

**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**UHF RFID PASİF ETİKET İÇİN DİPOL ANTEN
TASARIMLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Neşem KESKİN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. TAHA İMECİ**

İstanbul – 2012

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Programı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi **Neşem KESKİN** tarafından hazırlanan “**UHF RFID Pasif Etiket İçin Dipol Anten Tasarımları**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi : 18.01.2012

(Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu) :

İmzası :

Jüri Üyesi: Yrd.Doç.Dr.Taha İMECİ
Danışman-İst.Tic. Üniv. Öğr.Üyesi

.....

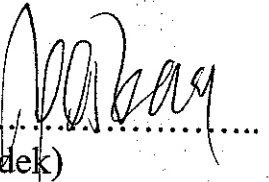

Jüri Üyesi : Prof.Dr.C.Cengiz ARCASOY
HAL.Üniv. Elektrik-Elektronik Müh. ABD Öğr.Üyesi

.....(Raparlı).....

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Hamit TORPİ
Yıldız Teknik Üniv. Öğr.Üyesi

.....


Jüri Üyesi : Prof.Dr.Halit PASTACI
HAL.Üniv. Elektrik-Elektronik Müh. ABD Öğr.Üyesi (Yedek)

.....


Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Soner ÖZGÜNEL
HAL.Üniv. Elektrik-Elektronik Müh. ABD Öğr.Üyesi (Yedek)

.....

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2010 – 2012 yılları arasında T.C. Haliç Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nün bilimsel araştırma ve uygulama çalışmalarına verdiği destek ile hazırlanmıştır.

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca benden bilgisini ve desteğini esirgemeyen çok değerli, saygıdeğer hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Taha İMECİ' ye çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana destek olan ve verdiğim her kararın arkasında durarak beni bu günlere getiren sevgili anne ve babama sonsuz teşekkür ederim.

İstanbul, 2012

Neşem KESKİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

KISALTMALAR	vi
SEMBOLLER	vii
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. (RFID) RADYO FREKANSLI TANIMLAMA SİSTEMLERİ	2
2.1. RFID Nedir	2
2.2. RFID' nin Tarihçesi	3
2.3. RFID Kullanım Alanları ve Günümüzde Kullanımı.....	5
2.3.1. RFID Sisteminin Uygulamaları	7
2.3.2. Kopya DVD' ye Karşı RFID	8
2.3.3. Veriçip Teknolojisi	9
2.3.4. Pasaportlarda RFID Teknolojisi	10
2.3.5. RFID Hasta Takip Sistemleri.....	11
2.3.6. Otomobil Endüstrisi	12
2.3.7. Depo ve Dağıtım Merkezleri	13
2.4. RFID Kullanımındaki Gelişmeler.....	13
2.4.1. RFID Uygulamalar İle İlgili Çözülmesi Gereken Konular.....	15
2.4.2. RFID Sistemleri Geliştirmek İçin Önemli Faktörler	16
2.4.3. RFID Teknolojisinin Gelişme Nedenleri	18
2.4.4. RFID Sistemleri Açısından Değerlendirmeler.....	18
2.5. RFID Özellikleri, Avantajları, Dezavantajları	19
2.5.1. Avantajları	20
2.5.2. Dezavantajları	21
2.6. Otomatik Tanımlama Sistemleri.....	23
2.6.1. Barkod Sistemi.....	24
2.6.2. Optik Karakter Tanıma	24
2.6.3. Biyometrik Tanımlama	25
2.6.4. Ses Tanıma.....	25
2.6.5. Parmak İzi Tanıma.....	26
2.6.6. GPS-GSM ile Tanımlama.....	26
2.7. Smart Kartlar.....	27
2.7.1. Bellek (Hafıza) Kartları	28
2.7.2. Mikroişlemci Kartları	28
2.8. RFID ve Barkod Teknolojisinin Karşılaştırılması	29
3. RFID SİSTEMİN ALTYAPI GEREKSİNİMLERİ	31
3.1. Temel Kavramlar	31
3.1.1. Elektromanyetik Dalgalar ve Dalga Boyu	31

3.1.2. Frekans ve Verilerin Aktarımı	32
3.1.3. Alçak Frekans - (LF <135 KHz)	35
3.1.4. Yüksek Frekanslar - (HF - 13.56 MHz)	35
3.1.5. Çok Yüksek Frekanslar - (UHF - 868 MHz-915MHz)	35
3.1.6. Mikrodalga - (Microwave 2.4 GHz,5.8 GHz)	35
3.1.7. Frekans Kullanım Standartları	37
3.2. RFID Sistemlerinde Kullanılan Yapılar	38
3.2.1. Elektronik Ürün Kodu (EPC)	39
3.2.2. EPC Sınıf Etiketleri	40
3.2.3. Veri Toplama Donanımı	41
3.2.4. RFID Etiketler.....	41
3.2.5. Fonksiyonlarına Göre RFID Etiketler.....	43
3.2.6. Bellek Tiplerine Göre RFID Etiketleri	46
3.2.7. Anten.....	46
3.2.8. Okuyucu.....	47
3.2.9. Okuyucunun Tasarım ve Performansı	49
3.2.10. RFID Sorgulayıcı	49
3.2.11. RFID Denetleyici	50
3.2.12. RFID Yazılımı	51
3.3. RFID Sistem Ağı Servisleri	52
3.3.1. EPC Keşif Servisleri (DS, ONS)	55
3.3.2. Nesne Adlandırma Servisi (ONS).....	55
3.3.3. EPC Bilgi Hizmetleri (EPCIS)	56
3.4. Ara Katman Yazılımı.....	56
3.4.1. EPC Global Ağ Sistemi Çalışma Yapısı.....	57
3.4.2. Ara Katman Yazılımının Özelliği.....	57
4. MİKROŞERİT ANTENLER.....	60
4.1. Mikroşerit Antenlerde Işıma.....	61
4.2. Mikroşerit Anten Tipleri.....	62
4.2.1. Mikroşerit Yama Antenler	62
4.2.2. Mikroşerit Yürüyen Dalga Antenler	63
4.2.3. Mikroşerit Yarık Antenler	64
4.3. Mikroşerit Yama Antenlerin Avantajları ve Dezavantajları.....	65
4.4. Mikroşerit Yama Antenlerin Besleme Teknikleri	66
4.4.1. Mikroşerit Besleme.....	66
4.5. Mikroşerit Yama Antenlerin Analiz Metotları	67
4.5.1. Transmisyon Hat Modeli	67
4.5.2. Genişlik, Uzunluk, Rezonans Frekansı ve Rezonans Giriş Empedansı.....	69
5. DİPOL ANTEN TASARIMI	72
5.1. Dipol Anten Nedir	72
5.1.1. Dipol Antende Akım.....	72
5.1.2. Dipol Antende Kazanç.....	73
5.2. Dipolde Elektron Salınımı	73
5.3. Dipol Bağlantı Nasıl Yapılır	75
5.4. Dipolün Yönelme Eğrisi	76
5.5. Dipol Anten Oluşumu.....	77

6. SONNET PROGRAMI İLE RFID DİPOL ANTEN TASARIMLARI	78
6.1. SONNET Simülasyon Programının Anlatımı	78
6.2. 800-1400 MHz RFID Etiket (Dipol Anten) Tasarımları ve Sonuçları	83
6.2.1. Dipol Antenlerin Üzerinde Yapılan Parametrik Çalışmalar	85
6.2.2. UHF RFID Folded (Katlanmış) Dipol Anten Tasarımları	86
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	91
8.KAYNAKLAR	102
9.ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

ASCII	: American Standart Code for Information Interchange
DS	: Discovery Service
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read-Only-Memory.
EPC	: Electronic Product Code
GHz	: Gigahertz
HF	: High Frequency
ISO	: International Standards Organization
MHz	: Megahertz
MIC	: Microwave Integrated Circuit
MMIC	: Monolithic Microwave Integrated Circuit
MRAM	: Magnetic RAM
MoM	: Method of Moments
PML	: Perfectly Match Layer
RFID	: Radio frequency identification
ONS	: Object Naming Service
UHF	: Ultra High Frequency
VHF	: Very High Definition

SEMBOLLER

I	: Çerçeve antenden akan akım
N	: Çerçeve anten sarım sayısı
R	: Anten yarıçapı
x	: Anten düzlemine dik doğrultudaki alıcı uzaklığı
W	: Dikdörtgensel yama anten genişliği
h	: Dikdörtgensel yama anten yüksekliği
L	: Dikdörtgensel yama anten uzunluğu
L_m	: Dikdörtgensel yama anten dönüştürücü uzunluğu
W_m	: Dikdörtgensel yama anten dönüştürücü genişliği
L_f	: Dikdörtgensel yama anten besleme uzunluğu
W_f	: Dikdörtgensel yama anten besleme genişliği
ε_r	: Dielektrik Sabiti
ε_{eff}	: Etkin Dielektrik Sabiti
Z	: Empedans
λ	: Dalga Boyu

ŞEKİLLER

Sayfa No.

Şekil 2.1. Kopya DVD' ye karşı RFID	8
Şekil 2.2. Veriçip teknolojisi.....	10
Şekil 2.3. Elektronik pasaportlar	11
Şekil 2.4. Hasta takip sistemi	11
Şekil 2.5. Araç tanıma sistemi	12
Şekil 2.6. Depo ve dağıtım sistemi	13
Şekil 2.7. RFID perakende pazarı için RFID etiket adedi	14
Şekil 2.8. RFID sistemi	19
Şekil 2.9. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri	23
Şekil 2.10. ISBN numaraları bulunduran barkod.....	25
Şekil 2.11. GPS-GSM ile konum belirleme	27
Şekil 2.12. Bellek (Hafıza) kartı yapısı.....	28
Şekil 3.1. Dalga boyu ve genlik	31
Şekil 3.2. RFID frekans bantları ve özellikleri	36
Şekil 3.3. RFID frekans düzenlemeleri	36
Şekil 3.4. RFID sistem yapısı.....	38
Şekil 3.5. 96 Bitlik bir EPC ve temel bileşenleri	40
Şekil 3.6. RFID etiketi barındıran örnek bir bileklik	42
Şekil 3.7. Aktif etiketlerin çalışma prensibi.....	44
Şekil 3.8. Pasif etiketlerin çalışma prensibi	45
Şekil 3.9. Yarı-Pasif etiketlerin çalışma prensibi.....	45
Şekil 3.10. Etiket ve okuyucu etkileşimi.....	47
Şekil 3.11. RFID sisteminde kullanılan bir denetleyici	51
Şekil 3.12. EPC Global ağ ilkeleri	54
Şekil 4.1. Mikroşerit yama anten	60
Şekil 4.2. Şerit beslemeli dikdörtgen biçimli mikroşerit anten.....	61
Şekil 4.3. Mikroşerit antenin yandan görüntüsü ve elektrik alan dağılımı	62
Şekil 4.4. Mikroşerit yama anten tipleri.....	63
Şekil 4.5. Mikroşerit yürüyen dalga anten tipleri.....	64
Şekil 4.6. Mikroşerit yarı anten tipleri	64
Şekil 4.7. Mikroşerit beslemeli antenler	66
Şekil 4.8. Dikdörtgen mikroşerit yama anten	67
Şekil 4.9. Mikroşerit yama anten modeli	68
Şekil 5.1. Dipol antenler	72
Şekil 5.2. Dipol boyunca akım ve gerilim dağılımı	73
Şekil 5.3. Çift uçlu dipol	73
Şekil 5.4. Dipolde elektron salınımı.....	74
Şekil 5.5. Dipole bağlantı yapılması	76
Şekil 5.6. Dipolün yöneltme eğrileri	76
Şekil 5.7. Bir dipol antenin oluşumu.....	77

Şekil 6.1. SONNET ana ekran görüntüsü	79
Şekil 6.2. Birim ve frekans belirleme menüsü	80
Şekil 6.3. Box büyüklüğü oluşturma penceresi.....	80
Şekil 6.4. Dielektrik bilgisi oluşturma penceresi	81
Şekil 6.5. Global Library penceresi	81
Şekil 6.6. Port özellikleri oluşturma penceresi	82
Şekil 6.7. Frekans aralığı oluşturma penceresi	82
Şekil 6.8. Sonnet anten çözümü penceresi	83
Şekil 6.9. Antenin Sonnet programındaki üstten görünüşü	83
Şekil 6.10. 942 MHz' deki S11 değeri	84
Şekil 6.11. (a), (b) Katlanmış dipol antenin üstten görünüşü	86
Şekil 6.12. (c), (d) Katlanmış dipol antenin üstten görünüşü	87
Şekil 6.13. UHF RFID çipin giriş empedansının elektriksel devre eşleniği	88
Şekil 6.14. (a), (b) Katlanmış dipol antenin 3D görünüşü	89
Şekil 6.15. (c), (d) Katlanmış dipol antenin 3D görünüşü	90
Şekil 7.1. (a), (b) Katlanmış dipol antenlerin S11 yansımaya katsayısı görüntüsü	91
Şekil 7.2. (c), (d) Katlanmış dipol antenlerin S11 yansımaya katsayısı görüntüsü	92
Şekil 7.3. (a) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü.....	93
Şekil 7.4. (b) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü	94
Şekil 7.5. (c) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü.....	95
Şekil 7.6. (d) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü	96
Şekil 7.7. (a), (b) Katlanmış dipol antenin kazanç grafiğinin polar görüntüsü.....	97
Şekil 7.8. (c), (d) Katlanmış dipol antenin kazanç grafiğinin polar görüntüsü.....	98
Şekil 7.9. (a), (b) Katlanmış dipol antenin akım yayılım görüntüsü.....	99
Şekil 7.10. (c), (d) Katlanmış dipol antenin akım yayılım görüntüsü.....	100

TABLÖLAR

Sayfa No.

Tablo 2.1. RFID tarihçesi	5
Tablo 2.2. RFID ve Barkod karşılaştırması	30
Tablo 3.1. RFID frekans bantları RFID	32
Tablo 3.2. RFID ETSI frekansları	33
Tablo 3.3. Ülkelerde kullanılan RFID çalışma frekansları	33
Tablo 3.4. Frekans bantları ve uygulamalar	34
Tablo 3.5. Sistemlerde farklı etiketlerin karşılaştırılması	43
Tablo 6.1. Dielektrik malzeme ile ilgili parametrik çalışma	84
Tablo 6.2. İlk UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (a)	85
Tablo 6.3. İkinci UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (b)	85
Tablo 6.4. Üçüncü UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (c)	85
Tablo 6.5. Dördüncü UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (d)	86
Tablo 7.1. Sonuç değerleri	101

GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Neşem KESKİN
Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Programı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Taha İMECİ
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Ocak 2012

ÖZET

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, 800-1400 MHz' de UHF RFID frekansında çalışan, geniş frekans bandına sahip olan, aynı zamanda RFID etiket tasarımı için pasif dipol anten tasarımları yapılmıştır. Dipol anten tasarımı için, genellikle kullanılan mikroşerit yama anten tasarımı yapılmıştır. Yapılan bu tasarımlarda band genişliği yüksek değerler elde edilmiştir. Ayrıca, tasarımlar yapılırken SONNET 12.56 simülasyon programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: RFID, UHF, Band genişliği, Dipol, Pasif etiket, Anten, Simülasyon.

GENERAL INFORMATION

Name and Surname : Neşem KESKİN
Field : Electronic and Communication Engineering
Program : Electronic and Communication Engineering
Supervisor : Assistant Prof.Dr. Taha İMECİ
Degree Awarded and Date : Master of Science – January 2012

ABSTRACT

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

In this thesis, it is purposed to design an antenna operates between 800-1400 MHz UHF RFID frequency with wideband. To desing the dipole antenna that can be operated in wide frequency band, patch antenna is used. These passive dipole antennas are designed for RFID tags. Also, in this study, we obtained the highest values of bandwidth. As a commercial simulation tool, Sonnet 12.56, a planar 3-D electromagnetic simulator was used.

Keywords: RFID, UHF, Band width, Dipole, Passive tag, Antenna, Simulation.

1. GİRİŞ

Düşük maliyetli pasif Ultra-Yüksek Frekans (UHF) RFID teknolojisinin gelişiminden bu yana Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisine giderek artan bir ilgi oluşmaktadır. Bu teknoloji, diğer tanımlama teknolojilerine kıyasla avantajları daha fazla olup yeni uygulamalara yol açmaktadır. Bu tez çalışmasında, pasif UHF RFID etiket antenleri tasarlanmış ve simule edilip diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

RFID, izlenecek her obje üzerindeki etiketler, etiketlerden bilgi alan bir okuyucu ve bir sürece konulacak bilgileri toplayan bir veri tabanından oluşmaktadır. RFID sistemleri 125 KHz ile 2.45 GHz arasında değişen frekansları içermektedir. Birçok RFID sistemleri Yüksek Frekans (HF: 13.56MHz) ve Çok Yüksek Frekanslarda (UHF: 860-960MHz) çalışırlar. 2000 yılından önce, RFID etiketler genellikle HF olup bilet, ödeme ve nesne seviyesi tanımlama için kullanılırdı. 2000 yılından beri ise, hızla UHF RFID etiketler ortaya çıkmış ve ISO standartında EPC 2. Jenerasyon olarak ifade edilmektedir. Bunun özellikle ve başlıca kullanım alanları ise ulaşım, nakliye ve izleme için etiketleme durumlarında kullanılmaktadır.

Tasarımlarımızdaki UHF (Çok yüksek frekans) RFID (Radyo frekanslı tanımlama sistemleri) etiketler hiçbir enerji kaynağına sahip değildir. Bir pasif UHF RFID etiketi anten ve (ID) identification data içeren bir mikroçipten oluşmaktadır. Bu etiketler elektromanyetik dalgalarla aktive olur ve enerjilenirler. Bu sayede okuyucu anten tarafında ya bir radiator (verici anten) ya da coupling (kuplör) olarak algılanırlar. Algılanan bu veri, via' da modüle edilerek diyaframa geri yansıma sağlanır.

Tasarlanan pasif UHF RFID etiketler için dipol antenlerin şekilleri, boyutları, rezonans frekansları, empedansları, band genişlikleri, kazançları ve akım yayılım şekilleri elde edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Kullanılan dielektrik malzemesi, malzemenin kayıp tanjantı malzeme kalınlığı gibi tasarımın oluşturulacağı alan tüm çalışmalarda aynıdır. Yapılan parametrik çalışmalarda kullanılan simülasyon programı Sonnet Suites' dir.

2. RADYO FREKANSLI TANIMLAMA SİSTEMLERİ

2.1. RFID Nedir

Radyo frekanslı tanıma sistemi, etrafında anten sarılı olan bir mikroçip (etiket) ve bir okuyucudan oluşan otomatik tanıma sistemidir. RFID sistemlerinde kablosuz iletişim teknolojileri kullanılarak herhangi bir nesnenin otomatik olarak tanımlanabilmesi, izlenebilmesi, nesneye ait dinamik bilgilerin ya da verilerin oluşturulması, toplanması ve yönetilmesi sağlanmaktadır.

RFID etiketleri Elektronik Ürün Kodu (EPC) gibi nesne bilgilerini almak, saklamak ve göndermek için programlanabilirler. Ürün üzerine yerleştirilen etiketlerin okuyucu tarafından okunmasıyla tedarik zinciri yönetimi ile ilgili bilgiler otomatik olarak kaydedilebilir veya değiştirilebilir (Wikipedia., 2011).

Mevcut teknolojilere ve artan veri işlemlerine bir tamamlayıcı olarak görülen RFID, 1970 yılından beri kullanılan kanıtlanmış bir teknolojidir.

RFID için daha karmaşık bir tanım verecek olursak bu; “elektromanyetik yakınlık tanıma ve veri işleme sistemi” şeklinde olacaktır. Varlıklar ve nesnelere üzerinde RFID etiketleri, bu etiketlerdeki bilgiye ulaşmak ve okumak içinde RFID okuyucuları kullanarak, RFID çubuk kod teknolojisi üzerinde optik olmayan iletişimi, bilgi yoğunluğu ve iki taraflı iletişim becerisi ile gelişme sağlamıştır.

RFID günümüzde geniş uygulama ve kullanım alanları bulmuştur. Bina giriş-çıkışları, tedarik zinciri izleme, geçiş ücreti toplama, otopark giriş kontrolü, perakende satış stok denetimi, kütüphane kitaplarını izleme, hırsızlığı önleme, araç güvenlik sistemleri ve hareket izleme bu alanlardan sadece bir kısmıdır.

RFID sistemler verimlilikte büyük kazançlar sağlarken, bireylerin ve kurumların güvenliğine ve mahremiyetine yönelik büyük tehditleri meydana getirmektedir.

RFID etiketi, radyo frekansı ile yapılan sorguları almaya ve cevaplamaya olanak tanıyan bir silikon yonga, anten ve kaplamadan meydana gelir. Yonga, etiketin üzerinde bulunduğu nesne ile ilgili bilgileri saklar. Anten, radyo frekansı kullanarak nesne bilgilerini okuyucuya iletir. Kaplama ise etiketin bir nesne üzerine yerleştirilebilmesi için yonga ve anteni çevreler. Radyo frekanslı kimliklendirme bir

kişi veya nesneyi genellikle 125 KHz (LF) veya 13.56 MHz (HF), 800-900 MHz (UHF) ve 2.45 GHz frekansında radyo dalgaları kullanılarak tanımlanmasıdır.

Günümüzde en sık kullanılan ve Pazar tarafından en çok talep edilen frekans 13.56 MHz' dir. Son yıllarda RFID teknolojisi sağladığı kullanım kolaylıkları, ürün takip kesinliği, üretim ve stoklama bantlarında sağladığı kesinlik ve performans sebebiyle çok popüler hale gelmiştir (Wikipedia., 2011).

2.2. RFID' nin Tarihçesi

Eski bir teknoloji olan RFID' nin kullanımı, İkinci Dünya Savaşı yıllarına kadar uzanmaktadır. İlk olarak 1940' lı yılların başlarında İngiltere' de dost ve düşman uçaklarının tanımlanmasında kullanılmıştır. Bunu 1970' li yıllarda nükleer malzeme izleme uygulamaları takip etmiş, ticari uygulamaları 1990' lı yıllarda başlamıştır. Geçtiğimiz 20 yıl boyunca bu teknoloji ABD, İtalya, Fransa, Portekiz ve Norveç' te otoban ve köprülerde geçişlerin ücretlendirilmesinde, çiftlik hayvanlarının izlenmesinde, nükleer madde stoklarının kontrolü ve izlenmesinde, otomobil üretiminde araçların montaj hattı üzerinde izlenmesinde kullanılmıştır. Ancak etiketlerin maliyetlerinin yüksekliği ve kullanım zorluğu, RFID teknolojisinin uzunca bir süre kitlesel ticari faaliyetlerde kullanılamamasına neden olmuştur. Bu sistem günümüze kadar pahalı olduğundan kurumsal uygulamalarda çok kısıtlı olarak kullanılmaktaydı. Son yıllarda RFID teknolojisi sağladığı kullanım kolaylıkları, ürün takip kesinliği, üretim ve stoklama bantlarında sağladığı kesinlik ve performans sebebiyle diğer kimlik tanıma sistemlerine nazaran daha çok ön plana çıkmıştır.

Radyo Frekansı ile kimlik tanımda radyo dalgaları metal-olmayan birçok yüzeyin içinden geçerek yayılabilirler. Bu sebeple bir paketin içindeki RFID etiketi, ya da kötü hava şartlarından zarar görmemesi için korunmuş, paketlenmiş ürünlerin içinde yer alan etiketler de rahatlıkla okunabilmektedir. Etiketlerdeki mikroçip içerisinde saklanan seri numarasının tek olması (yani o numaranın dünyada başka bir eşi olmaması) da RFID' nin ürün takip ve kontrol sistemlerindeki yerini kaçınılmaz hale getirmektedir (Klaus 2003).

RFID araştıran ilk makalelerden biri olan “Yansıyan Enerji Yöntemi ile İletişim” adıyla 1948 yılında Harry Stokman tarafından ikinci dünya savaşı sırasında radar ve

radyo araştırmaları kabul edildikten hemen sonra yayınlandı. RFID ile ilişkili olarak uzun menzilli alıcı verici sistemleri ve uçaklar da kullanılan IFF (dost ya da dūřman) sistemleri gibi başka teknolojiler de geliştirildi.

1950' lerde RFID teknikleri, bir grup öncü bilim adamının yayınladığı araştırma ve bilimsel tabanlı makaleler ile kuramsal olarak keşfedilmiştir. 1960' larda çok sayıda araştırmacı ve mucit ilk örnek sistemler geliştirmiştir. O dönemlerde elektronik makale gözetimi (EAS – electronic article surveillance) donatımları kullanarak ticari anti-hırsızlık sistemleri (örnek Sensormatic ve Checkpoint) piyasaya sürülmüştür. Sistem 1-bitlik RFID etiketler kullanır, amaç etiketin ortamda bulunup bulunmadığını tespit etmektir, genellikle perakende satış mağazalarında yüksek fiyata sahip ürünlere takılarak kullanılır. Bu sistem ile RFID sistemlerin dünya üzerinde ilk ve en yaygın ticari kullanım şekli olmuştur, aynı zamanda RFID teknolojilerinin anti-hırsızlık konusunda sonuç veren bir kanıtı olmuştur.

1970 yıllarında RFID' ye araştırmacılar, geliştiriciler ve içlerinde Los Alamos Bilim Laboratuvarı, İşve Mikrodalga Enstitüsü gibi organizasyonlarında bulunduğu akademik enstitüler tarafından yoğun ilgi olmuştur. Bu dönem içinde hayvan etiketleme gibi ticari olarak varlığını sürdürebilecek, büyük çalışmalar ve uygulamalar yapılmıştır.

1980' li yıllarda RFID uygulamaları birçok alana yayılmıştır. Avrupa' da hayvan izleme sistemleri çok yaygınlaşmış, aynı zamanda İtalya, Fransa, Portekiz ve Norveç gibi ölkelerde ücret geçişli yollar RFID ile donatılmıştır.

1990' lar RFID için kayda değer bir dönemdir. Oklahoma' da 1991' de açılan ücretli geçiş sistemi araçlara gişelerden araçlarıyla duraklamadan hızlıca geçiş imkanını tanımıştır. Benzer tarz sistemler Avrupa' da da kendine yer bulmuştur. Bu tarz uygulamalar zamanla dünya üzerinde yayılmış ve Arjantin, Avustralya, Brezilya, in, Güney Afrika, Japonya, Kanada, Yeni Zelanda ve daha birçok ölkede kullanılmıştır. Gelişmeler 1990' larda bütünleşmiş devrenin geliştirilmesi ile RFID etiketlerinin bir tek bütünleşmiş devre boyutuna küçültülmesine kadar devam etmiştir.

şu an frekans spektrumu tahsisinin ulusallaştırılması için devletlerarasında, standartların geliştirilmesinde ve ticari uygulamaların ortaya konması konusunda

büyük bir çalışma mevcuttur. Bugüne kadar Birleşik Devletler Tescil Dairesinde RFID ve uygulamaları ile ilgili 350 den fazla patent kayıtlıdır (Rfidjournal., 2011).

Tablo 2.1. RFID tarihçesi

Tarih	Olay
1940–1950	II. Dünya Savaşı için radarın geliştirilmesi ve kullanımı 1948 RFID icadı.
1950–1960	RFID teknolojisinin ilk icatları, Laboratuvar deneyleri.
1960–1970	RFID teorisinin geliştirilmesi. Bu alanda uygulama denemelerinin başlangıcı.
1970–1980	RFID gelişiminin patlaması. Uygulamanın gelişme hızı testleri, ilk basit uygulamalar.
1980–1990	Ticari RFID uygulamalarının ortak pazara girişi
1990–2000	Standartların ortaya çıkışı RFID genişleyen yayılımı RFID günlük hayatın bir parçası

2.3. RFID Kullanım Alanları ve Günümüzde Kullanımı

RFID teknolojisini birleşik devletler ordusu 1990 yılından beri kullanmaktadır. Ordu teknolojiyi ilk olarak 1990 yılının ortalarında Bosna’ da kullanmıştır. İngiliz silahlı kuvvetleri ilk olarak 2003 yılında RFID teknolojisini benimsemiştir, NATO üye ülkeler ile ise bu teknoloji hakkındaki görüşmeler devam etmektedir.

1 Haziran 2005 itibariyle Amerika’ nın ünlü alışveriş merkezleri zinciri Wal-Mart ve Birleşik Devletler Savunma Departmanı, kendilerine ürün ve malzeme tedarik eden firmaların tedarik zincirlerinde RFID teknolojisinin kullanılmasını şart

koşmuştur. Bu bağlamda firmaların tedarik ettiği tüm ürünler ve malzemeler RFID etiketleri ile etiketlenmiştir. Bu sayede RFID teknolojisi Amerika Birleşik Devletlerinde hızla benimsenmeye başlanmıştır.

İngiliz Tesco süpermarketler zinciri 2004 yılı başında, merkez dağıtım deposundan süpermarketler arasındaki nakliyyeyi izlemek için bir RFID ağı kurmuştur.

Ocak 2003 tarihinde dünyanın önde gelen firmalarından Gillette ürünlerini etiketlemek için 500 milyon adet RFID etiketi sipariş vermiştir.

Mart 2003 yılında Benetton benzer şekilde, ürünlerinde RFID etiketlerinin diktirileceğini duyurmuştur ancak bir boykotla karşılaşarak kararlarından geri dönmüşlerdir.

Mastercard ve American Express RFID entegre kartlar üzerinde testlerini sürdürmektedirler.

Mobil 1997 yılında “speedpass” adıyla RFID kartlar kullanarak bir uygulama başlatmıştır.

Günümüzde birçok binek otomobil anahtarlarında ve kontaklarında immobilizer adıyla RFID ile donatılmıştır.

Birçok havayolu firması RFID teknolojisini test etmiştir ancak ilk olarak Delta Airlines 40000 adet çantayı etiketleyerek yaptığı testler sonucu RFID teknolojisini servislerine adapte etmeyi öngörmüştür. Firma teknoloji sayesinde 1000 çantanın 996 adedini gitmesi gereken yere göndermektedir. Kalan 4 çantanın kaybını engellemek içinse yıllık 100 milyon dolarlık harcama yapmaktadır. Bugün 1000 çantadan kaybolan 18ini yerine ulaştırabilmek için 1800 dolar harcayan British Airways de RFID kullanacağını açıklamıştır.

Avustralya Sydney’ de Star City Casino hırsızlığını frenlemek amacıyla çalışanlarına verdiği 80000 üniformayı RFID ile etiketlemiştir. Las Vegas’ daki New Wynn Casino’ da da oyunlarda kullanılan para fişleri RFID ile hırsızlığı ve sahteciliği engellemek için etiketlemiştir.

Dünyanın önde gelen lastik üreticilerinden Michelin, ürettiği lastiklerin içine RFID etiketlerini yerleştireceğini açıklamıştır. Firmanın amacı her bir lastiği ayrı ayrı numaralandırıp, lastiğe ait bu numarayı lastiğin takıldığı aracın şase numarasıyla

eşleştirmektir. Kullanılan özel etiket ile lastik dış boyu ve lastik dayanıklılığını da ölçmeyi planlamaktadır.

Avrupa Merkez Bankası 2005 yılından itibaren yüksek saymaca değere sahip banknotlara, kalpazanlığı engellemek amacıyla RFID etiketler yerleştirmiştir.

Yukarıda verilenler RFID teknolojisinin aktif olarak kullanıldığı uygulamaların sadece küçük bir kısmıdır. Bunların dışında RFID ile donatılması düşünülen bir çok farklı alan mevcuttur. Önemli dokümanlar, doğum belgeleri, sürücü belgeleri, eğitim sertifikaları, diplomalar, el yazmaları, tıbbi kayıtlar vb. birçok alanda RFID yakın zamanda hızlı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Rfid.mantis., 2011).

