



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİ NESİL RFID SİSTEMLERİNDE KULLANILAN
MİNYATÜR ANTEN TASARIMLARI**

Çağatay AYDIN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Sıddık YARMAN

Haziran, 2011

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİ NESİL RFID SİSTEMLERİNDE KULLANILAN
MİNYATÜR ANTEN TASARIMLARI**

Çağatay AYDIN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Sıddık YARMAN

Haziran, 2011

İSTANBUL

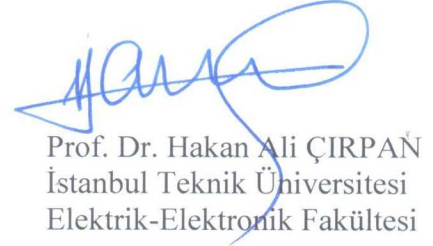
Bu çalışma 04/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik-Elektronik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Prof. Dr. Sıddık YARMAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Aydın AKAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Hakan Ali ÇIRPAŃ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi


Yrd. Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında, yol gösterici olan ve büyük emeği geçen sayın hocam Dr. Cahit KARAKUŞ'a ve yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca benden bilgisini ve desteğini esirgemeyen çok değerli, saygı değer hocam, sayın Prof. Dr. Sıddık YARMAN'a teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca bana lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran, 2011

Çağatay AYDIN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. OTOMATİK TANIMA SİSTEMLERİ	3
2.1.1. Barkod Sistemleri	3
2.1.2. Optik Karakter Tanıma	4
2.1.3. Biyometrik Yöntemler	5
2.1.3.1. Ses Tanıma	5
2.1.3.2. Parmak İzi Tanıma Yöntemleri	5
2.1.4. Akıllı Kartlar	6
2.1.4.1. Hafıza Kartları	7
2.1.4.2. Mikroişlemci Kartlar	7
2.1.5. RFID Sistemler	8
2.1.5.1. RFID Sistemin Elemanları	8
2.2. ANTENLER	11
2.3. ANTENİN TEMEL PARAMETRELERİ	14
2.3.1. Işıma Deseni	14
2.3.2. Işıma Bölgeleri	16

2.3.3. Işıma Güç Yoğunluğu	17
2.3.4. Işıma Yoğunluğu	18
2.3.5. Işın Genişliği	19
2.3.6. Yönlülük.....	19
2.3.7. Anten Verimliliği.....	20
2.3.8. Kazanç.....	20
2.3.9. Işın Verimliliği.....	21
2.3.10. Band Genişliği	21
2.3.11. Kutuplaşma.....	21
2.3.11. Geri Dönüş Kaybı.....	22
3. MALZEME VE YÖNTEM	23
3.1. YARIM DALGABOYU DİPOL ANTEN	23
3.2. ÇEYREK DALGABOYU MONOPOL ANTEN	26
3.3. V ŞEKLİNDE EŞLEME ELEMANI KULLANILMASI İLE GENİŞ BANTLI DÜZLEMSEL KARE MONOPOL ANTEN TASARIMI	28
3.3.1. Düzlemsel Kare Monopol Antenin Alt Kenar Frekansının Hesaplanması.....	33
3.3.2. V Şeklindeki Eşleme Elemanının Eklenmesi.....	33
4. BULGULAR	36
4.1. EŞLEME ELEMANI İLE X EKSENİ ARASINDAKİ AÇININ DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ	36
4.2. BESLEME YÜKSEKLİĞİ DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ	38
4.3. EŞLEME ELEMANI İLE IŞIMA PARÇASI ARASINDAKİ MESAFE DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ	38
4.4. EŞLEME ELEMANININ TOPRAK DÜZLEMİNE OLAN YÜKSEKLİĞİNİN DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ	39
4.5. ANTENİN ELEKTRİK VE MANYETİK ALANI DÜZLEMİNDEKİ IŞIMA DESENLERİ	40
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	44
KAYNAKLAR	48

ÖZGEÇMİŞ	51
-----------------------	-----------

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	: Çeşitli otomatik tanımlama sistemleri.....	2
Şekil 2.1	: Kullanılan bazı barkod çeşitleri.....	4
Şekil 2.2	: Türkiye’de MMNM tarafından kullanılan EAN kodu genel yapıları ..	4
Şekil 2.3	: İstanbul’da İETT tarafından kullanılan elektronik bilet uygulaması ...	8
Şekil 2.4	: Tipik bir RFID sistem.....	9
Şekil 2.5	: Tipik bir transponder yapısı	9
Şekil 2.6	: Eşleme elemanı endüktif bobin olan pasif transponder.....	10
Şekil 2.7	: Verici durumundaki antenin Thevenin eşdeğer devresi	11
Şekil 2.8	: Bazı anten çeşitler	13
Şekil 2.9	: Güç deseni (dB olarak).....	14
Şekil 2.10	: Işıma deseni üzerindeki loplara isimleri	15
Şekil 2.11	: Antenin etrafını saran bölgeler	16
Şekil 3.1	: Sonlu boyutlu dipol anten.....	23
Şekil 3.2	: Çeyrek dalgaboyu monopol anten	26
Şekil 3.3	: Kare yama antenden düzlemsel kare monopol antene geçiş	29
Şekil 3.4	: Şekil 3.3’te verilen antenlerin geri dön. kayıplarının karşı.	30
Şekil 3.5	: Düzlemsel monopol antenler için çeşitli band genişletme teknikleri... ..	31
Şekil 3.6	: Üretilen düzlemsel kare monopol anten.....	33
Şekil 3.7	: V şeklinde eş. el. eklenmiş düzlemsel kare monopol anten	34
Şekil 3.8	: Üretilen V şeklinde eşleme elemanı eklenmiş DKMA	34
Şekil 4.1	: α açısının değişiminin DKMA anten üzerindeki etkisi	35
Şekil 4.2	: 45° etrafındaki 5° ’lik oynama.....	36
Şekil 4.3	: Besleme yüksekliği h ’nin değişiminin antene olan etkisi	37
Şekil 4.4	: Işıma parçası ile eş. el. arasındaki mes. değ. antenen olan etkisi.....	38
Şekil 4.5	: Eş. el. toprak düz.olan yük. değ. antene olan etkisi	39
Şekil 4.6	: DKMA’nin elektrik alanı düzlemi için ışımada deseni.....	40
Şekil 4.7	: DKMA’nin manyetik alanı düzlemi için ışımada deseni.....	40
Şekil 4.8	: V şek. eş. el. DKMA’nin elektrik alanı düzlemi için ışımada deseni	41
Şekil 4.9	: V şek. eş. el. DKMA’nin manyetik alanı düzlemi için ışımada deseni ...	41
Şekil 5.1	: DKMA için tasarlanmış olan üç elemanlı uyumlaştırma devresi.....	43
Şekil 5.2	: Giriş empedansının reel kısmı	44
Şekil 5.3	: Giriş empedansının sanal kısmı.....	44
Şekil 5.4	: Geri dönüş kayıplarının karşılaştırılması	45
Şekil 5.5	: Güç kazançlarının karşılaştırılması	46

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Pasif, yarı pasif ve aktif transponderlerin karşılaştırılması	10
Tablo 4.1	: DKMA ile tasarım anten için bazı HFSS değerleri	42

SEMBOL LİSTESİ

α	: Eşleme elemanın açısı
λ	: Dalgaboyu
D	: Antenin en büyük boyutu
dB	: Desibel
f_L	: Alt kenar frekansı
h	: Besleme yüksekliği
h1	: Eşleme elemanının besleme yüksekliğinden olan yüksekliği
R	: Işıma bölgesi için bölgenin yarıçapı
R_L	: Antenin iletkenlik kayıpları
R_r	: Işıma direnci
l	: Antenin uzunluğu
L	: Antenin bir kenarının uzunluğu
L1	: Eşleme elemanının ve dielektrik malzemenin bir kenarının uzunluğu
V_g	: Üreteç gerilimi
X_A	: Anten empedansının sanal kısmı
W1	: Eşleme elemanının genişliğinin uzunluğu
Z_A	: Anten empedansı
Z_g	: Üretecin direnci

ÖZET

YENİ NESİL RFID SİSTEMLERİNDE KULLANILAN MİNYATÜR ANTEN TASARIMLARI

RFID sistemler, günümüzde, hizmet sektörü, satın alma ve lojistik dağıtım, endüstri, imalat ve malzeme akış sistemleri gibi birçok alanda, insanlar, hayvanlar ve ürünler hakkında bilgi sağlama amacı ile sıklıkla kullanılır hale gelmiştir. Bu yüzden, bu sistemlerin verimliliğini arttıracak çalışmaların sayısı da artmıştır. Bu çalışmalara ek olarak, bir işareti dar bantta çok fazla güç kullanarak iletmenin aksine geniş band yardımı ile aynı işareti bu banda yayarak, veri iletiminin iyileştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca, geniş band teknolojisi kullanıldığı takdirde daha az enerji harcanmış olur.

Bu tezde, 2.45 GHz RFID frekansında çalışan, aynı zamanda geniş frekans bandına sahip olan anten tasarımı amaçlanmıştır. Anten tasarımı için, genellikle kullanılan yama anten tasarımı yerine, geniş bantta çalışmaya olanak tanıyan düzlemsel monopol anten kullanılmıştır. Düzlemsel monopol antenler ucuz olmaları ve kolaylıkla şekillendirilebilme kabiliyetleri nedenleri ile de tercih edilmiştir. Ayrıca, düzlemsel monopol antenlerin çalıştıkları frekans bandını genişletmek için birkaç basit teknik mevcuttur. Tasarladığımız antenimizin bandını genişletmek için bu yöntemlerden yeni bir tanesi olan, antene eşleme elemanı ekleme yöntemi kullanılmıştır.

SUMMARY

MINIATURIZED ANTENNA DESIGN FOR THE NEXT GENERATION RFID SYSTEMS

Recently, using RFID systems become popular in many area like service, purchasing and distribution logistics, manufacturing and material flow to provide information about people, animals and products. Hence, the number of works to improve the efficiency of these systems are increasing. In addition to these works, spread the signal to wideband to improve the data transfer using less power instead of sending the signal in narrow band with more power. Furthermore, energy consumption is become less by using wideband technology.

In this thesis, it is purposed to design an antenna operates at 2.45 GHz RFID frequency with wide band. To desing the antenna, planar monopole antenna that can be operate in wide frequency band is used instead of patch antenna that genarally used mobile applications. Planar monopole antenna is choosen because of its low-cost profile and easily formable capabilities. Also, there are several simple techniques to increase the operating band of planar mopole antennas that we used the new one of these bandwidth increasing techniqe to design our antenna, called adding coupling elements technique.

1. GİRİŞ

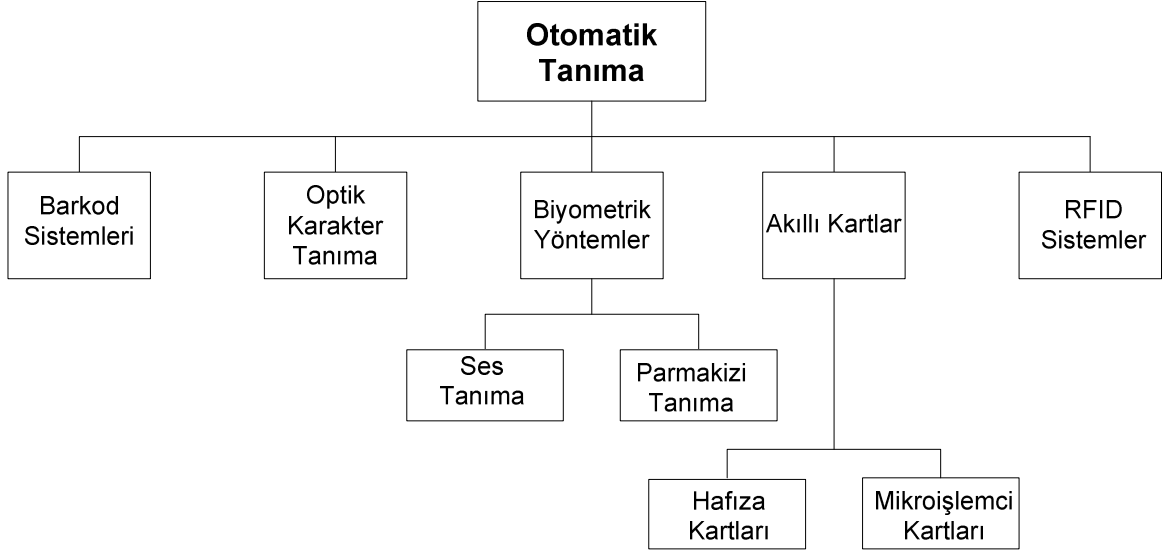
Son yıllarda otomatik tanıma yöntemleri (Auto-ID), hizmet sektörü, satın alma ve lojistik dağıtım, endüstri, imalat ve malzeme akış sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile insanlar, hayvanlar, mallar ve ürünler hakkında bilgi sağlanmaktadır.

Günümüzde hemen hemen her yerde kullanılmakta olan barkod etiketler, tanıma sistemlerinin gelişimini tetiklemiştir. Barkod sistemleri çok ucuz olmalarına karşın, düşük depolama kapasiteleri ve yeniden programlanamamaları nedeni ile bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Teknik olarak en uygun çözüm, verileri silikon yongalarda depolamaktır. Telefon kartları, banka kartları vb. akıllı kartlar günlük yaşantımızda sıklıkla kullandığımız, temas ile bilgi alışverişi yapan elektronik veri taşıma aygıtlarına örnektir. Ancak, mekanik temas genellikle kullanışlı değildir. Bunun yerine veri taşıyan aygıt ile okuyucusu arasındaki bilgi alışverişinin temas olmadan gerçekleştirilmesi daha kullanışlıdır. Daha uygun durum ise elektronik veri taşıyan aygıt için gerekli olan gücün, okuyucu tarafından temassız teknoloji kullanılarak iletilmesidir. Güç ve veri iletimi için kullanılan yöntemler nedeni ile temassız tanıma sistemleri RFID (Radio Frequency Identification - Radyo Frekans Tanıma) sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Temassız tanıma, gelişmekte olan, HF (High Frequency - Yüksek Frekans) teknolojisi ve EMC (Electromagnetic Compatibility - Elektromanyetik Uygunluk), yarıiletken teknolojisi, veri koruma ve kriptoloji, haberleşme, imalat teknolojisi gibi birçok alanı içerisinde barındıran, disiplinler arası bir alandır.

Daha sonra tezin içerisinde, çeşitli otomatik tanıma sistemleri hakkında kısa bilgi verilecektir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Çeşitli otomatik tanıma sistemleri [1]

Temassız tanıma sisteminin etkin olarak kullanılmasını sağlayan en önemli unsur, bu sistem içerisinde çalışan, alıcı ve verici antenlerin verimidir. Buna ek olarak, RFID sistemlere, son dönemde ultra geniş band teknolojisi uygulanmaya başlamıştır. Nedeni ise, belirli bir frekansta güçlü işaret göndermekten ziyade ultra geniş band ile çok geniş frekans aralığında düşük güç kullanarak işaret göndermek istenmesidir. Bu sayede, ultra geniş band içerisindeki belirli bir frekansta işaret zayıf olsa da iletişim daha iyi bir şekilde yapılmaktadır. Ultra geniş bandın kullanılması ile okuma menzili 200 metreye kadar ulaşabilir. Bu nedenle, bu tezde RFID sistemlerde kullanılacak, verimi yüksek ve geniş bantta çalışan bir anten tasarımı amaçlanmıştır.

Çeşitli otomatik tanıma sistemleri kısaca tanıtıldıktan sonra, antenler ve performansını değerlendirebileceğimiz parametreler anlatılacaktır. Daha sonra anten tasarımının nasıl yapıldığı, ne amaçlandığı bilgileri verildikten sonra yapılan simülasyonların sonuçları yorumlanacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

Bu bölümde şekil 1.1’de gösterilen çeşitli otomatik tanıma sistemleri tanıtıldıktan sonra antenler ve performans parametreleri anlatılacaktır.

2.1. OTOMATİK TANIMA SİSTEMLERİ

2.1.1. Barkod Sistemleri

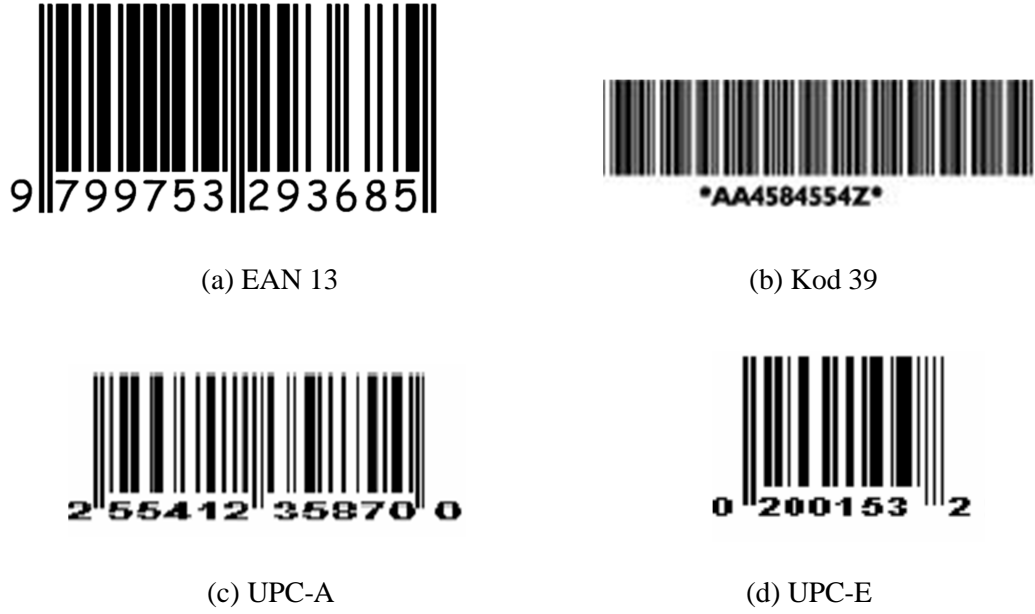
Barkod, paralel olarak yerleştirilmiş, geniş ya da dar olan çubuklar ve boşluklardan oluşan ikili koddur. Barkodlar, önceden belirlenmiş desene göre düzenlenmiştir ve üzerinde bulunan sembole göre verileri temsil etmektedir. Paralel yerleştirilmiş geniş ya da dar olan çubuklar ve boşluklar sayısal ya da alfa sayısal olarak yorumlanabilir. Bu veriler, optik lazer yardımı ile lazer ışınının, siyah çubuklar ve beyaz boşluklardan değişik yansımaları ile okunmaktadır. Fiziksel tasarımlarının özdeş olmasına rağmen kod düzenlerindeki farklar nedeni ile şu an kullanılmakta olan yaklaşık 10 adet farklı barkod çeşidi mevcuttur (Şekil 2.1).

