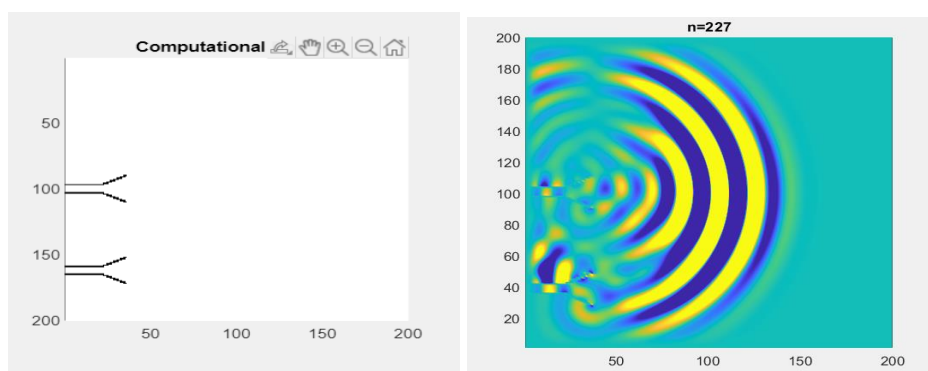


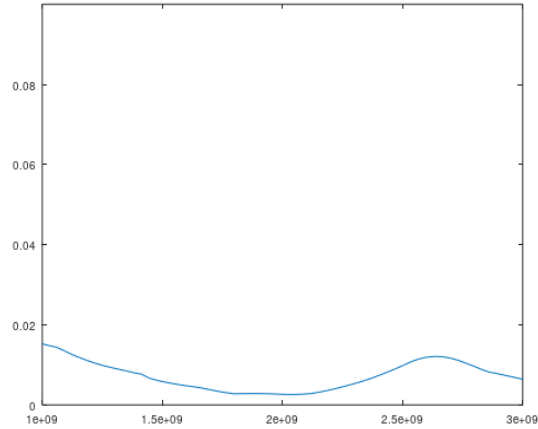


Σχήμα 3.4: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 39cm.

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 47cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι περίπου τα 1.9GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.1GHz όπου μετά αυξάνουν μέχρι το μέγιστο στα 2.7GHz. Στη συνέχεια, παρατηρείται και πάλι μια μικρή μείωση.

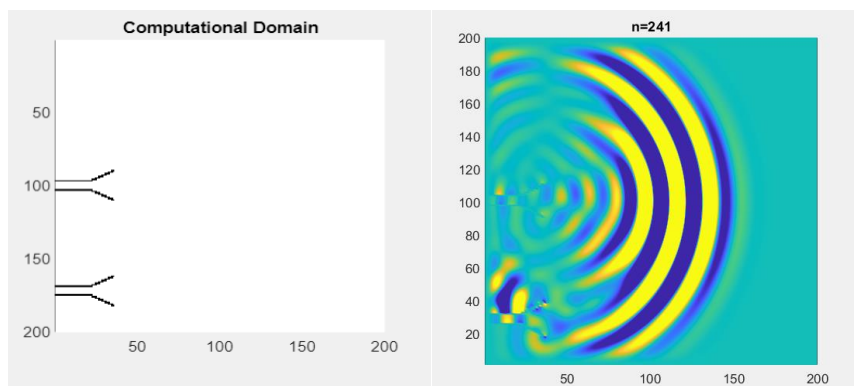


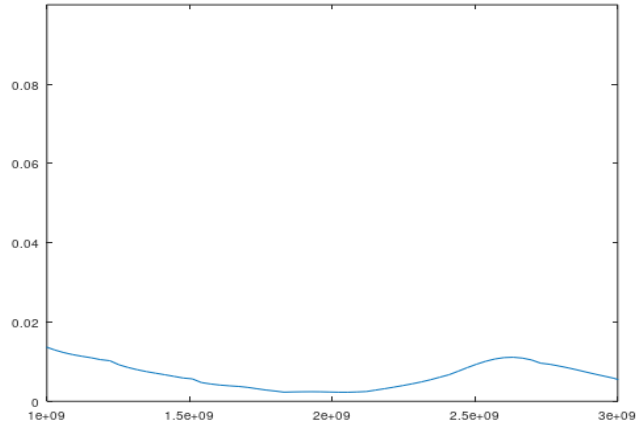


Σχήμα 3.5: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 47cm.