Günümüzde RFID' nin kullanıldığı diğer başlıca alanları aşağıda maddelendirildiği şekilde özetleyebiliriz: (Teknomer., 2011)

- Hayvan Kimliklendirilmesi (Besi Ciftlikleri)
- İnsan Kimliklendirilmesi (Fabrikalar, Hastahaneler)
- Araç Kimliklendirilmesi (Otoyollar, Otoparklar)
- Envanter Sayımı (Depo Giriş ve Çıkışları)
- Lojistik (Posta Servisleri, Kurye Servisleri)
- Endüstriyel Üretim Kontrolü
- Kütüphane Sistem Yönetimleri
- Çamaşırhane Sistem Yönetimleri
- Atık ve Çöp Toplama Dökme Sistem Yönetimleri
- Sağlık Sektörü
- Fabrika Otomasyonu
- Bagaj Takip ve Çeşitlendirilmesi (Havayolları)
- Basınçlı Tüp Takip Sistemleri (Lpg, Bira Fıçıları)
- Akıllı Raf Sistemleri (Süpermarketler Yapı Marketleri)
- Oteller, Tatil Köyleri, Aquaparklar.

2.3.1. RFID Sisteminin Güncel Uygulamaları

RFID teknolojisinin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır:

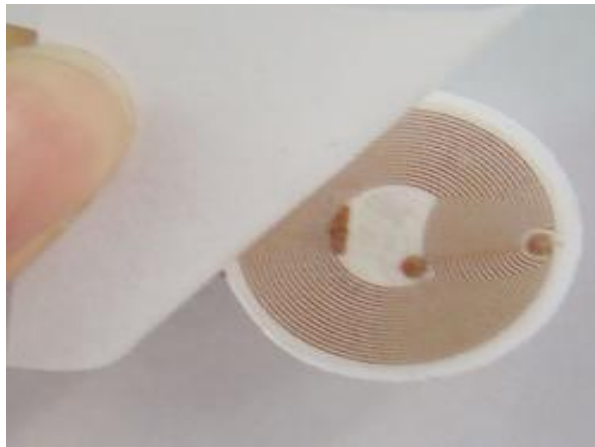
- Nesne tanıma (kimlik kontrol)
- Doküman gerçeklik kontrolü
- Bakım-onarım ve ürün geri çağırma

- Kayıp ve hırsızlık kontrol
- Giriş izni ve rota kontrol
- Doğal çevre izleme
- Tedarik zinciri yönetiminde otomasyon, kontrol ve süreç optimizasyonu

RFID hakkında en son geliştirilen ve tartışılan uygulamalardan biri Pasaportlarda RFID teknolojisinin uygulanmasıdır. Bir diğeri de önüne geçilemeyen lisans hakkı ödenmeden kullanılan CD ve DVD kopyalamalarıdır. Bu iki konuda geliştirilen RFID uygulamalarının detayı ve diğeri uygulamalar bundan sonraki bölümlerde anlatılmaktadır (Can 2009).

2.3.2. Kopya DVD' ye Karşı RFID

Günümüzde üzerinde çalışılan bir RFID uygulaması da, sinema sektöründeki soruna çözüm aramaktadır. En bilinen film yapımcılarından Warner, Disney ve Fox için DVD ve CD üreten Tayvan firması, disklerin içerisine kopyalamayı önlemek amacıyla RFID çipleri yerleştirmiştir. Bu yöntemle, kopyalanmış disklerin, RFID okuyucular ile donatılan DVD/CD çalarlar tarafından okunmaması sağlanılmaya çalışılmıştır. DVD/CD çalarlar, diske gömülü çipi kontrol ederek "yanlış bir coğrafi alanda" izlenmeye çalışılan veya kopya olan diskleri okumayı reddedebilecek bir yapı kazanmaktadır. Blue-Ray ve HD-DVD disklerin de korunmasını sağlayacak bu yöntem ile film yapımcılarının diskleri fabrikalardan, raflara hatta evlere kadar uzaktan takip edebilecekleri bir sistem geliştirilmiş olmaktadır (Can 2009).

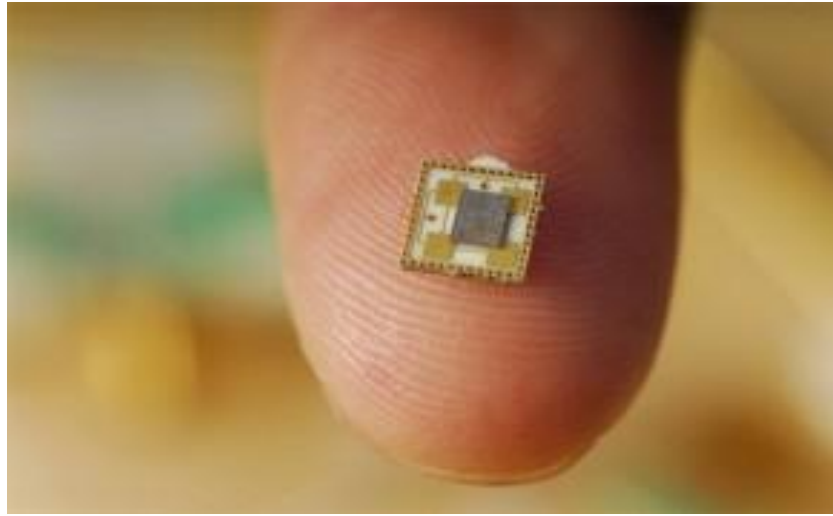


Şekil 2.1. Kopya DVD' ye karşı RFID

2.3.3. Veriçip Teknolojisi

ABD' li Applied Digital Solutions (ADS) şirketi tarafından geliştirilen “Veriçip” adlı teknolojiyle gerçek oldu. Deri altına yerleştirilen minik bir cihaz olan Veriçip' e, ad soyad, doğum tarihi, kan grubu ve alerjik reaksiyonlar gibi bilgiler yükleniyor ve gerektiğinde bu bilgilere erişmek mümkün oluyor. Firma daha da öteye giderek çipi taşıyıcının yeri ve sağlık bilgilerinin de uydu aracılığıyla incelenmesini sağlayacak şekilde geliştirmeye çalışıyor. İlk kez Aralık 2001 'de açıklanan projenin, öncelikle bilincini yitirerek kaybolma riski bulunan Alzheimer hastaları için kullanılması gündeme gelmişti. Cihaz, ayrıca cesetlerin kimlik tanımlaması ya da bilincini yitirmiş hastaların kendilerini tanımlayamadıkları durumlarda da önemli bir araç olarak görülüyor. Minik bir radyo vericisi 12 mm' ye 2,1 mm boyutunda olan veriçip aslında minik bir radyo vericisi. RFID (Radio Frequency Identification) mikroçipinin patenti 1973 senesinde alınmış. Bir pirinç tanesi büyüklüğündeki bilgisayar çipi kolaylıkla deri altına monte edilebiliyor. Ancak çıkarılması ve taklit edilmesi o kadar kolay değil. Bu çipin içindeki bilgiler sadece bir özel bir tarayıcı ile okunabiliyor. Çipin herhangi bir enerji kaynağına ihtiyacı yok. Cihazda, tarayıcı deri üzerinde gezdirildiğinde aktif hale geçerek gerekli enerjiyi elde edilebilecek 1 mm uzunluğunda manyetik bir bobin kullanılmış. Stratejik amaçlar için de kullanılabilir. İlk olarak medikal uygulamalarda kullanılması düşünülmüş olmakla birlikte Veriçip güvenlik amacıyla da kullanılabilir. Nükleer tesisler, askeri üsler, uçak kokpitleri gibi yüksek güvenilirlik gerektiren yerlerde personel giriş çıkışlarında üst düzey güvenliği sağlamak ilk başta gelen kritik uygulama alanlarıdır. Bu sistemin insanların kaçırılmasını ve fidye vakalarını önleyerek hayat kurtaracağı düşünülüyor. Veriçip teknolojisinin gelecekte firma kimlik kartları, medikal acil durum ve kimlik bilezikleri gibi sistemlerinin yerini alması bekleniyor. Hatta sürücü ehliyetleri, pasaportlar, e-ticaret güvenliği ve kredi kartlarının da bu sisteme göre yeniden şekillendirileceği tartışılan konulardandır. Vericip, takıldığında deri üzerindeki ufak bir iz kalıyor, kısa süre sonra bu iz de iyileştiğinde çip kesinlikle görünmez oluyor, hatta zamanla insanlar çipin orada olduğunu bile unutuyor. Her Veriçip' in bir numarası bulunuyor. Bu numara Küresel Veriçip Üye Sistemi' ne (GVS) kaydediliyor. Tüm kayıtlar, Digital Angel Corporation şirketinde saklanıyor. Veriçip' in gönüllü kobayları 11 Eylül saldırılarından bir hafta sonra Applied Digital

Solutions şirketinin cerrahı Dr. Richard Seelig kendi deri altına yongayı yerleştirerek Veriçip' in ilk insan kobayı oldu. Ayrıca oğul Derek, anne Leslie ve baba Jeffrey' den oluşan Jacobs ailesi, dünyada ilk “çiplenen” aile olarak tarihe geçti. Aile, antibiyotiğe alerjisi olan ve Hodgkin hastalığı tedavisinden dolayı direncini büyük oranda yitiren oğulları Derek' in herhangi bir rahatsızlıkta kendi tıbbi geçmişini anlatabilecek durumda olmaması halinde, bu bilgilerin Veriçip' ten kolaylıkla okunabileceğini söylüyor (Can 2009).



Şekil 2.2. Veriçip teknolojisi

2.3.4. Pasaportlarda RFID Teknolojisi

ABD pasaportlarında kullanılması düşünülen RFID teknolojisi için ilk adım Infineon firması ile atılmıştır. Pasaport içerisine gömülecek olan RFID çipi, kişiler hakkında bilgileri içereceği gibi sayısal resimlerini de saklayacaktır.

Uygulamaya göre bu çipler üzerindeki veriler “elliden fazla bireysel güvenlik mekanizması” ile korunacaktır. Örneğin, Temel Erişim Kontrolü (Basic Access Control (BAC)) teknolojisi ile okuyucunun çip üzerindeki veriye ulaşması için yetkilendirme yapılması sağlanmaktadır. Kullanılan çipler, 10 cm mesafeden veri transferi yapabilmektedir. Yetkisiz okumaların engellenmesi için BAC' in yanında, okuma voltajını değiştiren alıcılar, çip üzerindeki aktif koruyucu kalkanlar ve veriyi şifrelemede kullanılan karmaşık kodlama yöntemleri gibi güvenlik önlemleri de alınmıştır. Aynı uygulama şuanda ülkemizde 2011 senesi itibariyle uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 2.3. Elektronik pasaportlar

Ancak tüm bu güvenlik önlemlerine rağmen elektronik pasaportlar üzerinde ciddi tartışmalar olan bir konudur. Almanya, Norveç, İsveç' in de aralarında bulunduğu 20 ülke bu teknolojiyi kullanmaya ve sınamaya başlamış olsa da, bu pasaportların güvenliğinin gerçekten nasıl sağlanabileceği açık kalan bir konudur. Bu uygulamayı çıkarıcılar, pasaport verisinin çözülebilmesi için bir milyar bilgisayarın bir milyar yıl çözüm için birlikte çalışması gerektiğini iddia etse de; bazı güvenlik uzmanları, verinin çalınması için çözülmesi gerekmediğini vurgulamaktadır. Ortamda elektronik bir pasaport olduğunu algılamanın bile bazı durumlarda yeterli bir tehdit oluşturacağı ifade edilmektedir (Can 2009).

2.3.5. RFID Hasta Takip Sistemleri

Hastahanelerde hastaların üzerine RFID mikroçipleri takılmaktadır. Doktorlar okuyucu özelliğine sahip el bilgisayarları ile hasta bilgilerine rahatça ulaşabilmektedir. Taiwan' da SARS virüsünün hastane içinde yayılmasını önlemek amacıyla hastaların bedenlerinde bu çipleri taşıması istenmiş ve kapı giriş kontrollerinde kullanılmıştır (Tan ve diğ., 2009).



Şekil 2.4. Hasta takip sistemi

Bu çalışmada, RFID tabanlı bir hasta takip sistemi düşünülmüştür. Olası bir hasta bilgi sistemi ile önerilen RFID uygulamasının birleştirilmesiyle oluşturulabilen bu sistem, doktorların, hastaların ilgilerine hızlı ve otomatik bir şekilde erişmek istediği ve bilhassa hastaların gelişen hastalık sürecinde etkileşim kuramayacak derecede sorunlu olduğu durumlarda uygun bir çözüm olarak görülmektedir. Buradan yola çıkılarak, hastaneye gelen hastaların bilgileri bir veri tabanı sistemine kaydedildikten sonra, bu bilgilerle ilişkili bir RFID etiket içeren bilekliğin hastalara takıldığı, bu doğrultuda hastaya atanan ilgili doktorun, RFID kart okuyucu destekli bir PDA cihazına yetkili erişimi ile hastaların bilekliklerindeki etiketi okuyabildiği ve bu tanımlama sonucunda PDA cihazının sunucuya erişip veri tabanından ilgili sağlık bilgilerini çekip doktora sunabildiği bir sistem tasarlanmıştır (Misic J ve diğ., 2007).

2.3.6. Otomobil Endüstrisi

Otomobil endüstrisinde özellikle 2,45 GHz frekansında çalışan RFID sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemde 10 metreye kadar verilerin yazılabilme ve okunabilme özelliği bulunmaktadır. Elektromanyetik dalgalardan etkilenmeme ve 235 derece sıcaklığa kadar dayanabilme özellikleri ile bu mikroçipler farklılık göstermektedir. Bu sistemler gövde imalat, boya ve son montaj uygulamalarında kullanılmaktadır. Gelecekte otomobil lastiklerinin içine yerleştirilecek mikroçipler ile lastik iç basınç verilerinin otomobil içindeki bilgisayara gönderilmesi sağlanacaktır (Tan ve diğ., 2009).



Şekil 2.5. Araç tanıma sistemi

2.3.7. Depo ve Dağıtım Merkezleri

Depo ve dağıtım merkezlerinin kullanımını kolaylaştırmaktadır. Ürün tipine göre yerleşimin gereği kalmamaktadır. Ürün şekli ve büyüklüğüne göre etkin yerleşim yapılabilmektedir. Gerekli durumlarda el bilgisayarları ile ürünlerin konumu daha etkin oluşturulabilmektedir. Marks and Spencer, RFID sistemini 3,5 milyon adet yeniden kullanılabilir transport malzemesi (palet, çelik kafes vs.) üzerinde denemiştir. Bu sayede stok sayımı için gerekli zaman %80 oranında düşürülmüştür. Marks and Spencer yaptığı çalışmada RFID sisteminin sermaye maliyetinin, Barkod sisteminin yıllık maliyetinden %10 daha az olduğunu tahmin etti. ABD’de yapılan çalışmalarda RFID kullanımı ile raf stoklarında artan görünürlüğün, satışları %7 arttırdığı saptanmıştır. RFID sistemi bulunan bir sistemde malzeme çalındığında, sistem durumu fark edip hemen güvenlik görevlilerine bildirebilmektedir. Müşterinin bu sistem içinde kasadan geçişi hızlanmakta ve yapılan harcama rakamı kredi kartından anında düşürülmektedir. Raflarda çok hızlı satılan ürünler bu sistemde kolayca izlenmekte ve raflar hemen doldurulmaktadır.



Şekil 2.6. Depo ve dağıtım sistemi

RFID teknolojisi ile ürün tanımları ve çapraz satışlar yapılabilmektedir. Örneğin New York Prada mağazasında RFID etiketi olan bir ürün, soyunma odasına götürüldüğünde ürünle ilgili bilgiler ya da ilgili başka ürünlerin bilgisi LCD ekranlardan görsel olarak müşteriye sunulmaktadır (Tan ve diğ., 2009).

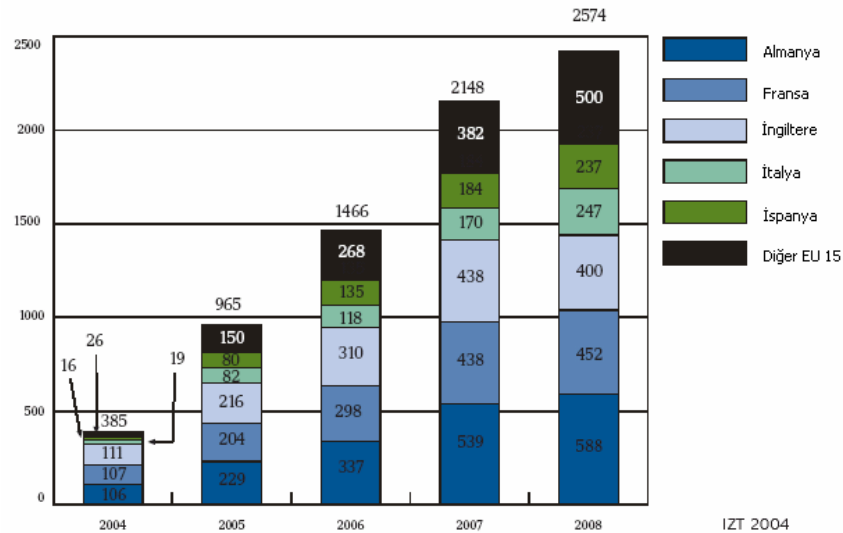
2.4. RFID Kullanımındaki Gelişmeler

İkinci dünya savaşı sırasında ordu tarafından kullanılan bu teknolojinin ticarileştirilmesi 1980’lerin başında gerçekleşti. Geçtiğimiz 20 yıl boyunca bu teknoloji ABD, İtalya, Fransa, Portekiz ve Norveç’de otoban ve köprülerde geçişlerin ücretlendirilmesinde, çiftlik hayvanlarının izlenmesinde, nükleer madde

stoklarının kontrolü ve izlenmesinde, otomobil üretiminde araçların montaj hattı üzerinde izlenmesinde kullanılmıştır. Şimdiye kadar bu teknoloji pahalı ve sınırlı olduğundan kitlesel ticari faaliyetlerde kullanılamamıştır.

2000 yılında RFID etiket fiyatları \$1 civarındaydı, bugün etiketlerin fiyatı 20 centlere kadar düşmüştür. Avrupa’ da yürütülen bir araştırmada WORM (write once read many / tek yazma, çok okuma) pasif etiketlerin fiyatının 2008’ de 0,05 Euro olacağı beklenmektedir. Frost & Sullivan adlı danışmanlık şirketinin 2002 yılında perakende sektörü için yaptığı araştırmada RFID pazar hacminin 2008 yılında tüm dünyada 8 Milyar Dolara ulaşacağı belirtilmiştir. Soreon adlı araştırma kurumunun Avrupa (EU 15) perakende sektörü için yaptığı başka bir araştırmada 2004 yılında 400 Milyon Euro değerindeki RFID pazarının 2008 yılında 2,5 Milyar Euro civarına ulaşacağı belirtilmektedir. 2008’ de sadece Almanya’ nın bu pazardaki payının 600 Milyon Euro olacağı söylenmektedir. RFID etiketlerinde kitlesel üretime geçilmesi ve malzemenin ucuzlamasıyla fiyatların çok daha düşük seviyelere inmesi beklenmektedir. 2006’ dan itibaren Avrupa perakende sektöründe RFID etiketlerin sadece palet ve karton kutularda değil, tüm ürünlerin üzerinde yer alacağı tahmin edilmektedir.

Aynı raporda 2008 yılında Avrupa’ daki 2,60 Milyar adet ürünün üzerinde RFID etiketlerinin yer alacağı belirtilmektedir.



Şekil 2.7. RFID perakende pazarı için RFID etiket adedi

Radyo frekansı ile tanıma sistemleri, otomatik tanımanın pratik bir yöntemi olarak, geçiş kontrolünden hayvan etiketleme sistemlerine kadar geniş kullanım alanlarında kendine hızlı bir şekilde büyük yer bulmuştur. RFID sistemleri şimdilerde bazı uygulamalarda çubuk kodların yerini almakta, bazı uygulamalarda ise tamamlamaktadır. Bu sistemlerin yukarıda verilen birçok alanda kolaylıklar ve maliyetlerde düşüş getirmesi beklenmektedir.

Teknolojinin kullanım alanları henüz bazı kısıtlardan dolayı sınırlı olsa dahi, Evans Data Corporation' in bilgi teknolojileri marketinde yaptırdığı araştırma sonucu bir önceki yıla göre 2005 yılında RFID kullanımında %450' lik bir artış olmuştur, yine 2006 sonuna bu artışın %96 olması beklenmektedir.

Dünya üzerinde uygulanan RFID pilot projelerinde, iş süreçlerinin otomasyonu ve optimizasyonu üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Bu teknolojinin gelecek dönemlerde süreç maliyetlerini büyük oranda düşüreceği bilinmektedir (Tan ve diğ., 2009).

2.4.1. RFID Uygulamalar İle İlgili Çözülmesi Gereken Konular

RFID teknolojisi, iş süreçlerinin iyileştirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Teknolojinin ucuzlamasıyla birlikte kullanım hacmi de gidecek artacaktır. Bununla birlikte bazı açık kalan noktaların da çözüme kavuşturulması şarttır.

Bunlardan ilki standardizasyon sorunudur. MIT Üniversitesi' nde açılan Auto-ID Center' da 1999 yılından beri bu konu üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. EPC (Electronic Product Code) standartları bu merkezde geliştirilmiştir.

EPC genel yapısı UHF teknolojisi ile ilgili konunun da standardizasyon açısından çözüme kavuşturulması gerekmektedir. Amerika' da bu teknolojinin kullanımı ile ilgili herhangi bir sorun yokken, Avrupa' da UHF kullanımı ile ilgili yasal bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Kullanılan frekansın standartlaştırılabilmesi için, Avrupa ülkelerinin bazı yasal değişiklikler yapması gerekmektedir.

RFID uygulamalarında, sistemin bazı fiziksel özelliklerinden dolayı da sorunlar ortaya çıkabilir. Bunlardan biri farklı okuyuculardan gönderilen sinyallerin çakışması diğeri de çok fazla sayıda etiketin okuyucunun etki alanına girmesidir. Ayrıca RFID sisteminin kurulduğu ortam da önem taşımaktadır. Örneğin yüksek frekanslı dalgalar su içinde absorbe olurken, düşük frekanslı dalgalar da metal nesnelere

etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı sistemin tasarımı, uygulama başarısı için çok büyük önem taşımaktadır.

İnsan mahremiyetinin ihlal edilmesi konusunda oluşan çekincelerle Eylül 2003' de bazı insan hakları ve sivil toplum organizasyonları RFID teknolojisi kullanan marketleri dava etmiştir. Bu sistemin kötü yollar için kullanılabileceği öne sürülmüştür. Metro Grubu yürüttüğü çalışmalarda mağaza çıkışında RFID etiketlerini kullanım dışı bırakan bir sistem oluşturmuştur.

RFID teknolojisinin yeni olması özellikle uygulamalardaki bilgi eksikliğini beraberinde getirmektedir. Özellikle tedarik zinciri uygulamalarında başarının sağlanabilmesi için bu konuda yetkin ve deneyimli firmalarla çalışmak çok büyük önem taşımaktadır (Tan ve diğ., 2009).

2.4.2. RFID Sistemleri Geliştirmek İçin Önemli Faktörler

Kurum içinde RFID uygulama kararı yeni bir veri tabanı yönetim sistemi satın alma veya dış kaynak kullanımı gibi kuruma getireceği değerler göz önüne alarak verilmelidir. Başarılı bir RFID uygulaması için yapılması gerekenler:

- **Proje Takımı Oluşturun:** Farklı departmanlardaki kişilerden oluşan bir proje takımı oluşturun. Projenin sadece bilişim sistemleri departmanı tarafından oluşturulması süreçlerden beklenen faydaların elde edilmemesine neden olabilir.
- **Zamanı Dayalı Plan Oluşturun:** Proje ile ilgili olarak işlevsel, teknik ve eğitim ile ilgili dönüm noktalarını belirlenmelidir.
- **İşlevsel spesifikasyonların belirlenmesi:** Mevcut ve önerilen sistemdeki tüm iş akışları çıkarılmalı, mevcut ve planlanan donanımların belirlenmeli, değişmesi planlanan tüm işlemlerde performans ölçümleri oluşturulmalıdır.
- **Açık fikirli olunması:** Süreçleri yeniden tasarlarken yazılım ve donanımın sunduğu fırsatlardan yararlanılmalıdır.
- **Eğitim:** İşletmedeki herkesi gerçekleştirecek değişim ile ilgili eğitilmeli. Karşılacak gereksinimler, elde edilecek sonuçlar ve prosedürlerin nasıl değişeceği konularına odaklanılmalı. Resmin bütününe ihmal etmeyin, sistemi detaylandırırken departman ve işlem bazında etkilerini göz önüne alınmalıdır.

- Eğitimi Yaygınlaştırma: Eğitimden herkesin faydalanmasını sağlanmalı.
- Dışarıdan Yardım Alınması: Daha önce bir çok RFID sistemi oluşturan danışman ve sistem bütünleştiricilerinin size yardımcı olabileceğini unutulmamalıdır. Projede dışarıdan yardım almak faydalı olabilir.
- Saha Ziyaretlerinin Gerçekleştirilmesi: Beraber çalıştığınız danışman veya sistem bütünleştiricinin daha önce gerçekleştirdiği projeleri yerinde incelenmeli. Bu ziyaretlere tüm departmanlardaki proje üyelerinin katılmasına dikkat edilmeli. Projeyi tekrara gerçekleştirme şansları olsaydı farklı olarak ne yaparlardı, projedeki en büyük sürpriz neydi, sistem bütünleştirici proje içindeki belirlenen zamanlara ne kadar uydu gibi sorulara cevap aranmalıdır.
- Projenin Gerçekleştirilmesi: Projenin hepsini aynı anda gerçekleştirmek iyi bir çözüm değildir. Zamana dayalı plan kapsamında sistemi hayata geçirilmelidir.
- Muhtemel şanssızlıkların dikkate alınması: Acil durum planları hazırlanmalıdır. Projede önemli parçalardan (RF terminal, pil, güç kaynağı vb) yedekler oluşturulmalıdır. Yedekleme planları oluşturulmalıdır.
- Performansı Sürekli Olarak Ölçülmeli: Projeden önce belirlediğiniz ölçümlere göre sistemi gözlenmelidir. Oracle RFID Programı gelişiminden sorumlu müdür Brad ewksbury' a göre RFID projesi iki aşamada planlanmalıdır. İlk olarak projenin çalışacağı fiziksel ortam hazırlanmalıdır. Fiziksel ortam hazırlanırken cevaplanması gereken sorular kurulumun kaç bölgede gerçekleşeceği, okuyucuların nereye konacağı, etiketlerin nereye yerleştirileceği, güç kaynağı ile ilgili kısıtlamaların belirlenmesi, uygulanacak radyo frekansına, kullanılacak RFID etiketi ve okuyucu türlerine karar verilmesidir.

RFID ile ilgili optimum kullanımı belirlemek için en önemli anahtarlardan biri firmanın stratejik amaçlarını dikkate almaktır. Başarıyı belirleyecek 3 koşul anahtar performans göstergelerinin dikkate alınması, yazılım ve donanımdan beklenen faydaların belirlenmesi, işletme süreçlerinin değişmesi, otomasyonun uygulanmasıdır. Bunun yanında iç iletişimin yetersizliği, RFID teknolojisinin

optimal kullanımıyla ilgili pilot çalışmalar gerçekleştirmemek, kısa dönemli düşünme, RFID teknolojisinin faydalarını olduğundan fazla hesaplamak ve RFID teknolojisinin harikalar yaratacağını beklemek gereken hatalardır (Saatçioğlu 2006).

2.4.3. RFID Teknolojisinin Gelişmemesinin Nedenleri

RFID teknolojisi ile ilgili uygulama sayısının artmasını engelleyen bir çok neden bulunmaktadır:

- Entegre bir sistem oluşturmak için oldukça az sayıda firma olması nedeniyle RFID ile ilgili yatırım yapan firmalar teknolojiyi sağlayan firmalardan elde ettikleri teknolojileri kullanarak sistemi kendileri oluşturmak durumundadır.
- Elde edilen faydanın artması için uygulamanın tedarik zincirine yayılması gereklidir. Maliyet ve faydalarla ilgili tartışmaların yoğunluğu nedeniyle projeye başlamak oldukça zordur.
- RFID teknolojisi standart değildir. Standartlarla ilgili bir çok öneri olmasına ve bir çok standard üzerinde çalışılmasına rağmen gelecekte hakim olacak standard ile ilgili belirsizlik hakimdir. Dolayısıyla, standartlar konusundaki belirsizlik RFID' ye yapılan yatırımların azalmasında önemli bir etkidir.
- RFID teknolojisinin yaygınlaşmasını engelleyen bir diğer neden ise etiket maliyetleridir. Etiket maliyetlerinin önemli bir engel olması her malzemeye etiket takılması söz konusu olduğunda önemini arttırmaktadır. Etiket maliyetleri düşük fiyatlı ürünlerde RFID kullanımının ekonomik uygunluğunu ortadan kaldırmaktadır. Etiket fiyatları 5 cent' e düşmeden RFID yatırımlarının ekonomik olmayacağı görüşü hakimdir.

Yukarıda belirtilen engellerin çözülmesi RFID teknolojisinin yaygınlaşmasını sağlayacaktır (Saatçioğlu 2006).

2.4.4. RFID Sistemleri Açısından Değerlendirmeler

RFID' nin geleneksel bilgi sistemlerine göre üstünlüğü aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

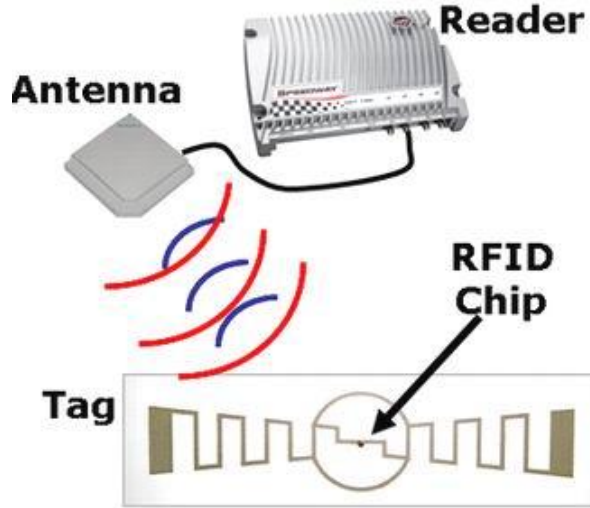
- RFID sistemleri uygulamanın gerçekleştiği anda veriyi elde ederler.

- RFID sistemleri işletmedeki bilgi sistemine herhangi bir gecikme olmadan sürekli veri yollarlar.
- RFID sistemleri gelen verileri doğrulayabilme kapasitesine sahiptir.

RFID sistemlerinin aşağıda açıklanan bir takım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Saatçioğlu 2006).

2.5. RFID Özellikleri, Avantajları Ve Dezavantajları

RFID, bugüne kadar bildiğimiz otomatik veri toplama teknolojileri olan barkod çubukları ve optik sinyaller (lazer ya da CCD) kullanan formlardan farklı olarak entegre devreler, taşıyıcı etiketler ve okuyucular arasında radyo dalgaları kullanılarak iletişim kurulan kimlik tanıma metodudur.



Şekil 2.8. RFID sistemi

RFID, üzerinde mikroişlemci ile donanmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesine imkan veren radyo frekansları ile çalışan bir teknolojidir.