En çok kullanılan barkod, 1976 yılında, bakkal endüstrisinin ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış olan EAN (European Article Number-Avrupa Mal Numarası) kodudur. EAN kodu, Amerika’da 1973 yılında kullanılmaya başlanan UPC (Universal Product Code-Evrensel Ürün Kodu)’nin geliştirilmiş şeklidir. Günümüzde UPC, EAN kodunun bir alt kodudur ve bu yüzden EAN kodu ile uyumludur.

EAN kodu genellikle 13 sayıdan oluşmaktadır; ülke tanımlayıcı, imalatçı firmanın numarası ve kontrol sayısı.

Türkiye’de, EAN-UCC (Universal Code Council-Evrensel Kod Konseyi) sistemini uygulamak ve yaygınlaştırmak için faaliyette bulunmak amacı ile EAN’ye üye olma yetkisinin Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar

Birliği)'ne verilmesi üzerine TOBB bünyesinde MMNM (Milli Mal Numaralama Merkezi) kurulmuştur [2].



Şekil 2.1: Kullanılan bazı barkod çeşitleri

Şekil 2.2'de MMNM'nin verdiği genel yapı gösterilmiştir.

	Taşıma Birimi Çeşidi	Ülke Numarası	Firma Numarası	Ürün Numarası	Kontrol Numarası
EAN-14	V	869	FFFFF	ÜÜÜÜÜ	K
EAN-13		869	FFFFFF	ÜÜÜ	K
EAN-8		869		ÜÜÜ	K

Şekil 2.2: Türkiye'de MMNM tarafından kullanılan EAN kodu genel yapıları [2]

2.1.2. Optik Karakter Tanıma

Optik karakter tanıma ilk olarak 1960'lı yıllarda kullanılmıştır. Bu uygulama için, hem insanların normal şekilde okuyabilecekleri hem de makineler tarafından okunabilecek özel yazı karakterleri geliştirilmiştir. Optik karakter tanıma sistemlerinin en önemli

avantajı, içerisinde yüksek yoğunluklu bilgi barındırması ve acil bir durumda ya da sadece kontrol amacı ile gözle okunabilmesidir.

Günümüzde optik karakter tanıma sistemleri, üretim, hizmet ve yönetim alanında, ayrıca bankalarda, çeklerin kayıt edilmesinde (isim ve hesap numarası gibi kişisel bilgilerin okunması) kullanılmaktadır.

Ancak, optik karakter tanıma sistemlerinin yüksek maliyeti ve gelişmiş okuyucuları yüzünden diğer tanıma yöntemlerine kıyasla dünya çapında kabul görmemişlerdir.

2.1.3. Biyometrik Yöntemler

Biyometrik bilimi, canlı varlıkların sayılması ve (vücut) ölçülmesi yöntemlerine dayanmaktadır. Tanıma sistemleri bağlamında biyometri, insanların belirli ve bireysel fiziksel karakteristiklerinin karşılaştırılması sonucu yapılan tanıma yöntemidir. Bu yöntemler; parmak izi ve el izi yöntemleri, ses tanıma ve daha az kullanılan retina (ya da iris) tanımadır.

2.1.3.1. Ses Tanıma

Son zamanlarda, bireylerin konuşmalarını doğrulayan (konuşanı tanıyan) özelleşmiş sistemler kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde, kullanıcı bilgisayara bağlı olan mikrofona konuşur ve ses tanıma işlevini gören donanım, konuşulan kelimeleri sayısal işaretlere çevirir.

Konuşanı doğrulamanın amacı, kişilerin kimliklerini seslerine bağlı olarak tanımadır. Bu da konuşan kişinin ses karakterinin, mevcut olan referans desen ile karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Eğer eşleşme olursa bir tepki başlatılabilir (örnek olarak; 'ışık aç').

2.1.3.2. Parmak İzi Tanıma Yöntemleri

Kriminoloji, 20. yüzyılın başından beri suçluları teşhis etmede parmak izi tanıma yöntemlerini kullanmaktadır. Bu yöntem, parmak uçlarındaki deri çıkıntılarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Parmak izi, kişilerin parmak uçlarından ayrıca parmak uçlarının dokunduğu her nesneden alınabilmektedir.

Parmak izi tanıma yöntemleri kişi tanımak için kullanıldığı zaman genellikle kapılardan girme işlemi için kullanılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için parmak ucu özel bir okuyucuya yerleştirilir. Sistem, okuduğu parmak izi deseninden veriyi hesaplar ve depolanan referans desen ile karşılaştırır. Modern parmak izi tanıma sistemleri, parmak izini tanıma ve kontrol etme işlemi yarım saniyeden daha az bir sürede gerçekleştirmektedir. Ayrıca, dolandırıcılığın önüne geçmek için okuyucuya yerleştirilen parmağın, canlı birine ait olup olmadığını da ayırt edebilmektedir.

2.1.4. Akıllı Kartlar

Akıllı kartlar, genellikle hesap yapabilme kapasitesi olan (mikroişlemci kart) ve kullanabilme kolaylığı açısından kredi kartı boyutunda olan plastik kartın içine yerleştirilmiş elektronik veri depolama sistemleridir. İlk akıllı kartlar, 1984 yılında kullanıma sunulan ön ödemeli telefon akıllı kartlarıdır.

Akıllı kartlar, okunabilmeleri için mutlaka bir okuyucuya yerleştirilmelidir. Yerleştirilen kartın yüzeyine galvanik temas adı verilen teması gerçekleştirmek için temas yayları kullanılır. Enerji ve clock darbesi, temas yüzeyi kullanılarak okuyucudan akıllı karta aktarılır. Okuyucu ile kart arasındaki veri transferi çift yönlü seri arayüz ile gerçekleşir (I/O portu). İşlevlerine bağlı olarak akıllı kartları ikiye ayırmak mümkündür; hafıza kartı ve mikroişlemci kart.

Akıllı kart kullanılmasının avantajlarının başında, depo edilmiş olan veriye istenmeyen erişimin gerçekleşmesine ve verinin değiştirilmesine karşı korunması gelir. Akıllı kartlar, bilgi ile ya da mali işlemler ile ilgili olan bütün hizmetleri kolay, güvenli ve ucuz hale getirmiştir. Bu nedenden ötürü, 1992 yılında 200 milyon akıllı kart kullanmış olduğu bilinmektedir. Bu sayı 1995 yılında, 500 milyonu hafıza kartı ve 100 milyonu mikroişlemci kart olmak üzere toplamda 600 milyonu bulmuştur. Akıllı kart pazarı bu yüzden, mikroelektronik endüstrisi içinde en hızlı büyüyen alt sektörlerden bir tanesidir.

Temas yolu ile kullanılan akıllı kartların dezavantajlarından biri giyilen kıyafetlere, korozyona ve kirlenmeye karşı hassas olmalarıdır. Ayrıca, kullanılan okuyucuların işlevlerini sürdürebilmeleri için oluşan arızaların giderilmesi pahalı bir iştir. Bunlara ek

olarak, halkın kolaylıkla erişebileceği yerlerde olmaları (telefon kulübeleri) nedeni ile okuyucular olası bir şiddet eylemine karşı korumasızlardır.

2.1.4.1. Hafıza Kartları

Hafıza kartlarında, hafızaya (genellikle EEPROM - Electrically Erasable and Programmable Read-Only Memory) ardışık mantık (durum makinesi) kullanılarak erişilir. Ayrıca, bu sistemi kullanan basit bir güvenlik algoritması yerleştirmek de mümkündür. Hafıza kartlarının işlevi genellikle uygulamaya göre belirlenir. Söz konusu uygulamanın esnekliği kısıtlı olsa da hafıza kartlarının düşük maliyette olmaları, maliyete dayalı geniş ölçekli uygulamalarda tercih edilmelerine neden olmuştur.

2.1.4.2. Mikroişlemci Kartlar

İsminden de anlaşılacağı üzere, hafıza bölümüne (ROM, RAM ve EEPROM) mikroişlemci eklenmesi ile mikroişlemci kart elde edilmektedir.

Programlanmış olan ROM'un içerisinde, mikroişlemci için olan ve yonga üretimi sırasında yerleştirilen işletim sistemi (yüksek program kodu) bulunmaktadır. ROM'un içeriği de üretim sırasında belirlenir, tüm mikroçipler ile özdeşir ve üzerine yazılamaz olarak üretilir.

Yonganın EEPROM'u, uygulama verisini ve uygulamaya ilişkin program kodunu içerir. Bu hafıza alanı için okuma ya da yazma işlemi, işletim sistemi ile kontrol edilir.

RAM, mikroişlemcinin geçici işlem yaptığı hafızadır. RAM'de depolanan veri, besleme gerilimi kesildiği anda kaybedilir.

Mikroişlemci kartların kullanımı esnekler. Modern akıllı kartlarda, tek bir karta farklı uygulamalar eklemek mümkündür (çoklu uygulama). Programın, uygulamaya özel olan bölümleri EEPROM içine yüklenmemiştir ancak üretim sonrasında işletim sistemi üzerinden başlatılabilir.

Mikroişlemci kartlar ilk olarak güvenliğe dayalı uygulamalarda kullanılmıştır. Cep telefonları ve yeni elektronik banka kartları için de örnekleri vardır. Mikroişlemci kartların yeniden programlanabilir olmaları yeni sistemlerde de kullanılmalarına olanak tanır.

2.1.5. RFID Sistemler

RFID sistemleri, yukarıda anlatılmış olan akıllı kartlara benzemektedir. Akıllı kart sistemlerine benzer şekilde, veri, elektronik veri taşıyan aygıt (transponder) üzerinde depolanır. Akıllı karttan farklı olarak, veri taşıyan aygıtta güç beslemesi ve okuyucu ile veri taşıyan aygıt arasındaki veri alışverişi galvanik temas yerine manyetik ya da elektromanyetik alanlar kullanılarak yapılır. Bilgi, radyo dalgaları ile taşınmaktadır. RFID sistemine, İETT'nin kullanmaya başlamış olduğu elektronik bilet örnek olarak verilebilir (Şekil 2.3). RFID sistemlerde kullanılan frekanslar; yaklaşık olarak 100 kHz ile 30 MHz arasında ve 2.45 ile 5.8 GHz arasındadır.



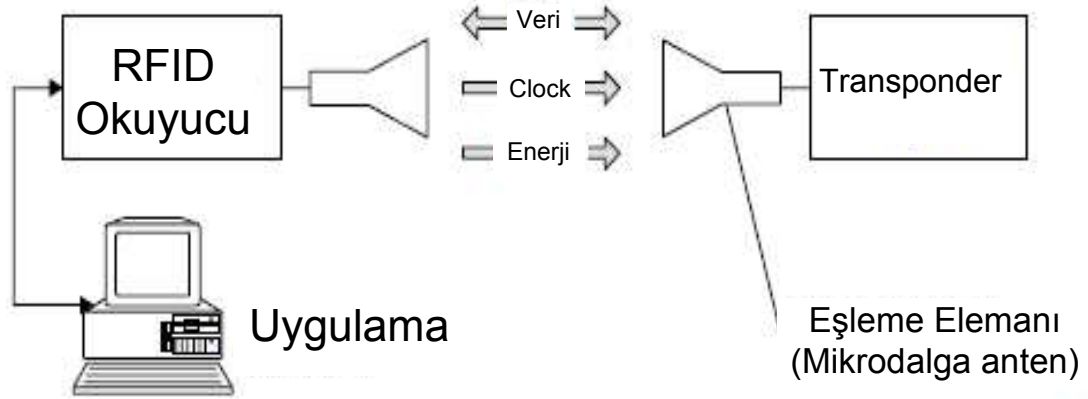
Şekil 2.3: İstanbul'da İETT tarafından kullanılan elektronik bilet uygulaması.

2.1.5.1. RFID Sistemin Elemanları

RFID sistem şekil 2.4'te gösterildiği gibi iki temel elmandan oluşur:

- Transponder; tanınmak istenen nesneye yerleştirilir.

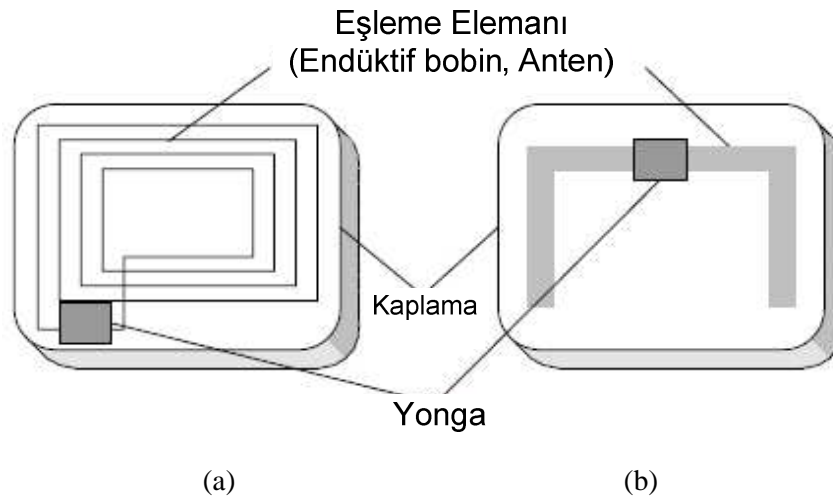
- Okuyucu; tasarıma ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak okuma ya da hem okuma hem de yazma işini yapan ayardır.



Şekil 2.4: Tipik bir RFID sistem.

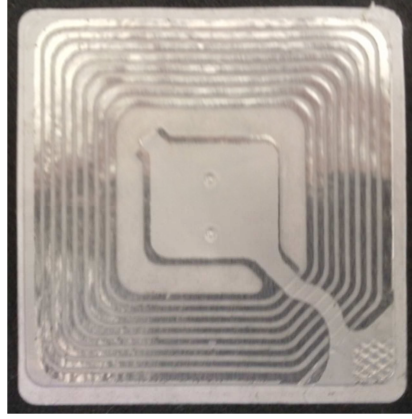
Bir okuyucu içerisinde genellikle alıcı ve verici, kontrol birimi ve transponder ile eşleme yapacak bir eleman barındırmaktadır. Ayrıca birçok okuyucu, alınan veriyi, başka bir sisteme (bilgisayar, robot kontrollü sistem gibi) iletmek için ek bir arayüz (RS 232, RS 485 vb.) ile uyumludur.

Transponder, RFID sistemde veriyi taşıyan ayardır. İçerisinde, eşleme elmanı ve elektronik mikroçip bulunmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Tipik bir transponder yapısı: (a) Eşleme elemanı endüktif bobin olan transponder, (b) Eşleme elemanı dipol anten olan transponder.

Şekil 2.6’da kendi besleme kaynağı (pil) olmayan, endüktif bobin eşleme elemanına sahip bir transponder gösterilmiştir. Kendi besleme kaynağı olmayan bir transponder, okuyucunun menziline bulunmuyor ise, tamamen pasiftir ve ancak okuyucunun menziline girmesi durumunda aktif hale gelir. Pasif olan transponderi aktif hale getirecek olan güç, eşleme birimi üzerinden, temas olmadan, zaman darbesi verisi olarak gönderilir.



Şekil 2.6: Eşleme elemanı endüktif bobin olan pasif transponder yapısı için örnek.

Tablo 2.1’de pasif, yarı pasif ve aktif transponderlerin güç kaynakları, haberleşme şekli, menzili ve birbirlerine göre maliyetlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 2.1: Pasif, yarı pasif ve aktif transponderlerin karşılaştırılması.

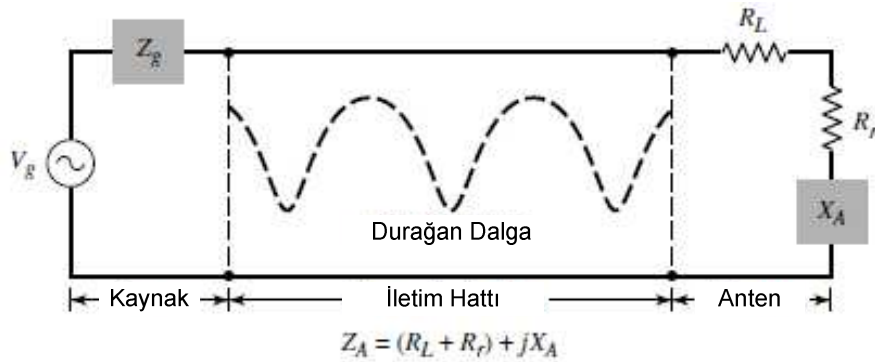
Transponder Türü	Pasif	Yarı Pasif	Aktif
Güç Kaynağı	Okuyucunun RF enerjisini kullanır	Pil	Pil
Haberleşme	Sadece cevap verme	Sadece cevap verme	Cevap verme ya da başlatma
Menzil	10 metre	> 100 metre	> 100 metre
Maliyeti (Birbirleri ile karşılaştırıldığında)	Az pahalı	Pahalı	Çok pahalı

Bir sonraki başlıkta, RFID sistemin önemli elemanından olan ve tezin esas konusu olan antenler hakkında genel bilgi verilecektir.

2.2.ANTENLER

Radyo dalgalarını yayan ya da alan yapıya anten denilmektedir. Biraz daha açıklamak gerekirse; verileri, radyo dalgalarına bindirerek, anten yardımı ile yayınlatabilir, aynı şekilde, radyo dalgalarına bindirilmiş olan verileri yine anten yardımı ile alabiliriz. Anten yardımı ile bu şekilde kablosuz haberleşme yapılmaktadır.