Παρεμβολή μεταξύ κεραιών για απόσταση 54cm:

Οι παρεμβολές μειώνονται όσο αυξάνει η συχνότητα μέχρι περίπου τα 1.8GHz όπου έχει μια ελάχιστη τιμή. Παραμένουν χαμηλές μέχρι περίπου τα 2.2GHz όπου μετά αυξάνουν μέχρι το μέγιστο στα 2.6GHz. Στη συνέχεια, παρατηρείται και πάλι μείωση.



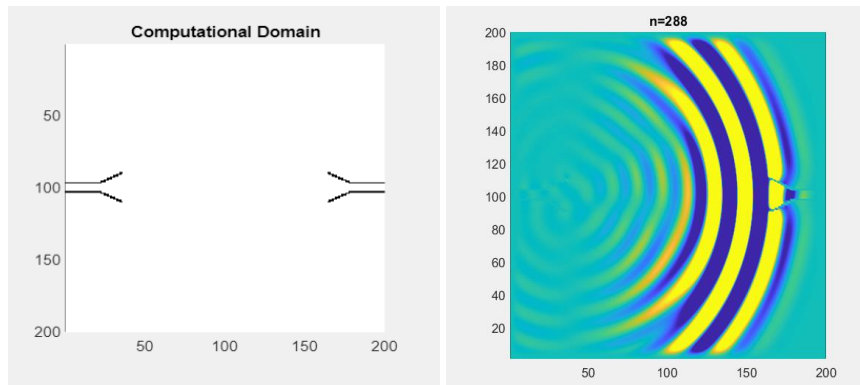


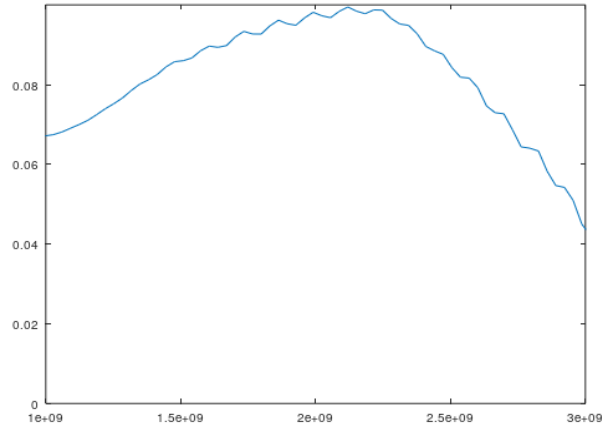
Σχήμα 3.6: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για παρεμβολές μεταξύ κεραιών σε απόσταση 54cm.

3.2: Διαγράμματα για ζεύξη μεταξύ κεραιών

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 0cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 2.4GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται απότομα.

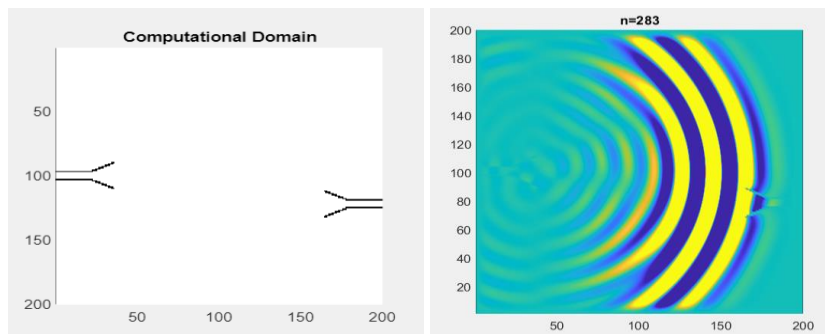


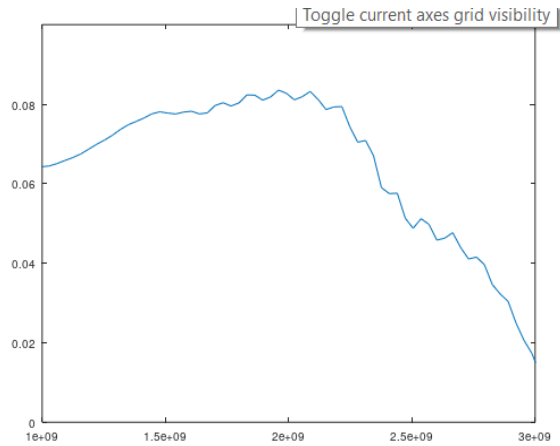


Σχήμα 3.7: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 0cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 17cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 1.9GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται απότομα.