RFID ve barkod uygulamaları bazen benzerlik gösterse de temelde iki farklı teknolojidir. En büyük fark da yukarıda dile getirdiğimiz barkodların doğrudan görüş teknolojisini kullanmasıdır. Bu barkodu okumak zorunda olan bir tarayıcı gerekliliği kılabilir. Bu yüzden kullanıcılar tarayıcıyı barkoda tutup okutmak zorundadır. RFID etiketleri ise RFID okuyucunun menziline olduğu sürece okunabilir. Barkodun aksine etiket ile okuyucu arasında görsel temas olmasa dahi okuma süratli ve kesin

bir şekilde sağlanabilmektedir. Zor çevre koşullarında kullanılabilen RFID etiketler; kar, sis, buz, boya, yağ gibi çevresel faktörlerden de etkilenmezler. RFID teknolojisinin barkoda olan tüm bu üstünlüklerine rağmen, en büyük dezavantajı pahalı olması olarak görülmektedir.

Aslında RFID etiketlerin fiyatlarının doğrudan olarak barkod etiket fiyatları ile birebir kıyaslanması doğru bir yaklaşım değildir. RFID etiketlerin fiyatları barkod etiketlerinden daha yüksek olsa da, okunabilir-yazılabilir bir RFID etiketin üzerine bilginin defalarca yazılabildiği göz önüne alındığında RFID etiketlerinin, barkod etiketinden uzun vadede daha kârlı geldiği söylenebilir.

Ayrıca RFID etiketlerin her türlü hava şartlarında, açık alanda kullanılabildiği, uzun yıllar ömrünün olduğu, uygulamalara esneklik kazandırıcı faktörleri de eklendiğinde etiket maliyetlerinin özellikle etiketlerin yeniden kullanılabildiği kapalı devre uygulamalar için görüldüğü kadar yüksek olmadığı ortaya çıkmaktadır.

RFID teknolojisinde veriler şifrelenerek iletilebildiğinden ve diğer birçok özelliği sayesinde güvenlik konusunda manyetik kartlardan da çok daha güvenlidir. Ayrıca fiziksel temas gerektirmemesi kullanım kolaylığı da sağlar. Örneğin RFID teknolojisi ile kimlik bilgileri cüzdanınızda iken okuyucuya okutulabilmektedir (Can 2009).

2.5.1. Avantajları

RFID kullanımının çok farklı alanlarda gerçekleştiği göz önüne alındığında ve geleneksel bilgi sistemleri ile ilgili yukarıda açıklanan üstünlükleri dikkate alındığında, RFID ile bir çok faydanın elde edilebileceğini söylemek zor olmayacaktır. RFID ile elde edilen faydalar teslimat zamanlarının azalması, teslimat zamanlarının önceden belirlenmesi, tekrarlanan işlerin azaltılması, işgücü ile gerçekleşen işlemlerin otomasyonla gerçekleşmesi sonucunda hataların azalması ve işgücü maliyetlerinde azalma, üretimden satış noktasına kadar ürünle ilgili detaylı bilginin elde edilmesiyle tedarik zincirinde oluşabilecek problemlere karşı önlem alınabilmesi, tedarik zincirindeki değişime hemen cevap verebilme, sonuç olarak tedarik zinciri kontrolü ve yönetiminin etkinleşmesi, ürünlerin depo ve dağıtım alanlarında yerleşimin etkin biçimde gerçekleşmesinin sağlanması, firelerin azalması, ürünlerin çıkış/giriş kontrol sürelerinin azalması, ürün satışlarının anında belirlenmesi nedeniyle rafların etkin düzenlenmesi, hırsızlığın azaltılması, son

kullanım tarihlerinin izlenebilmesi, ürünlerin yetkili olmayan kanallara gönderilmesinin engellenmesi, bütün bu sayılan faydaların sonucunda ürünleri izleme için geçen zamanın azalması, müşteri hizmetlerinin geliştirilmesi, müşterilerin satın alma davranışlarının izlenmesi sonucu hedef müşterilerin belirlenmesinde sağlanan kolaylıklar ve müşteriye ilgilenmek için daha fazla zaman ayrılması olarak açıklanabilir (Texas Instruments., 2011).

Açıklanan faydaların gerçekleşmesi sonucu elde edilecek rakamsal değerler ile ilgili bir çok tahminler ve araştırmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, ABD’ deki bazı tekstil mağazalarında gerçekleştirilen araştırmalarda mağazada bulunan giysilerin kontrolünün artmasından dolayı satışlarda %7 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Toshiba bilgi sistemleri Amerika bölümü RFID ile verimliliğini %25 artırmış, dağıtım maliyetlerini %44 azaltmış ve stoklardaki sapmaları %0.01’ den daha aza indirmiştir. ABD’ deki üretim ve perakende sektörleri tedarik zincirlerinin etkin olmaması sonucu yıllık kayıplarını 70 milyar \$ olarak belirtmektedir. Tedarik zincirindeki kayıpların nedeni olarak raflarda istenen ürünün bulunmaması, tedarik zinciri içinde herhangi bir yerde oluşacak hırsızlık ve ürün bilgilerinin yanlış kaydedilmesi olarak ifade edilmektedir. Bahsedilen hatalar incelendiğinde RFID kullanımının hataların engellenmesinde etkili olabileceğini düşünmek yanlış olmayacaktır (Saatçioğlu 2006).

2.5.2. Dezavantajları

RFID teknolojisi ile yukarıda sağlanan faydaların yanında bir takım göz önüne alınması gereken dezavantajlarda bulunmaktadır. RFID teknolojisi ile müşterilerin bilgisi olmadan müşterilerle ilgili bilgi toplama oldukça kolaylaşmıştır. Bunun yanında etiket üstündeki kişisel bilgilerin satışdan sonra kalması ile ilgili kaygılar önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Müşteri dükkandan çıkmadan önce RFID etiketleri çıkarılmaz veya etkisiz hale getirilmezse müşteri satın aldığı eşyaların algıladığı radyo sinyalleriyle kontrol edilebilir. Verilerin yanlış kullanımı, yetkisiz kişiler tarafından erişimi, müşterilerin satın alma davranışı ile ilgili verilerin üçüncü taraflara transferi, sonuç olarak müşterilerin her hareketinin izlenmesi ortaya çıkabilecek problemlere örnek olarak verilebilir. Eylül 2003’ de İngiltere’nin önde

gelen insan hakları ve ferdi özgürlük organizasyonu Liberty, RFID teknolojisini kullanan perakendecilere yönelik bir kampanya başlatmıştır.

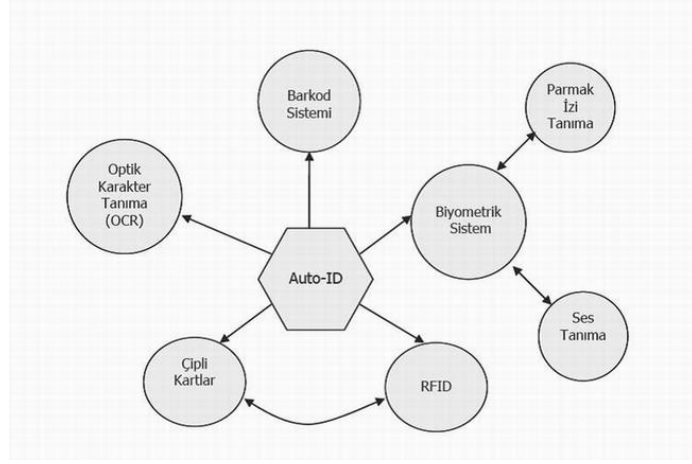
Bu kampanyanın başlamasının nedeni büyük perakendecilerden birinin müşterilerin raftan jiletleri aldığı anda ve dükkanı ürünle birlikte terk ettiği anlardaki fotoğraflarının çekilmesidir. Jiletlerin üretici firması olan Gillette ise bu grubun baskılarına şiddetle karşı çıkmış ve RFID' yi kullanım amaçlarının tedarik zincirlerinin etkinliğini arttırmak olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında Mart 2003' de Benetton 28 kıyafetlerinde kullandığı RFID etiketleriyle ilgili politikasını müşteri gizliliği ile ilgili konuları göz önüne alarak yeniden değerlendireceğini bildirmiştir. Firmalara teknoloji değişiminin işletme, müşteri ve topluma etkisinin değerlendirilmesinde yardımcı olan bağımsız bir araştırma kurumu olan Forrester Research Marks&Spencer' in High Wycombe' da bulunan dükkanında kıyafetlere uyguladığı RFID denemesinden övgüyle bahsetmektedir. Forrester Research' ın belirlediği iyi özellikler etiketlerin görünülebilir olması; müşterilerin etiketlerin satın almadan sonra giysilerden çıkarılmasını talep edebilmesi; RFID okuyucuların ticaretin yoğun olduğu saatlerin dışında kullanılması ve firmanın müşteri bilgilerinin gizli tutulmasını isteyen bir firmadan danışmanlık almasıdır. Gizlilik ile ilgili olarak firmaların halka ilişkiler kampanyalarına yönelmeleri ve müşterilerle ilgili elde ettikleri bilgileri özgürlüklerin ihlaline yönelik kullanılmıyacaklarını taahhüt etmeleri, etiketlerdeki bilgilerin bireylerle ilgili bilgilerle ilişkilendirilmeyeceği mesajını ısrarla vermesini, gerekli koşullarda kanun çıkarılması önerilmektedir. The National Consumer Council (2004)' e göre müşterilere çıkış noktasında etiketlerin pasif hale getirilmesini isteyip istemedikleri sorulabilir veya müşteriler etiketlerin aktif kalması ile ilgili teşvik verilebilir. Civil Liberties gruba göre müşterilere RFID etiketi taşıyan ürünlerle ilgili bilgi verilmesi ve alışveriş sonrası etiketlerin pasifleştirilmesi hakkında açık olarak bilgilendirilmelerinin gerekliliği üzerinde durmaktadır, bunun yanında ABD' de gizlilikle ilgili faaliyet gösteren CASPIAN (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering) teknoloji ile ilgili olarak kamu politikası geliştirmesinin gerekliliği üzerinde durmaktadır. Bunun yanında CASPIAN RFID projesi ile ilgili kaçınılması gereken 4 konuyu şöyle belirtmektedir. İlk olarak, firmalar müşterilere satın aldıkları ürünlerin üstünde RFID etiketi olmasını zorlamamalıdır. İkinci olarak, bireylerin RFID etiketleri ve okuyucularını belirleme

ve etiketleri pasifleştirme ile ilgili kısıtları olmamalıdır. Üçüncü olarak, RFID giysiler, tüketicilerin kullandıkları ürünler veya diğer ürünler kanalıyla insanların izlenmesinde kullanılmamalıdır. Son olarak, RFID hiçbir zaman özgürlüğü kısıtlamada veya kaldırmada kullanılmamalıdır.

Zawal, RFID teknolojisine geçişin teknolojiye uyum, firma içinde iyileşmeler ve firma dışında iyileşmeler olarak 3 aşamada gerçekleşeceğini öngörmektedir. RFID sistemleri sonucu elde edilen verinin artması ve firmaların artan veriyi etkin bir biçimde kullanabilme zorunluluğu dikkate alınması gereken bir başka konudur. RFID sistemlerinden elde edilen verilerin kurum içinde kullanılan diğer bilgi sistemleriyle entegre edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bir çok perakendeci firma mevcut verilerini dahi çok az kullandığını belirtmektedir. RFID sistemlerini işletmedeki süreç ve sistemlerle entegre etmek oldukça kompleks ve maliyetlidir. Bunun yanında Zawal “RFID teknolojisini işletmedeki sistemlerle entegre edildiği durumda gerçek faydanın elde edileceğini belirtmektedir. RFID teknolojisine yapılan yatırımın önemli geri dönüş olasılıkları olan önemli bir yatırım olduğunu, işletme süreçleriyle sağlanan entegrasyonun maliyetleri azaltıp karları artırabileceğini belirtmektedir.” (Saatçioğlu 2006).

2.6. Otomatik Tanımlama Sistemleri

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri, kurumsal uygulamalarda insan faktörünün aradan çıkarılarak toplanacak verilerin iş akışı süreci içinde kesintiye uğramadan otomatik ve hatasız olarak alınması olarak tanımlanabilir. İş akış süreci kimi zaman depodaki ürünlerin sayımı gibi yerinde sabit duran nesnelerin tanımlanması ve sayılması olabilirken, kimi zamanda kimlik doğrulanması için parmak izi gibi biyometrik sistem uygulaması şeklinde olabilir. Aslında günlük yaşamımızda bir çok alanda otomatik veri toplama sistemleri ile karşılaşırız, alışveriş yaptığımız marketten, para çektiğimiz bankamatiğe otoyollarda ödeme yaptığımız KGS ve OGS gibi sistemlere kadar birçok otomatik tanımlama sistemi hayatımızda yer almış durumdadır.



Şekil 2.9. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri

2.6.1. Barkod Sistemi

Barkodlar, geçtiğimiz 20 yılda diğer tanımlama sistemlerine karşı kendini başarılı bir şekilde üstün tutmuştur. Uzmanlara göre, barkod sistemlerinin iş hacmi, 1990'ların başında Batı Avrupa' da 3 milyar Alman Markı civarındaydı. Barkod, paralel bir konfigürasyon içinde çubukların ve gediklerin bir sahasını kapsayan ikili bir koddur. Barkodlar, ilgili bir sembole atıfta bulunan veri elemanlarını temsil eden ve önceden tanımlı bir kalıba göre düzenlenmiştir. Geniş ve dar çubuklar ve gediklerden oluşan dizi, sayısal olarak ve alfanümerik olarak yorumlanabilir. Optik lazer, tarama ile yani siyah çubuklardan ve beyaz gediklerden geçen bir lazer huzmesinin farklı yansıması ile okunur.

- Veri ile denetim bilgisini karıştırılmış 2/5 kodu: Otomobil sanayi, malları depolama, paletler, konteynırları ve ağır sanayiye taşıma
- Kod 39: Sanayi, lojistikler, üniversiteler ve kütüphaneleri işleme (Klaus 2003).

2.6.2. Optik Karakter Tanıma

Optik karakter tanıma (OCR) ilk önce 1960 larda kullanıldı. Özel fontlar, belirli bir stile uygun olarak yapılmış karakterleri bu uygulama için geliştirildi, bunlar hem insanlar tarafından normal yol içinde hem de makinalar ile otomatik olarak okunabilir. OCR sistemlerinin en önemli avantajı, bilginin yüksek yoğunluğudur ve bir acil durum içinde görsel olarak veriyi okuma ihtimalidir.



Şekil 2.10. ISBN numaraları bulunduran barkod

Bugün, üretim, hizmet ve yönetim alanlarında ve çeklerin kaydı için bankalar içinde de kullanılır (kişisel veri, örneğin isim ve hesap numarası, OCR tipi içinde bir çekin alt satırı üzerine basılır).

Bununla beraber, OCR sistemleri; diğer ID prosedürleri ile karşılaştırıldığında yüksek fiyatı ve karmaşık okuyucular yüzünden evrensel olarak uygulanmada başarısız olmuştur (Klaus 2003).

2.6.3. Biyometrik Tanımlama

Biyometrikler, canlı varlıkların içine alındığı sayma ve ölçme prosedürlerinin bilimi olarak tarif edilir. Kimlik sistemleri bağlamında, biyometri, yanlış anlaşılmayan ve bireysel fiziksel karakteristikleri karşılaştırarak insanları belirleyen tüm prosedürler için genel terimdir. Uygulamada kullanılan biyometrikler, parmak izi kontrolü ve el yazısı prosedürleri, ses tanıma ve retina tanımadır (Klaus 2003).

2.6.4. Ses Tanıma

Son zamanlarda, uzmanlaşmış sistemler, konuşmacı doğrulama kullanarak bireyleri belirlemede kullanılır oldu. Bu sistemlerde, kullanıcı, bilgisayara bağlı bir mikrofon içine konuşur. Bu ekipman, tanıma yazılımı tarafından değerlendirilen konuşulan kelimeleri dijital sinyallere dönüştürür.

Konuşmacı doğrulamanın amacı, onların sesine dayalı olarak, kişinin varsayılan kimliğini kontrol etmektir. Bu, mevcut bir referans kalıba karşı, konuşmacının konuşma karakteristiklerini kontrol ederek başarılabilir. Eğer veriler karşılık bulursa, bundan sonra bir reaksiyon başlatılabilir (Klaus 2003).

2.6.5. Parmak İzi Tanıma

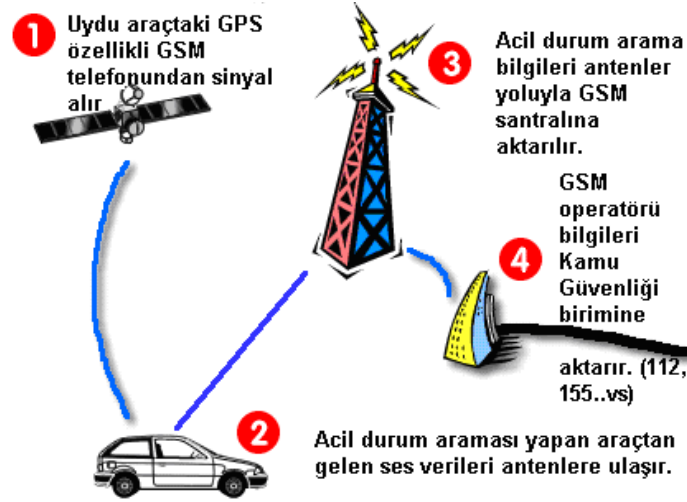
Kriminolojide, yirminci yüzyılın başından beri suçluları tanımak için parmak izi prosedürleri kullanılmaktadır. Bu süreç, sadece parmağın kendisinden değil, aynı zamanda sorun olan bireyin dokunduğu nesnelere elde edilebilen, parmak uçlarının kabarcık ve derisel kabarcık çizgilerinin karşılaştırmasına dayalıdır.

Parmak izi prosedürleri, kişisel tanıma için kullanıldıklarında, giriş prosedürleri için, parmakucu özel bir okuyucunun üzerine yerleştirilir. Sistem, okuduğu kalıptan bir veri kaydı hesaplar ve bunu saklanmış bir referans kalıp ile karşılaştırır. Modern parmak izi ID sistemleri, bir parmak izi tanıma ve kontrolünü yarım saniyeden daha az bir süre yapar. Hileleri önlemek içinse, parmak izi ID sistemleri, okuyucu üzerine yerleştirilen parmağın yaşayan birisine ait olup olmadığını bile saptayabilir şekilde geliştirilmiştir (Klaus 2003).

2.6.6. GPS-GSM ile Tanımlama

GPS yani Global Position Systems yani küresel yer belirleme sistemleri atmosferdeki uydular ile haberleşebilen cihazlardır. Bu cihazlar kendi üzerlerinde bilgi olarak 5-30m hassasiyet ile konum belirtebilmektedir. Bu bilginin GSM ağı üzerinden GPRS, EDGE yada 3G ile merkezi bir sisteme aktarılması ile konumlandırma ve otomatik tanımlama yapılabilmektedir. Bu sistemin en temel dezavantajları:

- GPS cihazların maliyeti
- GSM ağı üzerinden sürekli veri akışı olması nedeni ile maliyetler
- Bilgilerin sürekli olarak aktarılması dolayısı ile kişilik haklarına karşı yapılan gereksiz sorgular, yani araç köprüden geçerken bilgisini alabileceğiniz gibi saat kaçta evinden işinde çıktığı bilgisi de sisteme gelebilmektedir.
- GSM ile aynı eşleştirme ve güvenlik problemleri



Şekil 2.11. GPS-GSM ile konum belirleme

2.7. Smart Kartlar

Bir smart kart, uygunluk için kredi kartı boyutunda bir plastik kart içine dahil edilen, ek hesaplama kapasitesi ile bir elektronik veri depolama sistemidir. Peşin ödenen telefon smart kartları biçimindeki ilk smart kart, 1984’ te piyasaya sürüldü. Smart kartlar, temas yayları kullanarak kartın temas yüzeyine, bir galvanik (elektrik çarpmasına benzeyen) bağlantı yapan bir okuyucu içine yerleştirilir. Smart kart, temas yüzeyleri yoluyla okuyucudan enerji ve bir saat darbesi ile beslenir. Okuyucu ve kart arasında, bir iki yönlü seri arayüz kullanarak veri transferi meydana gelebilir (Giriş/Çıkış portu). Dahili işlevselliklerine dayalı olarak smart kartın iki temel tipi arasında farklılaştırma yapmak mümkündür.

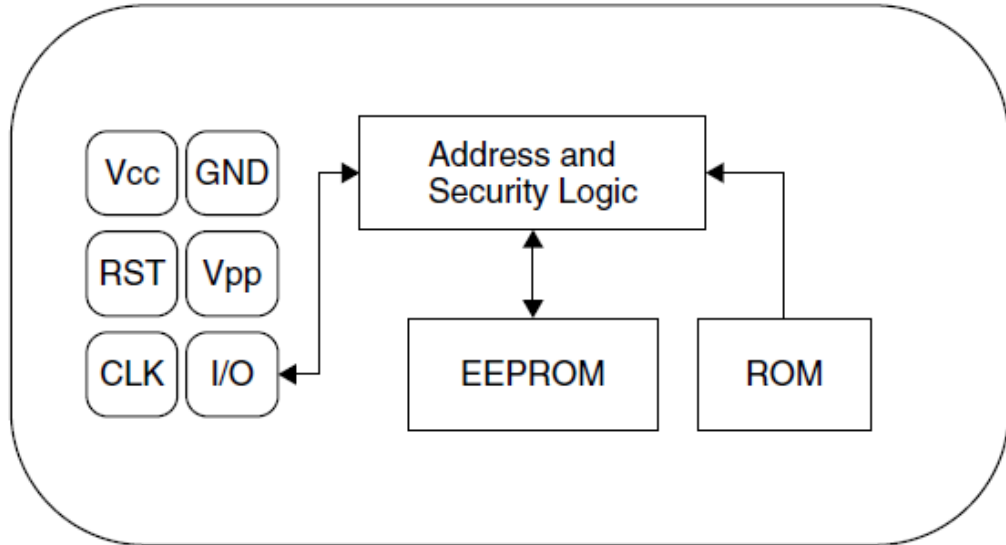
Smart kartın temel avantajlarından biri, üzerine depolanmış veri, arzu edilmeyen (okuma) erişimi ve manipülasyona karşı korunabilir olması gerçeğidir. Smart kartlar, bilgi veya finansal kayıtları daha basit, daha güvenli ve daha ucuz yapmakla ilgili tüm hizmetleri yapar. Bu nedenle, 200 milyon smart kart, 1992’ de dünya çapında konu oldu. 1995’ te bu rakam, 500 milyonu bellek kartları , 100 milyonu mikroişlemci kartları olmak üzere toplamda 600 milyona yükselmişti. Smart kart piyasası, bu yüzden, mikroelektronik sanayinin en hızlı büyüyen alt sektörlerinden birini temsil etmektedir.

Temas tabanlı smart kartların dezavantajlarından biri, dayanıklılık, korizyon ve kire karşı temasların savunmasızlığıdır. Sık sık kullanılan okuyucuların işlem bozukluğuna karşı eğilimlerine göre bakımını yapmak pahalıdır. Ek olarak, kamuya

göre ulaşılabilir okuyucular (telefon kutuları) kötü ve hor kullanıma karşı korunamayabilir (Klaus 2003).

2.7.1. Bellek (Hafıza) Kartları

Bellek kartlarında, belleğe (genellikle EEPROM) sıralı bir mantık kullanarak erişilebilir. Bellek kartlarında aynı zamanda, basit güvenlik algoritmalarını birleştirmek mümkündür, örneğin, bu sistemi kullanarak akım şifreleme mümkündür. Söz konusu olan bellek kartının işlevselliği, belirli bir uygulama için genellikle optimize edilir. Uygulamanın esnekliği, yüksek derecede sınırlıdır fakat, pozitif tarafta, bellek kartları çok uygun maliyetlidir. Bu nedenle, bellek kartları, fiyat duyarlı, büyük-ölçek uygulamalarda ağırlıklı olarak kullanılır. Bunun bir örneği, Almanya' da devlet emekliliği sistemi tarafından kullanılan ulusal sigorta kartıdır (Klaus 2003).



Şekil 2.12. Bellek (Hafıza) kartı yapısı

2.7.2. Mikroişlemci Kartları

İsminden de anlaşıldığı gibi, mikroişlemci kartlar, bir bölümlenmiş belleğe (ROM; sadece okunur bellek, RAM; sadece erişilebilir bellek ve EEPROM segmentleri) bağlı olan bir mikroişlemci içerir.

Maske programlanmış ROM, mikroişlemci için bir işletim sistemini (daha yüksek programlama kodu) bünyesinde barındırır ve çip imalatı sırasında eklenir. İmalat sırasında belirlenen ROM' un içeriği, aynı üretim yığınından tüm mikroçipler için özdeştir, ve üzerine yazılmayabilir.

Çipin EEPROM' u , uygulama verisi ve uygulamayla ilgili program kodu içerir. Bu bellek alanına yazmak veya okumak, işletim sistemi tarafından kontrol edilir.

RAM, mikroişlemcinin geçici çalışma belleğidir. RAM' de depolanan veri, güç kaynağı bağlantısı kesildiğinde kaybolur.

Mikroişlemci kartlar çok esnektir. Modern smart kart sistemlerinde, bir tek kart içinde farklı uygulamaları entegre etmek de mümkündür (çoklu-uygulama). Programın uygulamaya özel parçaları, imalattan sonra ve işletim sistemi yoluyla başlatılabilmeye kadar, EEPROM içine yüklenilmez.

Mikroişlemci kartlar, temel olarak, güvenlik duyarlı uygulamalarda kullanılır. Örnekler, GSM mobil telefonlar ve yeni EC (elektronik nakit para) kartları için smart kartlardır. Mikroişlemci kartları programlama seçeneği de yeni uygulamalara hızlı uyumu kolaylaştırır (Klaus 2003).

2.8. RFID ve Barkod Teknolojisinin Karşılaştırılması

RFID etiketleri ile barkodlar karşılaştırıldığında RFID etiketleri hız, daha uzun okuma menzili ve daha güvenilir bir sistem olması ile öne çıkmaktadır. Bunun dışında gereken okumayı obje hareket halinde iken ve hatta etiket ile okuyucu arasında engelleyici bir katman olsa dahi okuma gerçekleşmektedir. Bu sebeple kutulanmış ve paketlenmiş ürünler dahi okunabilmektedir. Barkodun aksine etiket ile okuyucu arasında görsel temas olmasa dahi okuma hızlı ve kesin bir şekilde sağlanabilmektedir. Bu avantajlar arasında belki en göze batanı da aynı anda birden fazla etiketin okunabilmesi özelliğidir. Bilindiği gibi barkodlarda elle tek tek okuma yapılmaktadır.

RFID teknolojisinin yaygınlaşması ile ilgili olarak dikkate alınması gereken bir nokta geçtiğimiz on yılda firmaların barkod altyapısına önemli yatırımlar yapmış olduklarıdır. Demantra' nın ürün pazarlamasından sorumlu müdür yardımcısı ve daha önce AMR' de barkod teknolojisi ile araştırmalar gerçekleştirmiş olan John Bermudez, barkod teknolojisinin en iyi çözüm olmadığını fakat denenmiş, doğru ve

ucuz bir teknoloji olduğunu belirtmektedir. Örnek olarak daha ucuz ve gelişmiş bir teknoloji olan XML' e rağmen taşıyıcıların taşıyan ve taşıtanların hala EDI' yı kullanmakta olduğunu belirtmektedir. Bu örnek aynı zamanda firmaların eski teknolojilere yatırım yapmalarından dolayı yeni teknolojileri ne kadar süre sonra uygulayacakları ile ilgili bir test olarak gösterilebilir. Tablo 2.2' de RFID ve barkod teknolojileri karşılaştırılmaktadır (Jurban R ve WYLD D., 2004).

Tablo 2.2. RFID ve Barkod karşılaştırması

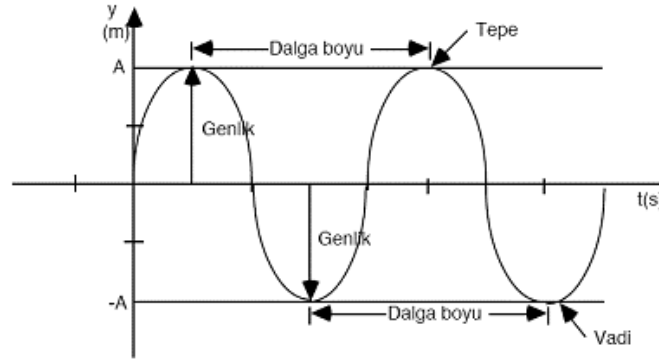
BARKODLAR	RFID
<ul style="list-style-type: none"> • Barkodların okunması için görüş mesafesi gereklidir. • Barkodlar teker teker okunmalıdır. • Barkodlar kirli veya hasar görmeleri durumunda okunamazlar. • Barkodların kaydedilmesi için görünür olmaları gereklidir. • Barkodlar sadece herhangi bir malzemenin türünü belirler. • Barkodların üstündeki veriler güncellenemez. 	<ul style="list-style-type: none"> • RFID etiketlerinin okunması veya güncellenmesi için görüş mesafesi gerekli değildir. • Aynı anda birden çok RFID etiketi okunabilir. • RFID etiketleri kirli ortamlarda okunabilirler. • RFID etiketleri çok incedir, bir malzemenin içinde oldukları takdirde bile okunabilirler. • RFID etiketleri malzemeleri belirleyebilir. • RFID etiketleri üzerindeki veriler defalarca güncellenebilir. • Malzemelerin belirlenmesi için barkodların manual olarak kullanılması gereklidir, bu durumda insan hatası söz konusu olabilir. • RFID etiketlerinin otomatik olarak kontrol edilmesi insan hatasını ortadan kaldırır.

3. RFID SİSTEMİN ALTYAPI GEREKSİNİMLERİ

3.1. Temel Kavramlar

3.1.1. Elektromanyetik Dalgalar ve Dalga Boyu

Ses, görüntü ve data gibi bilgiler daha yüksek frekanslı bir elektromanyetik dalga yardımıyla yayınlanırlar. Yüksek frekanslı dalgaya radyo frekans denilir. Bu dalga RF kısaltmasıyla gösterilir. (RF yardımıyla taşınan bilgi de ses ise AF, görüntü ise VF kısaltmasıyla gösterilir.) Genellikle, antenden yayınlanan RF dalga olarak, kablodaki RF ise sinyal olarak nitelendirilir. Frekans veya titreşim sayısı bir olayın birim zaman (tipik olarak 1 saniye) içinde hangi sıklıkla, kaç defa tekrarlandığının ölçümüdür, matematiksel ifadeyle periyodun çarpmaya göre tersidir.



Şekil 3.1. Dalga boyu ve genlik

Bir olayın frekansını ölçmek için o olayın belirli bir zaman aralığında kendini kaç kere tekrar ettiği sayılır sonra bu sayı zaman aralığına bölünerek frekans elde edilir. SI birim sisteminde frekans, Hertz (Hz) ile gösterilir. Bir Hertz, bir olayın saniyede bir tekrarlandığı anlamına gelir. Olayın iki Hertzlik bir frekansa sahip olması ise, olayın saniyede kendini iki kere yinelediğini ifade eder. Frekans ölçmenin başka bir yolu ise olayın kendini tekrar etmesi arasında geçen süreyi tayin etmektir zira frekans bu sürenin çarpmaya göre tersi olduğundan dolayı olarak elde edilebilir. İki yinleme arasında geçen süreye periyot denir. Fizikte genellikle "T" ile gösterilir.