Verici durumundaki antenin, Thevenin eşdeğer devresi şekil 2.7’de gösterilmiştir [3]. Buna göre antenin giriş empedansı $Z_A = (R_L + R_r) + jX_A$ olarak hesaplanmaktadır. Bu denklemdaki R_L , antenin yapısına bağlı olan iletim ve dielektrik kayıplarını, R_r , antenin ışımasını tanımlayan ışıma direcini ve X_A , ise antenin ışımasına eşlik eden empedansın sanal kısmını temsil etmektedir. Bu denklemden anlaşılacağı gibi anten tasarımında göz önüne alınması gereken hususların başında ışıma direnci olan R_r ’yi büyük tutmak gerektiğidir.



Şekil 2.7: Verici durumundaki antenin Thevenin eşdeğer devresi [3].

Enerji göndermesi ya da enerji almasına ek olarak gelişmiş bir kablosuz sistemde bulunan antenden, genellikle bazı yönlerde yayımlanmış olan enerjiyi arttırması, diğer yönlerdekilerini bastırması istenmektedir. Bu nedenle antenler, alıcı ya da verici olarak kullanılmalarının yanında yönsel aygıt olarak da kullanılmaktadırlar. Daha önce de

bahsedildiği gibi antenler, kablosuz haberleşmede çok önemli bir rol almaktadır. İyi tasarlanmış bir anten sistem gereksinimlerini rahatlatırken tüm sistemin performansını da arttırabilir.

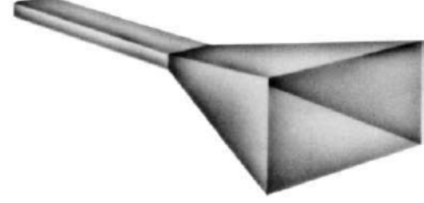
Şekil 2.8’de de gösterilen başlıca anten çeşitleri şunlardır;

- Tel antenler: Hemen hemen her yerde gördüğümüz antenlerdir. Dipol antenler, ilmik antenler ve heliks antenler bu grupta yer almaktadır (Şekil 2.8 (a)).
- Açıklık antenler: Teknolojinin ilerlemesi ile artan frekans ihtiyacı yüzünden yüksek frekanslarda çalışan aygıtlar üretilmeye başlanmış ve bu yüzden bu frekanslarda çalışan antenlere ihtiyaç duyulmuştur. Dolayısıyla karmaşık yapılı antenler üretilmiştir. Bu antenlerden biri olan açıklık şeklindeki antenler (Şekil 2.8 (b)), genellikle hava ve uzay araçlarında kullanılmaktadır.
- Mikroşerit antenler: 1970’te uzay uygulamalarının yaygınlaşması ile popüler hale gelmiştir. Günümüzde devlet ve ticari uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu antenler topraklanmış dielektrik malzeme üzerine yapılan metalik yamadan oluşmaktadır (Şekil 2.8 (c)). Ayrıca metalik yama çeşitli şekillerde de olabilir. İncelenmesi ve üretimi kolaydır, ilgi çekici ışınım karakteristikleri vardır ve özellikle geçiş kutuplaşması düşüktür. Mikroşerit antenler düşük profilli, düzlemsel ve düzlemsel olmayan yüzeylere uygun, baskı devre teknolojisi kullanılarak üretimi basit ve kolay, sert yüzeylere yerleştirildiği zaman mekanik olarak sağlam, MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit - Tek Parça Mikrodalga Tümlleşik Devre) tasarımlarla uyumludur ve rezonans frekansı, kutuplaşma, desen ve empedans açısından çok kullanışlıdır. Bu antenler, hava ve uzay araçları, uydular, füzeler, arabalar ve cep telefonlarına yerleştirilebilirler ve yüksek verim elde edilmektedir.
- Dizi antenler: Tek bir anten ile elde edilemeyecek olan ışınım karakteristikleri için yukarıda tanıtılan antenlerden bir dizi meydana getirerek elde edilen antenlerdir (Şekil 2.8 (d)).
- Yansıtıcı antenler: Dış uzayın keşfedilmesi için tasarlanmış, milyarlarca kilometre uzaktaki işaretleri almak ya da o kadar uzağa işaret yollamak için kullanılan antenlerdir (Şekil 2.8 (e)). Bu antenlerden bahsedilen mesafelerde yüksek kazanç elde etmek için büyük boyutlara ihtiyaç vardır.

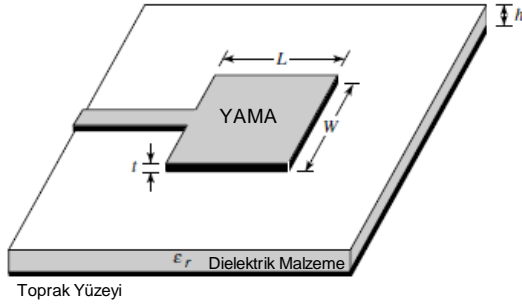
- Lens antenler: Bu tip antenler, enerjinin istenmeyen yönlere yayılmasını engellemek için kullanılır (Şekil 2.8 (f)).



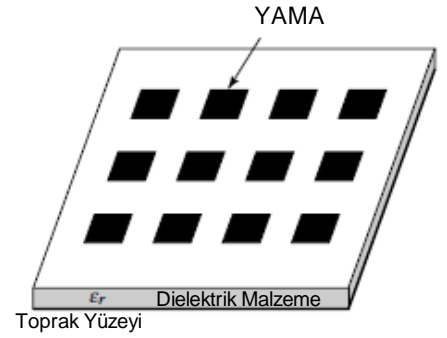
(a) Dipol anten



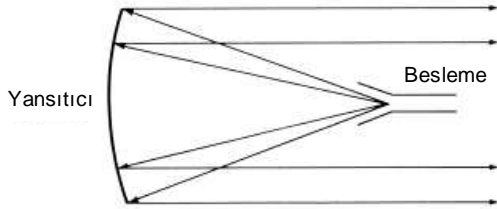
(b) Piramid şeklinde boynuz anten (Açıklık anten)



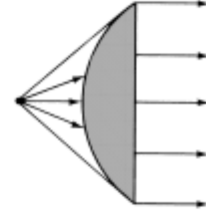
(c) Dikdörtgen mikroşerit anten



(d) Yama antenlerden oluşan dizi anten



(e) Önden beslemeli parabolik yansıtıcı anten



(f) Dış bükey-düzlem lens anten

Şekil 2.8: Bazı anten çeşitleri.

Özet olarak ideal bir anten, verilen bütün gücü istenilen yön ya da yönlerde gönderebilir. Gerçekte böyle bir şey mümkün değildir. Bu yüzden, uygulama türüne bağlı olarak istenilen ışınım karakteristiğine uygun anten seçimi yapılmalıdır.

2.3.ANTENİN TEMEL PARAMETRELERİ

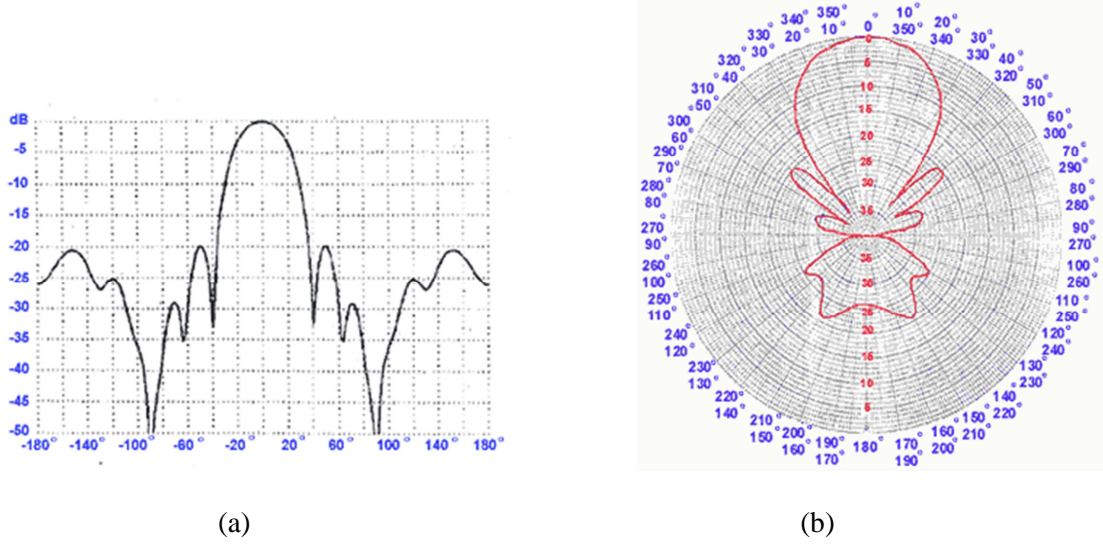
Antenin performansını tanımlayabilmek için çeşitli parametlerin tanımını yapmak gerekir. Bu tanımlardan bazıları birbiri ile ilişkilidir ve antenin tam performansını açıklamak için bütün parametreleri tanımlamaya ihtiyaç yoktur.

2.3.1. Işıma Deseni

Antenin ışımaya deseni ya da anten deseni, antenin ışımaya özelliklerini, uzay koordinatlarının fonksiyonu olarak gösteren matematiksel fonksiyon ya da grafiklerdir. Çoğu durumda, ışımaya deseni uzak alan bölgesinde ve hesap yapılacak olan yerin koordinatlarının fonksiyonu olarak hesaplanır. Işıma özellikleri antenin, güç akı yoğunluğunu, ışımaya yoğunluğunu, alan şiddetini, yönlülüğünü, fazını ya da kutuplaşmasını içermektedir. En çok dikkate alınan ışımaya özelliği, gözlemcinin konumuna göre yolun ya da sabit yarıçaplı yüzeyin fonksiyonu olarak ışımaya enerjinin iki ya da üç boyutlu uzay dağılımının gösterimidir. Sabit yarıçapta, alınan elektrik (manyetik) alanın izine genlik alan deseni denir. Öte yandan, sabit yarıçap boyunca güç yoğunluğunun uzaysal değişim grafiğine genlik güç deseni denir.

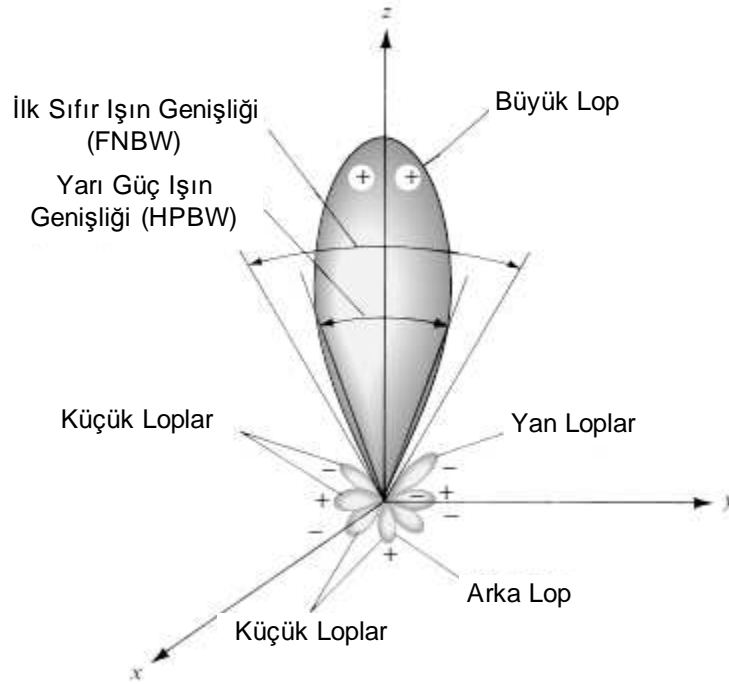
Anten için desen çeşitleri şu şekildedir;

- Alan deseni (lineer ölçek): Elektrik ya da manyetik alanın şiddetinin açısal uzayın fonksiyonu olarak grafiksel gösterimidir.
- Güç deseni (lineer ölçekte): Elektrik ya da manyetik alanın şiddetinin karesinin açısal uzayın fonksiyonu olarak grafiksel gösterimidir (Şekil 2.9 (a)).
- Güç deseni (dB): Elektrik ya da manyetik alanın şiddetinin desibel cinsinden açısal uzayın fonksiyonu olarak grafiksel gösterimidir (Şekil 2.9 (b)).



Şekil 2.9: Güç deseni (dB olarak): (a) Lineer ölçek, (b) Kutupsal ölçek.

Işıma desenine bakıldığında zaman, kabaca tabir edilirse, bazı girinti ve çıkıntılar görülmektedir. Bu girinti ve çıkıntılar loplolar olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.10'da bu loploların isimleri gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Işıma deseni üzerindeki loploların isimleri.

2.3.2. Işıma Bölgeleri

Antenin etrafını saran uzay üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 2.11). Bunlar;

- Reaktif yakın alan bölgesi: Antenin etrafında bulunan reaktif alanın daha baskın olduğu bölgedir. Bu alanın yarıçapı genellikle;

$$R < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.1)$$

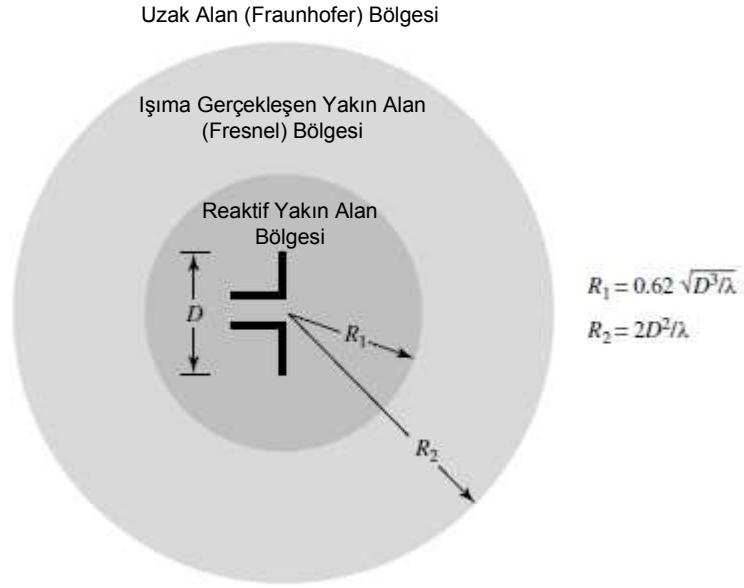
olarak hesaplanır. Bu denklemde λ dalgaboyudur ve D ise antenin en büyük boyutudur.

- Işıma gerçekleşen yakın alan (Fresnel) bölgesi: Bu alan, reaktif yakın alan bölgesi ile uzak alan bölgesi arasında ışıma alanın baskın olduğu ve açısal dağılımın antenden olan uzaklığa bağlı olduğu bölgedir. Eğer antenin en büyük boyutu, dalgaboyu ile kıyaslanamayacak kadar büyük değilse ya da diğer bir tabirle, antenin en büyük boyutu, dalgaboyundan çok küçük ise bu alan oluşmaz. Bu bölgenin oluşması durumunda, bölgenin yarıçapının değişimi denklem 2.2'de verilmiştir.

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} < R < \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.2)$$

- Uzak alan (Fraunhofer) bölgesi: Açısal alan dağılımının, özellikle antenden olan uzaklıktan bağımsız olduğu alanın bölgesidir.

$$\frac{2D^2}{\lambda} < R \quad (2.3)$$



Şekil 2.11: Antenin etrafını saran bölgeler.

2.3.3. Işıma Güç Yoğunluğu

Kablosuz ortam ya da kılavuz yapı üzerinden bilgiyi bir noktadan diğerine taşımak için elektromanyetik dalgalar kullanılır. Bu yüzden, elektromanyetik alana eşlik eden güç ve enerjinin olduğunu varsaymak doğaldır. Elektromanyetik alana eşlik eden gücü hesaplamak için Poynting vektörü kullanılmaktadır.

$$\vec{W} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (2.4)$$

\vec{W} : Anlık Poynting vektörü (W/m^2)

\vec{E} : Anlık elektrik alan yoğunluğu (V/m)

\vec{H} : Anlık manyetik alan yoğunluğu (A/m)

Poynting vektörü güç yoğunluğunun ifadesidir. Bu yüzden, Poynting vektörünün tüm yüzey üzerinden entegrali alınması ile yüzeyden geçen toplam güç hesaplanabilir.

$$P = \oint_S \vec{W} \cdot d\vec{s} = \oint_S \vec{W} \cdot \vec{n} da \quad (2.5)$$

P : Anlık toplam güç (W)
 \vec{n} : Yüzeyin birim normal vektörü
 da : Kapalı yüzey üzerindeki sonsuz küçük alan (m^2)

Elektrik ve manyetik alan yoğunluklarının anlık değeri yerine zamanla değişen harmonik değerleri yazılırsa, denklem 2.4 şu şekilde yazılır;

$$\vec{W} = \vec{E} \times \vec{H} = \frac{1}{2} \text{Re}[\vec{E} \times \vec{H}^*] + \frac{1}{2} \text{Re}[\vec{E} \times \vec{H} e^{j2\omega t}] \quad (2.6)$$

Denklem 2.6'nın ilk elemanı zamanın fonksiyonu değildir ve ikinci elemanı zamana göre verilen frekansın iki katı ile değişir. Bu yüzden zaman ortalamalı Poynting vektörü (ortalama güç yoğunluğu);

$$\vec{W}_{av}(x, y, z) = [\vec{W}(x, y, z; t)]_{av} = \frac{1}{2} \text{Re}[\vec{E} \times \vec{H}^*] \quad (2.7)$$

Denklem 2.5 ve denklem 2.7 ile ortalama ışıyan güç hesabını yapılabilir;

$$P_{rad} = P_{av} = \oiint_S \vec{W}_{rad} \cdot d\vec{s} = \oiint_S \vec{W}_{av} \cdot \vec{n} da = \frac{1}{2} \oiint_S \text{Re}[\vec{E} \times \vec{H}^*] \cdot d\vec{s} \quad (2.8)$$

2.3.4. Işıma Yoğunluğu

Verilen bir yönde ışıma yoğunluğu, anten tarafından yayımlanan gücün, birim katı açı başına düşen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Işıma yoğunluğu, uzak alan parametrisidir ve basit bir şekilde, ortalama güç yoğunluğunun mesafenin karesi ile çarpımı olarak elde edilmektedir.

$$U = r^2 W_{rad} \quad (2.9)$$

U : Işıma yoğunluğu (W/birim katı açı)
 W_{rad} : Ortalama güç yoğunluğu (W/m²)
 r : Antenden olan uzaklık (m)

Işıma yoğunluğunun tüm katı açı olan 4π üzerinden entegrali alınması ile toplam güç elde edilebilir.

$$P_{rad} = \iiint_{\Omega} U d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} U \sin\theta d\theta d\phi \quad (2.10)$$

$d\Omega = \sin\theta d\theta d\phi$: katı açı elemanı

2.3.5. Işın Genişliği

Desen maksimumunun etrafında bulunan, birbirine karşıt olarak duran iki belirgin nokta arasındaki açısal ayrıma ışın genişliği adı verilmektedir. Şekil 2.10'da da görüleceği gibi iki temel ışın genişliği tanımı bulunmaktadır.