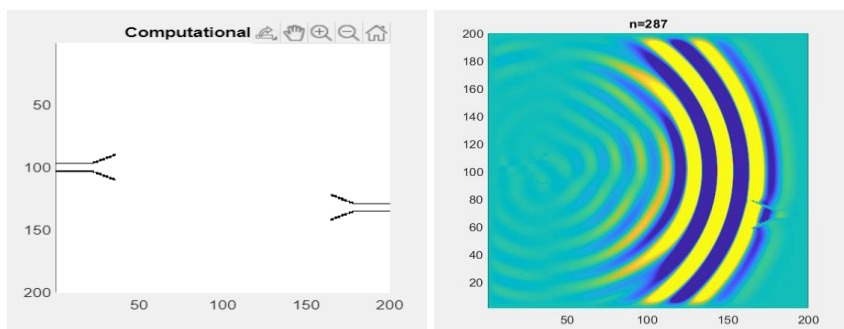


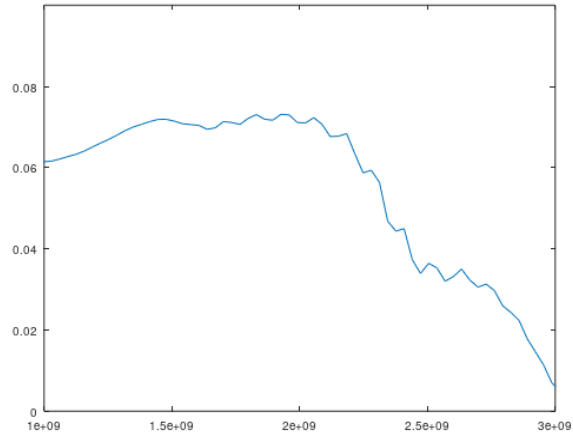


Σχήμα 3.8: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 17cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 24cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 2GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης παραμένει σε μια σταθερή τιμή αλλά μετά μειώνεται απότομα.

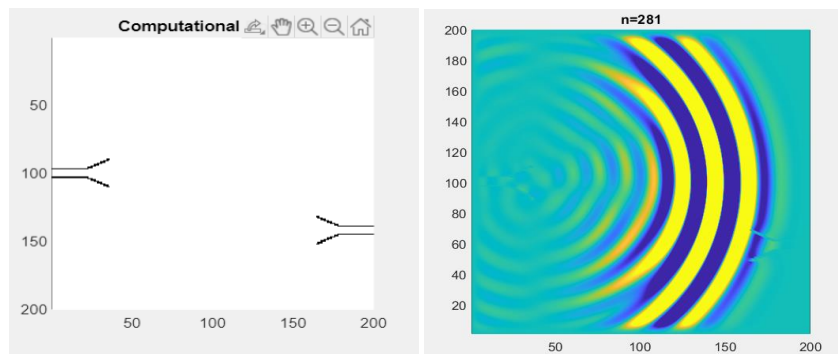


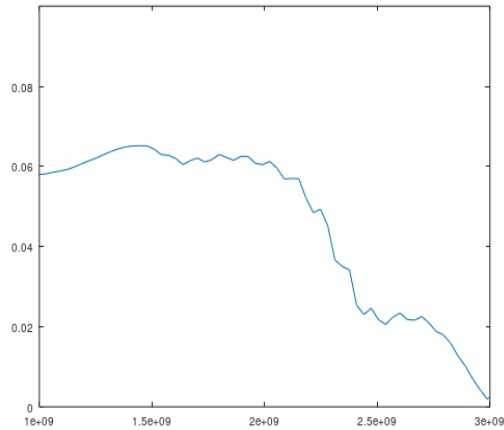


Σχήμα 3.9: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 24cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 32cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 1.6GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται απότομα.