3.1.2. Frekans ve Verilerin Aktarımı

Radyo Frekans yayıncılıkta bir bilgi sinyali ile modüle edilmiş olan taşıyıcı sinyal anlamına gelmektedir. Ancak, bu isim zamanla modüle edilsin, edilmesin, yüksek frekans anlamına da kullanılmaya başlanmıştır.

RFID' ler düşük (100-500 KHz), yüksek (10-15 MHz) ve çok yüksek (0,9-5 GHz) olmak üzere 3 radyo frekansı bandında yayın gönderebilmektedir. Düşük frekanslarda kullanılan uygulamalara örnek olarak hayvanların izlenmesi örnek verilebilir. Düşük frekansların en önemli dezavantajı düşük veri okuma hızıdır. Düşük veri okuma hızının en önemli dezavantajı ise aynı anda bir çok malzemenin okunmasıyla ilgili zorluktur. Yüksek frekansın en önemli avantajı ise global olarak geçerli olmasıdır. Yüksek frekanstaki en yaygın uygulamalar ise ulaştırmada kullanılan akıllı kartlardır. Çok yüksek frekansta ise etiketler dalgaların karışmasına karşı hassas olup, sıvı ve metallerin yanında en az etkin olan dalga türüdür (Angeles ve Rebecca 2005).

. Tablo 3.1. RFID frekans bantları

Band	Frekans Aralığı	Uygulama
Alçak Frekans (LF)	120-135 KHz	Kısa mesafe uygulamalar
Yüksek Frekans (HF)	13.56 MHz	Akıllı kart ve etiketler için kullanılan frekans
Ultra Yüksek Frekans (UHF)	433 MHz	Aktif düşük güçlü etiketler
	860-960 MHz	Tedarik zinciri uygulamaları
Mikrodalga	2450 MHz	Aktif etiketlerle daha büyük haberleşme mesafeleri ve daha yüksek hızlarda data iletimi

RFID teknolojisinin ülkelere göre çalışma frekansları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 3.2. RFID ETSI frekansları

	ETSI 300-220	ETSI 302-208
Frekans	869.4-869.65 MHz	865-868 MHz
Band Genişliği	0.25 MHz	3 MHz
Maksimum Güç	0.5 Watt ERP	2 Watt ERP
Kanal	1	15

Tablo 3.3. Ülkelerde kullanılan RFID çalışma frekansları

Frekans Bandı	Frekans	Sistem	Bölge/Ülke
LF	125-134 KHz	Endüktif	ABD, Kanada, Japonya ve Avrupa
VHF	13.56 MHz	Endüktif	ABD, Kanada, Japonya ve Avrupa
UHF	433.05 - 434.79 MHz	Yayınım	Avrupa' nın büyük kısmı, ABD ve Japonya
UHF	865 - 868 MHz	Yayınım	Avrupa, Orta Doğu, Singapur, Kuzey Afrika
UHF	866 - 869 ve 923 - 925 MHz	Yayınım	Güney Kore, Japonya, Yeni Zelanda
UHF	902 - 928 MHz	Yayınım	ABD, Kanada, Güney Amerika, Meksika, Tayvan, Çin, Avustralya, Güney Afrika
UHF	952 - 954 MHz	Yayınım	Japonya (Pasif etiketler için)
Mikrodalga	2.4 - 2.5 ve 5.725 - 5.875 GHz	Yayınım	ABD, Kanada, Avrupa ve Japonya

Frekanslar farklı karakteristiklere sahiptir. Örneğin düşük frekanslı etiketler daha az güç kullanırlar ve metal olmayan cisimleri algılamada daha iyidirler. Meyve gibi yüksek su içeren cisimlerde idealdirler, ancak okuma kapasiteleri düşüktür (0.33 metre). Yüksek frekanslı etiketler metal cisimlerde daha iyidirler ve su içeren cisimler için de kullanılabilirler. 1 metreden çok rahat okunabilirler (Can 2009).

UHF frekansı daha yüksek okuma kapasitesine sahiptir ve düşük ve yüksek frekanslara göre veri aktarımını daha hızlı yaparlar. Ancak çok fazla güç kullanırlar ve cisimle aralarında görüş engeli olmamalıdır. Bu yüzden etiket ile okuyucu arasında net bir iletişim yolu olmalıdır. UHF frekanslı etiketler bir deponun kapısından girişi yapılan kutuların taranması için daha iyidir. Uygulama için doğru frekansı seçilmesi çok önemlidir. Günümüzde en sık kullanılan ve pazar tarafından en çok talep edilen frekans 13.56MHz' dir (Can 2009).

Tablo 3.4. Frekans bandları ve uygulamalar

Frekans Bandı	Uygulamalar
433.5 - 434.5 MHz	Avrupa' da ISM bandı kullanılmaktadır. Japonya ve Kore' de uygulanmak üzere planlanmaktadır.
865 - 868 MHz	ETSI 302-328 düzenlemeleri sonucunda tanımlanan spektrumdur.
869.4 - 869.65 MHz	Avrupa' da RFID ve diğer uygulamaları için lisans gerektirmeyen banda ayrılmış 250 KHz' lik spektrumdur.
902 - 928 MHz	Kuzey Amerika' da yayılı spektrum haberleşmesi için ayrılmış lisans gerektirmeyen bandır.
918 - 926 MHz	ERP 1 Wata kadar müsaade edilen Avustralya standartıdır.
950 – 956 MHz	Japonya' da RFID uygulamaları için ayrılmıştır.
2.4 GHz (Mikrodalga)	Dünyanın bir çok ülkesinde lisans gerektirmeden yayılı spektrum uygulamaları için ayrılmış olan bandır. Bluetooth ve WLAN uygulamaları içinde kullanılmaktadır. (IEEE 802.11b ve 802.11g)

Tabloda, alçak frekans, yüksek frekans, çok yüksek frekans ve mikrodalga frekansları ve özellikleri görülmektedir (Can 2009).

3.1.3. Alçak Frekans - (Low Frequency - LF <135 KHz)

- Tipik olarak pasif, sadece okunabilir veya okunur-yazılır etiketler kullanılır.
- Etiketler ucuz ama anten açısından sistem uzun ve pahalı bir bakır antene ihtiyaç duyar.
- Metal ve sıvıların performansı düşüren etkilerinden en az etkilenen frekanstır.
- LF kısa okuma mesafesine ve düşük okuma hızına sahiptir.

Diğer frekanslara nazaran daha geniş boyutlara sahip etiket kullanılır.

3.1.4. Yüksek Frekanslar - (High Frequency - HF - 13.56 MHz)

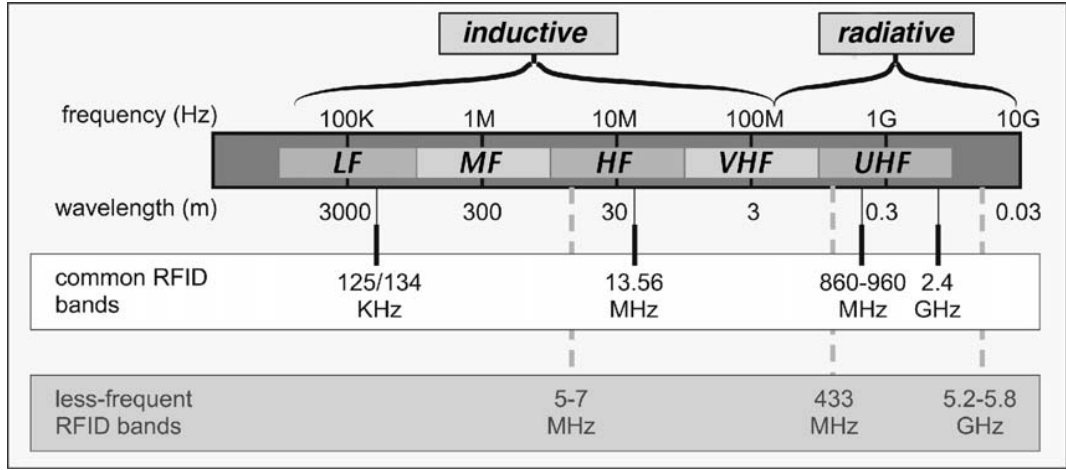
- Tipik olarak pasif, sadece okunabilir, okunur-yazılır veya bir kere yazılıp çok kez okunabilen WORM etiketler kullanılır.
- Uzun okuma menziline ihtiyaç duymayan çoklu etiket uygulamaları için uyumludur.

3.1.5. Çok Yüksek Frekanslar - (Ultra High Frequency - UHF - 868 MHz-915MHz)

- Aktif veya pasif sadece okunabilir, okunur-yazılır veya bir kere yazılıp çok kez okunabilen WORM etiketler kullanılır.
- HF- Yüksek frekanslara nazaran daha yüksek menzil kapasitesi, daha fazla veri transferi ve hızlı tanımlama imkanı sunar.
- Özellikli çoklu etiket okumada mesafe ve performans arasında iyi bir denge sağlar.

3.1.6. Mikrodalga – (Microwave - 2.4 GHz, 5.8 GHz)

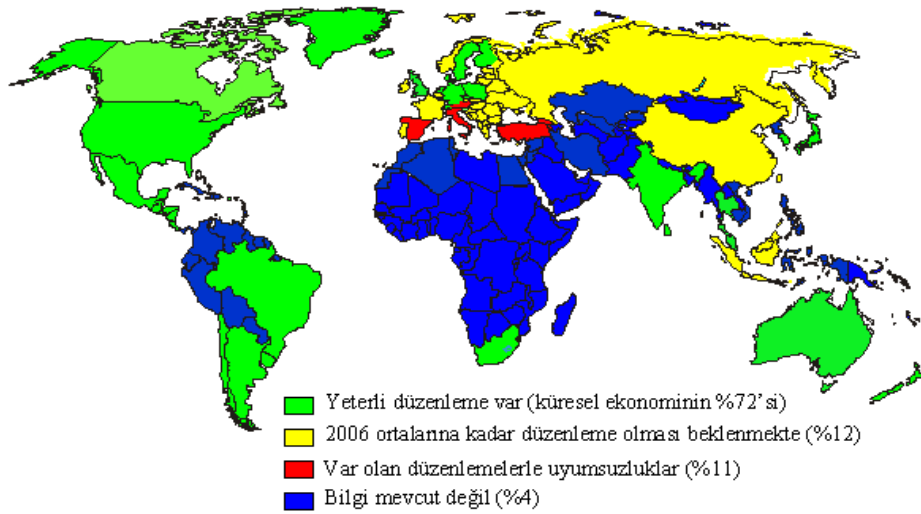
- Aktif veya pasif sadece okunabilir, okunur-yazılır veya bir kere yazılıp çok kez okunabilen WORM etiketler kullanılır.
- UHF etiketlerine benzer karakter göstermekle beraber daha hızlı okuma oranına sahiptir.
- Maliyeti alçak frekanslarınkinin bazen iki katı olabilmektedir.



Şekil 3.2. RFID frekans bandları ve özellikleri

Yerel hükümet düzenlemeleri, her ülkede RFID sistemler için kullanılacak elektromanyetik spektrum parçasını belirlemektedir. Pek çok RFID sistemi ISM (Industrial-Scientific-Medical) bandında çalışmaktadır. ISM bandı kullanımı, düşük güç harcayan ve kısa menzile sahip RF uygulamaları için lisans gerektirmeyen bir özelliğe sahiptir. Bu bantlar ITU tarafından belirlenmiştir (Can 2009).

Dünya çapında RFID sistemleri için belirlenen en önemli taşıyıcı frekansları 0-135 KHz, 13.56 MHz, 27.125 MHz, 40.68 MHz, 433.92 MHz, 869.0 MHz, 915.0 MHz, 2.45 GHz, 5.8 GHz ve 24.125 GHz olarak belirtilmiştir. Bu frekansların kullanılabilirliği her ülkenin kendi yasal düzenlemeleri tarafından belirlenmiştir (Can 2009). Şekil 3.3' te renk haritası yardımı ile bu düzenlemeler gösterilmiştir.



Şekil 3.3. RFID frekans düzenlemeleri

3.1.7. Frekans Kullanım Standartları

Radyo frekanslarının kullanımı ülkeler ve bölgeler bazında standartlar ile belirlenmiştir. Bu standartlar ITU International Telecommunication Union tarafından belirlenmiş ve uygulanmaktadır. Türkiye bu dağılımda 1. Bölgede bulunmaktadır. Bu nedenle teknoloji kullanımı ve transferi sırasında özellikle Amerika Birleşik Devletlerindeki (2. Bölge) RFID uygulamaları frekans, okuyucu güçleri anlamında Türkiye’ de kullanmaya uygun değildir. Türkiye bu açıdan Avrupa Birliği ile birlikte uyumlu olarak çalışabilmektedir. 2. ve 3. bölgedeki uygulamaların daha çok açık alan ve arazi olan bölgeler olduğu dikkate alınarak özellikle okuyucu güçlerinde çok ciddi farklılıklar vardır. Örneğin UHF frekansında Elektronik Plaka uygulamaları için bu farklar 2. Bölgede 4 Watt olan okuyucu güçleri, 1. Bölge’ de 2Watt (Eski KET yönetmeliğinde 0.5W olan bu değer sonradan 2W olarak güncellenmiştir), 3. Bölgede 16W’ a kadar çıkmaktadır. Frekanslar ise UHF için 865MHz’ den 915Mhz’ e kadar farklılıklar göstermektedir.

RFID teknolojisinin yaygınlaşmaması ile ilgili en önemli nedenlerden biri standartların tam olarak geçerlilik kazanmamış olmasıdır. MIT (Massachusetts Institute of Technology)’ de bulunan AutoID Center’ da EPC olarak adlandırılan RFID teknolojisine yönelik standartlarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanında AutoID Center’ in başkanlığında ve dünyanın önde gelen 5 araştırma üniversitesinin işbirliğiyle EPC Global Projesi başlatılmıştır. Projede global olarak geçerli olması amaçlanan standardın tedarik zincirindeki her malzemenin bulunduğu yer, tarih ve sayısı ile ilgili otomatik ve doğru belirlemenin sağlanması amaçlanmaktaydı (Angeles ve Rebecca 2005).

Yüksek frekans çözümleri için standardizasyon tamamlanmış olmakla birlikte, ultra yüksek frekans konusunda çalışmalar halen devam etmektedir. Yüksek frekans için tamamlanmış standart ISO 14443 ve ISO 15693 olarak tanımlanmıştır. Ultra yüksek frekans için çalışmaları devam eden standart ISO 18000 ve EPC Class 0, Class 1 ve Gen2 olarak belirlenmiştir.

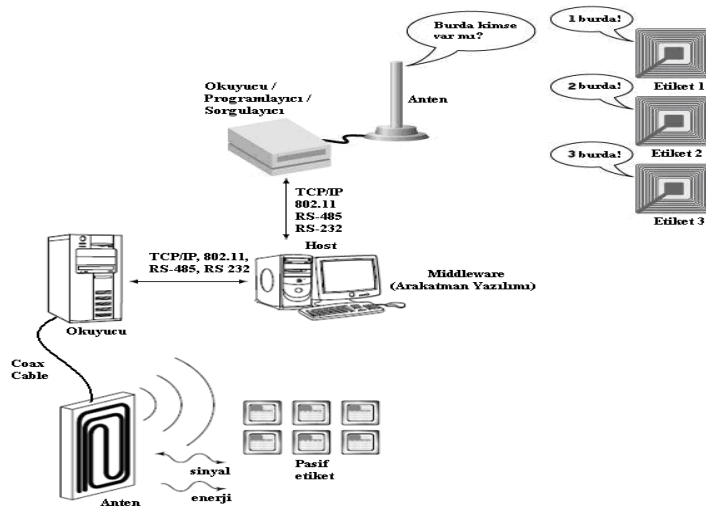
EPC ile ürün tanımlamasında kullanılan RFID teknolojisinin kullanılmasını küresel boyutta düzenlemek amacıyla, RFID etiketlerinde ve okuyucularında kullanılmak üzere Class 1 Gen 2 (Sınıf 1 Nesil 2) standardını geliştirmiş ve söz

konusu standardın dünya genelinde uygulanabilmesi için çeşitli frekans aralıkları belirlemiştir.

İkinci nesli (Gen2) önemli yapan birkaç unsur vardır. Birincisi, ortaya çıkarılabilecek RFID altyapı elemanlarının, dünya çapında birlikte kullanılabilirliğini de sağlayarak, temellerini oluşturur. Ayrıca şu an kullanılan “Class 0” ve “Class 1” okuyucu ve etiketlerle karşılaştırıldığında daha hızlı okuyabilme özelliği ve kısıtlara karşı daha az duyarlılık gibi işlevsel ilerlemeleri beraberinde getirir. Güvenlik kavramı da daha gelişmiş şifreleme teknolojileri, şifre koruma ve yetkilendirme ile yapılmaktadır.

3.2. RFID Sisteminde Kullanılan Yapılar

RFID, nesneye ait verileri içeren mikroişlemci ve bu mikroişlemciye entegre edilmiş anten ile donatılmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ile hareketlerinin izlenebilmesine, analiz edilebilmesine ve yönetilebilmesine imkan veren; veri alış-verişini radyo frekansları ile sağlayan otomatik nesne tanımlama ve takip teknolojisidir. Veri ve enerji transferi, etiket ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmadan sağlanmaktadır. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar etiket anteniyle buluşmakta ve mikroçipteki devreleri harekete geçirmektedir. Mikroçip dalgaları modüle ederek okuyucuya geri göndermekte ve okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürmektedir (Klaus 2003), (Bhatt H. Ve Glover B., 2006).



Şekil 3.4. RFID sistem yapısı

RFID sistemi, bir nesnenin küresel olarak, nesne üzerindeki tüm işlemler zinciri boyunca anında ve otomatik tanımlama ve takibini sağlamak için RFID teknolojisini, var olan iletişim ağı altyapısını, bu ağ altyapısına ait genel programlama donanımını ve elektronik ürün kodunu birleştiren; işlemler zincirinin gelişmiş etkinlik ve görünürlüğünü sağlayan bir ağ sistemi olarak adlandırılabilir.

Firmalar ve kurumlar işlemlerini, nesne ve hizmetlerin hareketlerini kolaylaştırmak için nesnelere hakkında detaylı bilgiye ve bu bilgiyi diğer ortaklarıyla paylaşmaya ihtiyaç duyarlar. Var olan RFID ve İnternet teknolojilerini kullanarak, izin sahibi kullanıcılara nesne hareketi geçmişini sağlamak amacıyla, nesne hayat döngüsünde yer alan tekil nesnelere hakkındaki dinamik bilgiyi nesnelere bu döngüde hareket ederken iletmek için RFID sistemleri kullanılabilir.

RFID sistemlerinde kullanılan yapılar birkaç teknoloji bileşenleri şeklinde incelenebilir. Bunlar: Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code-EPC), EPC/RFID etiketler, okuyucular, denetleyiciler ve yazılımlardan oluşan veri toplama donanımı. Bunlar RFID sistem bileşenleri olarak da bilinir. RFID Sistem Ağı Servisleri: Keşif Servisleri (Discovery Services-DS), Nesne Adlandırma Servisi (Object Naming Service- ONS), EPC Bilgi Servisleri (EPC Information Service-EPCIS), Ara katman yazılımı (Olay yöneticisi).

3.2.1. Elektronik Ürün Kodu (EPC)

Elektronik ürün kodu bir nesne tanımlama standarttır ve her bir nesneyi tek tek tanımlayabilmek için kullanılır. Bir nesnenin özgün EPC numarası fiziksel olarak üzerine iliştilmiş, bir mikro yonga ve antenden meydana gelen EPC/RFID etikette saklanır.

EPC bellek kapasitesi, nesne üreticileri, nesne kategorisi ve nesneye ait bilgiler olmak üzere 3'e ayrılır. EPC bir önek (8 bit), nesne kod yöneticisi numarası (28 bit), nesne sınıfı (24 bit) ve seri numarası (36 bit) olmak üzere 4 dizi veriden oluşan, Auto-ID Merkezi tarafından geliştirilen 64-bit, 96-bit, 128-bit ve 256-bit gibi farklı boyutlarda olan bir standart koddur. Örnek kodun sürüm numarasını, numaranın ikinci kısmı kod yöneticisini büyük ihtimalle kodun üzerine iliştilildiği ürünün üreticisini, nesne sınıfı adı verilen kısım ise ürünün cinsini belirtir. Örneğin, Yağlı Süt 500 ml paket, Türk sürümü. Son bölüm ise, ürüne özgün olan ve bize hangi 500

ml' lik Yağlı Süt paketinden bahsedildiğini belirten seri numarasıdır (Wikipedia., 2011).



Şekil 3.5. 96 bitlik bir EPC ve temel bileşenleri

Elektronik ürün kodunun geleneksel barkod sisteminden farkı, onun RFID etiketleri içerisinde kayıtlı olması ve doğrudan görüş olmaksızın RF sinyalleri aracılığıyla okunabilmesi ve nesne takibinin en alt düzeyi yerine tek bir adet olarak yapılabilmesidir. Elektronik ürün kodu bir ürünü tanımlayan dünyada tek bir numara olmalıdır. Bu, nesne nerede olursa olsun bir nesnenin çeşidinin tek bir örneği hakkında sorgulama yapılmasına olanak sağlar (Thornton F. ve diğ., 2006), (Syed A. A ve diğ., 2008).

3.2.2. EPC Sınıf Etiketleri

EPC etiketler bir plakaya iliştilmiş bir mikro yonga ve antenden meydana gelen RFID cihazlarıdır. Bir ürünün özgün EPC numarası fiziksel olarak üzerine iliştilen bu etikette saklanır. EPC global ağında 4 çeşit EPC etiket sınıfları tanımlar. Bunlar: EPC Class 0/Class 1: Bu etiket türlerinin her ikisi de 64 bit ya da 96 bit EPC verisi depolayabilen pasif etiketlerdir. Class 0 etiketi, etiket müşteriye gönderilmeden önce üretici tarafından daha önceden yazılmış benzersiz seri numaralarından oluşur. Class 0 ve Class 1 kullanım sırasında verilerin müşteri tarafından yazılmasına izin veren WORM etiketlerdir. Class 0 UHF (900 MHz) bandı için, Class 1 UHF (860-930 MHz) ve HF (13.56 MHz) bantlarının her ikisi için de tanımlıdır (Barber G ve Tsibertopoulos E., 2005) (Jaemin P. Ve diğ.,2007).

EPC Class 2: Bu etiket kullanıcı verisi ile birlikte EPC depolayabilen pasif Read/Write etikettir. Böyle bir etiketin minimum kullanıcı verisi kapasitesi 224 bittir. EPC Class 3: Büyük kullanıcı veri kapasitesine sahip Read/Write aktif etikettir. On-board processing ve I/O kabiliyeti sağlar.

EPC Class 4: Bu etiket okuyucudan-etikete iletişim için verici teknolojisini kullanır ve pille çalışır. Min. okuma aralığı 91 m'dir.

3.2.3. Veri Toplama Donanımı

RFID ile nesnelere, üretimden dağıtıma kadar olan tüm hayat döngüleri boyunca tanınıp takip edilebilmektedir. Bu yeni teknoloji, kullanılan iletişim ağı altyapısına entegre edildiğinde veri toplama, hizmet dağıtımını ve sistem yönetimi insan müdahalesi olmadan gerçekleştirilmekte, hata oranı azaltılıp servis hızı ve kalitesi artırılmaktadır. Bir RFID sisteminin kurulması için farklı yazılım ve donanım gereksinimi bulunmaktadır. RFID için gerekli olan donanımlar RFID etiketleri, RFID okuyucuları, frekanslar ve standartlar olarak açıklanmaktadır. Bunun yanında yazılım olarak ise arayüzler gerekmektedir (PINE H., 2005).

RFID iletişim sistemleri genelde 6 temel bileşenden oluşur. Bunlar: Etiket, Anten, Okuyucu, Sorgulayıcı, Denetleyici, RFID yazılımı.

RFID sistemlerin en önemli bileşenlerinden biri etiketlerdir. En basit anlamıyla etiket içinde anteni olan bir mikroçiptir. Etiketler etiketin kullandığı güç kaynağına bağlı olarak aktif ve pasif etiketler olarak adlandırılırlar. Bunun yanında günümüzde iki etiket türünün bazı özelliklerini içeren yarı-pasif etiketlerde kullanılmaktadır.

Okuyucular ise etiketleri dış dünyaya bağlamaktadır. Okuyucu ile okunabilir/yazılabilir etiketler arasında çift yönlü iletişim söz konusudur. Okuyucular elde ve sabit olmak üzere iki türde olmasına rağmen iki okuyucu türü de aynı bileşenleri içermektedir. Tüm okuyucularda okumayı gerçekleştiren bir bölüm ve anten bulunmaktadır. Anten sinyali alır/gönderirken okuyucu sinyali oluşturur ve etiketler tarafından gönderilen sinyali çözer.

3.2.4. RF Etiketler

RF etiketler nesneye ait bilgilerin depolanmış olduğu çip ve çipe entegre edilmiş bir antenden oluşan cihazlardır. Hafıza, okuma aralığı, okuma/yazma kapasitesine göre farklılık göstermektedir. Bir nesnenin seri numarasından nesne geçmişine kadar çok çeşitli bilgiler taşıyabilmektedir. RF etiketler enerji kaynağına göre aktif, pasif ve yarı pasif olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Aktif etiketler haberleşmek ve işlem yapmak için kendilerine fiziksel olarak entegre edilmiş bir enerji kaynağından yararlanır ve pasif etiketler bu enerjiyi haberleşme alanına girdikleri okuyucudan sağlar (Thornton F. ve diğ., 2006), (Roberts C., 2006).

RFID etiketler, elektronik veri taşıyıcıları olarak kullanılır ve buldukları değişik noktalarda farklı bilgiler yazılıp okunabilir. RFID etiketindeki mikroçip 64 bit' den 8 MB' a kadar veri depolama özelliğine sahiptir. Enerji kaynağına göre pasif (pilsiz), aktif (pilli) ya da yarı pasif olabilir. Aktif etiketler haberleşmek ve işlem yapabilmek için kendilerine fiziksel olarak entegre edilmiş bir enerji kaynağından yararlanırken, pasif etiketler bu enerjiyi haberleşme alanına girdikleri okuyucudan sağlamaktadır.

RFID uygulamalarında en önemli detaylardan biri doğru etiketin seçimidir. Çalışma ortam koşulları, etiketlenecek ürünlerin yerleşimi, malzemenin hammaddesi, hedeflenen okuma mesafesi gibi faktörler etiket seçimini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca üzerine baskı yapılabilecek etiketler, geniş hafıza kapasitesi, zorlu şartlara ve sıcaklıklara dayanıklılık gibi ilave özelliklerin de aranması durumunda RFID sisteminde özel etiket seçimi yapılması gerekebilir (Brown, D., 2007), (Bhatt H. Ve Glover B., 2006), (Garfinkel, S., Rosenberg, B., 2005).

RFID teknolojileri genel kategori olarak Auto-ID Auto-id labs.(1) (2011) teknolojileri altında görülebilir. MIT merkezli Auto-ID laboratuvarları Auto-id labs.(2) (2011), Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code, EPC) EPC Global. (2011), taşıyan ürünleri küresel ortamda izlemek üzere, İnternet benzeri ağ altyapıları geliştirmektedir. Bu bağlamda, EPC içeren RFID etiketleriyle birlikte RFID ağları da geliştirilmeye çalışılmaktadır. RFID etiketi olarak adlandırılan cihazlar, temel olarak, hafızasında EPC kodu barındıran bir mikroçip ve bir anten içerir. Çeşitli biçimlerde olup ürünlerin üzerine çeşitli şekillerde iliştilirilebilir. Örnek olarak, Şekil 3.6' da, hastalara takılması düşünülen, üzerinde RFID etiketi bulunan bir bileklik gösterilmiştir.



Şekil 3.6. RFID etiketi barındıran örnek bir bileklik

EPC, bir seri numarası belirterek, RFID etiketi aracılığıyla iliştilirdiği nesneyi tanımlamak üzere kullanılır. Auto-ID standartlarında bir EPC, ilk 8 bit başlık, sonraki 28 bit nesnenin üreticisi, sıradaki 24 bit nesnenin cinsi, son 36 bit de ürünün tanımlayıcı seri numarası olmak üzere 96 bitlik bir bilgidir (Ward, M. Ve diğ., 2006).

RFID etiketinin hafızasında barındırılan bu bilgi, etiketteki anten sayesinde radyo iletişimi yoluyla bir RFID okuyucu cihazı tarafından okunabilir.

RFID etiketleri, nitelikleri açısından çeşitli standartlarda tanımlansa da uygulamalarda kullanılan özellikleri açısından, başlıca 3 tiptedir: aktif, pasif, yarı pasif. Aktif etiketler, barındırdıkları pil gibi bir güç kaynağı sayesinde RFID okuyuculara sinyal gönderebilir. Pasif etiketler, güç kaynağı içermeyip RFID okuyuculardan gelen sinyal sayesinde etikette oluşturulan enerji ile hafızalarındaki bilgiyi yansıtır; dolayısıyla çevrede okuyucu yokken pasif durumdadır. Yarı pasif etiketler, sinyal gönderiminde aktif olup barındırdığı güç kaynağını kullanır, okuma esnasında ise pasif olup okuyucunun gönderdiği sinyal sayesinde oluşturulan enerji ile hafızasındaki bilgiyi yansıtır.

Tablo 3.5. RFID sistemlerde farklı etiketlerin karşılaştırılması

Etiket	Aktif	Pasif	Yarı-pasif
Güç kaynağı	Pil	Okuyuculardan yayılan elektromanyetik dalgalarla oluşan induksiyon	Pil ve induksiyon
Okuma mesafesi	30 m.kadar	3 meters	30 m. kadar
Yakınlık bilgisi	Zayıf	İyi	Zayıf
Frekans çatışması	Yüksek	Orta	Yüksek
Depolanan bilgi miktarı	32k veya daha fazla (okuma/yazma)	2k(sadece okuma)	32 k veya daha fazla (okuma/yazma)
Maliyet/etiket	\$2-\$100	25cent	Geliştirilmekte

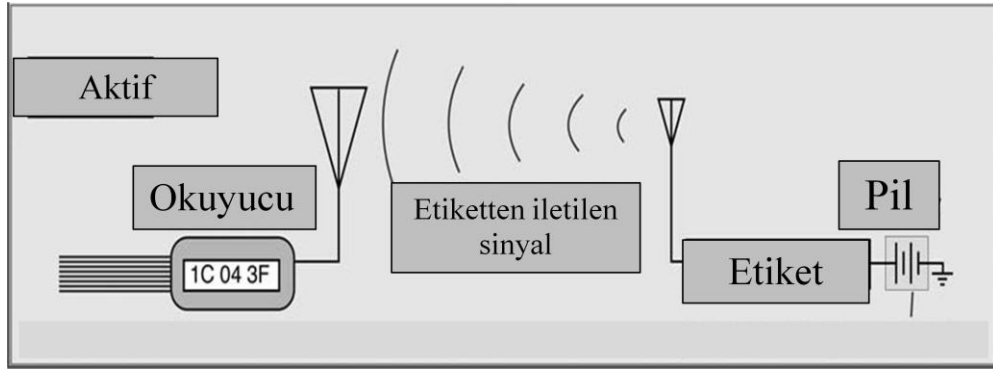
3.2.5. Fonksiyonlarına Göre RFID Etiketler

RFID etiketi, radyo frekansı kullanılarak yapılan sorgulamaları alan cevaplayan sınırlı kapasitede belleğe sahip, taşınabilen, içinde bilgi barındıran, mikro yonga, anten ve taban malzemesinden oluşmaktadır. Mikro yonga etiketin üzerinde yer aldığı nesneye ilişkin bilgileri depolar. Anten radyo frekansı kullanarak nesneye ait bilgilerin okuyucuya gönderilmesini sağlar. Taban malzemesi ise etiketin nesne üzerine yerleştirilebilmesi için mikro yonga ve anteni çevreler. Etiketler kullanım yerlerine bağlı olarak değişik boyut ve fonksiyonda olabilmektedir (Kavas A., 2007).