- Yarı güç ışın genişliği (HPBW): Işının maksimum değerinin aldığı yöndeki değerinin iki yanında bulunan ve ışın değerinin yarıya düştüğü değerler arasındaki açıdır.
- İlk sıfır ışın genişliği (FNBW): Desenin ilk sıfıra düştüğü iki nokta arasındaki açıdır.

2.3.6. Yönlülük

Verilen bir yöndeki ışıma yoğunluğunun tüm yönler üzerinden hesaplanan ortalama ışıma yoğunluğuna oranıdır.

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2.11)$$

Eğer belirli bir yön tanımlanmamış ise;

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2.12)$$

2.3.7. Anten Verimliliği

Antene eşlik eden birkaç tane verimlilik sıralanabilir. İlk olarak, antenin toplam verimliliğini e_0 olarak tanımlayacağız ve antenin girişindeki kayıpları ve anten yapısı içerisindeki kayıpları tanımlayacağız. Bu kayıplar, iletim hattı ile anten arasında eşleşme olması durumundaki yansımalarından oluşan kayıplar ve iletim ve dielektrik kayıpları olarak tanımlanabilir. O zaman, toplam verimlilik;

$$e_0 = e_r e_c e_d \quad (2.13)$$

e_r : Eşleşme olmaması durumunda yansıma verimliliği

e_c : İletim verimliliği

e_d : Dielektrik verimliliği

2.3.8. Kazanç

Antenin performansını tanımlamada kullanılan en önemli ölçülerden bir tanesi de kazançtır. Antenin kazancı yönlülüğü ile yakından ilişkili olmasına rağmen kazanç hesaplanırken antenin yön kabiliyetlerine ek olarak verimliliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Çeşitli kazanç tanımları yapılabilir ama bu kazanç yanımlarından bir tanesi denklem 2.14'te verilmektedir.

$$Kazanç = 4\pi \frac{\text{ışın yoğunluğu}}{\text{toplam giriş (kabul edilen) gücü}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.14)$$

2.3.9. Işın Verimliliği

Verici ya da alıcı antenlerin kalitesinin değerlendirildiği ve sıklıkla kullanılan başka bir parametre de ışın verimliliğidir. Büyük lop için ışın verimliliği hesabı;

$$Işın Verimliliği = \frac{\theta_1 \text{ açısı içerisinde gönderilen (alınan) güç}}{\text{anten tarafından gönderilen (alınan) güç}}$$

$$Işın Verimliliği = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_1} U(\theta, \phi) \sin\theta \, d\theta \, d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} U(\theta, \phi) \sin\theta \, d\theta \, d\phi} \quad (2.15)$$

2.16 denkleminde bulunan θ_1 açısı, şekil 2.10'da gösterilen büyük lobun hesaplanmak istenen gücün hesaplanan açısının yarısıdır. Örnek olarak; ilk sıfır gücü hesaplanmak isteniyorsa, θ_1 açısı yerine, büyük lobun iki yanında bulunan ve ilk sıfıra düşen iki nokta arasındaki açının yarısı konur.

2.3.10. Band Genişliği

Belirlenen standartlara uygun olarak antenin iyi performansta çalıştığı frekans aralığıdır. Antenin karakteristik özelliklerinin (giriş empedansı, deseni, kazancı, polarizasyonu gibi) değişken olması nedeni ile band genişliğinin net bir tanımı bulunmamaktadır. Uygulamaya bağlı olarak band genişliği değişebilir. Aynı şekilde, herhangi bir antene yerleştirilen balunlar, dönüştürücüler ve uyumlaştırma devreleri de band genişliğini etkileyebilir.

2.3.11. Kutuplaşma

Verilen bir yönde antenin kutuplaşması, anten tarafından gönderilen (yayımlanan) dalganın kutuplaşmasıdır. Eğer yön belirtilmemiş ise antenin kutuplaşması, maksimum kazancın yönündeki kutuplaşmadır. Uygulamada, yayımlanan enerjinin kutuplaşması antenin merkezinden, yönünün değişmesi ile değişmektedir. Bu yüzden desenin farklı bölümlerinin kutuplaşması farklı olabilir.

2.3.12. Geri Dönüş Kaybı

Antenin, işaret kaynaklarının giriş ve çıkışını hesaplamak için en iyi yöntemdir. Şu şekilde açıklamak gerekirse; eğer yük, devreye eşleşemez ise bütün güç yüke aktarılamayacaktır. Bu yüzden de güç geri döner ve bir kayıp meydana gelir. Bunun adına geri dönüş kaybı denmektedir. Denklem 2.16'da geri dönüş kaybı tanımlanmıştır.

$$RL = -20 \log|\Gamma| \text{ dB} \quad (2.16)$$

$$|\Gamma| : \text{Yansıma katsayısı} = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

V_0^- : Yansıyan gerilim

V_0^+ : Gelen gerilim

Z_L : Yük empedansı

Z_0 : Karakteristik empedans

Mükemmel eşleme durumunda yansıma katsayısı 0 olur, böylece geri dönüş kaybı sonsuz değerini alır. Bunun anlamı ise gücün tamamının yüke aktarıldığı ve yansıma meydana gelmemesidir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde anten tasarımıımızın temelini oluşturan monopollü anten ve bu antenin neden tercih edildiği, diğer antenlere göre ne avantajları olduğu anlatılacaktır.

3.1. YARIM DALGABOYU DİPOL ANTEN

Monopollü antenin davranışının anlaşılabilmesi için ilk başta yarım dalgaboyu dipollü anten bilinmelidir. Yarım dalgaboyu dipollü anten, uzunluğu l 'nin, dalgaboyunun yarısına eşit olduğu antendir. Yani $l = \lambda/2$ 'dir.

Şekil 3.1'deki gibi gösterilen sonlu boyuttaki dipollü antenin elektrik alan ve manyetik alan bileşenleri;

$$E_{\theta} \cong j\eta \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\beta l}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{\beta l}{2}\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.1)$$

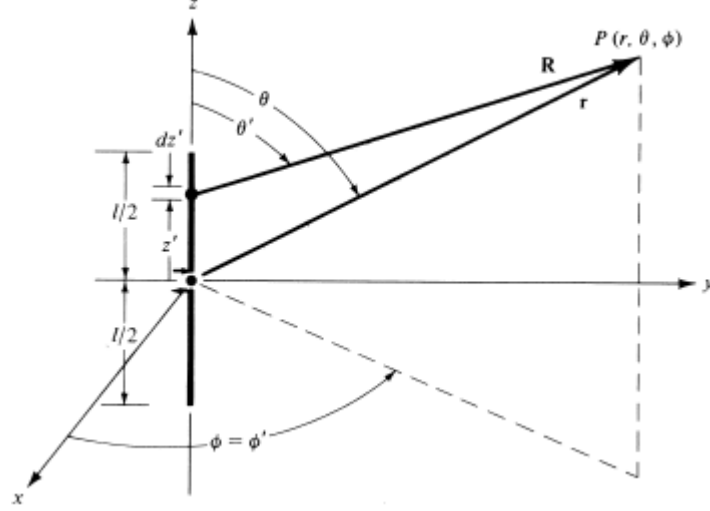
$$H_{\phi} \cong \frac{E_{\theta}}{\eta} \cong j \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\beta l}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{\beta l}{2}\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.2)$$

Bu denklemlerdeki η , has empedans olarak adlandırılır ve değeri ise yaklaşık 120π 'dir. β ise faz sabitidir ve değeri $2\pi/\lambda$ 'dir.

3.1 ve 3.2 denklemlerinde $l = \lambda/2$ yazarsak;

$$E_{\theta} \cong j\eta \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.3)$$

$$H_{\phi} \cong j \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.4)$$



Şekil 3.1: Sonlu boyutlu dipol anten.

Denklem 2.7'yi kullanarak ortalama güç yoğunluğu hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} W_{av} &= \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*] = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\mathbf{E}_{\theta} \times \mathbf{H}_{\phi}^*] \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[j\eta \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \cdot (-j) \frac{I_0 e^{+j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \right] \\ &= \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]^2 \end{aligned}$$

$$W_{av} \cong \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \sin^3 \theta \quad (3.5)$$

Işıma yoğunluğunu hesaplamak için denklem 3.5'te bulunan ortalama güç yoğunluğunu denklem 2.9'da yerine yazalım.

$$U = r^2 W_{av} = \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]^2 \cong \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2} \sin^3 \theta \quad (3.6)$$

Sonlu uzunluğu olan dipolün yayımladığı toplam güç;

$$P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} W_{av} r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\phi$$

$$P_{rad} = \eta \frac{|I_0|^2}{4\pi} \int_0^{\pi} \left[\frac{\left[\cos\left(\frac{\beta l}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{\beta l}{2}\right) \right]^2}{\sin\theta} \right] d\theta \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'yi düzenlediğimiz zaman yarımdalga dipolünün yayımladığı toplam gücü hesaplayabiliriz.

$$P_{rad} = \eta \frac{|I_0|^2}{4\pi} \int_0^{\pi} \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} d\theta \quad (3.8)$$

Denklem 3.8'i düzenlediğimiz zaman [3];

$$P_{rad} = \eta \frac{|I_0|^2}{4\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos y}{y} \right) dy = \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi} C_{in}(2\pi) \quad (3.9)$$

Yukarıdaki denklemde verilen $C_{in}(2\pi)$ matematiksel olarak;

$$C_{in}(x) = 0.5772 + \ln(x) - C_i(x)$$

$$C_{in}(2\pi) = 0.5772 + \ln(2\pi) - C_i(2\pi)$$

$$C_{in}(2\pi) = 0.5772 + 1.838 - (-0.02) \cong 2.435 \quad (3.10)$$

Antenin maksimum yönlülüğü denklem 2.12’de verilmiştir. Yarım dalgaboyu dipolünün maksimum yönlülüğü denklem 3.6, 3.9 ve 3.10 kullanılarak $\theta=\pi/2$ için hesaplanır.

$$D_0 = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = 4\pi \frac{\eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2}}{\eta \frac{|I_0|^2}{8\pi} C_{in}(2\pi)} = \frac{4}{C_{in}(2\pi)} \cong 1.643 \quad (3.11)$$

Yarım dalgaboyu dipolün ışıma direnci;

$$R_r = \frac{2P_{rad}}{|I_0|^2} = \frac{2\eta \frac{|I_0|^2}{8\pi} C_{in}(2\pi)}{|I_0|^2} = \frac{\eta}{4\pi} C_{in}(2\pi) = \frac{120\pi}{4\pi} (2.435) \cong 73 \Omega \quad (3.12)$$

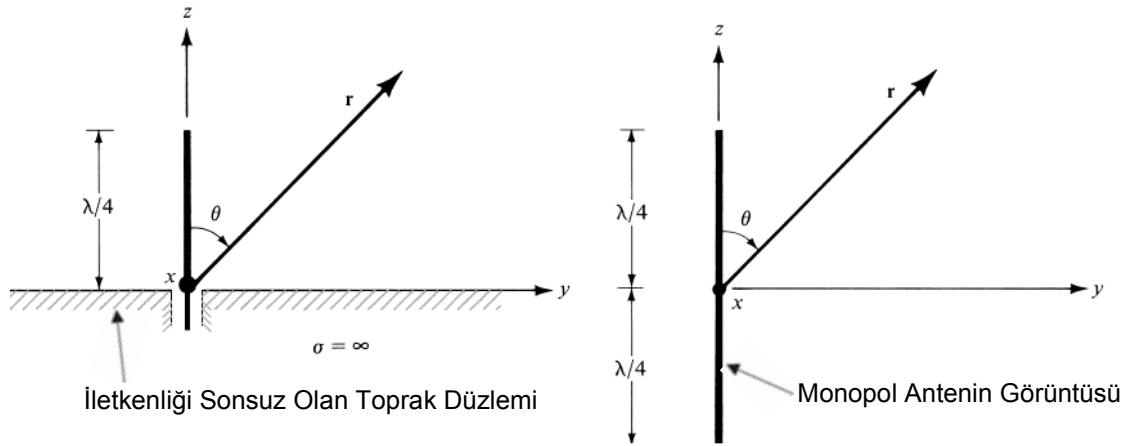
Giriş empedansı ise [3];

$$Z_{in} = 73 + j42.5 \Omega \quad (3.13)$$

3.2. ÇEYREK DALGABOYU MONOPOL ANTEN

Monopol anten şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu şekilden de görüleceği gibi monopol anten, bağlanmış olduğu toprak düzleminin altında görüntüsü varmış gibi davranmaktadır [4]. Bu teoreme, görüntü teoremi denilmektedir. Görüntü teoremi gereği, monopol antenin parametlerini hesaplariken yarım dalgaboyu dipolü için elde edilmiş olan eşitliklerin aynısı kullanılabilir. Ancak, tek bir ışıma parçası olduğu için bazı parametreler yarı değer almaktadır.

Çeyrek dalgaboyu dipolünün elektrik alan ve manyetik alan bileşenleri, yarım dalgaboyu dipolü ile aynıdır. Yani, denklem 3.3 ve 3.4’te verilmiş olan büyüklükleri yeniden yazabiliriz.



Şekil 3.2: Çeyrek dalgaboyu monopol anten.

$$E_{\theta} \cong j\eta \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.14)$$

$$H_{\phi} \cong j \frac{I_0 e^{-j\beta r}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \quad (3.15)$$

Aynı şekilde, yarım dalgaboyu dipolü için, denklem 3.5'te verilen ortalama güç yoğunluğu ve denklem 3.6'da verilen ışınım yoğunluğu, çeyrek dalgaboyu monopol için de yazılabilir.

$$W_{av} \cong \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \sin^3 \theta \quad (3.16)$$

$$U \cong \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2} \sin^3 \theta \quad (3.17)$$

Ancak sadece bir tane ışınım parçası bulunması nedeni ile görüntü teoremi gereği, çeyrek dalgaboyu monopol antenin yayımlamış olduğu toplam güç, yarım dalgaboyu dipol antenin yayımlamış olduğu toplam gücün yarısına eşittir.

$$P_{rad_monopol} = \frac{P_{rad_dipol}}{2} = \eta \frac{|I_0|^2}{16\pi} C_{in}(2\pi) \cong 2.435\eta \frac{|I_0|^2}{16\pi} \quad (3.18)$$

Dolayısıyla yönlülüğü;

$$D_0 = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = 4\pi \frac{\eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2}}{\eta \frac{|I_0|^2}{16\pi} C_{in}(2\pi)} = \frac{8}{C_{in}(2\pi)} \cong 3.2854 \quad (3.19)$$

Denklem 3.19'da verilen ışımaya yoğunluğu, maksimum değeri $\theta=\pi/2$ 'de almaktadır.