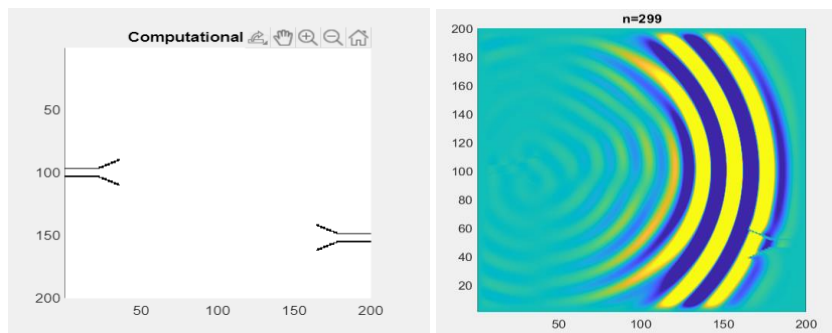


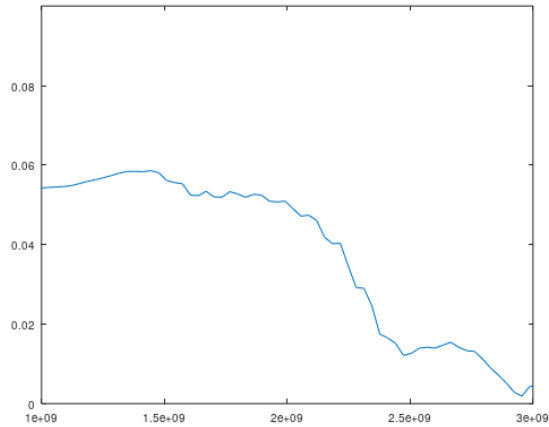


Σχήμα 3.10: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 32cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 39cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 1.4GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται κατά τόπους μέχρι που φτάνει στα 2.6GHz όπου αυξάνεται για πολύ λίγο και μετά συνεχίζει να μειώνεται ξανά.

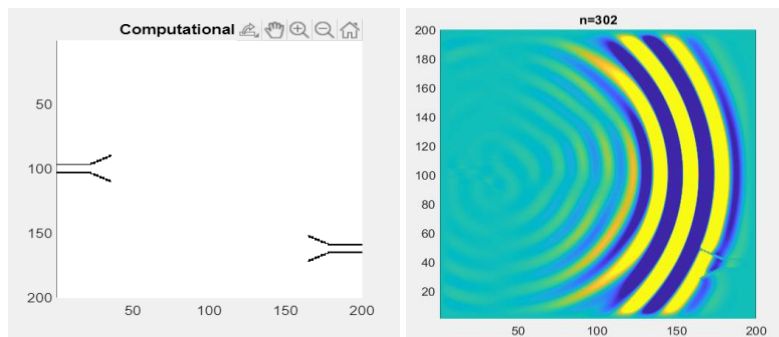


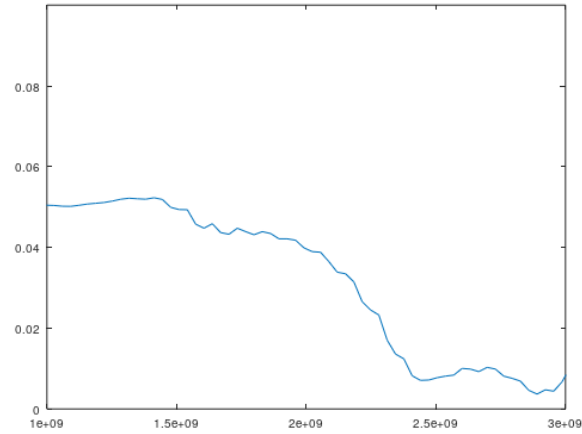


Σχήμα 3.11: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 39cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 47cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 1.3GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται κατά τόπους μέχρι που φτάνει στα 2.4GHz όπου στην συνέχεια αυξάνεται για πολύ λίγο μέχρι τα 2.2GHz και μετά συνεχίζει να μειώνεται ξανά.

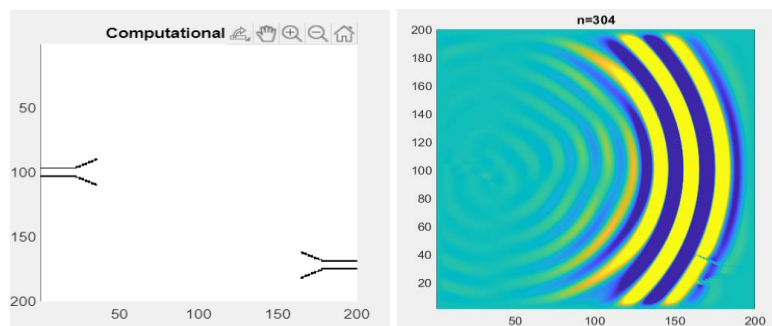


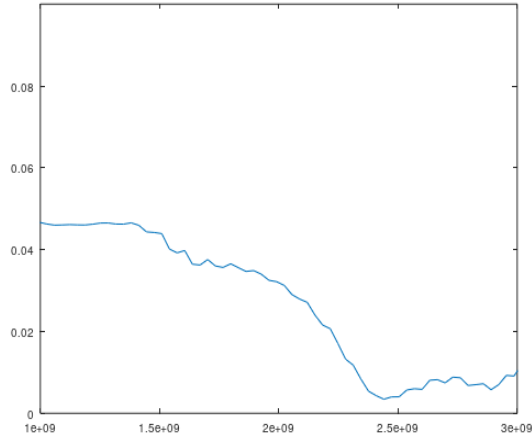


Σχήμα 3.12: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 47cm.