RFID etiketleri fonksiyonları bakımından Aktif etiketler, pasif etiketler, yarı pasif etiketleri olarak sınıflandırılırlar.

Aktif RFID etiketleri, bir verici ve bir güç kaynağına sahiptir. Güç kaynağı mikroçipin devrelerini harekete geçirerek, okuyucuya sinyal gönderilmesini sağlar. Aktif etiketler, mikroçiplerinin üzerinde kendilerine ait bir güç kaynağı bulunduğu için, dışarıdan herhangi bir tetikleme gerektirmeden kendi işlemlerini başlatabilir.

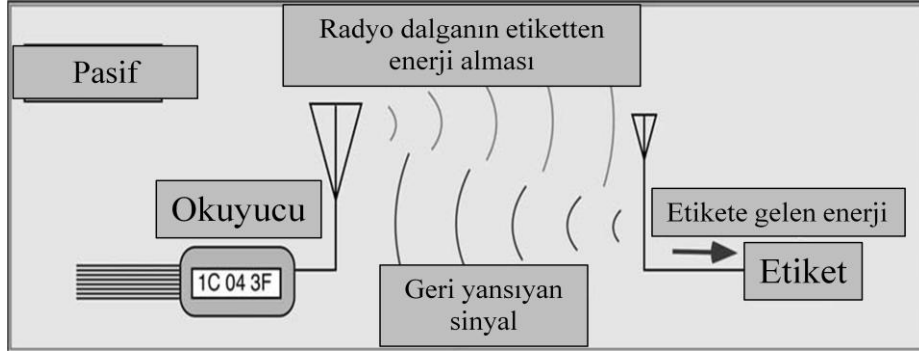
Bu işlemler arasında veri manipülasyonu, şifreleme işlemleri veya farklı mesafelerdeki diğer etiketlerle haberleşme gibi eylemlerde bulunmaktadırlar. Ayrıca aktif etiketler kendi ürettikleri işaretleri okuyucuya kendi kararları neticesinde gönderebilirler. Aktif etiketlerin daha fazla veri depolama ve işleme kapasitesi olur. Bunun neticesinde şifreleme gibi ağır algoritmalar kullanan eylemlerde kullanılmaları daha uygun olur. 1 km uzaklığa kadar sinyal gönderen aktif etiketler mevcuttur. Özellikle demiryolları ve denizyolları endüstrisi taşımacılığında kullanılan aktif etiketler GPS ve uydu haberleşme sistemleri ile uyumlu çalışarak üzerine monte edildikleri ürünün dünya üzerinde izlenmelerine olanak tanımaktadır. Pil içermeleri dolayısı ile bakım gerektirmekte olup maliyetleri diğer etiket çeşitlerine göre yüksektir (Klaus, 2004).



Şekil 3.7. Aktif etiketlerin çalışma prensibi

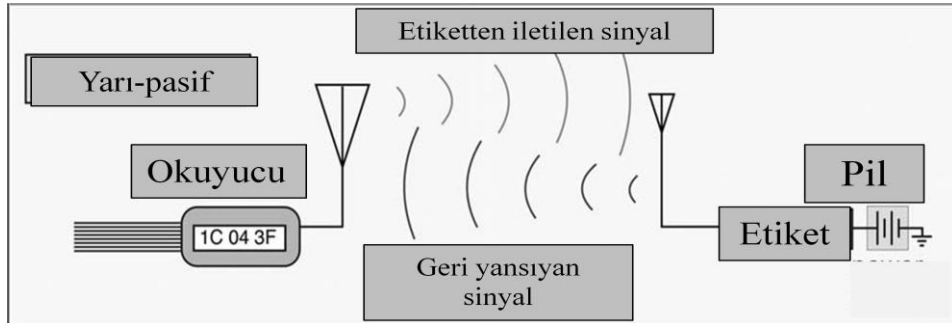
Pasif RFID etiketleri, güç kaynağına sahip değildir. Elektromanyetik dalgalar göndererek etiketin antenini uyaran okuyucudan güç alırlar. Aynı zamanda okuyucuya geri veri göndermek gerektiğinde de okuyucudan gelen bu dalgayı kullanırlar. Geri saçılım denilen bir yöntemle istenen bilgiyi okuyucuya geri gönderirler. Pasif etiket çok sınırlı bir güçle beslendiğinden genelde iletebileceği veri çok sınırlıdır, En çok seri numarası gibi kimlik bilgileri gönderilir. Bunun yanı sıra pasif etiketlerin mesafesi de oldukça sınırlıdır. Çünkü ilettikleri veriyi kuvvetlendirecek güçleri yoktur. Bu da gönderdikleri verinin belli bir mesafe sonra gürültüye karışıp kaybolacağını göstermektedir. Bu özelliklerinden ötürü pasif etiketlerin içlerinde mikroişlemci gibi çok güç harcayan birimleri barındırması mümkün değildir. Pasif etiketler büyük miktarlarda veri depolamaya ve işlemeye sahip olamazlar. Bunun sonucunda da şifreleme gibi bellek ve işlem gücü isteyen uygulamalarda kendilerine yer bulamazlar. Pasif etiketlerin kendine en rahat yer

bulacağı uygulamalar güç kaynağının uygulanmadığı, pil ömrünün daha önemli sayıldığı veya işlem kapasitesinin öncelikli olmadığı uygulamalardır. Bunlara örnek olarak mağazalardaki ürün kodlarını taşıyan etiketler veya insan bedenine yerleştirilen RFID takip cihazları verilebilir (Klaus, 2004).



Şekil 3.8. Pasif etiketlerin çalışma prensibi

Yarı pasif RFID etiketler, çipin devrelerini harekete geçirmek için güç kaynağı kullanırken, iletişim kurmak için okuyucudan uyarı alırlar. Aktif ve yarı pasif etiketler uzun aralıklarla takip edilmesi gereken tren vagonları gibi yüksek değerli varlıklar için kullanılırlar, ancak pasif etiketlerden daha pahalıdırlar ve düşük değerli varlıklarda kullanılamazlar. Bugün aktif etiketleri daha ucuza mal etmek için çalışmalar yapan firmalar bulunmaktadır. Son kullanıcılar 1 milyon ve daha fazla etiket için maliyeti 40 centten daha düşük olan pasif etiketleri tercih etmektedir. Sözkonusu etiketler sıcaklık ve hareket bilgisi gibi algılayıcı (sensör) giriş bilgilerini depolamak için kullanılırlar. Yarı pasif etiketlerin haberleşme mesafeleri büyük olup güvenilirlerdir. Üzerlerinde yer alan güç kaynağı dolayısı ile okuyucuya daha hızlı cevap verebilmektedir (Klaus, 2004).



Şekil 3.9. Yarı-Pasif etiketlerin çalışma prensibi

3.2.6. Bellek Tiplerine Göre RFID Etiketleri

Sadece okunabilen, Okunabilen/Yazılabilen, Okunabilen/Yazılabilen/Yeniden yazılabilen olarak sınıflandırılırlar.

Sadece okunabilen etiketler, genellikle pasif RFID etiketleridir. Bilgi depolama kapasiteleri küçüktür. Üretim sırasında üzerlerine yazılan bilgiyi saklarlar ve bu bilgi değiştirilemez. Bu nedenle uygulamalarda tanıtıcı etiket olarak kullanılmaktadırlar. Sadece okunabilen etiketlerin sistemlerde merkezi bilgisayar sistemi ve veritabanı radyo frekans tanımlama sisteminde kullanılan nesnelere ilgili tüm işlemlerin kontrolünü gerçekleştirir.

Okunabilen/Yazılabilen etiketler, bilgi depolama kapasiteleri yüksek etiketlerdir. Yazılabilme özelliği olan bu etiketlere okuyucu kapsama alanındayken yeni bilgiler eklenebilir yada etiket üzerinde var olan bilgiler değiştirilebilir. Bu özellikleri dolayısı ile hareketli veri tabanı gibi davranabilirler. Maliyetleri sadece okunabilen etiketlere göre yüksektir.

Okunabilen/Yazılabilen/Yeniden yazılabilen etiketler üzerindeki bilgilerin değiştirilebilme özelliği ve yüksek depolama kabiliyetleri dolayısıyla geniş uygulama alanına sahiptirler. Haberleşme açısından cevap verme süreleri kısadır. Maliyetleri diğer etiketlere göre fazladır.

3.2.7. Anten

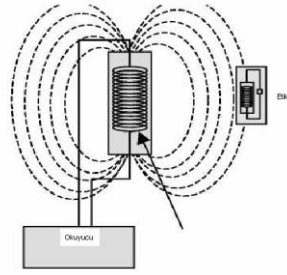
RFID antenler, elektromanyetik dalgaları bir sistemden alıp çevreye veren ya da çevresindeki elektromanyetik dalgalardan aldığı işaretlerle bir sistemi besleyen, kablosuz haberleşme sistemlerinin performanslarını artırmak için kullanılan teknolojik cihazlardır.

RFID anten okuyucu-okuyucu veya okuyucu-etiket arasında haberleşmeyi sağlayan donanımdır. Birçok durumda etiket okuma menzilleri çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Konsept olarak basit olmasına rağmen, antenlerin düşük güçlerde en iyi sinyal alımlarını gerçekleştirmeleri ve özel koşullara uyum sağlamaları gerekir. Antenler uygulamaların çalışacağı ortamın özelliklerine ve uygulamanın gerektirdiği mesafelere bağlı olarak, en iyi performansı sağlamak için

farklı boy, şekil ve frekans aralıklarında tasarlanmalıdır (Lahiri, S., 2006), (Kraus ve Marhefka, 2002), (D.C. Ranasinghe ve diğ., 2006).

3.2.8. Okuyucu (Yazıcı/Programlayıcı/Sorgulayıcı)

RFID okuyucu, radyo frekansı aracılığıyla RFID etiketler üzerinden sinyal olarak etiket bilgisini okuyan, etiketleri programlayarak yeni bilgilerin yazılmasını sağlayan, etiket bilgi alışverişini gerçekleştiren bir donanımdır. Okuyucular genellikle üç çeşittir. Sabit okuyucular belirli bir yerde kurulu olup RF etiketlerin içinden geçtiği ve iletişim kurduğu okuyuculardır. Portatifler, RF etiketler ile kablosuz iletişim kurabilen okuyuculardır. Mobil okuyucular ulaşılması zor, tehlikeli yerlerdeki etiketlerin okunmasını kolaylaştıran, mobil araçlara yerleştirilen ve kapsama alanlarındaki etiketleri okuyan cihazlardır (Thornton F. ve diğ., 2006), (Roberts C., 2006).



Şekil 3.10. Etiket ve okuyucu etkileşimi

Okuyucudan etikete giden kanala “ileri kanal”, etiketten okuyucuya olan kanala ise “geri kanal” denir. İleri kanalda okuyucu etikete elektromanyetik bir işaret göndererek, eğer etiket pasifse veya uyku modunda ise öncelikle onu uyandırır. Etiket pasif olması durumunda etiketin içeriğini ihtiva eden veri geri-saçılım yöntemiyle okuyucuya geri gönderilir ve okuyucu da bu veriyi ya kendi üstünde kaydeder ya da kendisine bağlı arka planda çalışan bir bilgisayarın veritabanına kaydeder. Etiket aktifse, etikette bir takım hesaplamalar yapılabilir (şifreleme algoritması gibi) ve oluşturulan veri okuyucuya geri gönderilir. Bu şekilde sürdürülen haberleşmede okuyucu yöneten bir konumdadır (Klaus, 2004).

RFID okuyucusu bir ya da daha fazla anten aracılığı ile çevreye RF enerjisi gönderir. Yakın mesafe etiketteki anten bu enerjiyi toplar, ve sonra etiket bunu indüksiyon yoluyla elektrik enerjisine çevirir. Bu elektrik enerjisi, etiket antetine

bağlı etiket kimliğini saklayan yarı iletken çipi beslemek için yeterlidir. Sonra etiket mors koduna benzer bir şekilde anten direncini yükselterek ve düşürerek kimliği okuyucuya geri gönderir. Bu açıklama basit bir çalışma şekli yöntemidir, farklı etiketler daha farklı yöntemlerde çalışabilir; ama okuyucu ve etiketlerin birbirlerini etkilediği tipik yöntem budur.

Okuyucular genellikle üç çeşittir. Sabit okuyucular belirli bir yerde kurulu olup RF etiketlerin içinden geçtiği ve iletişim kurduğu okuyuculardır. Çevresel etkenlere göre değişkenlik göstermekle birlikte 10 metrelik bir alan içerisinde okuma ve yazma işlemini yapabilmektedir. Bu mesafe geniş bir fabrika kapısından geçen forkliftteki ürünlerin tamamını aynı anda saymaya ve yazmaya yeterli bir mesafedir. Portatifler, RF etiketler ile kablosuz iletişim kurabilen okuyuculardır. Okuma mesafesi çevresel koşullara bağlı olarak 1 m ile 3 m arasında değişmektedir. Mobil okuyucular ulaşılması zor, tehlikeli yerlerdeki etiketlerin okunmasını kolaylaştıran, mobil araçlara yerleştirilen ve kapsama alanlarındaki etiketleri okuyan cihazlardır. Örneğin, bir çalışanın mobil RFID cihazını açarak fabrikada nesne sayımı yapmasını sağlayabilir (Bhatt H. Ve Glover B., 2006), (Lahiri, S., 2006).

Okuyucu etiketle haberleşebilmek için gerekli enerjiyi, radyo frekans kimlik tanıma sisteminin çalışma frekansına bağlı olarak seçilen çalışma frekansında zamanla değişen manyetik alan yaratarak sağlamaktadır. Okuyucu ürettiği, zamanla değişen manyetik alanı genellikle çerçeve anten vasıtasıyla etikete gönderir. Okuyucunun dairesel çerçeve anteninden akım aktığında çerçeve antene dik düzlemde oluşan manyetik alan şiddeti Rfidjournal. (2011), (Tan ve diğ., 2009).

$$H = \frac{INR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (3.1)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Burada;

I = Çerçeve antenden akan akım

N = Çerçeve anten sarım sayısı

R = Anten yarıçapı

x = Anten düzlemine dik doğrultudaki alıcı uzaklığını tanımlar.

Denklemden de görüleceği üzere manyetik alan şiddeti mesafenin küpü ile ters orantılıdır. Endüktif bağlaşım prensibine dayanan radyo frekans kimlik tanıma sistemlerinde alanın mesafenin küpüyle ters orantılı olarak zayıflaması ana sınırlayıcı faktördür.

Okuyucu tarafından gönderilen radyo frekans enerjisi etiketin fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için taşıyıcı sinyal içermektedir. Taşıyıcı sinyal etikete enerji sağlamasının yanı sıra, etiketteki bilgilerin okuyucuya gönderilmesini ve haberleşmenin senkronizasyonunu sağlar. Etiket okuyucu tarafından gönderilen sinyali alır ve modüle ederek tekrar okuyucuya gönderir. Etiket tarafından gönderilen okuyucu antenine gelen sinyaller geri saçılım sinyalleri olarak adlandırılır. Okuyucu doğrultusunda geri saçılan sinyaller okuyucu tarafından şifresi çözülerek alınır.

3.2.9. Okuyucunun Tasarım ve Performansı

Okuyucu aynı zamanda alıcı-verici olduğundan alıcı ve verici kısımlarını içermektedir. Verici sinyali osilatörde üretir, kuvvetlendirir, filtreler ve akord devresi yardımıyla antenden etiket doğrultusunda gönderir. Alıcı kısımda ise etiketin göndermiş olduğu bilgiler zarf dedektörü ile işlenir, filtrelenir ve kuvvetlendirilerek mikro kontrolöre veri tabanına gönderilmek üzere iletilir.

Denkleme göre anten yarıçapı artırıldığında manyetik alan şiddeti de artmaktadır. Diğer taraftan NI da artırıldığında H da artacaktır. Manyetik alan şiddetinin artırılması için her iki durumda da sınırlamalar mevcuttur.

Anten yarıçapı büyütüldüğü zaman okuyucu portatif özelliğini kaybedecek ve maliyeti artacaktır.

NI değeri artırıldığında okuyucu anten endüktansı artacak, yüksek endüktansı yükü de büyük oranda geriye yansıyan güce sebep olacaktır.

Sonuç olarak NI çarpanını mümkün olduğu kadar küçük tutup haberleşme için gerekli manyetik alan şiddeti seviyesini elde edecek sistem tasarlanmalıdır (Kavas A., 2007).

3.2.10. RFID Sorgulayıcı

Sorgulayıcı gerçekte küçük bir bilgisayar olarak düşünülebilir. 3 parçadan oluşur. Bir anten, RFID etiketi ile iletişim kurmaktan sorumlu bir RF modülü ve denetleyici ile iletişim kurmaktan sorumlu bir kontrol modülü içerir. Bazen programlayıcı ya da

yazıcı olarak da adlandırılabilir. RFID etiketi ile denetleyici arasında bir köprü olarak hareket eder (Klaus 2003), (Brown, D., 2007).

Sorgulayıcı özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- RFID etiketinin veri içeriklerini okuma.
- RFID etikete veri yazma, programlama.
- Denetleyiciler arasında veri anahtarlama ve düzenleme.
- RFID etikete güç sağlama.
- Etiketler arası eş zamanlı radyo dalga iletişimini sağlamak ve etiketleri emniyete almak için anti-kolizyon önlemlerini yerine getirme, radyo dalga çakışmalarını önleme.
- Sisteme yetkisiz erişimleri ya da sahtekârlıkları önlemek için etiketleri yetkilendirme, etiket kimlik denetimi yapma.
- Veri bütünlüğünü korumak için veri şifreleme.

3.2.11. RFID Denetleyici

Denetleyici, üzerinde veritabanı yazılımı ya da uygulama yazılımı çalışan bir bilgisayar/sunucu/workstation, ya da bu tür makinelerin bağlı olduğu bir ağdır. Denetleyiciler, RFID sistemlerinin beyinleridir ve arakatman yazılımını kontrol eder. Çoklu sorgulayıcıları ağ ortamında birbirine bağlamak, merkezi olarak bilgileri işlemek için kullanılır. Denetleyici, sorgulayıcılar tarafından toplanan bir alandaki bilgileri kullanır (Klaus 2003), (Brown, D., 2007), (Garfinkel, S., Rosenberg, B., 2005).

Denetleyici özellikleri:

- Ürün stokunu tutma ve yeni ürün stokuna ihtiyaç duyulduğunda sistemi uyarma,
- Sistem boyunca nesnelerin hareketlerini izleme, imkânlar dahilinde bunları düzenli olarak yeniden yönlendirme ve yönetme.
- Kimlik denetimi, doğrulama, yetkilendirme
- Hesap oluşturma (POS Uygulamaları)
- Web servisleri ve hizmetleri



Şekil 3.11. RFID sisteminde kullanılan bir denetleyici

3.2.12. RFID Yazılımı

RFID sistemlerinin çalışabilmesi için bir arakatman yazılımına ihtiyaç duyulur. Bu yazılım, firmaların değişen ihtiyaçlarına uygun olarak entegratör firmalar tarafından çoğu kez o firmaya özel olarak geliştirilir. Ancak middleware ile firmanın kullandığı MRP sisteminin birlikte çalışması gerekir. Bu şekilde firma personeli alışkın olduğu şekilde veri alabilecek, rapolara ulaşabilecek ve her işlem için farklı bir yazılım çalıştırmak zorunda kalmayacaktır. Bu nedenle RFID middleware' i, firmanın kullandığı kurumsal ERP/MRP sistemine entegre edilir. Bu entegrasyon hizmeti, RFID hizmetini veren firma ile bu firmanın kullandığı mevcut sistemin desteğini veren firma ile birlikte çalışarak, gerekli verilerin doğru yerlere yazılıp-okunmasını sağlayacak şekilde yapılır.

RFID yazılımları hem sabit hem de mobil okuyucular için modüler hale getirilebilir olup ihtiyaca göre optimize edilerek kısa bir süre içinde kullanıma hazır özellikte olmalıdır. Her firmaya ve her ihtiyaca uygun bir RFID yazılımı pratikte ne yazık ki mümkün olmamaktadır. Bunun başlıca sebebi her üretici firmanın cihazlarının yazılımlarının ayrı kütüphaneleri desteklemesidir. Diğer bir sebep, her kullanıcının ihtiyacının birbirinden farklı olmasıdır. Bu nedenle ihtiyaca ve kullanılacak RFID ekipmanına göre spesifik yazılımlar geliştirilmeli, farklı yazılım sistemlerine entegre edilebilmelidir (Chen N-K. ve diğ., 2008), (Floerkemeier C. ve diğ., 2007).

Doğru etiketleri ve okuyucuları seçme, antenlerin nerelere konulacağını kararlaştırma RFID sistemi ile çalışmayı inşa etmede bir başlangıçtır; çünkü öğeleri tanımlama onları yönetmede ilk adımdır. Tedarik zincirinde geçen işlemler süresince milyonlarca etiketi okuma kabiliyeti ve etiket kodlarını anlamlı bilgilere birleştirme ihtiyacı kompleks içsel ilişkilere dayalı büyük veri miktarlarını üretebilmektedir. RFID ara katman yazılımı kullanmanın temel faydalarından biri bu küçük etiketlerin

ürettiği bilgilerin akışları ile ilgili olan yolları standartlaştırmaktır. Olay süzmeye ek olarak, fiziksel altyapının (okuyucular, sensörler ve bunların konfigürasyonları) detaylarının bilinmesini önlemek amacıyla uygulamaları kısaltmak için bir mekanizmaya ihtiyaç vardır. İdeal durumda, uygulamaların anlamlı RFID incelemelerini istemek için ara katman yazılımının kullanabildiği, RFID altyapısında standart tabanlı, uygulama-sevyele arabirim istenebilir (Jieun S. ve Howon K., 2006).

Arakatman yazılımı, okuyuculardan ve etiketlerden gelen verileri yönetir, bu verileri backend veritabanı sistemine geçirir. Arakatman yazılımı backend sistem ile okuyucular arasındaki veri akışının ortasında durur, backend sistem ile okuyucular arasındaki veri akışını yönetir. Bu işlemlere ek olarak, temel süzme, okuyucu entegrasyonu ve kontrolü gibi fonksiyonları da yerine getirir. Backend sistem SQL, My SQL, Oracle, Postgres, ya da bunlara benzer ürünler gibi standart veritabanı yazılımları olabilir. Uygulamaya bağlı olarak backend sistemi, bir ofisteki tek bir bilgisayar üzerinde çalışabilir, ya da global iletişim sistemleri ile birbirine bağlanmış çoklu anabilgisayarlara bağlı bir bilgisayar/ağ üzerinde de çalışabilir. RFID geliştikçe arakatman yazılımına, okuyucular ve çeşitli cihazlar için gelişmiş, genişletilmiş yönetim kabiliyetleri, genişletilmiş veri yönetim seçenekleri gibi özellikler de eklenebilecektir (Klaus 2003), (Brown, D., 2007), (Liang D. ve diğ., 2006), (Wang Y. ve diğ., 2008).

3.3. RFID Sistem Ağı Servisleri

RFID sistem ağ servisleri, güvenlik ve keşif gibi çekirdek servisler dizisini tanımlar. Güvenlik servisi EPC bilgisi depolama, veri erişimi için kimlik denetimi, şifreleme ve yetkilendirme mekanizmaları sağlama ile ilgilidir.

EPC Global, bir ürünün küresel olarak, tüm tedarik zinciri boyunca anında otomatik tanımlama ve takibini sağlamak için RFID teknolojisini, var olan iletişim ağı altyapısını ve Elektronik Ürün Kodunu (EPC) birleştiren, tedarik zincirinin gelişmiş etkinlik ve görünürlüğüne sağlayan; RFID sistemleri için küresel standartlar geliştirmeye odaklanmış yeni bir küresel ağ sistemidir. EPC Global, EPC teknolojisinin standartlaştırılmasını ve dünya çapında benimsenmesini sağlamak amacıyla endüstri liderleri ve akademik kuruluşlardan oluşan üyelik-tabanlı bir kuruluştur. EPC Global' in amacı, tedarik zinciri boyunca nesne görünürlüğüne,

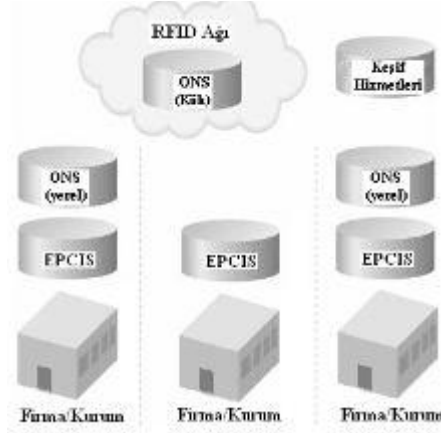
etkinliğini, yönetilebilirliğini artırmak ve firmalarla ticari ortakları arasında yüksek kaliteli bilgi akışı sağlamaktır (Bhatt H. Ve Glover B., 2006), (Brown, D., 2007), (Lahiri, S., 2006). EPC Global' in Türkiye temsilcisi TOBB bünyesindeki GS1 Türkiye'dir. EPC Global ağını oluşturan bileşenler aşağıda sunulmuştur.

Bir etiket, nesne üzerindeki işlemler zinciri içerisinde farklı noktalarda aynı ya da farklı okuyucular tarafından birçok defa okunabilir. Bu şekilde her bir okuma okuyucu tarafında ve dolayısıyla RFID sistem ağında etiket verisi üretir. Sonuç olarak, etiketlerin okunması neticesinde RFID sistem ağında çok büyük veri miktarı üretilir. Bu verinin büyük bir kısmı sıkıştırılmış olabilir, çünkü bunlar aynı ya da farklı çoklu okumalardan oluşabilir, diğer okumalar ile birleştirilmiş okumalar olabilir, firma/kurum mantığı açısından önemli olmayan okumalar, vs. olabilir. Eğer bu veriler olduğu gibi depolanmış ve taşınmışsa, çoğu depolama sistemi ve ağ çökme durumuyla karşılaşabilecektir. Bu verileri verimli bir şekilde tutmak için veriler sıralanmalı, filtrelenmeli ve işlenmeli ki gerçek zamanlı olarak yönetilebilsin. Dolayısıyla, bu, Arakatman yazılımının işlevselliğidir. Arakatman yazılımı RFID sisteminin, RFID sistem ağındaki hizmetlerin, RFID sistemleri arasında dolaşan ilgili bilginin hareketinin, RFID bilgi sistemleri arasındaki iletişimin yönetilmesinden sorumlu bir yazılım teknolojisidir. Arakatman yazılımı sayesinde verinin kullanımı etkili ve faydalı yapılarak, veri hacmi küçültülür ve veri ağ içerisinde seçilerek iletilir (Thornton F. ve diğ., 2006), (PINE H., 2005).

Elektronik Ürün Kodu (EPC)

1. EPC/RFID etiketleri ve okuyucularından oluşan veri toplama donanımı. Bunlar topluca ID Sistemi olarak bilinir.
2. EPC Global ağı ara katman yazılımı.
3. Keşif Servisleri (DS).
4. Nesne adlandırma servisi (ONS.)
5. EPC Bilgi Servisleri (EPCIS).
 - EPCglobal Ağı = {ID Sistemi + EPC + Middleware + DS+ONS + EPCIS}
 - EPCglobal ağının verdiği hizmetler:
 - Benzersiz kimlikler atama
 - Öğeleri bulma, belirleme, kimliklendirme
 - Olayları toplama ve filtreleme

- Olayları depolama ve kuyruklama
- EPC bilgisini konumlandırma
- Ağ için bir referans mimari sağlama



Şekil 3.12. EPC Global ağ ilkeleri

Şekil 3.12 örnek EPC global ağını tanımlar. RFID okuyucular tedarik zinciri boyunca hareket ettikçe RFID etiketli öğeler üzerindeki gözlemleri yakalar. Bazı temel filtrelemelerden sonra okuyucular bu gözlemleri RFID middleware' e geçirir. RFID middleware (olay yöneticisi) okuyuculardan veriyi alır, filtreler ve sonraki uygulamalar için ihtiyaç olduğunda bunları gruplar. Olay yöneticisi filtrelenmiş gözlemlere yer bilgisi de ekler (Thornton F. ve diğ., 2006).

Şekil 3.12' deki EPC global Ağına göre, olay yöneticilerinden filtrelenmiş gözlemler sonrasında yerel EPCIS (EPC Information Service-EPC bilgi seervisleri) server'a geçer. EPCIS server sonraki kullanımlar için EPC gözlemlerini kayıt eder; gözlemlenmiş bu veriler işletme uygulamaları tarafından erişebilir ya da ticari ortaklar ile paylaşılabilir. ONS (Object Naming Servers-Nesne Adlandırma Hizmetleri), EPC' leri ve EPC gözlemleri üzerindeki bilgiyi tutan EPIC server'lar arasında bir harita (adresleme, eşleme) tutar. DNS'in IP adresleri için yaptığı gibi, ONS genel arama servisi sağlamak için hiyerarşik bir şekilde çalışır(Klaus 2003), (Bhatt H. ve Glover B., 2006), (Lahiri, S., 2006).

Benzer olarak, tedarik zincirindeki diğer ticari ortaklar kendi yerel EPCIS server' larında EPC gözlemlerini depolayabilirler. EPC sadece varlıkları kimliklendirir. Ürün tipi (bir elektronik öğe için kullanıcı kılavuzu), üretici (şirket profili) vs.

hakkında ilave bilgiler EPC' nin bölümleri değildir. Bir uygulama belirli bir EPC' nin bulunduğu yeri bilmeye ya da bir EPC hakkında ilave bilgiye ihtiyaç duyduğunda yerel ONS server' ı sorgulayacaktır. Eğer yerel EPCIS server gerekli bilgiyi sağlayabilirse, ONS kendi yer bilgisiyle (IP adresi ve portu) geri dönecektir. Aksi taktirde ONS, ona bilgi sağlayabilen bir EPCIS server' ı belirlemek için ONS serverlar' ın global hiyerarşisini kullanacaktır.

3.3.1. EPC Keşif Servisleri (DS, ONS)

Keşif Hizmetleri (Discovery Service-DS), kullanıcıların belirli bir EPC ile ilgili veri bulmalarını ve bu veriye erişim izni istemelerini sağlayan bir hizmet paketidir. Keşif hizmetlerinin bir parçası olan ONS (Nesne Adlandırma Servisi-Object Naming Service) ise ürün hakkındaki verinin sağlandığı ilgili EPCIS sunucuları bulmak için kullanılan genel bir hizmettir. ONS, EPC ile bu EPC hakkında bilgi içeren EPCIS örnekler dizisi arasında haritalama (adresleme/eşleme) mekanizması sağlar. Bu nedenle, gerçekte, ONS belirli bir Internet adresi için ortak host'ları aramada kullanılan DNS servisi ile çok benzerdir. ONS servisi çok büyük sayılı istekleri (örneğin bir günde milyonlarca istek) güvenilir ve hızlı bir şekilde tutabilmesi ve işlemesi için işlemleri gerçek zamanda gerçekleştirmek zorundadır. ONS son derece hızlı ve güvenli global veritabanı araması için kullanılan bir hizmet türüdür (Klaus 2003), (Brown, D., 2007), (Cantero J.J. ve diğ., 2008).