Çeyrek dalgaboyu antenin ışımaya direnci;

$$R_{r_monopol} = \frac{2P_{rad_monopol}}{|I_0|^2} = \frac{2\eta \frac{|I_0|^2}{16\pi} C_{in}(2\pi)}{|I_0|^2} = \frac{\eta}{8\pi} C_{in}(2\pi) \cong 36.5 \Omega \quad (3.20)$$

Yukarıdaki denklemden görüleceği gibi, çeyrek dalgaboyu monopol antenin ışımaya direnci, denklem 3.12'de verilen, yarım dalgaboyu dipol antenin ışımaya direncinin yarısıdır. Buna göre, çeyrek dalgaboyu antenin giriş empedansı denklem 3.21'de verilmiştir.

$$Z_{in} = 36.5 + j21.25 \Omega \quad (3.21)$$

3.3. V ŞEKLİNDE EŞLEME ELEMANI KULLANILMASI İLE GENİŞ BANTLI DÜZLEMSEL KARE MONOPOL ANTEN TASARIMI

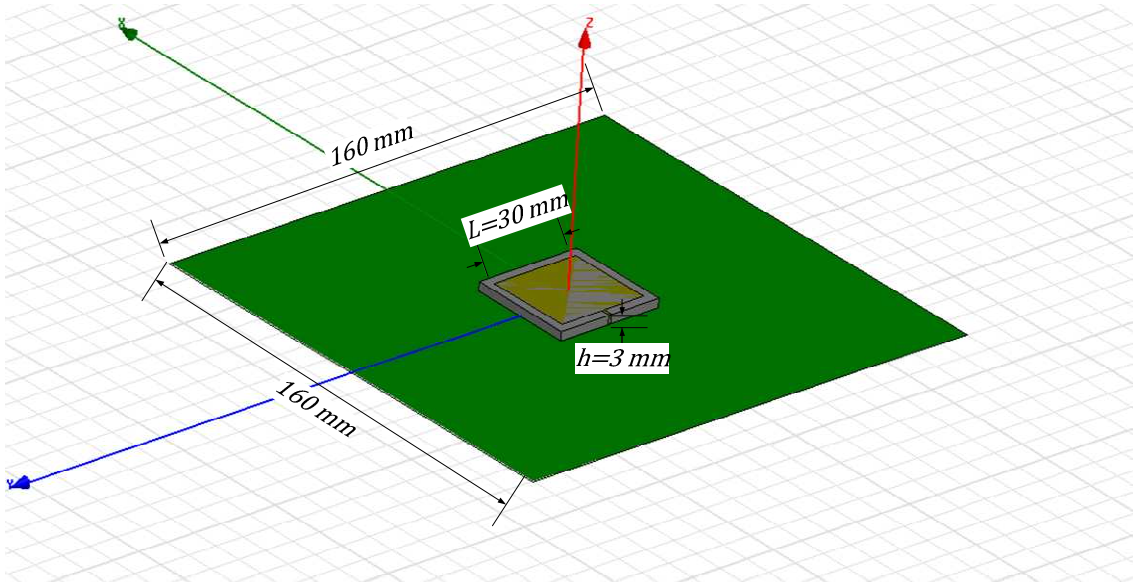
Düzlemsel monopol antenler, geniş frekans bandı aralığında çalışabilmeleri nedeni ile kablosuz haberleşmede tercih edilmektedir. Diğer antenlere göre basit yapıda olmaları, küçük boyutları ve düşük maliyette olmaları sayabileceğimiz avantajlarından birkaçıdır. Bu yüzden düzlemsel monopol antenler üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

Çeşitli şekillerdeki düzlemsel monopol antenler [5]'te geniş bir biçimde incelenmiştir. Bu temel çalışmada, elips, daire, kare, dikdörtgen ve çokgen biçiminde bulunan düzlemsel antenlerin yüzey alanlarının, antenin ışımaya ve desenine nasıl etki ettiği

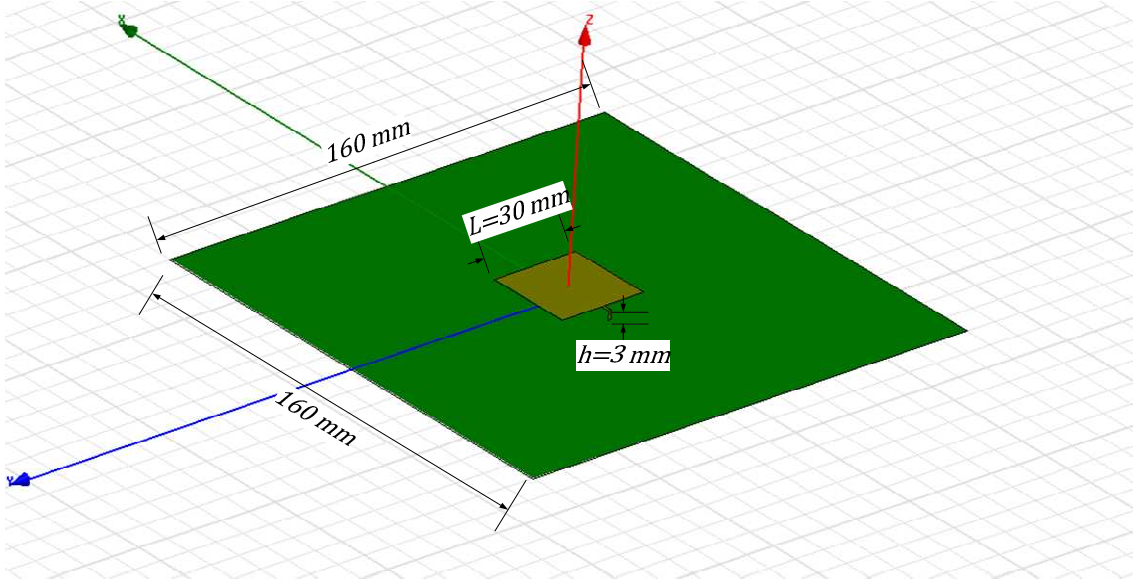
anlatılmaktadır. Ayrıca [6]-[11]'de yine çeşitli düzlemsel monopol antenlerin ve [12]'de de düzlemsel olmayan bir monopol antenin performansı ve ışınım karakteristikleri irdelenmiştir. Yapılan bu çalışmalardan da anlaşılacağı gibi düzlemsel monopol antenler kolaylıkla da şekillendirilebilmektedir.

Düzlemsel monopol antenler kendi doğal davranışı olarak geniş frekans aralıklarında çalışmaktadır. Bu tezde kullanımı popüler olan yama anten tasarımının yerine monopol anten tasarımına gidilmesinin başlıca nedeni budur. Şekil 3.3'te tasarımı yapılan kare monopol anten ve bu antenle karşılaştırılması için tasarlanmış olan kare yama anten gösterilmiştir. Monopol antenin ölçüleri verilecek ama detayları daha sonra açıklanacaktır.

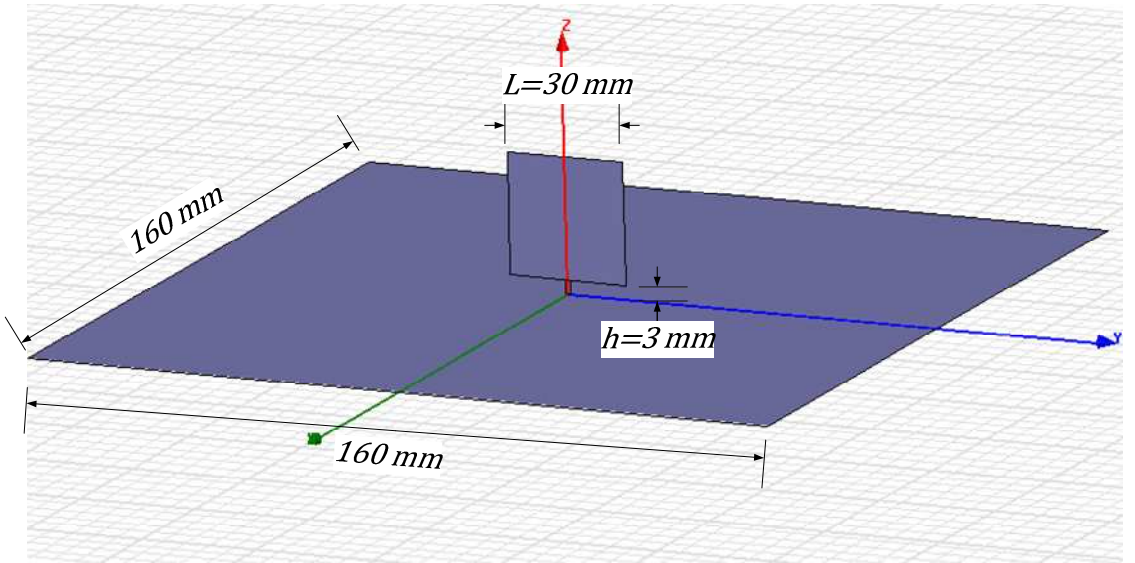
Bu tezde tasarlanmış olan bütün antenlerin simülasyonu, Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) 12 ile yapılmıştır ve daha iyi bir karşılaştırma yapılabilmesi için elde edilen sonuçlar MATLAB programına aktarılmıştır.



(a)



(b)



(c)

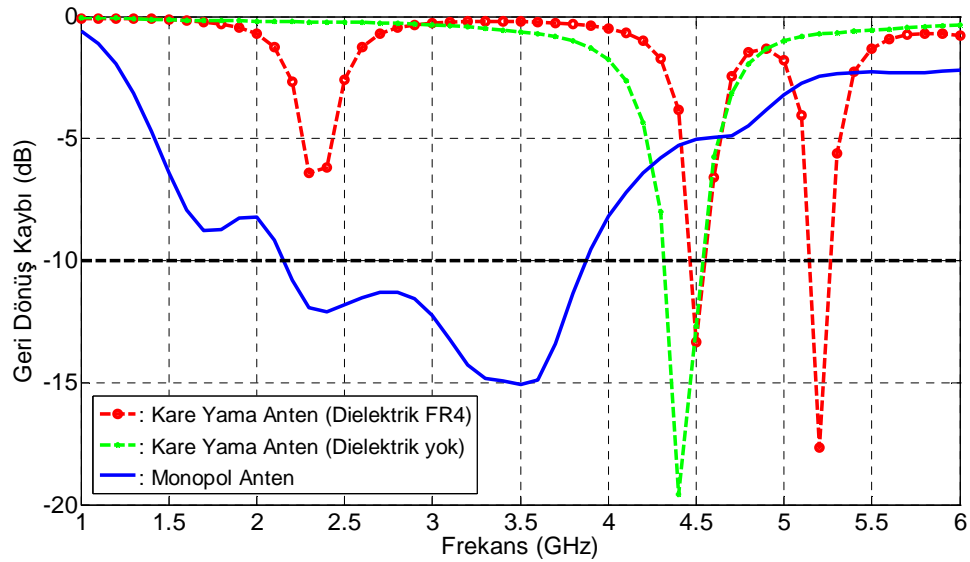
Şekil 3.3: Kare yama antenden düzlemsel kare monopol antene geçiş: (a) Kare yama anten, (b) Kare yama anten (Dielektrik malzeme olmadan), (c) Düzlemsel kare monopol anten.

Şekil 3.3 (a)'da verilen kare yama antenin özellikleri; yama antenin bir kenarının uzunluğu $L = 30 \text{ mm}$, dielektrik malzeme görelî permitivitesi 4.4 olan FR4 ve kalınlığı $h = 3 \text{ mm}$, bir kenarının uzunluğu $L1 = 36 \text{ mm}$, besleme uzunluğu düzlemsel kare monopol antenin beslemesi ile eşit olması için $h = 3 \text{ mm}$, besleme ve yama anten arasındaki parçanın uzunluğu 2 mm 'dir.

Şekil 3.3 (b)'de verilen anten, şekil 3.3 (a)'da verilen kare yama antenle tamamen aynı boyutlarda ancak düzlemsel kare monopollü antene geçişin gösterilebilmesi için dielektrik malzeme kaldırılmıştır.

Şekil 3.3 (c)'de verilen düzlemsel kare monopollü anten, şekil 3.3 (a)'da verilmiş olan kare yama antenin ışınım parçası ile aynı boyutlara sahiptir ancak, yama antende mevcut olan ışınım parçası ile beslemeyi bağlayan parça yoktur.

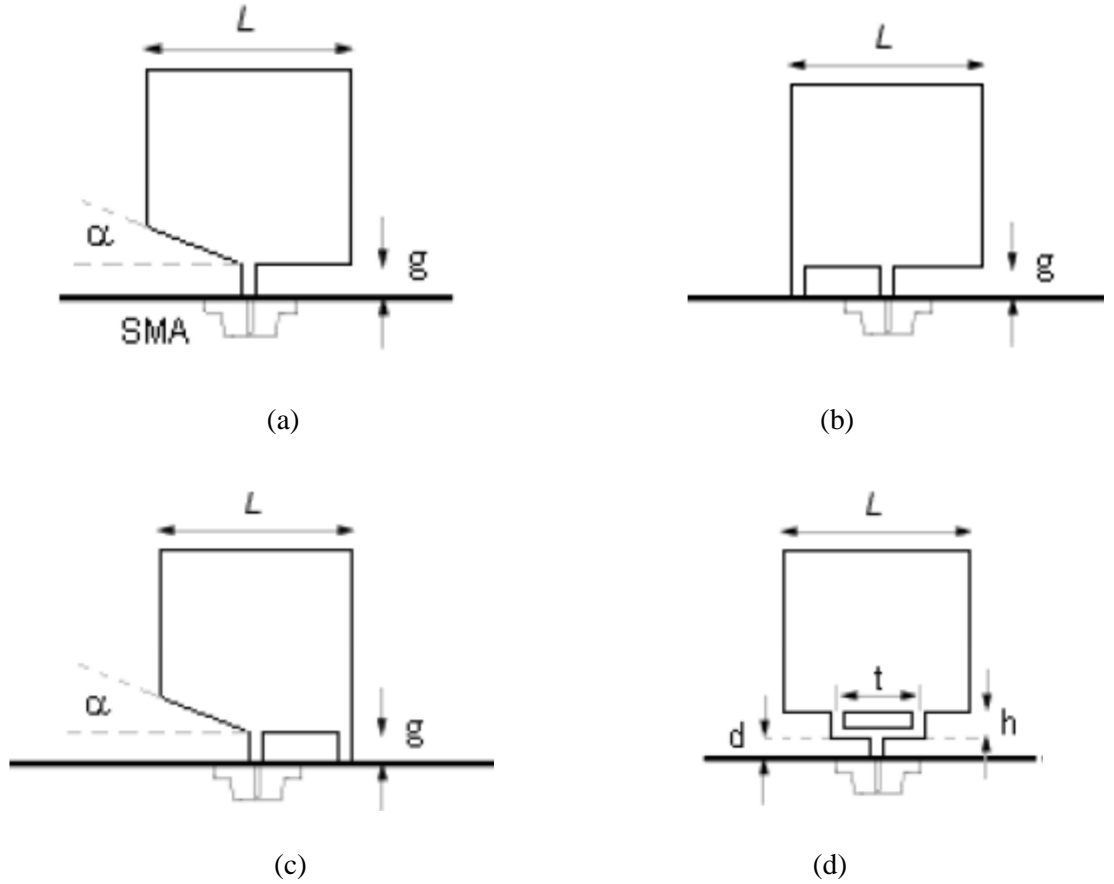
Simülasyon, boyutları $160\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ olan toprak düzlemi üzerinde yapılmıştır ve şekil 3.4'te geri dönüş kaybı sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu grafiğe göre, FR4 dielektrik malzeme üzerine yama yapılan anten, birden fazla frekansta rezonans yaparak, aynı zamanda iyi bir geri dönüş kaybı sonucu vermektedir ama dielektrik malzeme olmayan kare yama anten, karşılaştırma yaptığımız antenler arasında en iyi geri dönüş kaybı değerini vermesine karşın tek frekansta rezonansa girmiştir. Bu durum, genel uygulamalar için yetersiz kalmaktadır. Öte yandan, monopollü antenin geri dönüş kaybı değeri, gerçekte ölçülen geri dönüş kaybı değeri ile uyumlu olmakla birlikte 10 dB karşılaştırma değerinin altında da yaklaşık 1.5 GHz'lik bir band genişliğine sahiptir.



Şekil 3.4: Şekil 3.3'te verilen antenlerin geri dönüş kayıplarının karşılaştırılması.

Böylece, monopul antenlerin geniş bantta çalıştıkları gösterilmekle birlikte, tasarladığımız antenin de neden monopul anten olduğunu göstermiş olduk.

Monopul antenler, kolayca şekillendirelebildikleri için çeşitli band genişletme teknikleri de rahatlıkla uygulanabilmektedir. Bu tekniklerden bazıları; monopul antenin bir ucunu açılı olarak kesmeye dayanan yöntem [13] (Şekil 3.5 (a)), düzlemsel ışıma parçasının kısa yol yapıldığı teknik [14] (Şekil 3.5 (b)), bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı teknik [15], [16] (Şekil 3.5 (c)), antenin besleme noktasının sayısını arttırmak [17] (Şekil 3.5 (d)) ve bizim de tasarımımızı yaparken kullandığımız yöntem olan eşleme elemanlarını eklemek [18].



Şekil 3.5: Düzlemsel monopul antenler için çeşitli band genişletme teknikleri.

V şeklindeki eşleme elemanı eklenmeden önce düzlemsel kare monopul antenin nasıl tasarlandığını anlatmak uygun olacaktır.

3.3.1. Düzlemsel Kare Monopol Antenin Alt Kenar Frekansının Hesaplanması

Düzlemsel kare monopol antenler ile detaylı çalışma M. J. Ammann tarafından yapılmıştır [19]. Onun elde ettiği sonuca göre düzlemsel kare monopol antenin alt kenar frekansı;

$$f_L(GHz) = \frac{61.9}{L} \quad (3.22)$$

Denklem 3.22’de L , kare antenin bir kenarının milimetre cinsinden değeridir. Bu denkleme göre, alt kenar frekans değeri 2 GHz olan bir düzlemsel kare monopol antenin bir kenarının uzunluğu yaklaşık olarak $L = 30 \text{ mm}$ ’dir. Alt kenar frekans değerini 2 GHz almamızın nedeni, antenin RFID frekansı olan 2.45 GHz’te çalışmasını sağlamaktır.

Antenimizin ışıma parçasının boyutlarını belirledikten sonra, hesaplanması gereken iki büyüklük daha bulunmaktadır. Bunlar; besleme yüksekliği h ve toprak düzleminin boyutlarıdır. Tasarımını yaptığımız bu antenin, gerçekleştirilebilir değerlere sahip olması için $h = 3 \text{ mm}$ ve toprak düzlemi de $160 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$ seçilir.