Ζεύξη μεταξύ κεραιών για απόσταση 54cm:

Η ζεύξη μεταξύ των κεραιών αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας μέχρι περίπου τα 1.5GHz όπου παρατηρείται το μέγιστο. Σε πιο μεγάλες συχνότητες η ικανότητα ζεύξης μειώνεται κατά τόπους μέχρι που φτάνει στα 2.4GHz όπου μετά παρατηρούμε μια αύξηση που στις προηγούμενες ζεύξεις δεν είδαμε.





Σχήμα 3.13: διάταξη προσομοιώσεις και αποτελέσματα για ζεύξεις μεταξύ κεραιών σε απόσταση 54cm.

3.3: Συγκριτικά αποτελέσματα

Ο πίνακες με τις μετρήσεις μας (ζεύξης- παρεμβολές):

1^{ος} πίνακας: Συγκριτική ανάλυση για παρεμβολές

Αποστάσεις μεταξύ κεραιών	1 ^η συχνότητα (1GHz)	2 ^η συχνότητα (2GHz)	3 ^η συχνότητα (3GHz)
17cm	0.03794	0.0141	0.0217
24cm	0.024107	0.0057170	0.01107
32cm	0.020154	0.0038785	0.0083730
39cm	0.017002	0.0031113	0.0066405
47cm	0.015317	0.0026636	0.0061639
54cm	0.013755	0.0023550	0.005099

Σημείωση: Στην πρώτη συχνότητα όσο αυξάνει η απόσταση τόσο μειώνονται οι παρεμβολές, όμως με σχετικά αργό ρυθμό. Στις άλλες δύο συχνότητες υπάρχει και πάλι μείωση με των παρεμβολών με την αύξηση της απόστασης. Ωστόσο, ο ρυθμός μείωσης είναι πιο γρήγορος. Επίσης, οι παρεμβολές στη συχνότητα 2 είναι χαμηλότερες σε σχέση με τις άλλες δύο

2^{ος} πίνακας: Συγκριτική ανάλυση για ζεύξη

Αποστάσεις μεταξύ κεραιών	1 ^η συχνότητα (1GHz)	2 ^η συχνότητα (2GHz)	3 ^η συχνότητα (3GHz)
0cm	0.067117	0.098146	0.042023
17cm	0.064243	0.082730	0.012266
24cm	0.061427	0.071082	0.0048844
32cm	0.057974	0.060438	0.0028598
39cm	0.054220	0.050918	0.0044043
47cm	0.050458	0.039900	0.010403
54cm	0.046684	0.032161	0.011982

Σημείωση: Στην πρώτη συχνότητα όσο αυξάνει η απόσταση τόσο μειώνονται οι παρεμβολές, όμως με σχετικά αργό ρυθμό. Στην δεύτερη συχνότητα υπάρχει και πάλι μείωση των παρεμβολών με την αύξηση της απόστασης ενώ στην συχνότητα 3 η ζεύξη αρχικά μειώνεται με την απόσταση αλλά στη συνέχεια ξανααυξάνει. Ωστόσο, ο ρυθμός μείωσης είναι πιο γρήγορος στην συχνότητα 2. Επίσης, οι παρεμβολές στη συχνότητα 3 είναι για κάθε απόσταση διαφορετικές σε σχέση με τις άλλες δύο.

Βιβλιογραφία

1.1:

<https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/alexiou/ahts/notes/kef09.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_measurement#Antenna_parameters

1.2:

<https://el.fmuser.org/news/Antenna/What-is-the-Dipole-antenna.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna

<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI114/04%20%CE%9A%CE%B5%CF%81%CE%B1%CE%AF%CE%B5%CF%82%20-%204%CE%BF%20%CE%9C%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%82.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_array

<https://docplayer.gr/43813468-Keraies-hoanis-horn-antennas.html>

<https://docplayer.gr/43813468-Keraies-hoanis-horn-antennas.html>

1.3:

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2721/2/02_chapter_08.pdf

file:///C:/Users/user/Downloads/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B5%CF%82_%CE%96%CE%B5%CF%8D%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82_%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82%202021.pdf