3.3.2. Nesne Adlandırma Servisi (ONS)

Nesne hakkındaki verinin sağlandığı ilgili EPC bilgi hizmetleri (EPCIS) sunucularını bulmak için kullanılan, hızlı ve güvenli global veritabanı araması için kullanılan genel bir hizmettir. ONS, EPC ile bu EPC hakkında bilgi içeren EPCIS örnekler dizisi arasında haritalama/adresleme/eşleme mekanizması sağlar. Bu nedenle, gerçekte, ONS belirli bir Internet adresi için ortak hostları aramada kullanılan DNS servisi ile çok benzerdir. ONS servisi çok büyük sayılı istekleri (örneğin bir günde milyonlarca istek) güvenilir ve hızlı bir şekilde tutabilmesi ve işlemesi için işlemleri gerçek zamanda gerçekleştirmek zorundadır (Thornton F. ve diğ., 2006).

ONS, bir EPC ' yi bir ya da daha fazla URL' ye dönüştürme için global arama hizmeti sağlar. Bu URL' ler EPCIS ile ilişkilendirilir; bununla birlikte, ONS EPC' leri Web siteleri ve bir nesneye ait diğer Internet kaynakları ile ilişkilendirmek için de kullanılabilir. ONS hem statik hem de dinamik hizmetler sunar. Statik ONS genellikle bir nesnenin üreticisi tarafından korunan bilgi için URL'ler sağlar. Dinamik ONS ise bir nesne tedarik zinciri boyunca hareket ettikçe o nesneden sorumlu olanların sırasını kaydeder.

3.3.3. EPC Bilgi Hizmetleri (EPCIS)

EPC Bilgi Hizmetleri, kullanıcıların ticari ortaklarla EPC global Ağı üzerinden EPC ile ilgili veri değişimi yapmalarını sağlar. EPCIS EPC ile ilgili veri paylaşma ve yakalama için bir standart ara birim tanımlar. EPCIS, nesnelere tedarik zinciri boyunca hareket ettikçe kaydedilmiş verileri alan yer bilgisi gibi sadece servis arabirimine ve EPC ile ilgili verinin semantiğine odaklanır. Böylece, firmalara uygulamalar üzerinde rekabet etmek ve işlevsellik eklemek için esneklik sağlanır. EPCIS yakalama uygulaması: EPC bilgisini yakalayan, bu bilginin ticaret bağlamını anlayan ve yakalanmış RFID verisine yüksek seviye ticari bağlam sağlayan herhangi bir programdır. Bu arabirimdeki olaylar şuna benzer: “1 havuzunda, T zamanında, aşağıdaki durumlar aşağıdaki paletle karışarak doğrulandı”.

EPCIS erişim uygulaması: EPC bilgi hizmetlerine erişen, genel olarak, stok toplama, sıra yönetimi ya da satış sistemi noktası gibi bir takım ticari işlemleri yapmadan mesul bir uygulamadır.

EPCIS olanaklı depo: Bir ya da daha çok EPCIS yakalama uygulamaları tarafından üretilen olayları kaydeder ve EPCIS erişim uygulamaları kullanarak sonraki sorgular için bu olayları tutar ve kullanılabilir hale getirir (Thornton F. ve diğ., 2006).

3.4. Ara Katman Yazılımı

RFID yazılım ve hizmetleri de RFID donanımları kadar pahalı olan önemli bir diğer bileşendir. RFID uygulamalarının geliştirilmesi ile ilgili olarak birçok yazılım ve donanım firması ortak girişimler oluşturmuştur.

3.4.1. EPC Global Ağ Sistemi Çalışma Yapısı

EPC tedarik zincirindeki belirli bir ürünü tanımlayan özgün bir numaradır. Bu numara bir palet, kasa veya tek bir birimi tanımlamak için kullanılabilir. EPC etiketi ise, bir ürüne iliştilmiş, ürünün EPC'sini taşıyan bir mikro yonga ve EPC'yi EPC okuyucusuna yansıtmak için bir RFID antenden meydana gelen radyo frekansı etiketidir. EPCglobal Ağ Sistemi, bir ürünün küresel olarak, tüm tedarik zinciri boyunca anında ve otomatik bir biçimde tanımlama ve takibini sağlamak için RFID teknolojisini, var olan iletişim ağı altyapısını ve EPC'yi birleştiren, tedarik zincirinin gelişmiş etkinlik ve görünürlüğünü sağlayan yeni bir küresel ağ sistemdir. EPC arakatman yazılımı etiketleri, okuyucuları, yerel ağ altyapısını kontrol eden; bunları birbirine bağlayan bir yazılımdır (Klaus 2003), (Bhatt H. ve Glover B., 2006), (Brown, D., 2007).

Yukarıda tanımlanan bileşenler ile, ürünler hakkında çeşitli bilgilerin elde edilmesi ve paylaşılması olanağı sağlanır. Veri elde etmek için, özgün bir EPC tanımlayıcısı taşıyan EPC etiketleri konteynır, palet, kasa ve/veya tekil birimlere iliştilir. Daha sonra, tedarik zinciri boyunca geçiş kapılarında stratejik olarak yerleştirilmiş EPC okuyucular her bir etiketi geçiş yaparken okur. Sonra bu veri (EPC numarası, zaman, tarih ve yer bilgisi vb. bilgiler içeren veri) uygun yönetim için kablolu ya da kablosuz ağ ile middleware'e aktarılır. Keşif Servisleri middleware' a EPCIS örneğinin yer bilgisini sağlar. Middleware işlenmiş veriye yer ve olay bilgisi ekler ve bunu depolama ve hareket (eylem) için uygun EPCIS örneklerine nakleder. Bilgi elde edildikten sonra, tedarik zincirindeki izin sahibi ticari ortaklar arasında bilgi paylaşımı için yine Internet/ağ teknolojileri kullanılarak bir EPC Global ağı oluşturulur. EPC yazılımı EPC'yi, EPC etiketlerini, okuyucuları ve yerel altyapıyı kontrol eder, ağ üzerinden bu sistemlerin birbirine bağlanmasını ve etkileşimli çalışmasını sağlar (Tieyan Li. ve Deng R., 2008), (Weinstein R., 2005).

3.4.2. Arakatman Yazılımının Özelliği

RFID yazılımları hem sabit hem de mobil sistemler için modüler hale getirilebilir olup ihtiyaca göre optimize edilerek kısa bir süre içinde kullanıma hazır özellikte olmalıdır. Ara katman yazılımı, firmaların/kurumların değişen ihtiyaçlarına uygun olarak entegratör firmalar tarafından o firmaya/kuruma özel olarak geliştirilmeli ve

firmanın/kurumun kullandığı ERP/MRP sistemine entegre edilerek birlikte çalıştırılmalıdır. Bu şekilde firma/kurum personeli alışkın olduğu şekilde veri alabilecek, rapolara ulaşabilecek ve her işlem için farklı bir yazılım çalıştırmak zorunda kalmayacaktır. Bu entegrasyon hizmeti RFID hizmetini veren firma, bu firmanın kullandığı mevcut sistemin desteğini veren firma ile birlikte çalışarak, gerekli verilerin doğru yerlere yazılıp-okunmasını sağlayacak şekilde yapılmalıdır (Xiao, Y. ve diğ., 2007), (SMITH, A. D., 2005).

Her firmaya/kuruma ve her ihtiyaca uygun bir RFID yazılımı yapılması pratikte ne yazık ki mümkün olmamaktadır. Bunun başlıca sebebi her üretici firmanın cihazlarının yazılımlarının ayrı kütüphaneleri desteklemesidir. İkinci ve daha da önemli sebep, her kullanıcının ihtiyacının birbirinden farklı olmasıdır. Bu nedenle ihtiyaçlara ve kullanılacak RFID ekipmanlarına göre spesifik yazılımlar geliştirilemeli ve müşterilerin kullandığı kurumsal yazılım sistemi ile entegre edilebilir olmalıdır.

Doğru etiketleri ve okuyucuları seçme, antenlerin nerelere konulacağını kararlaştırma RFID sistemi ile çalışmayı inşa etmede bir başlangıçtır; çünkü nesnelere tanımlama onları yönetmede ilk adımdır. Nesne yaşam zincirinde geçen işlemler süresince milyonlarca etiketi okuma kabiliyeti ve etiket kodlarını anlamlı bilgilere birleştirme ihtiyacı kompleks ilişkilere dayalı büyük veri miktarlarını üretebilmektedir. RFID arakatman yazılımı kullanmanın temel faydalarından biri bu küçük etiketlerin ürettiği bilgilerin akışları ile ilgili olan yolları standartlaştırmaktır. Filtrelemeye ek olarak, fiziksel altyapının (okuyucular, sensorler ve bunların konfigürasyonları) detaylarının bilinmesini önlemek amacıyla uygulamaları kısaltmak için bir mekanizmaya ihtiyaç vardır. İdeal durumda, uygulamaların anlamlı RFID incelemelerini istemek için arakatman yazılımının kullanabildiği RFID altyapısında standart tabanlı, uygulama seviyeli arabirim istenebilir (Xiao, Y. ve diğ., 2007), (SMITH, A. D., 2005).

Arakatman yazılımı okuyuculardan, etiketlerden, RFID ağı içindeki farklı servis ve hizmetlerden gelen verileri yönetir, ve bu verileri arkaplanda çalışan veritabanı sistemine geçirir. Arakatman yazılımı back-end sistem ile okuyucular arasındaki veri akışının ortasında durmalıdır ve veri akışını yönetmelidir. RFID etiketlerinden verileri çıkarmaya ve back-end sisteme veri akışını yönetmeye ek olarak, temel

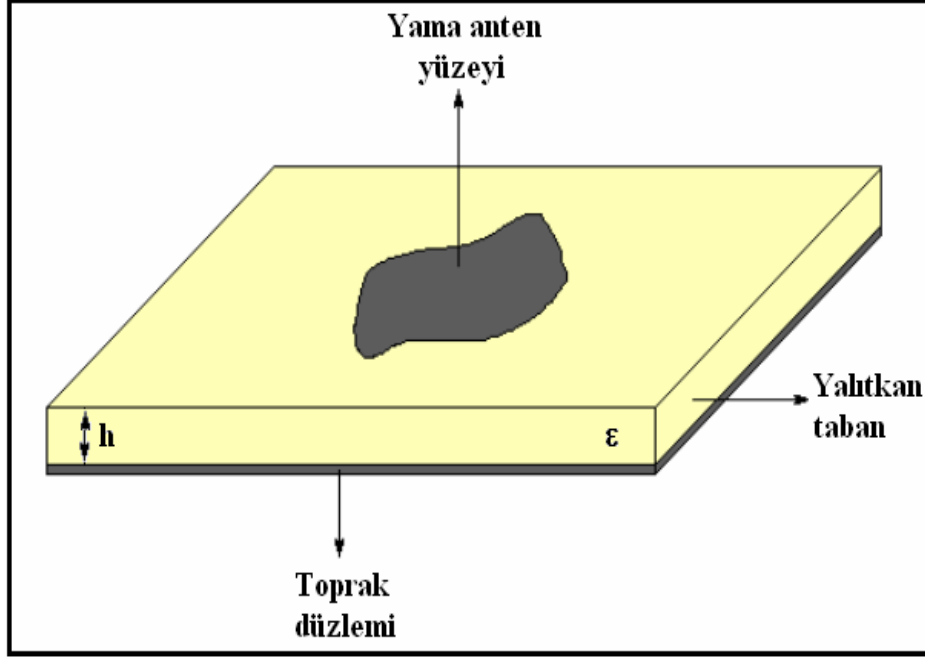
filtreleme, okuyucu entegrasyonu ve kontrolü gibi fonksiyonları da yerine getirmelidir. RFID geliştikçe arakatman yazılımına, sistemde kullanılan çeşitli cihazlar için geliştirilmiş ve genişletilmiş yönetim kabiliyetleri, veri yönetim seçenekleri gibi özellikler de eklenebilmelidir (Xiao, Y. ve diğ., 2007).

Arkaplanda çalışan sistemler (back-end sistemler) SQL, My SQL, Oracle, Postgres, ya da bunlara benzer ürünler gibi standart ticari veritabanları olabilir. Uygulamaya bağlı olarak back-end sistemi bir ofisteki tek bir bilgisayar üzerinde, global iletişim sistemleri ile birbirine bağlanmış çoklu anabilgisayarlar ya da bir bilgisayar üzerinde, ya da RFID ağı üzerinde çalışabilir bir sistem olmalıdır.

Tasarlanan RFID sistemi için gerekli arakatman yazılımı, okuyucu keşfi, ön tedarik hazırlığı, nesne izleme ve yönetim, Java, J2EE, .NET ve diğ er web servileri gibi standartları kullanarak service-oriented arabirimleri destekleyebilir; veri toplama, dönüştürme, kümeleme, filtreleme ve işlemleri gruplama sağlayabilir; uzaktan ön tedarik hazırlığı, uzaktan nesne izleme ve yönetim yetenekleri sunabilir (SMITH, A. D., 2005).

4. MİKROŞERİT ANTENLER

Fiziksel olarak bir mikroşerit anten yapısı Şekil 4.1’ de gösterildiği gibi, ince bir tabaka düşük kayıplı yalıtkan taban malzemesi, bu malzemenin bir yüzeyinde iletken ışırma yüzeyi, diğır yüzeyinde de tamamı iletkenle kaplı toprak tabakasından oluşur.



Şekil 4.1. Mikroşerit yama anten

Taban malzemesi iki fonksiyonu yerine getirir. Bunlardan ilki, devre elemanlarının uygun bir şekilde monte edilmesine olanak sağlamak, mekanik açıdan bu elemanlara destek olmak; diğeri de bir transmisyon hattının parçası olarak işlev görmek ve dielektrik geçirgenliğı ve kalınlığı itibari ile anteni veya devrenin elektriksel özelliklerini belirlemektir (Robert A. ve Sainati, 1996).

Günümüzde geliştirilen mikroşerit antenlerin bazı uygulama alanları:

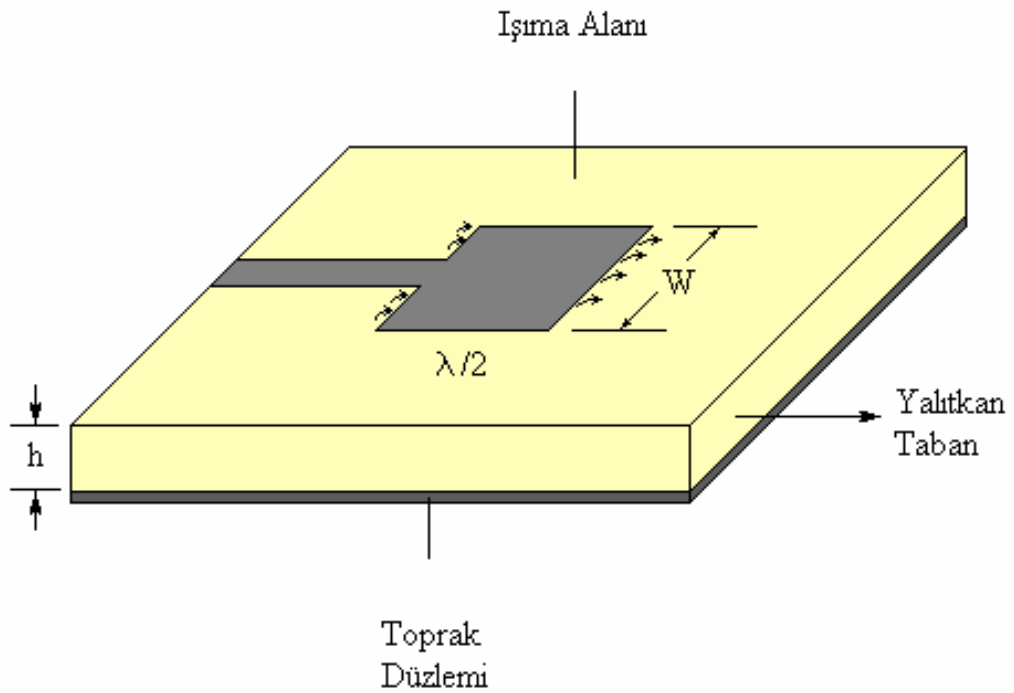
- Uydu haberleşmesi,
- Gezgin haberleşme,
- Doppler ve diğır radarlar,
- Biyomedikal ölçümler,
- Güdümlü füzeler, v.b.

şeklinde sıralanabilir.

4.1. Mikroşerit Antenlerde Işıma

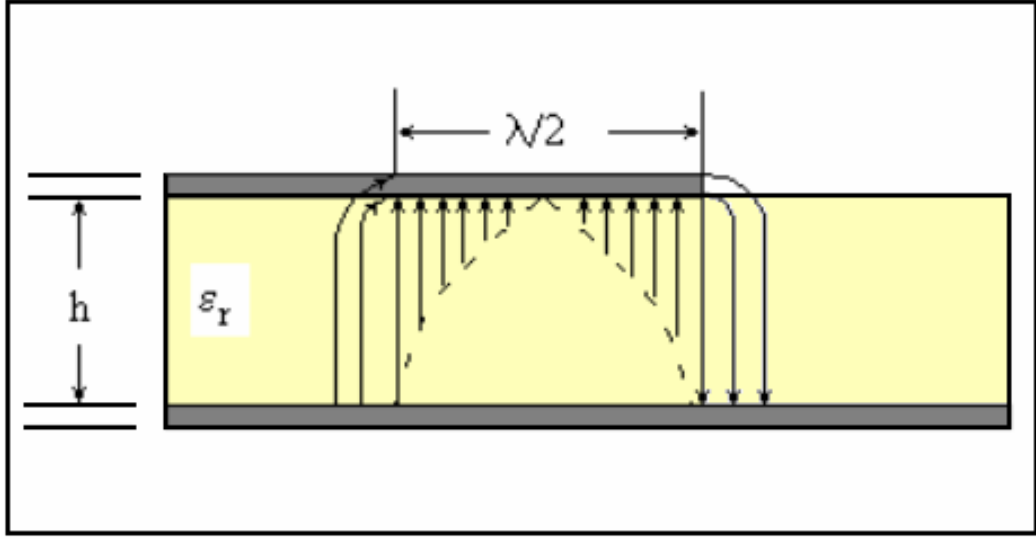
Mikroşerit antenlerde ışıma oluşumunu açıklayan birçok model geliştirilmiştir. Henüz tam çözümleri bulunamamasına karşın geliştirilen bu yaklaşık modeller pratik uygulamalar için uygundur. Vektör Potansiyel Yaklaşımı, Dyadic Green Fonksiyonları, Wire Grid Model, Delik Işınmı Metodu, Boşluk Modeli ve İletim Hat Modeli başlıcalarıdır. Bunlar arasında daha az hesaba gerek duyan, en çok kullanılan model İletim Hattı Modelidir (Derneryd, 1976).

Mikroşerit antenlerde ışıma Şekil 4.2' de görülen şerit beslemeli dikdörtgen biçiminde olan bir mikroşerit anten üzerinde kolayca anlaşılabilir.



Şekil 4.2. Şerit beslemeli dikdörtgen biçimli mikroşerit anten

Şekilden de görüldüğü gibi ışıma, mikroşerit anten iletkeninin kenarları ve toprak düzlemi arasındaki kenar alanlardan oluşur. Elektrik alanın genişlik ve kalınlık boyunca değişmediği kabul edilerek, elektrik alan dağılımı Şekil 4.3' teki gibi çizilebilir.



Şekil 4.3. Mikroşerit antenin yandan görünüşü ve elektrik alan dağılımı

4.2. Mikroşerit Anten Tipleri

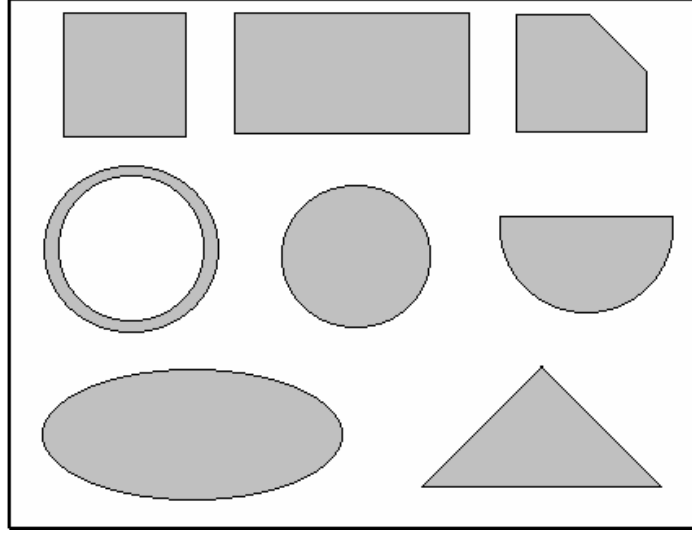
Mikroşerit antenler herhangi bir geometriye ve boyutlara sahip olabilirler. Bununla beraber, ışıma yapan metal tabakanın geometrik yapısına göre üç grupta toplanabilirler; mikroşerit yama antenler, mikroşerit yürüyen dalgalı antenler ve mikroşerit yarık antenler. Bunlara ilişkin yapılar aşağıda özetlenmiştir.

4.2.1. Mikroşerit Yama Antenler

Mikroşerit yama anten, en temel biçimiyle iki paralel iletkenin ince bir dielektrik profil ile birbirinden ayrılmasıyla oluşur. Üst yüzeyde ışıma amaçlı, alt yüzeyinde topraklama amaçlı paralel iletken metaryaller kullanılır. Bakır veya altın gibi iletkenlik özelliği taşıyan metaryellerin, çeşitli şekilleri baz alınarak farklı özelliklerde ışıyan antenler elde edilebilir.

Mikroşerit yama antenlerde analiz ve performans hesaplamalarını sade hale getirmek amacıyla kare, dikdörtgen, daire, eliptik, üçgen gibi temel şekillerde yama iletkenler tercih edilir. Dikdörtgensel mikroşerit yama antenlerde t kalınlığındaki bir yamada, $t \ll \lambda_0$, h yüksekliğindeki dielektrik profil yüksekliği için, $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$, ϵ_r değerindeki dielektrik sabiti için $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$, L uzunluğundaki dikdörtgen yama için ise $0.333\lambda_0 \leq L \leq 0.5\lambda_0$ eşitsizlikleri geçerlidir. Mikroşerit

yama antenin ışma paterninin maksimumu genellikle yamanın normali doğrultusundadır (Derneryd, 1976). Şekil 4.4' te mikroşerit yama antenlerde kullanılan temel yama şekilleri yer almaktadır.



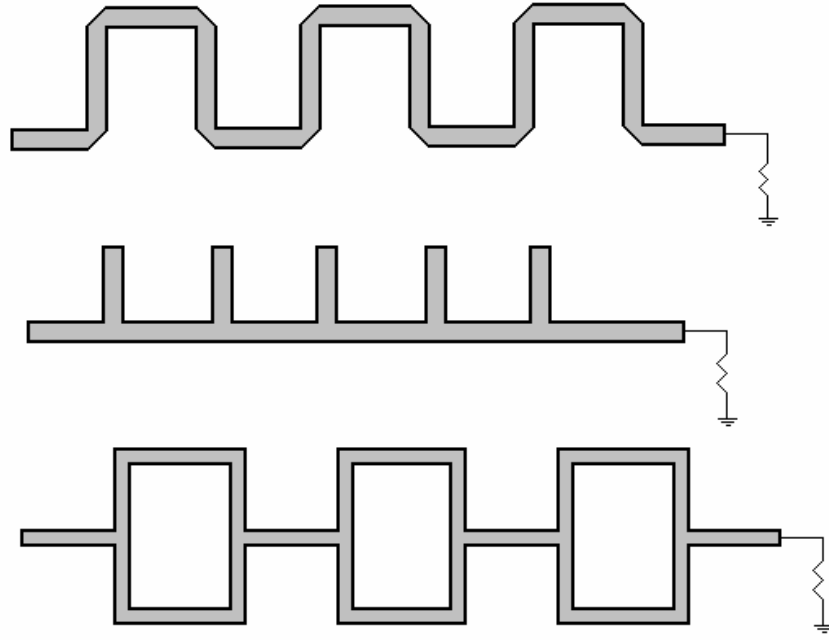
Şekil 4.4. Mikroşerit yama anten tipleri

Mikroşerit yama antenler üst yüzeydeki iletken yamanın kenarlarından, toprak düzlemine doğru oluşan enine alanlar ile ışma yaparlar. Kaliteli bir ışma performansı, kalın bir dielektrik profil, düşük dielektrik sabiti ile sağlanır. Bu durumda band genişliği ve verimlilik artacak anten daha yüksek performansla ışıyacaktır. Fakat bu özelliklerdeki bir mikroşerit yama antenin boyutları artabilir. Bundan dolayı, kompakt mikroşerit yama anten dizaynında daha yüksek dielektrik sabiti seçimi yapılarak, daha düşük verim daha dar bant genişliği elde edilebilir. Sonuç olarak anten boyutları ile performansı arasında optimum nokta yakalanmaya çalışılmalıdır (Derneryd, 1976).

Mikroşerit yama antenler rezonans antenler olarak sınıflandırılırlar. UHF bandından düşük frekans aralıklarında boyutlarının artmasından dolayı, genellikle 1-100 GHz aralıklarında kullanılırlar.

4.2.2. Mikroşerit Yürüyen Dalga Antenler

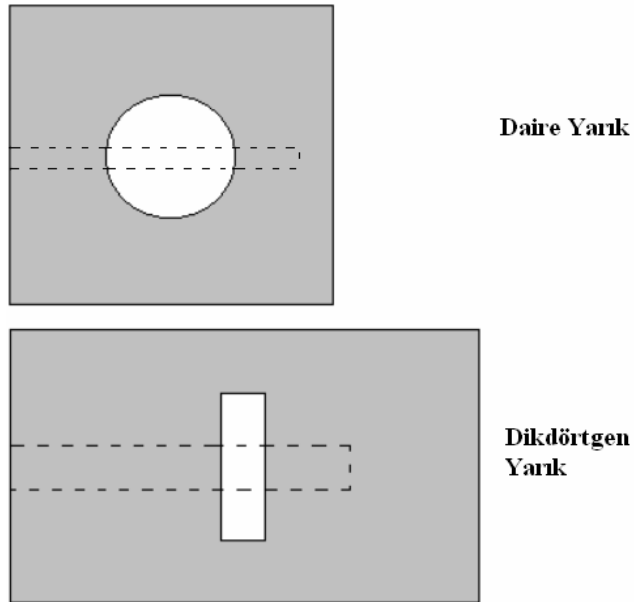
Bu tip mikroşerit antenlerde ışma elemanı, zincir biçiminde tekrarlanan iletkenlerden veya hattın açık uç uyumlu bir direnç ile sonlandırılmasından meydana gelir. Anten yapısındaki değişiklikle ana huzme yatay veya düşey konum arasında herhangi bir açıya yönlendirilebilir.



Şekil 4.5. Mikroşerit yürüyen dalga anten tipleri

4.2.3. Mikroşerit Yarık Antenler

Mikroşerit yarık antenler Şekil 4.6' da görüldüğü gibi toprak düzleminde herhangi bir biçimde olan ve mikroşerit hat ile beslenen bir yarıktan meydana gelir.



Şekil 4.6. Mikroşerit yarık anten tipleri

4.3. Mikroşerit Yama Antenlerin Avantajları ve Dezavantajları

Mikroşerit yama antenler, küçük profilli yapıları ile kablosuz uygulamalarda popülariteleri artarak devam etmektedir. Entegre sistemlere uyumlu olmaları nedeniyle, cep telefonları, laptoplar gibi kablosuz cihazlarda, füzelerde, uzay mekiklerinde, uçaklarda telemetri ve haberleşme antenleri olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte uydu haberleşmesi diğer yaygın kullanım alanlarından başlıcasıdır. Başlıca avantajları;

- Hafiflikleri ve düşük hacimli yapıları
- Küçük profilli düzlemsel yapıları nedeniyle, yüzeylere kolayca uyumlu monte edilebilmeleri
- Düşük fabrikasyon maliyeti ile yüksek miktarlarda üretilebilmeleri
- Lineer ve dairesel polarizasyonun her ikisini de sağlamaları
- Mikrodalga entegre devrelere (MICs) kolayca entegre edilmeleri
- Dual veya çoklu band operasyon yetenekleri
- Düz yüzeylere monte edildiğinde yüksek mekaniksel dayanıklılıklarıdır.

Konvansiyonel antenlerle kıyaslandığına başlıca dezavantajları;

- Dar bant genişliği
- Düşük verimlilik
- Düşük kazanç
- Besleme ve eklem kısımlarındaki istenmeyen ışımlar
- Düşük güç işleme kapasitesi
- Yüzey dalgaları uyarımıdır.

Mikroşerit yama antenler, yüksek kalite faktörüne (Q) sahiptirler. Q, antenin birleşim noktalarındaki kayıpları temsil eder. Büyük Q değerleri, dar band genişliği ve düşük verimlilik gibi anten performansında tercih edilmeyen sonuçlar verir. Dielektrik profilin kalınlığı artırılarak, Q değeri düşürülebilir. Fakat kalınlığın artırılması, kaynaktan iletilen toplam gücün yüksek oranlarda yüzey dalgalarına dönüşmesine neden olur. Yüzey dalgaları ise, dielektrik devamsızlık noktalarında yüksek miktarlarda saçılmalara, anten karakteristiklerinde bozulmalara ve istenmeyen güç kayıplarına neden olur. Fotonik bant boşluklu (kavite) yapıların kullanımıyla geniş bant genişlikleri korunarak, minimize edilebilirler. Düşük kazanç

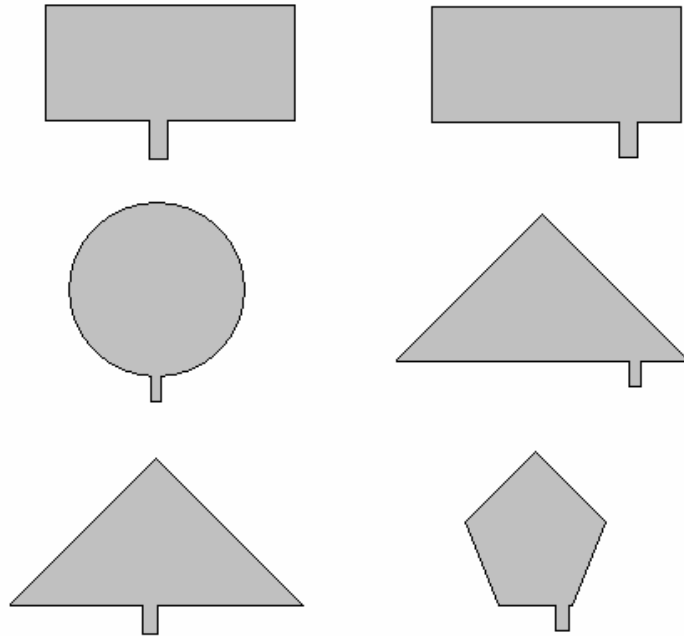
ve düşük güç işleme kapasitesi gibi sorunlar ise dizi konfigürasyonlar ile çözülebilir. Dielektrik profilin boyu arttırılarak, verimlilik %90, bant genişliği %35 oranlarında arttırılabilmektedir (Derneryd, 1976).