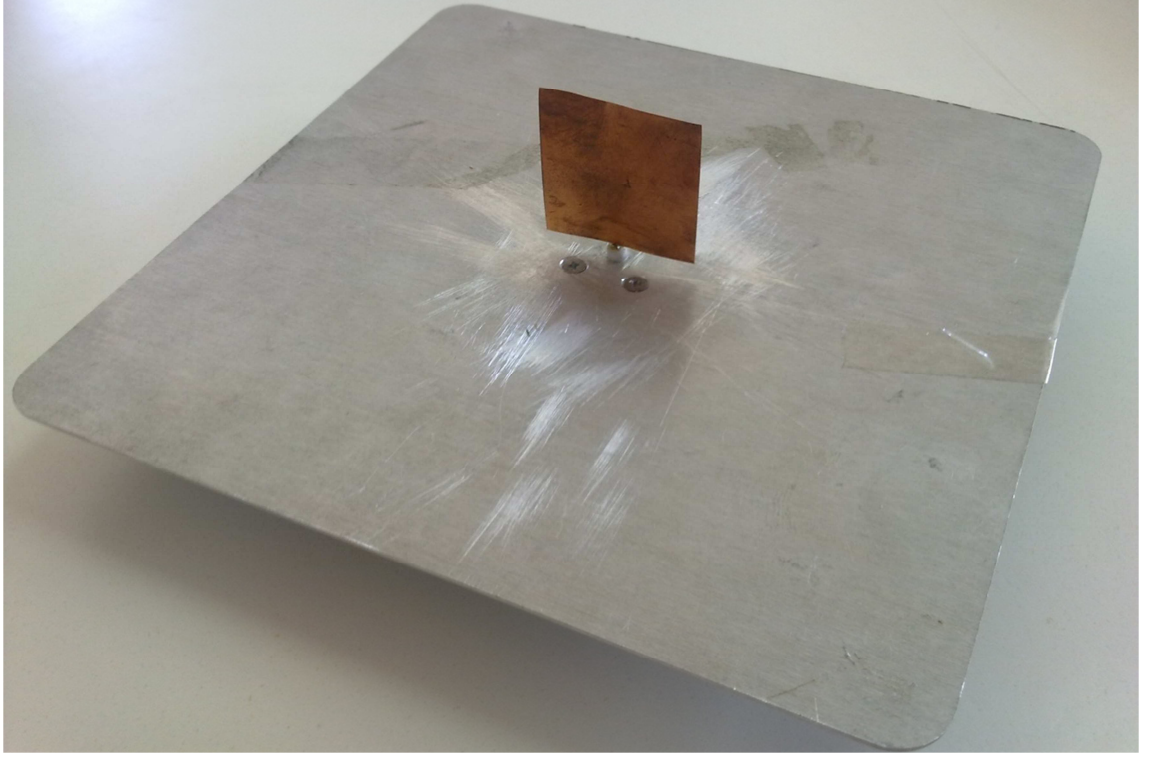
Yukarıdaki kriterlere göre hesaplanan antenimiz şekil 3.3 (c)’de gösterilmiştir. Yine bu antenin geri dönüş kaybı performansı şekil 3.4’teki grafikte çizilmiştir. Şekil 3.6’da üretimi yapılan anten görülmektedir.

3.3.2. V Şeklindeki Eşleme Elemanının Eklenmesi

Düzlemsel kare monopol antenin, band genişliğini arttırmak ve geri dönüş kaybı değerini iyileştirmek için, kapasitif etki yaratacak, V şeklinde eşleme elemanı eklenmiştir. Bu elemanın eklenmesi, antene uyumlaştırma devresi eklenmesi ile benzer bir etki göstermektedir.

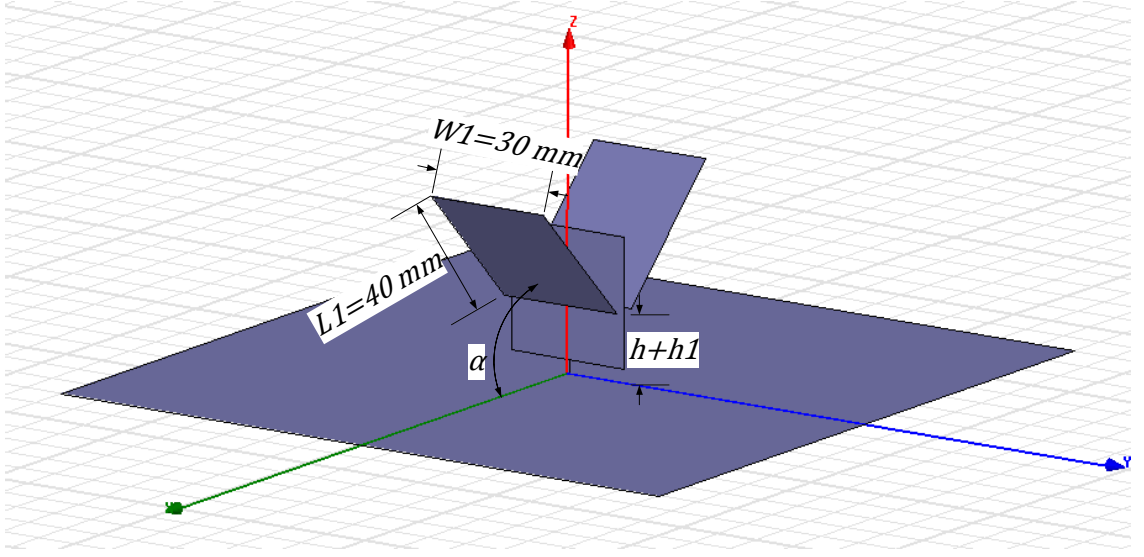
Şekil 3.7’de V şeklindeki eşleme elemanı eklenmiş olan düzlemsel kare monopol anten gösterilmiştir. Buna göre, V şeklini oluşturan elemanlardan birinin boyutları $L1 = 40 \text{ mm}$, $W1 = 30 \text{ mm}$ ’dir. α , bu elemanın x eksenine yaptığı açı, $h1$ ise beslemeden olan yüksekliktir. Beslemenin yüksekliği h olarak düşünüldüğü takdirde eşleme elemanı, toprak düzleminin toplamda $h+h1$ yüksekliğindedir. Işıma parçası ile eşleme elemanı

arasındaki uzaklık da göz önünde tutulmalıdır. Toprak düzleminin boyutları da yine $160\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ 'dir.

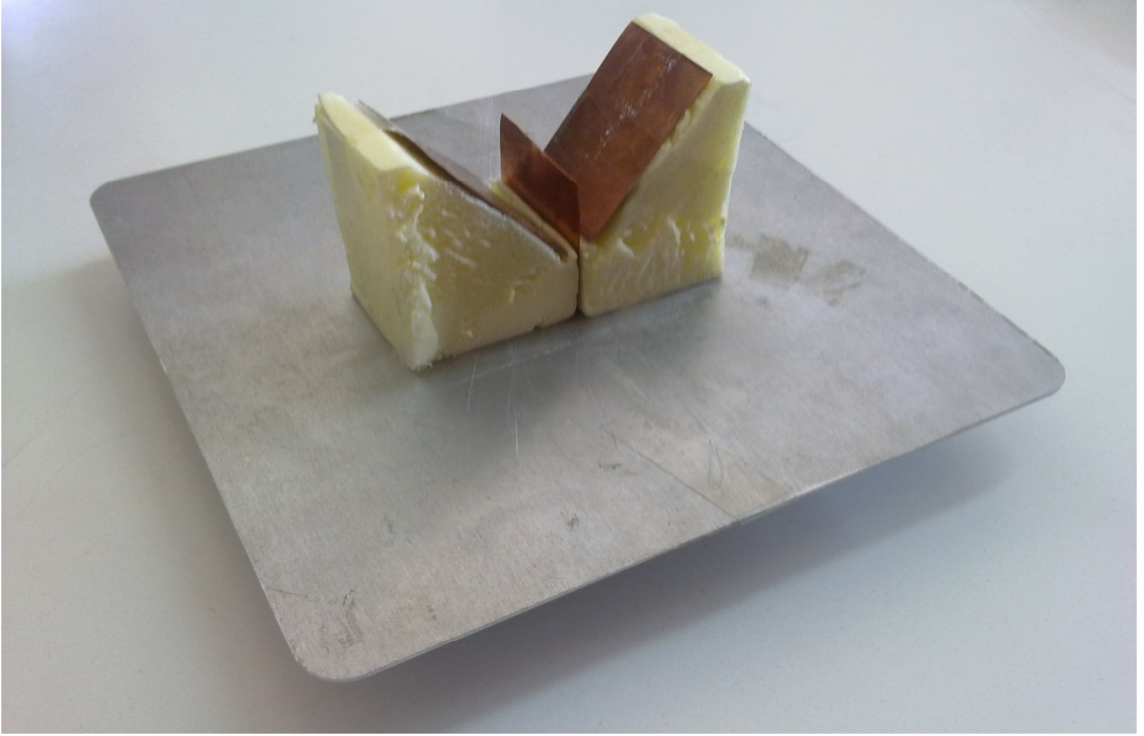


Şekil 3.6: Üretilen düzlemsel kare monopol anten.

Şekil 3.7'de V şeklindeki eşleme elemanı eklenmiş olan düzlemsel kare monopol anten gösterilmiştir. Buna göre, V şeklini oluşturan elemanlardan birinin boyutları $L1 = 40\text{ mm}$, $W1 = 30\text{ mm}$ 'dir. α , bu elemanın x eksenini ile yaptığı açı, $h1$ ise beslemeden olan yüksekliğidir. Beslemenin yüksekliği h olarak düşünüldüğü takdirde eşleme elemanı, toprak düzleminde toplamda $h+h1$ yükseklikindedir. Işıma parçası ile eşleme elemanı arasındaki uzaklık da göz önünde tutulmalıdır. Toprak düzleminin boyutları da yine $160\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ 'dir. Bu değişkenlerin antene olan etkisi daha sonra irdelenecektir. Şekil 3.8'de ise bu antenin gerçekleştirilmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 3.7: V şeklinde eşleme elemanı eklenmiş düzlemsel kare monopol anten.



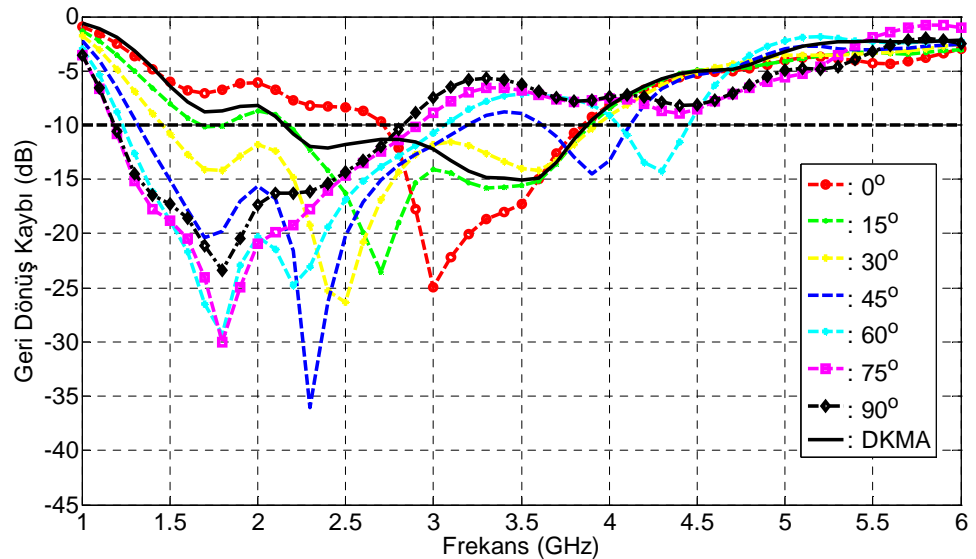
Şekil 3.8: Üretilen V şeklinde eşleme elemanı eklenmiş düzlemsel kare monopol anten.

4. BULGULAR

Tasarımı yapılan anten için bütün simülasyonlar HFSS 12 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu programda, geri dönüş kaybının hesaplanabilmesi için çözüm frekansı 2.45 GHz olarak seçilmiştir ve simülasyonlar 1 GHz ile 6 GHz arasında 100 MHz'lik adımlarla hesaplanmıştır. Buna göre eşleme elemanının değişken değerlerinin düzlemsel kare monopol antene olan etkisi aşağıda açıklanmıştır.

4.1. EŞLEME ELEMANI İLE X EKSENİ ARASINDAKİ AÇININ DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ

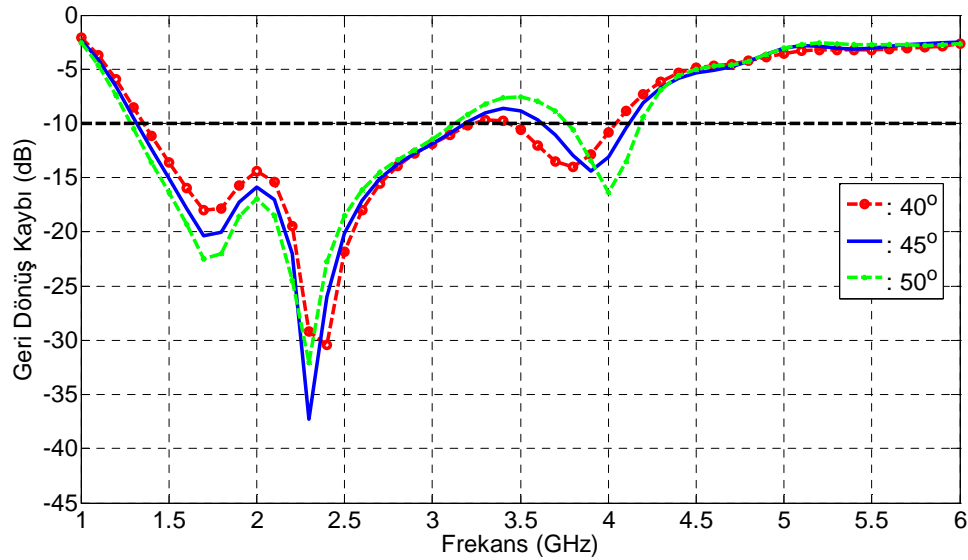
Eşleme elemanının boyutları $L1 = 40 \text{ mm}$, $W1 = 30 \text{ mm}$, $h1 = 13 \text{ mm}$, ışınma parçası ile eşleme elemanı arasındaki uzaklık 3 mm ve $h = 3 \text{ mm}$ olarak sabit tutulup, α açısının değeri 0° 'den 90° 'ye, 15° aralıklarla değiştirildiği takdirde geri dönüş kaybı şekil 4.1'de gösterilmiştir (DKMA: Düzlemsel Kare Monopol Anten).



Şekil 4.1: α açısının değişiminin düzlemsel kare monopol anten üzerindeki etkisi.

Şekil 4.1’de verilen açiya bağlı geri dönüş kaybı grafiğini yorumlamaya ilk olarak, düzlemsel kare monopol antene eklenen eşleme elemanının etkisi incelenerek başlanmalı. Görüleceği gibi, antene eklenen eşleme elemanı hemen hemen bir uyumlaştırma devresi etkisi yaratarak, bazı açı değerleri için antenin hem geri dönüş kaybı değerinin iyileştirip hem de çalışma bandını genişletmesine rağmen bazı açı değerleri için aynı etkiyi yapamamaktadır. Önceden belirlenen eşleme elemanı değerlerine göre α açısının vermiş olduğu en iyi sonuç 45° içindir.

Şekil 4.2’de ise 45° etrafındaki ufak açı hareketleri gösterilmektedir. Bu şekilden ise, 5° ’lik açı oynamalarının anten tasarımında büyük değişikliklere yol açmadığı görülmektedir. Böyle bir simülasyonun amacı, anten üretiminde meydana gelebilecek olan bazı değişikliklere, antenin vereceği tepkiyi göstermektir. Ufak açı değişimleri ile geri dönüş kaybı ve band genişliği üzerinde büyük bir değişim meydana gelse idi, bu antenin üretiminde sorun çıkaracağı, üretim sonrası beklendiği gibi çalışmayacağı sonucunu çıkarmak yanlış olmazdı. Bu yorumu diğer değişkenler için de yapabiliriz.

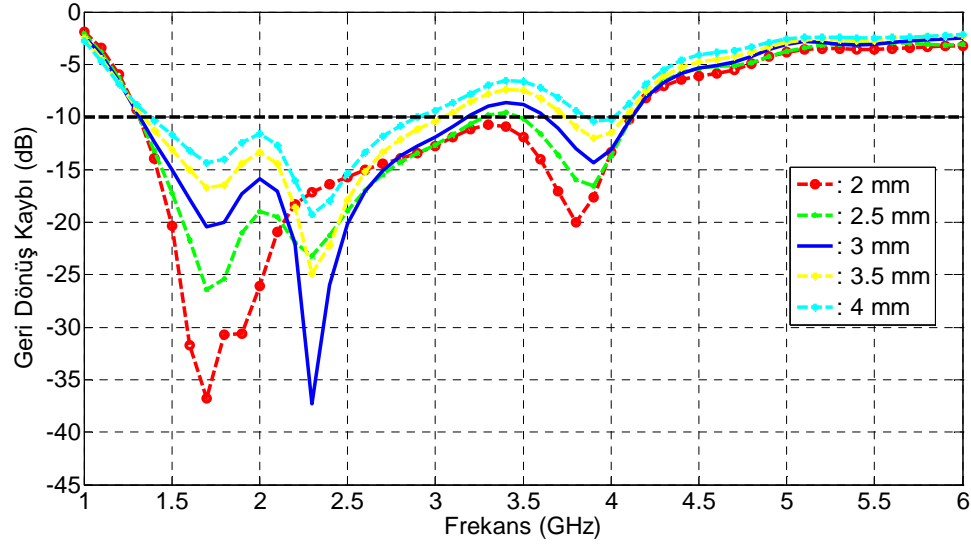


Şekil 4.2: 45° etrafındaki 5° 'lik oynama.

4.2. BESLEME YÜKSEKLİĞİ DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ

Eşleme elemanının boyutları $L1 = 40 \text{ mm}$, $W1 = 30 \text{ mm}$, $h1 = 13 \text{ mm}$, ışıma parçası ve eşleme elemanı arasındaki uzaklık 3 mm ve $\alpha = 45^\circ$ ise besleme yüksekliği h 'nin değişiminin antene olan etkisi şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Bu şekle göre, anten en iyi geri dönüş kaybı değerini ve en geniş band aralığı değerini besleme yüksekliği h 'nin 2 mm 'e eşit olması durumunda almaktadır. Bu hesap [19]'da yapılan araştırma ile de tutarlıdır. Ancak biz, 2.45 GHz 'te çalışacak bir anten tasarlamaya çalıştığımız için $h = 3 \text{ mm}$ 'yi sabit değer olarak almaya devam edeceğiz.