4.4. Mikroşerit Yama Antenlerin Besleme Teknikleri

Mikroşerit yama antenler çeşitli metotlarla beslenirler. Bu metotlar, temaslı ve temassız olmak üzere iki sınıfta incelenir. Temaslı metotta, kaynaktan gelen güç, ışımaya yapan yamaya doğrudan temas eden bir yapı ile iletilir. (örneğin mikroşerit hat) Temassız metotta ise güç iletimi ışık yama ile mikroşerit hat arasında elektromanyetik kuplaj ile gerçekleşir. En popüler besleme teknikleri; mikroşerit hat, koaksiyel prop, açıklık kuplajlı ve yakınlık kuplajlıdır.

4.4.1. Mikroşerit Besleme

Bu tür beslemede, iletim hattı mikroşerit yamanın kenarına doğrudan bağlıdır. İletim hattının genişliği ışık yamaya göre daha incedir. Avantajı, beslemenin de aynı düzlem üzerine basılması dolayısıyla düzlemsel bir yapı sunmasıdır. Şekil 4.7 ' de mikroşerit beslemeli yama anten gösterilmektedir.

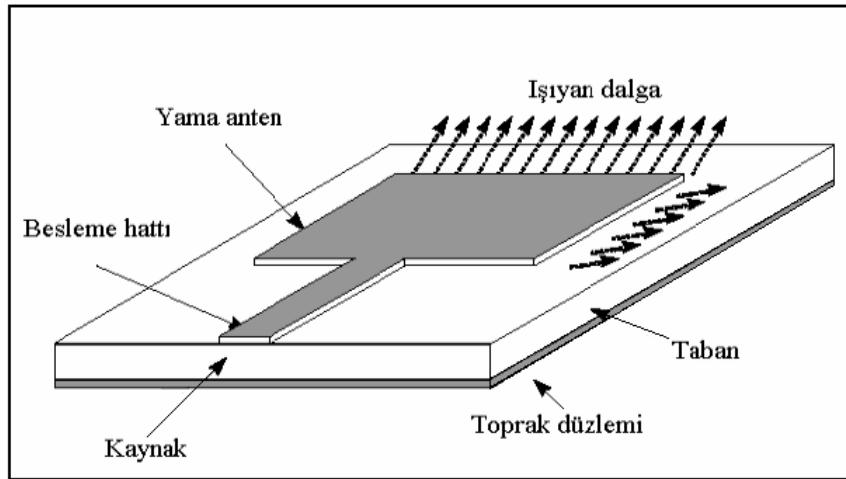


Şekil 4.7. Mikroşerit beslemeli antenler

Girişteki yarığın amacı besleme hattını ek bir empedans uygunlaştırma elemanı kullanmadan ışılan yamanın empedansına uygunlaştırmaktır. Bu durum, girişin pozisyonunu kontrol ederek sağlanır. Mikroşerit hat, kolay fabrikasyonu, modelleme sadeliği, empedans uygunlaştırma kolaylığından dolayı tercih edilen bir besleme tekniğidir. Fakat dielektrik profilin kalınlığı arttıkça, yüzey dalgaları ve sahte besleme ışılması da artar, dolayısıyla antenin bant genişliğini düşürür. Besleme ışılması aynı zamanda istenmeyen çapraz polarize ışılması oluşturur.

4.5. Mikroşerit Yama Antenlerin Analiz Metotları

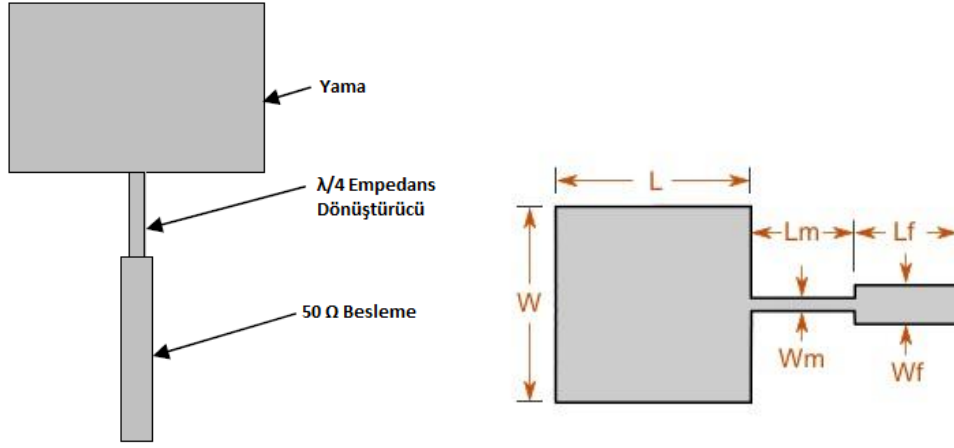
Mikroşerit yama antenler için birçok analiz metodu mevcuttur. En popüler modeller transmisyon hat, kavite ve tam-dalga metotlarıdır. İletim hat modeli, en kolay, fiziksel çözümlene yeteneği yüksek, kesinlik payı diğerlerine kıyasen daha düşük, kuplaj modellemesi daha zor olan bir modeldir (Buchanan ve Gupta, 1995).



Şekil 4.8. Dikdörtgen mikroşerit yama anten

4.5.1. Transmisyon Hat Modeli

Dikdörtgensel yamalar, en yaygın kullanılan yama konfigürasyonlarıdır. Transmisyon hat modeli ince dielektrik profiller için kesinlik payı en yüksek olan iki metottan biridir. Modele göre, bir dikdörtgensel mikroşerit yama anten, W genişliğine, h yüksekliğine, L uzunluğuna, L_m dönüştürücü uzunluğuna, W_m dönüştürücü genişliğine, L_f besleme uzunluğuna ve W_f besleme genişliğine sahiptir.



Şekil 4.9. Mikroşerit yama anten modeli

Yamanın boyutlarının, sonlu uzunluk ve genişlikte olması nedeniyle, yama kenarlarındaki alanlar toprağa doğru saçaklama etkisi gösterir. Saçaklama etkisi yamanın uzunluğu ve genişliği boyunca gözlemlenir. Saçaklama miktarı, dielektrik profilin yüksekliği ve yamanın boyutlarının fonksiyonudur. E-düzleminde (xy-düzlemi), saçaklama yamanın uzunluğunun, dielektrik profilin yüksekliğine oranı (L/h) ve dielektrik profilin dielektrik sabitinin (ϵ_r) fonksiyonudur. $L/h \gg 1$ koşulu sağlandığında, saçaklama etkisi azalır. Saçaklama etkisinin anten rezonans frekansına etkisi, hesaba katılmalıdır. Saçaklanma durumunda, elektrik alan bileşenleri hava ve dielektrik profil olmak üzere iki dielektriği içeren homojen olmayan bir hatta yayılırlar. Bileşenlerin büyük bir kısmı dielektrik profil içerisine nüfuz ederken, bir kısmı havada yayılır. $W/h \gg 1$ ve $\epsilon_r \gg 1$ koşulunda, elektrik alan bileşenleri dielektrik profil içerisine konsantre olur. Bu durumda, saçaklama etkisi nedeniyle mikroşerit hattın elektriksel boyutları fiziksel boyutlarından daha büyüktür. Dalgaların bir kısmı dielektrik profil içerisinde, bir kısmı havada yayılırken, hat üzerindeki dalga propagasyonunu ve saçaklama etkisini hesaba katmak için etkin dielektrik sabiti (ϵ_{eff}) tanımlanır. Tanım yapılırken, mikroşerit hattın merkez iletkeni, orijinal boyutları ve yüksekliği ile bir dielektrik profilin içerisine yerleştirildiği varsayılır. Bu durumda gerçek iletim hattının elektriksel karakteristikleri ve propagasyon sabitine sahip olan üniform dielektrik materyalin dielektrik sabiti, etkin dielektrik sabiti olarak tanımlanır. Dielektrik profil üzerinde havayla teması olan bir iletim hattı için etkin dielektrik sabiti, $1 < \epsilon_{eff} < \epsilon_r$ koşulunu sağlamalıdır. $\epsilon_r \gg 1$ koşulundaki uygulamalarda, ϵ_{eff} değeri dielektrik profilin gerçek

dielektrik sabiti değeri ϵ_r 'ye daha yakındır. Etkin dielektrik sabiti frekansın bir fonksiyonudur. Operasyon frekansı arttığında, elektrik alan bileşenlerin çoğu, dielektrik profilin içerisine konsantre olacağından, mikroşerit hat tek dielektrikten oluşan (dielektrik profil) daha homojen bir hat gibi davranır. Bu durumda, etkin dielektrik sabiti ϵ_{eff} , dielektrik profilin dielektrik sabiti ϵ_r 'ye ulaşır (Buchanan ve Gupta, 1995).

Düşük frekanslarda, etkin dielektrik sabiti genellikle sabittir. Anlık frekanslarda ise değeri monotonik şekilde artar ve dielektrik profilin dielektrik sabitine ulaşır. Etkin dielektrik sabitinin ilk değerleri statik değerler olarak ifade edilir.

$W/h > 1$ için,

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \quad (4.1)$$

4.5.2. Genişlik, Uzunluk, Rezonans Frekansı ve Rezonans Giriş Empedansı

Saçaklama etkisi nedeniyle yamanın elektriksel boyutları, fiziksel boyutlarından daha büyük görünmektedir. E-düzleminde (xy-düzlemi) yamanın uzunluğu boyunca her iki kenarından ΔL kadar artar. ΔL , etkin dielektrik sabiti ϵ_{eff} ve genişlik-yükseklik oranı W/h ' in fonksiyonudur. Normalize uzunluk artışı için yaklaşık ifade,

$$\Delta L = 0.412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (4.2)$$

şeklindedir. Yama, uzunluğu boyunca her kenarından ΔL kadar genişlediği için, yamanın etkin uzunluğu, (Saçaklamanın olmadığı baskın mod için, $L = \frac{\lambda_c}{2}$ dir.)

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4.3)$$

Saçaklama etkisi dikkate alındığında mikroşerit yama antenin rezonans frekansı etkin uzunluğunun fonksiyonudur.

Bu formüllerden yamanın genişliği ve uzunluğu,

$$W = \frac{\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (4.4)$$

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}} \mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L \quad (4.5)$$

olarak hesaplanır.

$\lambda/4$ Empedans dönüştürücünün genişlik ve uzunluğu hesaplanması için,

$$Z_L = 90 \cdot \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \cdot \left(\frac{L}{W}\right)^2 \quad (4.6)$$

formülü kullanılarak yamanın empedansı hesaplanarak Z_i giriş empedansının belirlenmesiyle empedans dönüştürücünün empedansı,

$$Z_0 = \sqrt{Z_i \cdot Z_L} \quad (4.7)$$

formülü ile elde edilir. Bulunan değer

$$U = \frac{W}{h} \quad (4.8)$$

oranı baz alınarak

$$A = 1 + \frac{1}{49} \ln \left(\frac{U^4 + \left(\frac{U}{52}\right)^2}{U^4 + 0.432} \right) + \frac{1}{18.7} \ln \left(1 + \left(\frac{U}{18.1}\right)^3 \right) \quad (4.9)$$

$$B = 0.564 \left(\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3} \right)^{0.053} \quad (4.10)$$

sabitlerinden faydalanılarak

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10}{U} \right)^{-A \cdot B} \quad (4.11)$$

değeri ile

$$Z_o = \frac{\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \ln \left(\frac{6 + (2\pi - 6)e^{-\left(\frac{30.666}{U}\right)^{0.7528}}}{U} + \sqrt{1 + \frac{4}{U^2}} \right)}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (4.12)$$

formülü kullanılarak denklem içerisinde W_m (dönüştürücünün genişliği) çekilerek bulunur.

L_m (dönüştürücünün uzunluğu) ise

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (4.13)$$

formülü ile hesaplanır.

Besleme hattının W_f (besleme genişliği) ve L_f (besleme uzunluğu) değerleri, empedans değeri 50Ω ve $L = \lambda/2$ alınarak, $\lambda/4$ empedans dönüştürücünün hesaplanma yöntemleri tekrarlanılarak elde edilir.

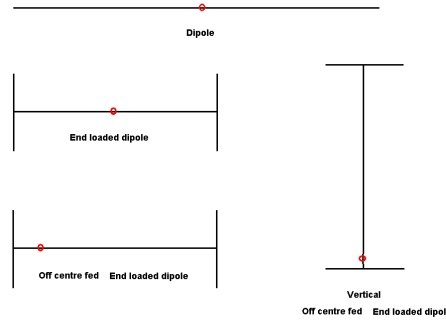
Mikroşerit beslemeli yama antende ϵ_r, f_r (Hz) ve h için belirtim yapılarak, dikdörtgensel yamanın boyutları W, L, W_m, L_m, W_f, L_f değerleri hesaplanır (Buchanan ve Gupta, 1995).

5. DİPOL ANTEN TASARIMI

5.1. Dipol Anten Nedir

Anten tekniğinde en basit rezonans oluşumu yarım dalga boyundaki dipollar da meydana gelir. Bu anten hemen hemen tüm anten biçimlerinin temel elemanıdır ve yönbağımsız (izotropik) küresel anten gibi referans anten olarak ta kullanılır.

Bu yarım dalga boyu antenin ayırt edici özelliği, geometrik merkez noktasında iki parçaya ayrılmış olmasıdır. Burada ortaya çıkan 2 kutup, gönderici veya alıcı modunda çalışırken beslemenin yapıldığı yerdir.



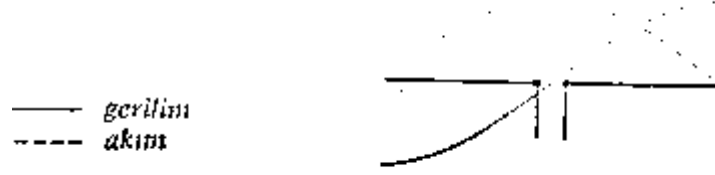
Şekil 5.1. Dipol antenler

Adından da anlaşılacağı üzere, bir yarım dalga dipol, çalıştığı her bir frekansa karşılık gelen yaklaşık yarım dalga boyu ($\lambda/2$) kadar uzunluğa ulaşır. Bu duruma dipolun dalga boyu ile rezonansa olma durumu denir (EI7BA's Amateur Radio Pages, 2011).

5.1.1. Dipol Antende Akım

Akım/gerilim karakteristiği bir paralel rezonans devresidir. Bir dipolde akım merkezde en büyük değerine, uç kısımlarda ise en küçük değerine sahiptir. Gerilim ise merkezde en küçük, uçlarda en büyük değerde olur. Anten, gerilimin düşük, akımın ise büyük olduğu nokta olan merkezden beslendiğinden, bu tür besleme

yöntemine merkez-besleme veya akım-besleme yöntemi denir. Besleme noktasının neresi olduğu kullanılacak iletim hattının seçimi için önemlidir.



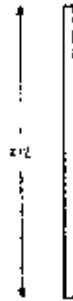
Şekil 5.2. Dipol boyunca akım ve gerilim dağılımı

5.1.2. Dipol Antende Kazanç

Bir paralel rezonans devresinde benzeri şekilde akım ve gerilim duran dalgaları (standing waves) meydana gelir. Kazancı 1 olan yönbağımsız (izotropik) küreselantene karşılık, bir dipol anten belirli bir yöne yönlendirilmiştir ve kazancı 1,5 tir.

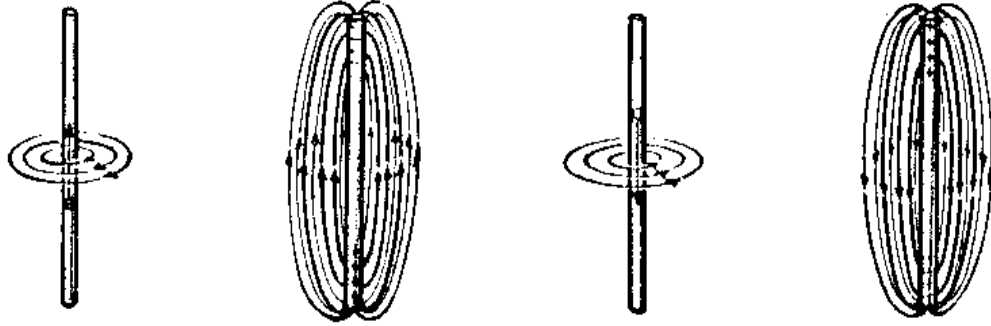
5.2. Dipolde Elektron Salınımı

Yarım dalga dipolü üzerindeki elektronların niçin belli bir frekansta salınabildiklerini inceleyelim. Bunu yaparken dipolün ortasındaki anten bölümünü bobinsiz bir sargı olarak kabul edilir. Çünkü düz bir tek çevresinde manyetik alan yarattığından, onun da bir "L" özindüklemesi vardır. O zaman dipol, Şekil 5.3' teki biçimi alır.



Şekil 5.3. Çift uçlu dipol

Daha önce de belirtildiği gibi çift uçlu bu dipol içindeki elektronlar ancak belli bir frekansta salınabilirler. Şekil 5.4 görüntü dizisi, çubuk üzerindeki salınım olayını belirgin olarak göstermektedir.



Şekil 5.4. Dipolde elektron salınımı

Çubuk içindeki elektronlar, daha doğrusu elektronların hareket enerjisi, alt uçtan üst uca gidip-gelince bir salınım tamamlanmaktadır. Bu enerjinin üst uca gidip-gelme süresi enerjinin hızına bağlıdır. Yani enerjinin aşağıdan-yukarıya gidip-gelme süresi belli bir “f” frekanslı salınım oluşturmaktadır. Sonuç olarak elektronlar ancak bu frekansta salınabilmektedirler. Çubuk uzunluğu özsalınımın yarım dalga boyuna eşittir. Gerçekte dalganın iletken içindeki yayılma hızı boşluktakinden % 5 daha yavaştır. Bu nedenle Anten boyu hesaplamaları yapılırken % 5 lik bu faktörü dikkate almak gerekir.

Yukarıdaki şekil 5.4’ te 1. görüntüde elektronlar aşağıdan yukarıya hareket etmektedirler ve çevrede bir manyetik alan oluşmaktadır. Tam tepeye geldiklerinde ise durmaktadırlar. Bu durumda çubuğun üstü çok elektronlu altı ise elektronsuz kalmaktadır. 2. görüntüde üstteki (-) yük ile alttaki (+) yük arasında bir elektriksel alan doğmaktadır. 3. görüntüde elektronlar bu kez geri dönmekte ve aşağı inmektedirler. Yine çubuk çevresinde bir manyetik alan vardır. 4. görüntüde elektronlar alt uca toplanmışlardır. Duran yükler arasında bir elektriksel alan doğmuştur. Bu alan 2. görüntüdekinin ters yönündedir. İzlendiği gibi elektriksel ve manyetik alanlar birbiri peşisıra ortaya çıkmaktadırlar (Milli Eğitim Bakanlığı [MEGEP], 2011).

Gerilim; elektronların, iki farklı yoğunluktaki bölgelerin birinden diğerine “Akma İsteği” dir. Potansiyel enerji olarak tanımladığımız bu istek akımın nedeni

olmaktadır. Akım; belli bir iletken kesitinden bir saniye içinde geçen elektron sayısıdır, birimi ise “Amper” dir.

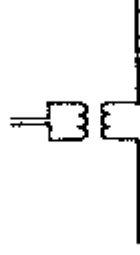
Bu salınım olayında saptayabildiğimiz bir başka özellik de, çubuğun ortasından elektronların hızla geçtiği, ancak uçlara yaklaşıncaya yavaşladıklarıdır. Akım ortada yüksek, uçlara yakın yerlerde ise düşüktür, tam uçlarda ise tamamen sıfırdır. Çünkü buraya ulaşan elektronlar durmaktadırlar. Akımı “hız” ile tanımladıktan sonra, gerilimi de “Akma isteği” ile tanımlayabiliriz.

Akma isteği, elektronlar uçlarda iken en yüksek değerdedir. Üst uçta iken aşağıya akmak, alt uçta iken yukarıya akmak adeta zorlanmaktadırlar. Bu duruma göre aşağıda gerilim (+) yönlü iken, yukarıda (-) yönlüdür. Akım ve gerilimin çubuk boyunca dağılımı birer eğri ile aşağıdaki şekildeki gibi gösterilir. Bu dağılımlar eğrilerden de anlaşılacağı gibi sinüs'seldir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEGEP], 2011).

5.3. Dipol Bağlantı Nasıl Yapılır

Antenin alıcıya bağlanmasındaki amaç, zaten üzerinde oluşan gerilim ya da akımın, alıcı cihaza en etkin biçimde iletilmesidir. Aynı doğrultuda düşünülünce, bir vericinin antene bağlanmasındaki amaç da, verici cihazın antende en büyük gerilim ve akımı yaratmasını sağlamaktır. Bağlantı işlemi yapılırken, gerilim ya da akımın en yüksek olduğu noktalardan biri tercih edilir. Antenin özsalınımında akımın en yüksek olduğu yerden bağlantı yapılacaksa bir transformatör kullanılır ve antene çift elemanlı kablo çekilmesi gerekir. (Yarım dalga dipol, kısa ve çok kısa dalga anten). Gerilimin en büyük olduğu yerden bağlantı yapılırsa, buradaki gerilim yalnızca tek bir tel ile alıcıya ulaştırılabilir ve toprağa ya da şaseye akım akması sağlanır. (Tam dalga anten, T anten, L anten, Uzun ve Orta dalga antenleri)

Burada akıma ilişkin bağlantıyı gözden geçirecek olursak; antenimizde salınan elektronların hareketi alıcımıza aktarılabilirse, elektronlardaki " Mesaj " ı alabiliriz. Mademki elektronlar çubuğun tam ortasında en hareketli durumdadır, o zaman biz de çubuğu tam ortasından keserek araya bir transformatörün primer uçlarını bağlarız ve sekonder sargıdanda sinyali alıcıya ulaştırırız. Ttransformatör bize çubukta salınan elektronları gözleme olanağı vermektedir. Uygulamanın nasıl bir görünüm aldığını Şekil 5.5' te izleyebiliriz.

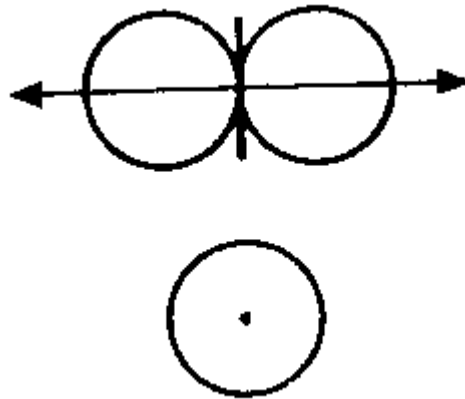


Şekil 5.5. Dipole bağlantı yapılması

Bu transformatör dipole bağlanırken “Empedans” (direnç) uygunluğunun sağlanmış olması gerekir. Transformatör farklı konumlarda yer alabilir. Bu konumlar ya alıcının içinde ya da dipol yakınında bulunan anten yükselticisi içinde yer alabilir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEGEP], 2011).

5.4. Dipolün Yönelme Eğrisi

Yarım dalga dipolü her yöne eşit genlikte (şiddette) dalga yaymaz. Kendi yapısında zaten bir yönelme özelliği vardır. Bütün antenlerin, verişteki yönelmeleri ile alıştaki yönelmeleri aynıdır. Antenin çevresinde ölçmeler yapılacak olursa; en genlikli yayın yaptığı yön maksimum olarak belirlenir. Bu yöndeki genlik 1 olarak kabul edilerek diğer yönlerdeki genlikleri de 1 baz alınarak değerlendirilir. Bu değerler bir yön grafiği üzerinde işaretlenerek noktalar birleştirilir. rtaya çıkan antenin " Yönelme Eğrisi " dir. Bir yarım dalga dipolünün çevresinde iki ayrı düzlemde oluşan yönelme eğrileri aşağıdaki gibidir.

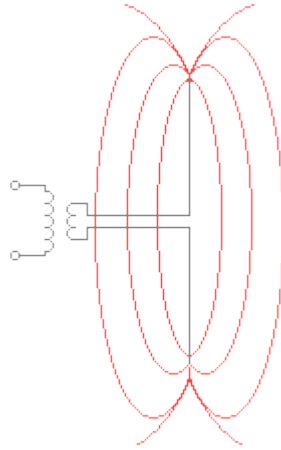


Şekil 5.6. Dipolün yönelme eğrileri

Görüldüğü gibi dipole dik yönde olan alanlarda yöneltme eğrisi maksimumdur. Yani elektriksel ve manyetik alan genlikleri en büyüktür. Dipol doğrultusunda ise alan genlikleri sıfır kalmakta ve bu doğrultularda alış-veriş olmamaktadır.

5.5. Dipol Anten Oluşumu

Yarım dalga dipolun kaynağı basit bir osilasyon devresidir. Şöyle bir kurgulayın; osilasyon devresinde ki kondansatör plakaları birbirinden biraz bükülerek uzaklaşsın. Kapasitansın azalmasına karşılık kondansatör hala bir kondansatördür. Plakaları biraz daha ayırmaya devam edelim; elektrik alan hatları devreyi biraz daha uzun bir yolu geçerek tamamlamaya devam ediyor. Artık kondansatörü tanımak mümkün değil. Elektrik alan hatları serbest uzaya doğru ilerliyor. Bir besleme hattı üzerinden beslenen bir yarım dalga dipolü ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.7. Bir dipol antenin oluşumu

6. SONNET PROGRAMI İLE RFID DİPOL ANTEN TASARIMLARI

Bu son bölümde, dipol anten tasarımlarında kullanılan SONNET tasarım ve simülasyon programı yardımıyla RFID mikroşerit dipol anten tasarımları yapılarak, simüle edilecek ve simülasyon verileri incelenerek antenin parametrik ve karakteristik özellikleri karşılaştırılıp yorumlanacaktır.

İlk olarak RFID sistemlerinde kullanılan 800-1400 MHz bandı için tasarlayacağımız mikroşerit dipol antenin boyutlarını belirleyebilmek için antenimizi oluşturacağımız taban malzemenin seçimi yapılmaktadır. Tasarımımızda kalınlığı 0.05cm olan Rogers RO3003 dielektrik malzemesi (substrate) kullanılmaktadır.

Malzeme seçimi ve frekans bandımızı belirledikten sonra dipol antenlerimiz için gereken uzunlukları bulabiliriz. Bizim için önemli olan tasarlanan dipol antenlerin band genişliklerini bulmak ve bunların karşılaştırılmasını yapmaktır.

6.1. SONNET Simülasyon Programının Anlatımı

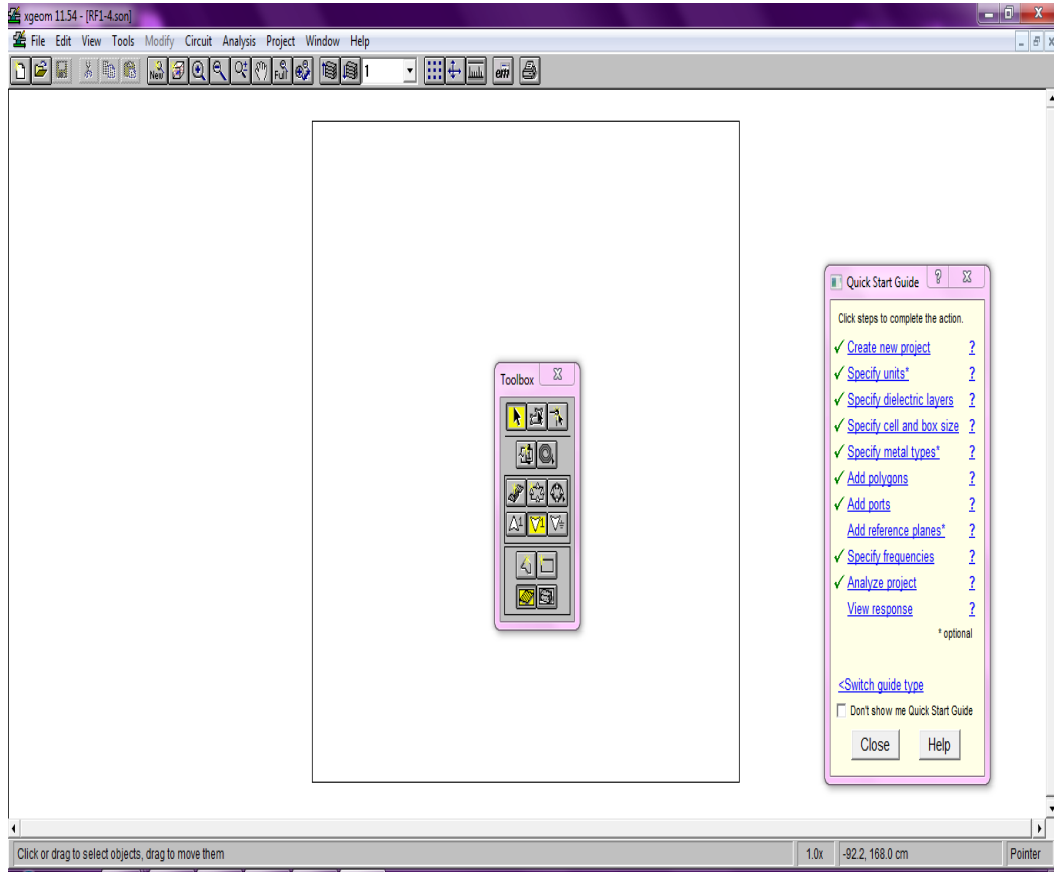
Sonnet Software yüksek frekanslı RF / MW EM (Elektromanyetik) analizi için ticari EDA yazılım çözümleri sağlayan bir simülasyon programıdır. Elektromanyetik alanların incelenmesinde kullanılan, bir antenin radyasyon yapısını, empedansını ve kazancını, bir anten üzerine veya çevredeki yapı üzerine akan elektrik akımları ve bir anten etrafında yakın alanlar olan anten çiftleri arasında yalıtımı veya karşılıklı bağlaşımı hesaplayabilir (Sonnet, 2011).

SONNET, kurduğumuz yerde Sonnet düğmesine tıklayarak programımızı çalıştırıyoruz. Eğer, her şeyi uygun şekilde kurduysak, aşağıdakine benzer bir ekran göreceğiz. Burası, kurallara uygun biçimde basit bir grafiksel kullanıcı arabirimi kullanarak geometriyi tasarlayacağımız yerdir. “Quick start guide” kısmına bakarak, kullanılacak unit, cell büyüklüğü, box büyüklüğü, çalışma frekans aralığı, malzeme çeşidi ve yüksekliği gibi birçok gerekli bilginin nasıl oluşturulacağı gösterilmektedir.

Tasarımda, 900 MHz üzerinde çalışmamızın sebebi; 13.56 MHz’lik birçok yapılan çalışmalarda, dalga boyu çok küçüktür. Yaklaşık 0.002λ ‘dır. Verici anten (Radiator) olarak çalışması çok zordur. Bu sebeple anten bile sayılmamaktadır.

Yakın mesafe (Near field) olarak 1 metreden daha az mesafede etkindir. Anten olarak çalışmadığı için etkisi endüktif kuplaj (inductive coupling) özelliği göstermektedir ve tıpkı bir transformatör (transformer) gibidir. Dolayısıyla uzun mesafeye ihtiyaç duyarız. 900 MHz RFID dipol antende yaklaşık $\frac{1}{2}$ dalga boyu 14cm kadardır. Işıması güzel olup, verici anten yaklaşık 10 metreye kadar yükseltilir. Dolayısıyla 0.5λ algılanır. Yarım dalga boyu antenlere de “dipol” adı verilmektedir. Dipoller aynı zamanda çok iyi birer verici antenlerdir. Bu çalışma alanının geniş bir yelpazesi vardır.