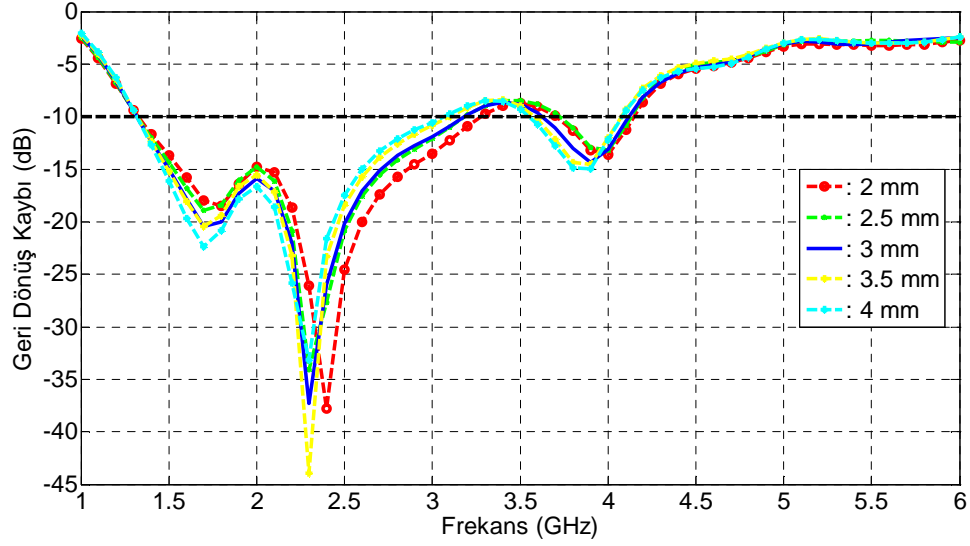
Şekil 4.3: Besleme yüksekliği h 'nin değişiminin antene olan etkisi.

4.3. EŞLEME ELEMANI İLE IŞIMA PARÇASI ARASINDAKİ MESAFE DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ

Eşleme elemanının boyutları $L1 = 40 \text{ mm}$, $W1 = 30 \text{ mm}$, $h1 = 13 \text{ mm}$, $h = 3 \text{ mm}$ ve $\alpha = 45^\circ$ ise ışıma parçası ile eşleme elemanı arasındaki mesafe değişiminin antene olan etkisi şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Bu şekilden de anlaşılacağı gibi, bu mesafedeki ufak değişimler, antenimizin çalıştığı frekansı, geri dönüş kaybı değerini ve band genişliğini antenin çalışma

performansını etkileyecek kadar değiştirmemiştir. Bu da yukarıda daha önce söylediğimiz gibi anten üretiminde büyük bir avantaj sağlamaktadır.

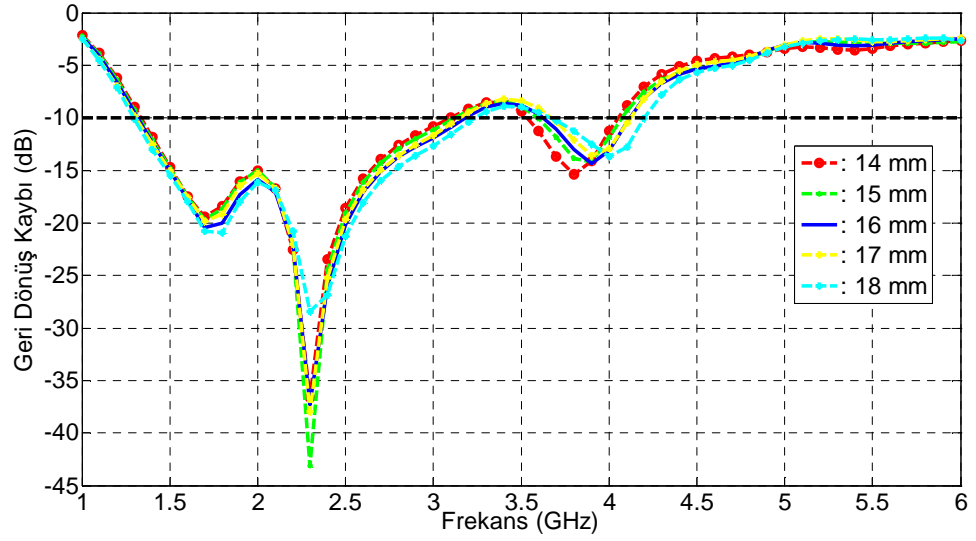


Şekil 4.4: Işıma parçası ile eşleme elemanı arasındaki mesafenin değişiminin antene olan etkisi.

4.4. EŞLEME ELEMANININ TOPRAK DÜZLEMİNE OLAN YÜKSEKLİĞİNİN DEĞİŞİMİNİN ANTENE OLAN ETKİSİ

Eşleme elemanının boyutları $L1 = 40 \text{ mm}$, $W1 = 30 \text{ mm}$, $h = 3 \text{ mm}$, ışma parçası ve eşleme elemanı arasındaki uzaklık 3 mm ve $\alpha = 45^\circ$ ise $h1$ 'in değiştirmek sureti ile eşleme elemanının toprak düzlemine olan yüksekliğinin antene olan etkisi şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Bu şekilden de görölüyor ki, eşleme elemanının toprak düzleminde olan yüksekliğindeki ufak değişimler antenin geri dönüş kaybı ve band genişliğini önemli ölçüde değiştirmemektedir.

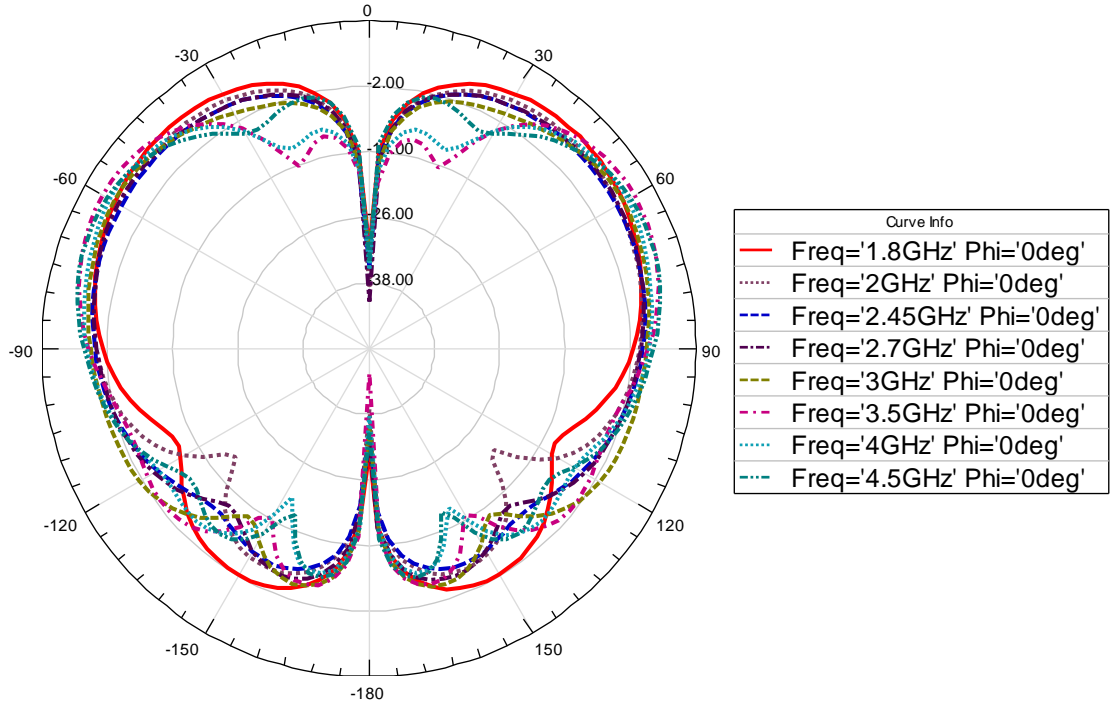


Şekil 4.5: Eşleme elemanının toprak düzlemine olan yüksekliğinin değişiminin antene olan etkisi.

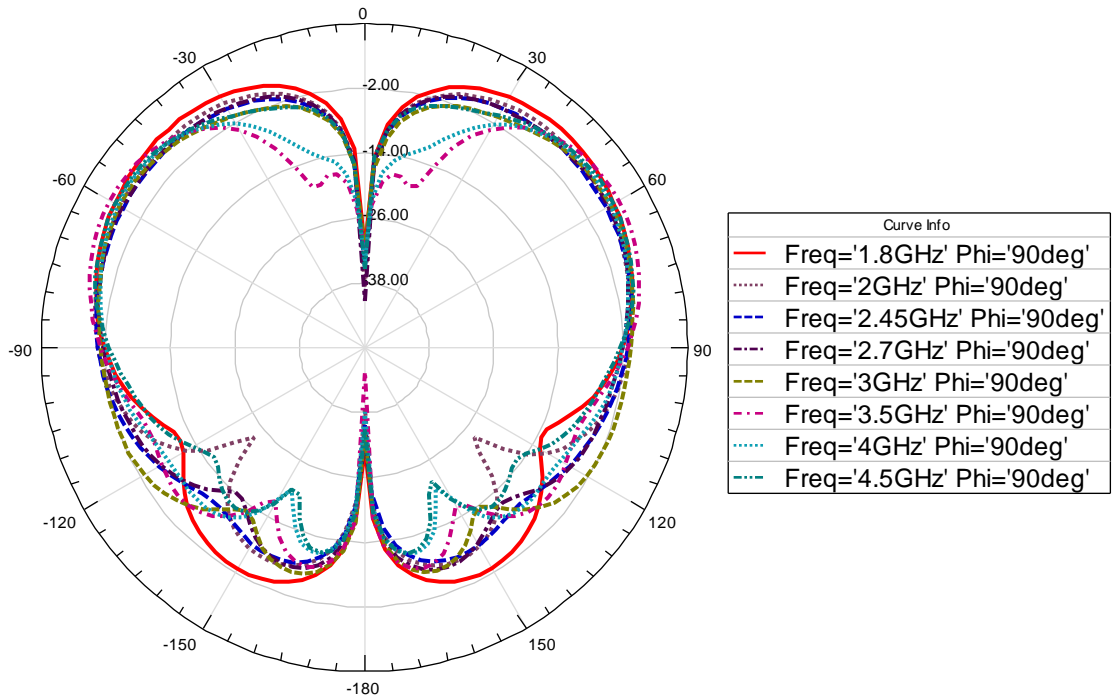
4.5. ANTENİN ELEKTRİK VE MANYETİK ALANI DÜZLEMİNDEKİ IŞIMA DESENLERİ

Antenin performansını gösteren bir diğer önemli parametre de antenin ışımaya desenidir. Antenimiz belki istediğimiz frekans aralığında çok iyi bir geri dönüş kaybı değeri ya da geniş bir frekans bandı verebilir. Ancak hesap yapılan frekans aralığında ışımaya deseninde bozulma gerçekleşiyor ise bu, antenimizin tasarımında bir hata olduğunu göstermektedir.

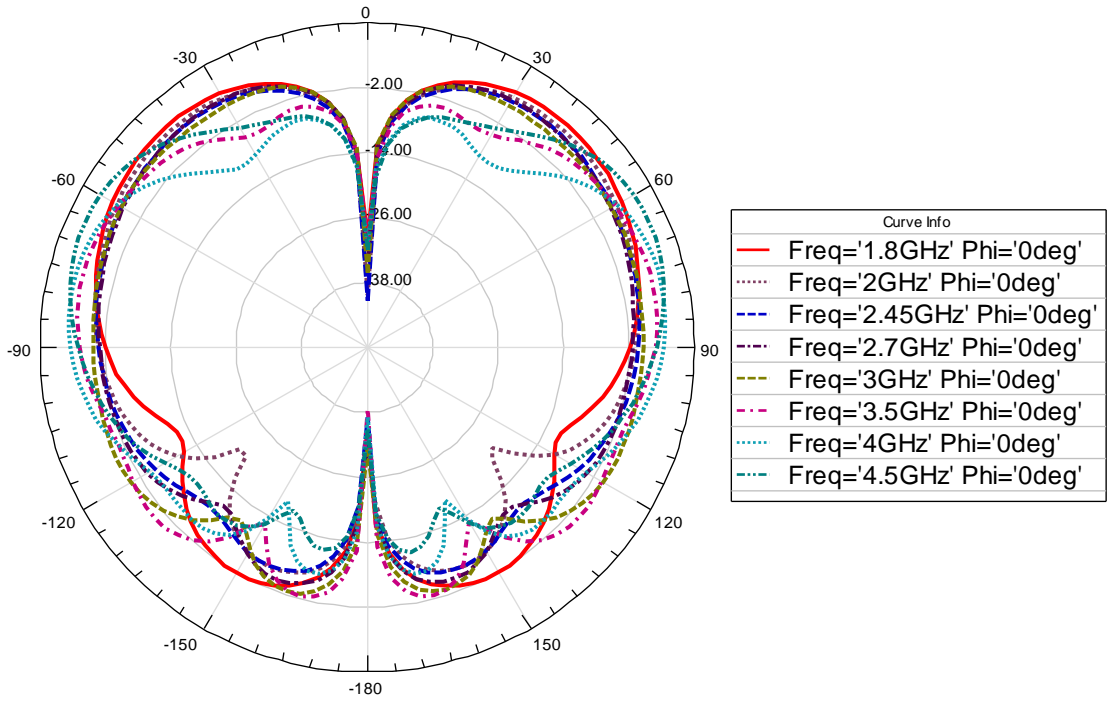
1.8 GHz, 2 GHz, 2.45 GHz, 3 GHz, 3.5 GHz, 4 GHz ve 4.5 GHz frekans değerleri için düzlemsel kare monopollü antenin elektrik ve manyetik alan ışımaya deseni şekil 4.6 ve 4.7'de, V şeklindeki eşleme elemanının eklenmesi elde edilen yeni antenin elektrik ve manyetik alan ışımaya desenleri şekil 4.8 ve 4.9'da verilmiştir. Bu şekillerden, istediğimiz frekans aralığında antenin performansını etkileyecek büyük bir değişim görülmektedir.



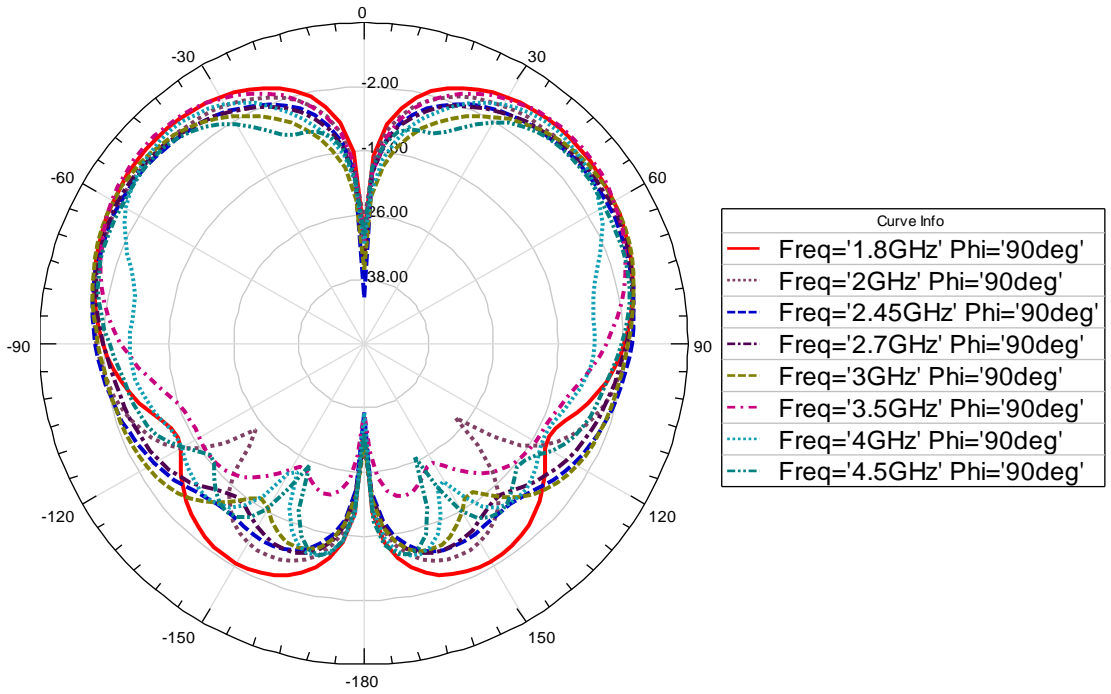
Şekil 4.6: Düzlemsel kare monopol antenin elektrik alanı düzlemi için ışıma deseni.



Şekil 4.7: Düzlemsel kare monopol antenin manyetik alanı düzlemi için ışıma deseni.



Şekil 4.8: V şeklindeki eşleme elemanı eklenmiş olan düzlemsel kare monopol antenin elektrik alanı düzlemi için ışırma deseni.



Şekil 4.9: V şeklindeki eşleme elemanı eklenmiş olan düzlemsel kare monopol antenin manyetik alanı düzlemi için ışırma deseni.

Elde edilen hesaplamalara göre eşleme elemanı için en uygun değerler; boyutları $LI = 40 \text{ mm}$, $WI = 30 \text{ mm}$, $h = 3 \text{ mm}$, $h1 = 13 \text{ mm}$, ışına parçası ve eşleme elemanı arasındaki uzaklık 3 mm ve $\alpha = 45^\circ$ 'dir. Şekil 3.7'de gösterilen anten bu değerlerle üretilmiştir.

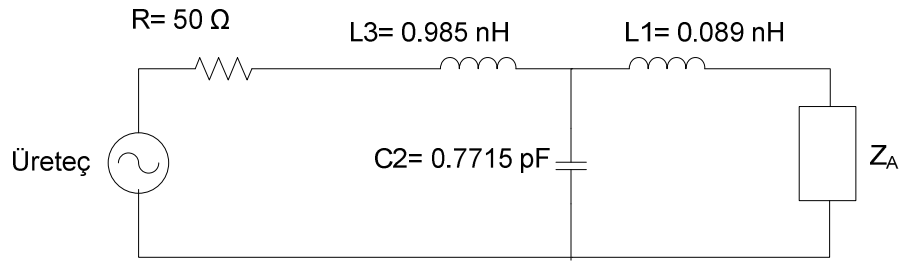
Düzlemsel kare monopol anten ve yukarıda ölçülerini verdiğimiz tasarım anten için, HFSS yardımı ile 2.45 GHz için hesaplayabildiğimiz diğer değerlerin karşılaştırılması tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Düzlemsel kare monopol anten ile tasarım anten için bazı HFSS değerleri:

	Düzlemsel Kare Monopol Anten	Tasarım Anten
U_{\max}	0.2358 W/sr	0.2551 W/sr
D_0	2.869	2.9142
Kazanç_{max}	3.1639	3.2241
Gerçeklenen Kazanç_{max}	2.9634	3.207
Yayımlanan Güç	1.0328 W	1.1 W
Kabul edilen Güç	0.9366 W	0.9946 W
Gelen Güç	1 W	1 W
Işıma Verimliliği	1.1027	1.1063

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Düzlemsel kare monopol antene eklemiş olduğumuz V şeklindeki eşleme elemanı, uyumlaştırma devresi gibi davranarak, monopol antenin band genişliğini arttırmış ve geri dönüş kaybı değerini iyileştirmiştir. Aynı zamanda da ışıma desenini çok fazla bozmamıştır. Bu savımızı doğruluğunu göstermek için [20] ve [21]'de detaylı bir şekilde açıklanmış olan 'Gerçek Frekans Tekniği'ni kullanarak tasarımını yapmış olduğumuz üç elemanlı uyumlaştırma devresi şekil 5.1'de gösterilmiştir.

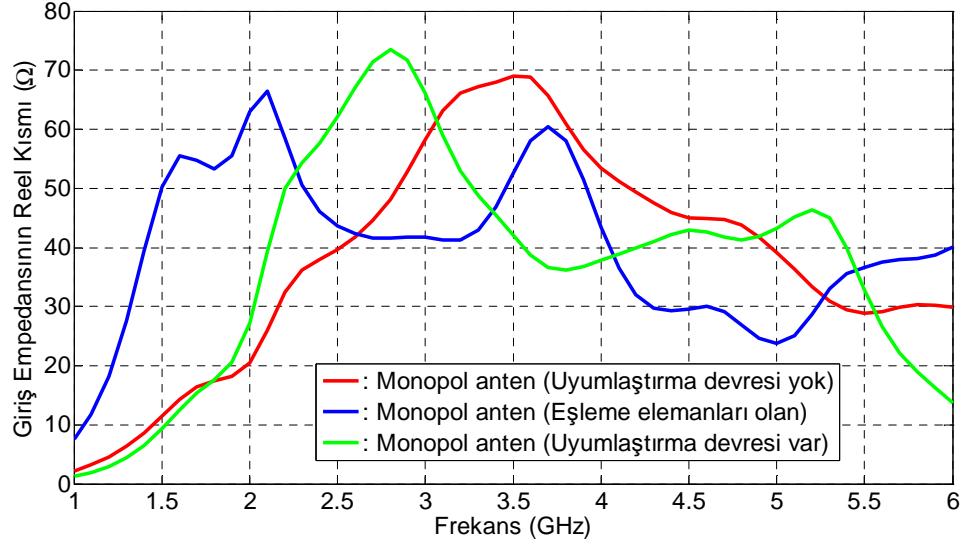


Şekil 5.1: Düzlemsel kare monopol anten için tasarlanmış olan üç elemanlı uyumlaştırma devresi.

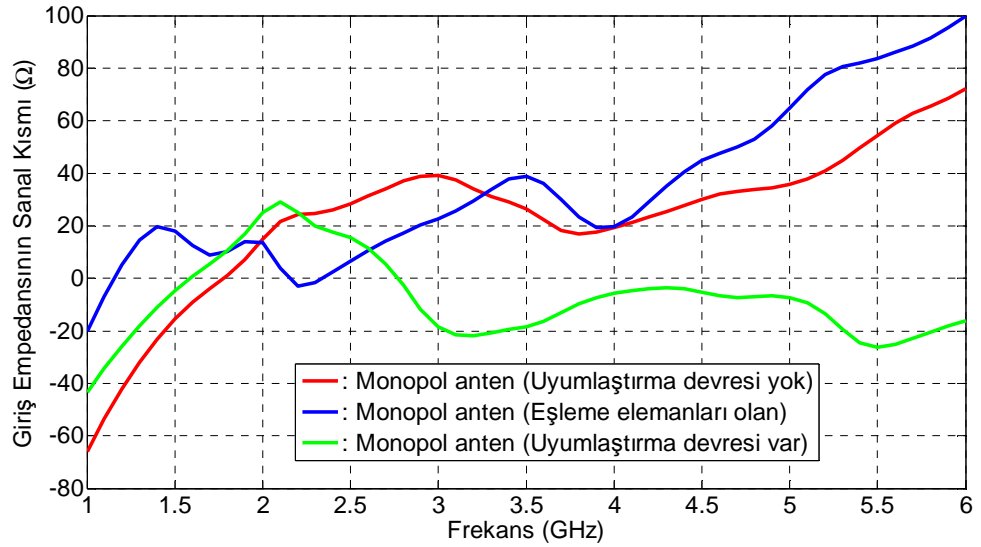
Şekil 5.2'de ve 5.3'te düzlemsel kare monopol antenin giriş empedansı, V şeklindeki eşleme elemanı eklendikten sonraki giriş empedansı ve uyumlaştırma devresini eklenmesi ile elde edilen yeni sistemin giriş empedansı verilmiştir. Uyumlaştırma devresi, maksimum güç aktarım teoremi gereği, monopol antenin empedansını $50+j0$ ohma uyumlaştırmak için tasarlandığından, etkisi de bu yönde olmaktadır. Ancak, V şeklindeki eşleme elemanı, antenin reel kısmını 50 ohm civarında salımına yardımcı olsa da şekil 5.3'te rahatlıkla görülebileceği gibi daha çok kapasitif özelliği olan bir devre elemanı gibi davranmaktadır.

Şekil 5.4'te ise bu üç ayrı sistemin geri dönüş kayıpları karşılaştırılmıştır. V şeklindeki eşleme elemanının düzlemsel kare monopol antene eklenmesi ile çok iyi bir geri dönüş kaybı elde edilmiştir. Özellikle 2.45 GHz'e yakın bir frekansta rezonans değerine

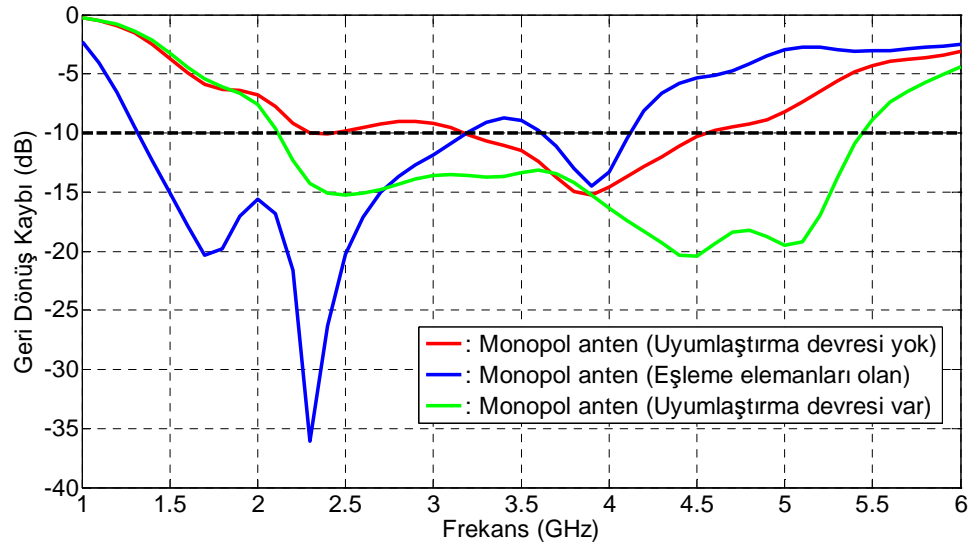
ulaşmasının nedeni, zaten bu frekansta rezonans yapması için özel olarak tasarlanmış olmasıdır. Uyumlaştırma devresi ise antenin geri dönüş kaybını, çalışma bandını da genişleterek gerçekleştirmiştir. Eşleme elemanının yaptığı etkiyi daha az yapmasının nedeni de ışımaya etki edecek elemanlardan değil de pasif elemanlardan üretilmiş oluşudur. Çünkü V şeklindeki eşleme elemanı aynı zamanda antenin ışımasına etki eder.



Şekil 5.2: Giriş empedansının reel kısmı.

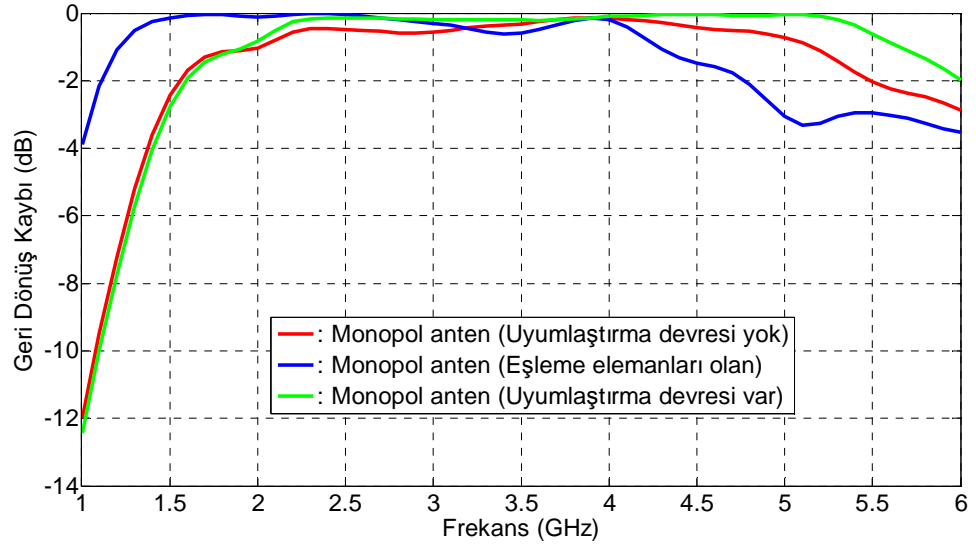


Şekil 5.3: Giriş empedansının sanal kısmı.

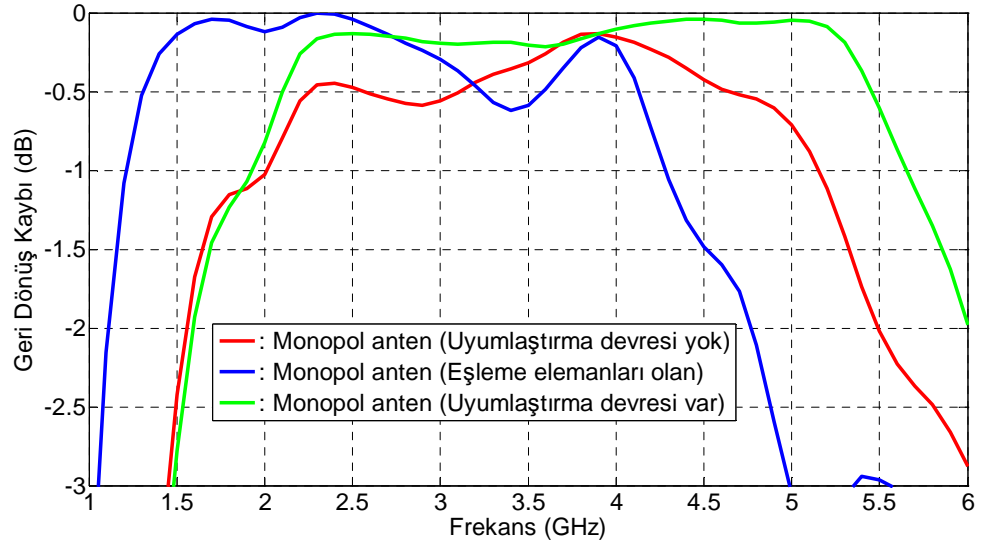


Şekil 5.4: Geri dönüş kayıplarının karşılaştırılması.

Şekil 5.5'te ise monopul antenin, V şeklindeki eşleme elemanı eklenmiş monopul anten ve monopul antene eklenmiş olan uyumlaştırma devresinin güç kazancı karşılaştırılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 5.5: Güç kazançlarının karşılaştırılması: (a) Tüm frekans bandında, (b) 3 dB'e göre.

Şekil 5.5'e göre, monopol antene eklediğimiz eşleme elemanları güç aktarımını simülasyonun düşük frekanslarında iyileştirse de (2.45 GHz'te hemen hemen aktarılan bütün gücü kabul etmiş), frekans arttıkça kazanç düşmüştür. Uyumlaştırma devresi güç aktarımını en fazla yapacak şekilde tasarlandığı için kazancı da en iyi değere sahiptir.

Sonuç olarak, düzlemsel kare monopol antene eklenen V şeklindeki eşleme elemanı, antenin ışıma özelliklerini artırıcı etki göstermiştir. Bu şekilde, antenlerin performansını gösteren parametrelerden biri olan geri dönüş kaybı değeri iyileştirilmiş olup aynı zamanda da çalışma bandının genişilmesi sağlanmıştır.

Gelecek zamanda yapılması planan çalışmalarına başında, eklenmiş olan eşleme elemanın, tasarımı yapılmış olan monopol antenin boyutlarına bağlı olarak matematiksel modelinin çıkarılması gerekmektedir. Buna göre, boyutları verilen antene göre eşleme elemanı tasarımı yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. FINKENZELLER, KLAUS, 2003, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification Second Edition*, John Wiley & Sons Inc., England, 0-470-84402-7
2. *TOBB Milli Mal Numaralama Merkezi (MMNM) Görev ve Çalışma Esasları Talimatı* [online], <http://www.tobb.org.tr/HukukMusavirligi/Documents/Mevzuat/Tobb/mnm.pdf> [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2011]
3. BALANIS, CONSTANTINE A., 2005, *Antenna Theory: Analysis and Design Third Edition*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, America, 0-471-66782-X
4. STUTZMAN, WARREN L. and THIELE, GARY A., 1998, *Antenna Theory and Design Seceond Edition*, John Wiley & Sons Inc., New York, America, 0-471-02590-9
5. AGRAWALL, N. P., KUMAR G. and RAY K. P., 1998, Wide-band planar monopole antennas, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 46 (2), 294–295.
6. FABRES, MARTE CABEDO, 2005, On the influence of the shape of planar monopole antennas in the impedance bandwith performance, *International Union of Radio Science*.
7. CHEN, Y., YANG, S., HE, S. and NIE, Z., 2009, Design and analysis of wideband planar monopole antennas using the multilevel fast multipole algorithm, *Progress In Electromagnetics Research B*, 15 (95-112), 95-112.
8. RAY, K. P. and RANGA, Y., 2006, Printed rectangular monopole antennas, *Antennas and Propagation Society Internationa Symposium, 9-14 July 2006*, 1693-1696.

9. GUPTA, R. K., 2009, Printed tri-band monopole antenna structures for wireless applications, *Microwave and Optical Technology Letters*, 51 (7), 1781-1785.
10. MAZINANI, S. MARYAM and HASSANI, HAMID REZA, 2009, A novel broadband plate-loaded planar monopole antenna, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 8, 1123-1126.
11. CHEN, Z. N., 2000, Impedance characteristic of planar bow-tie-like monopole antennas, *Electronics Letters*, 36 (13), 1100-1101.
12. CHEN, Z. N., 2003, Broadband roll monopole, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 51 (11), 3175-3177.
13. AMMANN, M. J., 2001, Control of the impedance bandwidth of wideband planar monopole antennas using beveling technique, *Microwave and Optical Technology Letters*, John Wiley & Sons, 30 (4), 229-232.
14. AMMANN, M. J. and CHEN, Z. N., 2003, Wideband monopole antennas for multi-band wireless systems, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 45 (2), 146-150.
15. AMMANN, M. J. and CHEN, Z. N., 2003, A wide-band shorted planar monopole with bevel, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 51 (4), 901-903.
16. HOU, Y. C., SU, D. L. and MA, J. P., 2008, Analysis and design of ultra wide band planar monopole antenna, *Antennas, Propagation and EM Theory*, 2-5 November 2008, 244-247.
17. WONG, K. L., WU, C. H. and SU, S. W., 2005, Ultrawide-band square planar metal-plate monopole antenna with trident-shaped feeding strip, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 53 (4), 1262-1269.
18. SEE, T. S. P. and CHEN, Z. N., 2008, An electromagnetically coupled UWB plate antenna, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 56 (5), 1476-1479.
19. AMMANN, M. J., 1999, Square planar monopole antenna, *Antenna and Propagation*, 56 (5), IEE National Conference, August 1999, 37-40.

20. YARMAN, B.S., 2008, *Design of Ultra Wideband Antenna Matching Networks via Simplified Real Frequency Technique*, Springer, New York, America, 978-1-4020-8417-1

21. YARMAN, B. S., 2010, *Design of Ultra Wideband Power Transfer Networks*, John Wiley & Sons Ltd., United Kingdom, 978-0-470-31989-5

ÖZGEÇMİŞ

27.09.1987 yılında Fatih, İstanbul'da doğdu. İlköğretimi İstanbul'da, ilk beş yılını Eyüp Dede Korkut İlköğretim Okulu'nda, kalan üç yılını ise Özel Oğuz Kaan İlköğretim Okulu'nda tamamlamıştır. Lise öğrenimini İstanbul Pertevniyal Lisesi'nde 2004 yılında tamamladıktan sonra lisans derecesini İstanbul Üniversitesi Fizik Bölümü'nden almıştır. Bu bölümü okurken son sınıfta 'Katı Hal Fiziği' grubunu seçmiştir. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Fizik Bölümü'nü bitirdikten sonra aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği ana bilim dalında yüksek lisansına başlamıştır.

Yüksek lisansını yaparken, Prof. Dr. Sıddık YARMAN'ın İ. Ü. Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği lisans seviyesinde vermiş olduğu elektromanyetik dalga teorisi ve elektromanyetik alan teorisi derslerinin asistanlığını yapmıştır. Ayrıca 2010 yılında İETT için yapılmış olan 'Metrobüs araçlarının kılavuz sisteminin maliyetlendirilmesi' ve 'Metrobüs araçları için olası, ek hidrolik tahrik tahrik sistemi ve maliyetlendirilmesi' projelerinde de çalışmıştır. Şu an TÜBİTAK-1001 projesi olan 'Frekanslı Ayarlanabilir ve Yüksek Verimliliğe Sahip Yükselteç Tasarımı, Karakterizasyonu ve Üretimi' projesinde görev almaktadır.