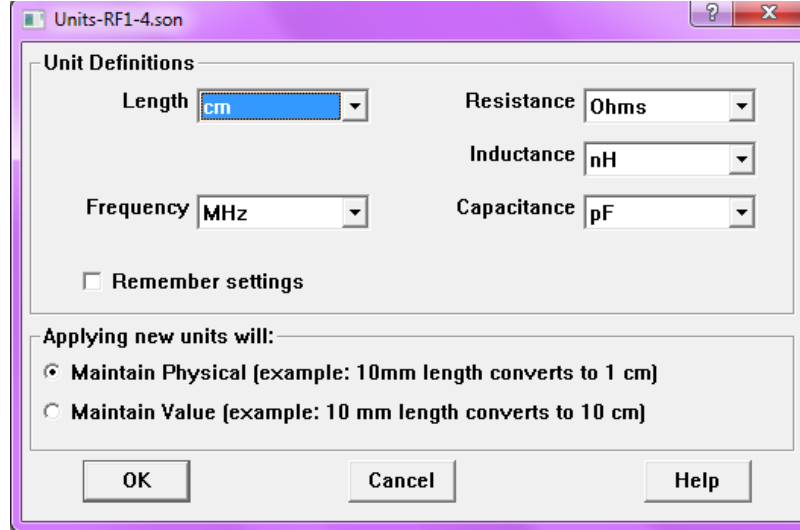
Yapılan karışık bağlantının merkezi, muhtemelen iyi empedans eşleşmesi için küçük silikon RFIC chiple sağlanmaktadır. Avrupa ve Amerika’da farklı ama 900 MHz’e yakın, Japonya’da ise 960 MHz’e yakın dizaynlar yapılmaktadır.



Şekil 6.1. SONNET ana ekran görüntüsü

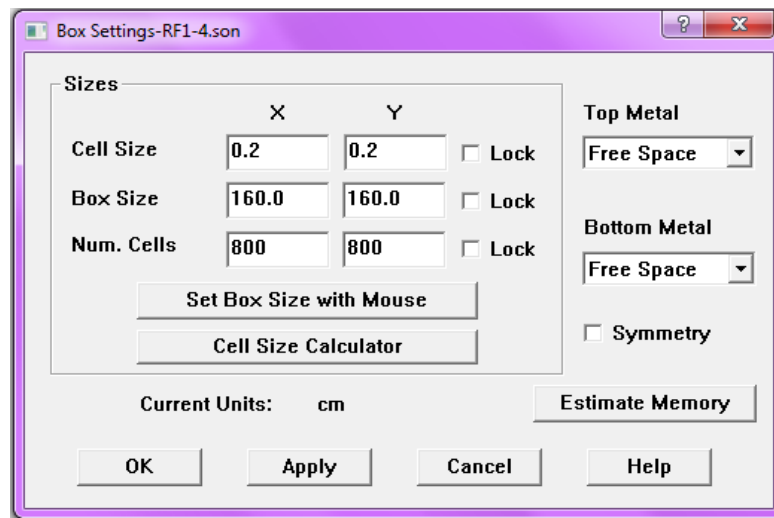
İlk adım, “File”-“New geometry” ‘e tıklayarak yeni bir çalışma açılır. Tüm geometri uzunlukları için geçerli ayarların cm olduğuna ve frekans ayarının MHz

olmasına dikkat ediniz. Bu, “Circuit”-“Units” (Birim) ‘ine tıklayarak ve farklı bir birim seçerek değiştirilebilir.



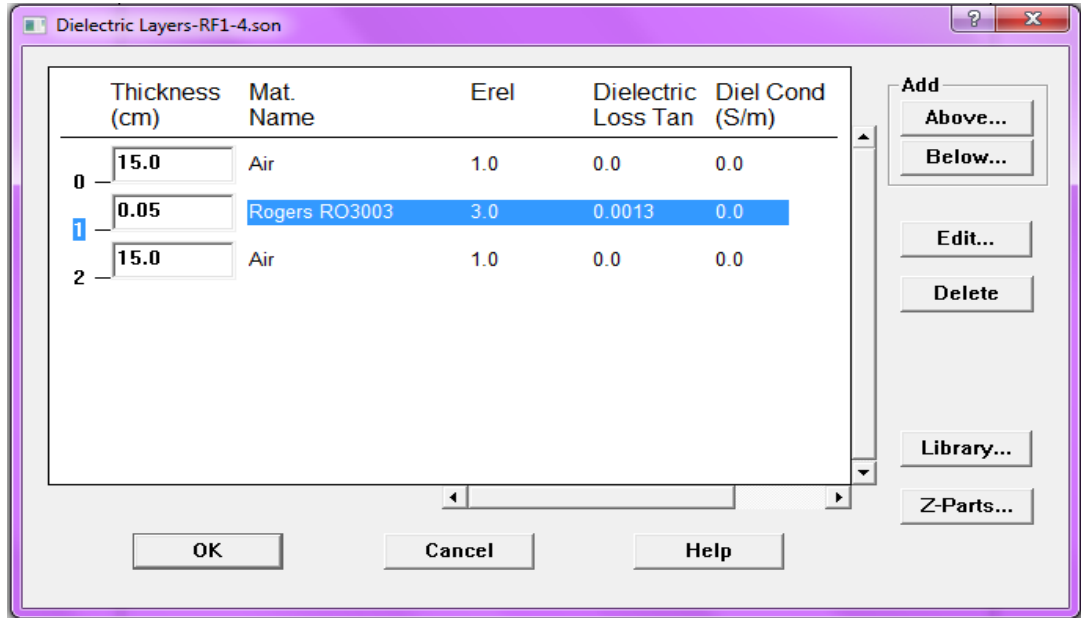
Şekil 6.2. Birim ve frekans belirleme menüsü

Daha sonra “Circuit”-“Box” ‘dan geometriyi çizeceğimiz cell ve box büyüklüğü belirlenmektedir. Antenin üst ve alt kısımlarının boş alan (Free space) olması gerekir. Bu şekilde antenden ne kadar uzak mesafede olursa o kadar iyi bir çalışma sağlanır. Boş alanın empedansı 377 ohms per square olarak temsil edilir. Analiz yapılırken Sonnetin içinde FFT (Fast Fourier Transform) kullanılır. FFT’ nin kullanılmasındaki sebep hassasiyetin sağlanması ve hızlı analizin yapılması için gereklidir.

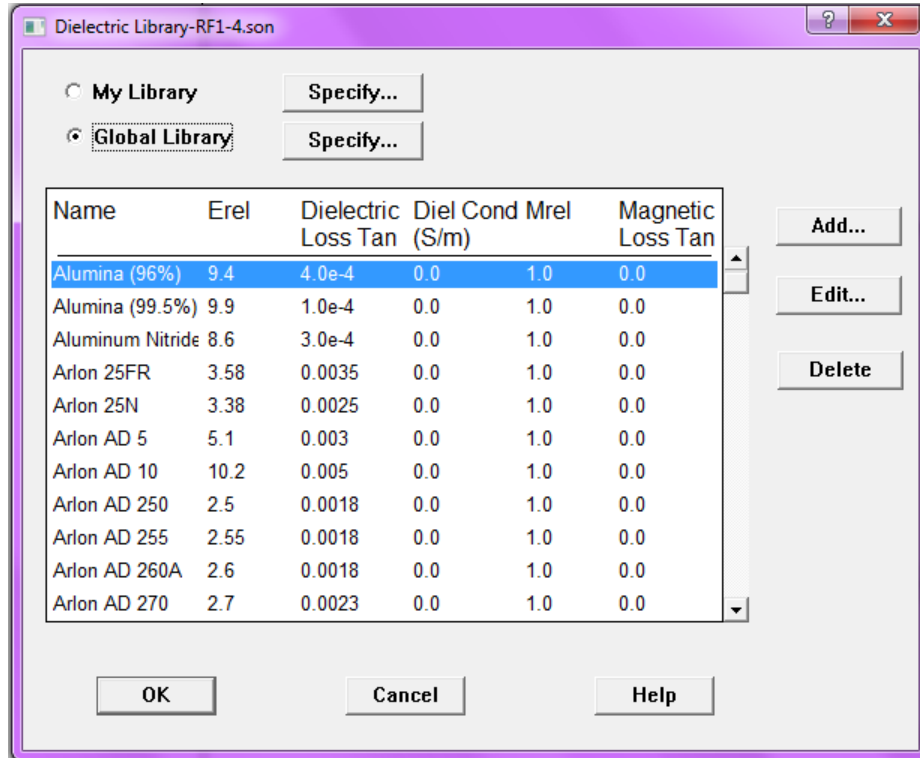


Şekil 6.3. Box büyüklüğü oluşturma penceresi

Dielektrik malzeme bilgisini, “Circuit”-“Dielectric Layers” ‘dan belirleriz. Malzeme seçiminide “Library”- Global” ‘den seçebiliriz. Burada görüldüğü gibi kayıp tanjantı, kalınlığı ve erel bilgileride oluşturulur.

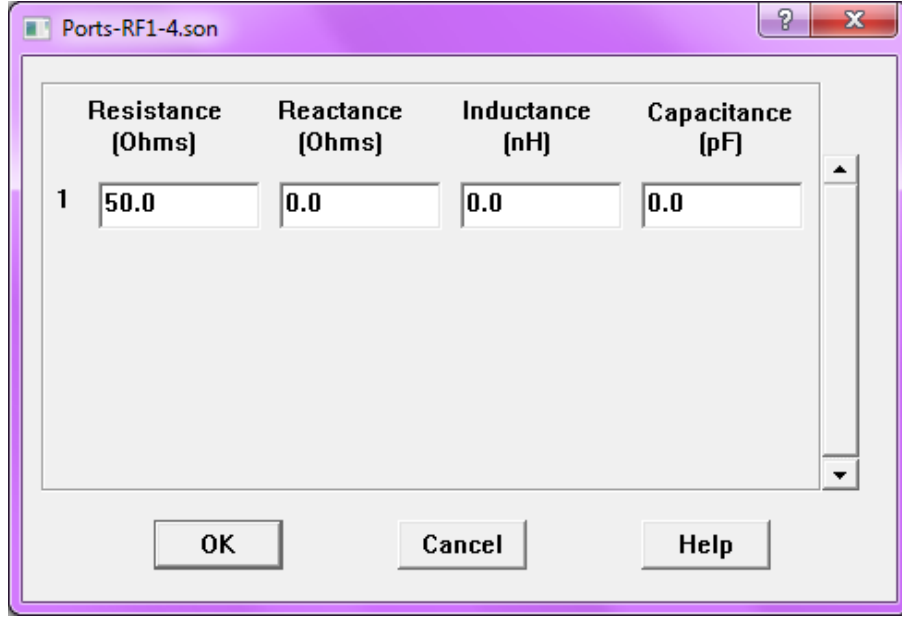


Şekil 6.4. Dielektrik bilgisi oluşturma penceresi



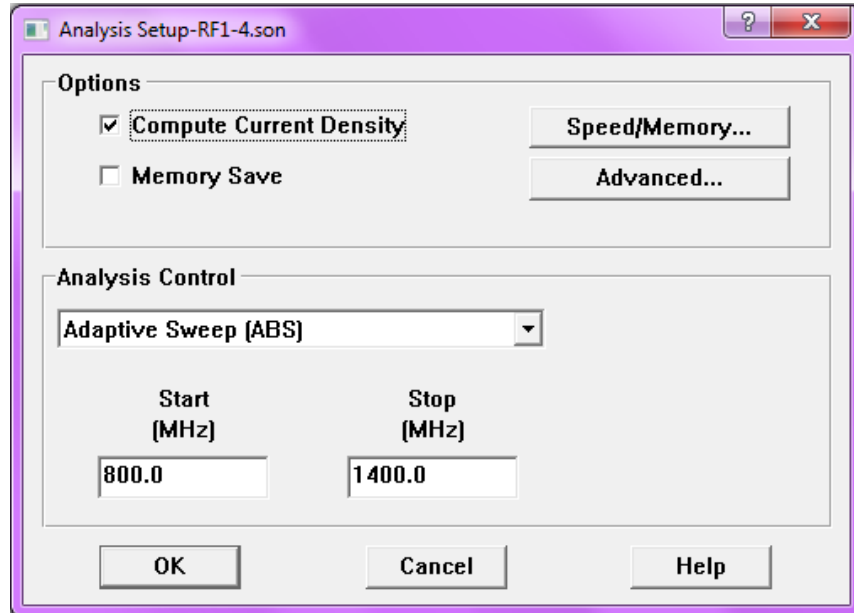
Şekil 6.5. Global Library penceresi

Giriş empedans değeri “Circuit”-“Ports” alanından yazılarak oluşturulmaktadır.

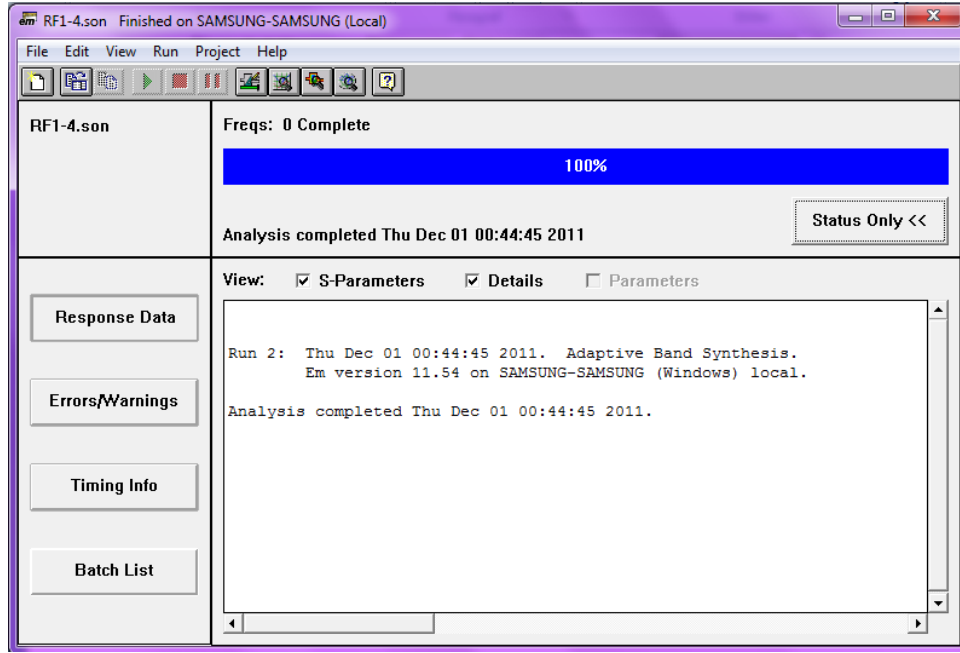


Şekil 6.6. Port özellikleri oluşturma penceresi

Seçilen frekans aralığı ve analiz kontrolü, “Analysis”-“Setup” ‘dan yapılmaktadır. Aynı zamanda geometri oluşturulduktan sonra “Project”-“Analyze” menüsünden simülasyon sonuçlandırılır.



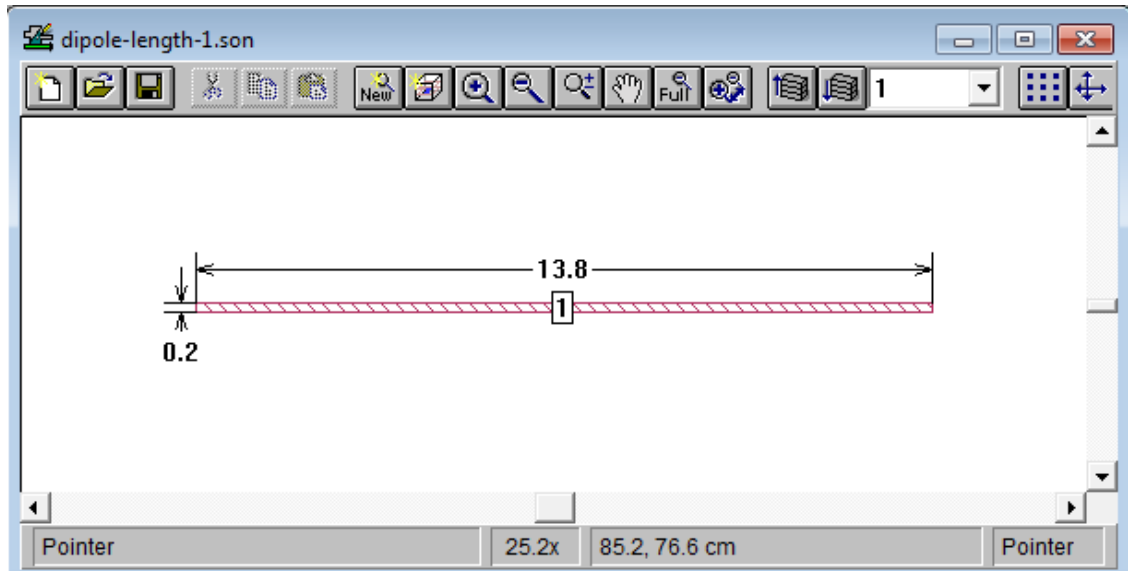
Şekil 6.7. Frekans aralığı oluşturma penceresi



Şekil 6.8. Sonnet anten çözümleme penceresi

6.2. 800-1400 MHz RFID Etiket (Dipol Anten) Tasarımları ve Sonuçları

Tüm dipol anten tasarımları yapılırken kalınlığı 0.5mm olan Rogers RO3003 (erel=3, loss tan= 0.0013) dielektrik malzemesi kullanılmıştır. Yarım dalga boyu anten yaklaşık 13-15 cm'lik bir dipol anten çizilmiştir. Şekil 6.9' da görülmektedir.

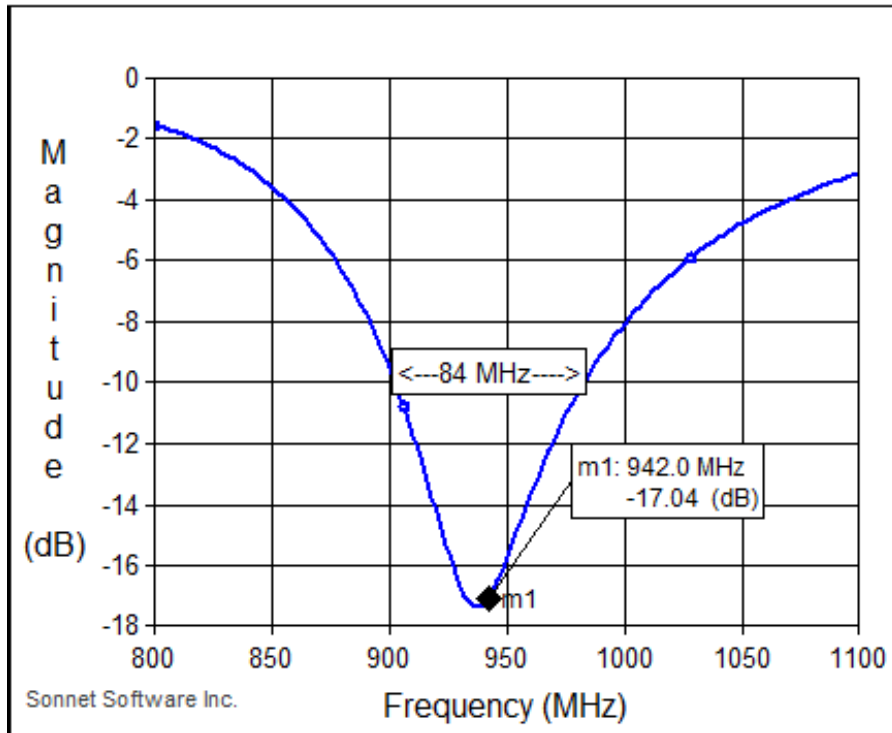


Şekil 6.9. Antenin Sonnet programındaki üstten görünüşü

Tablo 6.1. Dielektrik malzeme ile ilgili parametrik çalışma

Dielektrik Kalınlığı (mm)	Dielektrik Malzeme	Erel	Loss Tan	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)
0.8	Arlon FoamClad	1.25	0.003	988	-13.29
0.8	Teflon (PTFE)	2.08	$4.0e^{-4}$	954	-14.24
1.5	Teflon (PTFE)	2.08	$4.0e^{-4}$	902	-13.38
0.5	Rogers RO3003	3.0	0.0013	942	-17.04
0.2	Rogers RO3003	3.0	0.0013	976	-14.89

Rezonans frekansı 942 MHz’ de S11 değeri -17.04 dB elde edilmiştir. -10 dB’ deki yaklaşık frekans aralığı 84 MHz’ dir.



Şekil 6.10. 942 MHz’ deki S11 değeri

6.2.1. Dipol Antenlerin Üzerinde Yapılan Parametrik Çalışmalar

Tablo 6.2. İlk UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (a)

Eklene Patchin Alanı (cm ²)	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)	Band Genişliği (MHz)
13.8 × 0.2	942	-17.04	84
3.4 × 0.2 × 2	929	-17.47	76
0.6 × 0.2 × 4	920	-17.91	72

Sonuç olarak, dipolün en uzak noktalarına eklenen patchler S11 değerini arttırırken band genişliğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 6.3. İkinci UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (b)

Eklene Patchin Alanı (cm ²)	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)	Band Genişliği (MHz)
13.8 × 0.2	942	-17.04	84
2.2 × 0.2 × 2	933	-17.28	81
2.8 × 0.2 × 2	1120	-21.26	98
1.6 × 0.2 × 4 & 0.6 × 0.2 × 2	1134	-34.07	122

Işımanın yoğun olduğu alan tespit edilip patchler eklendiğinde band genişliğinin arttığı ve aynı zamanda S11 değerinin arttığıda gözlemlenmiştir.

Tablo 6.4. Üçüncü UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (c)

Eklene Patchin Alanı (cm ²)	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)	Band Genişliği (MHz)
13.8 × 0.2	942	-17.04	84
1 × 0.2 × 4 & 1.6 × 0.2 & 1.4 × 0.2	928	-38.67	100

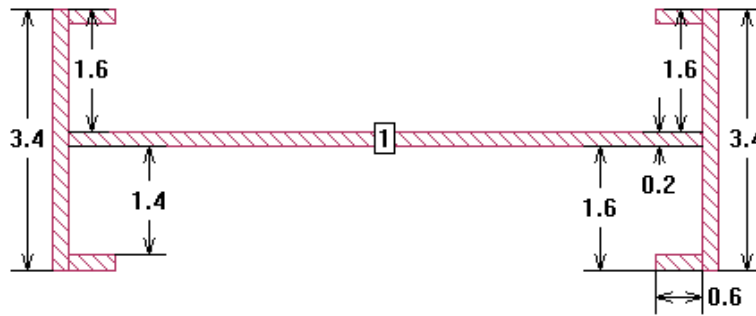
Tablo 6.5. Dördüncü UHF RFID etiket için yapılan dipol anten (d)

Eklenen Patchin Alanı (cm ²)	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)	Band Genişliği (MHz)
$3.4 \times 0.4 \times 2$	920	-21.72	74
$1.8 \times 0.2 \times 2$	922	-20.38	76
$3.6 \times 0.6 \times 2$	1136	-52.55	252

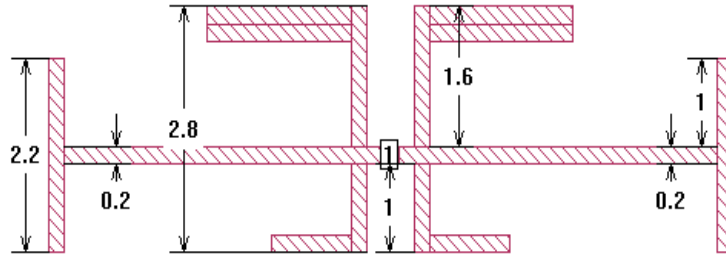
Tüm bu parametrik çalışmalar band genişliğini arttırmaya yönelik yapılmıştır. Aynı zamanda katlanmış dipol anten çalışmalarının yansıma katsayılarında arttırılmıştır. Hepsinin kazançları 2dB' ye yakındır. Simülasyon görüntüleri daha sonraki bölümlerde verilmiştir.

6.2.2. UHF RFID Folded (Katlanmış) Dipol Anten Tasarımları

Yapılan ilk anten tasarımı katlanmış dipol anten olup görüntüsü Şekil a' daki gibidir. Çizilen dipolün kenarlarına stublar eklenmiştir. Eklenen bu stubların uzunlukları değiştirilerek en iyi sonuç elde edilmiştir. Şekil b' de ise, dipolün kenarlarına hem end loaded' lar eklenmiştir hem de eklenen stublarla katlanmış dipol halini almıştır.



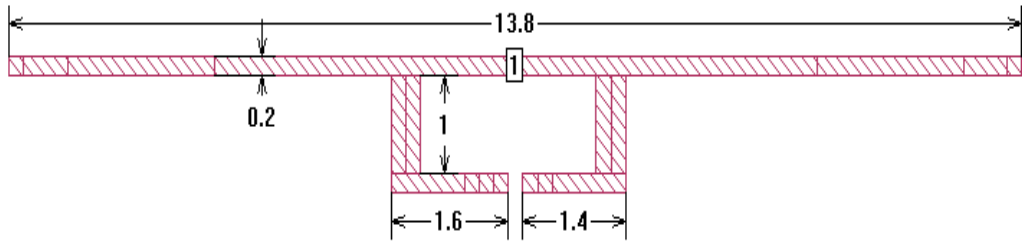
(a)



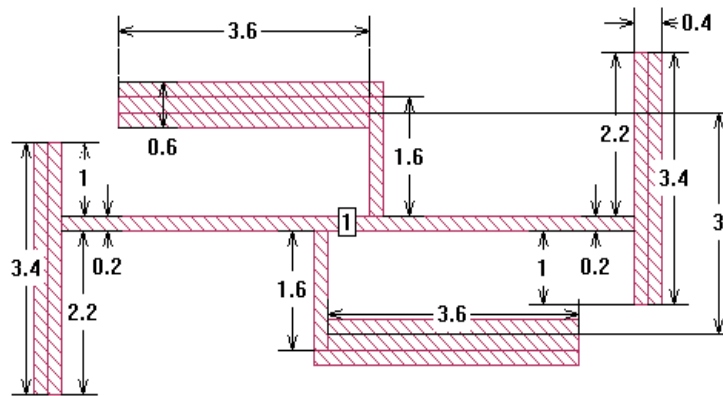
(b)

Şekil 6.11. (a), (b) Katlanmış dipol antenin üstten görünüşü

Üçüncü tasarımda, 13.8 cm lik bir dipolün alt tarafına 1.2 cm' lik patch eklenmiştir. Yani, Diğer empedans eşleştirme tekniklerinden olan T eşleştirme (T-match) anten tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım şekil c' de görülmektedir.



(c)

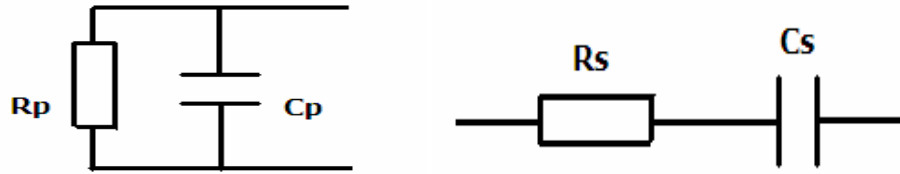


(d)

Şekil 6.12. (c), (d) Katlanmış dipol antenin üstten görünüşü

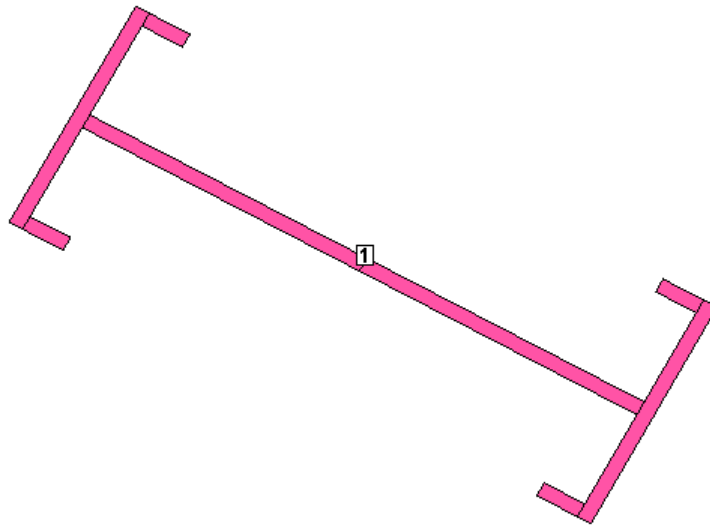
Şekil d' de görülen dördüncü tasarımda, “1” numaralı portun olduğu yerde “x” ve “y” eksenini oluşturduğumuzu düşünürsek, aynı orantıda simetrik bir çalışma yapıldığı görülmektedir. Burada kullanılan dipolün uzunluğu yaklaşık 8.2 cm’ dir.

Tasarımlarımızdaki UHF (Çok yüksek frekans) RFID (radyo frekanslı tanımlama sistemleri) etiketler hiçbir enerji kaynağına sahip değildir. Bir pasif UHF RFID etiketi anten ve (ID) identification data içeren bir mikroçipten oluşmaktadır. Bu etiketler elektromanyetik dalgalarla aktive olur ve enerjilenirler. Bu sayede okuyucu anten tarafında ya bir radiator (verici anten) ya da coupling (kuplör) olarak algılanırlar. Algılanan bu veri, via’ da modüle edilerek diyaframa geri yansıma sağlanır. Mikroçipin elektriksel modeli Şekil6.13’deki gibidir.

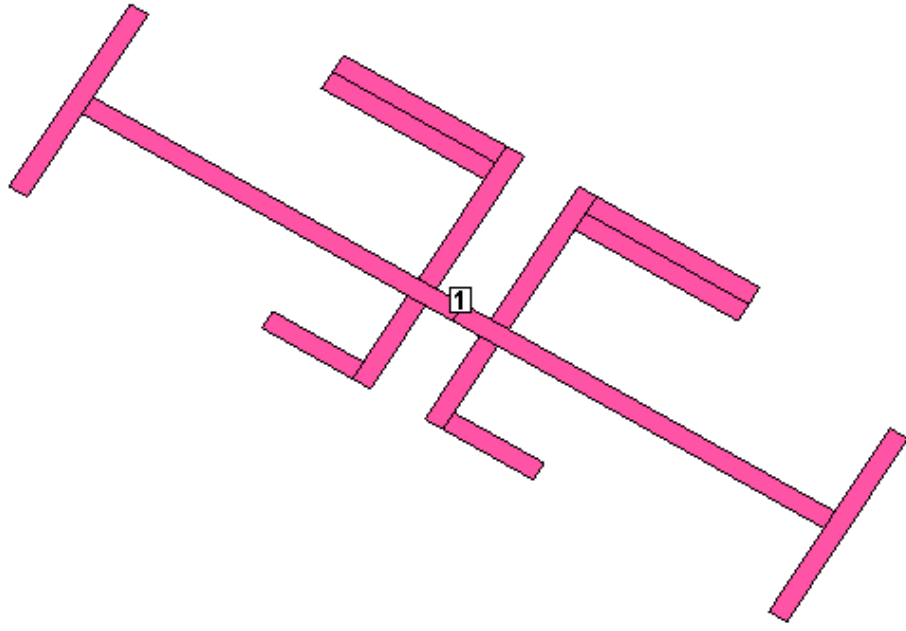


Şekil 6.13. UHF RFID çipin giriş empedansının elektriksel devre eşleniği

Diğer Şekil 6.14 ve 6.15’ teki “1” ile gösterilen “port” kısımlarında bu mikroçipler entegre edilir. Tasarımlarımızda, giriş empedansı 50Ω ve kapasitör $0.1pF$ olarak alınmıştır.

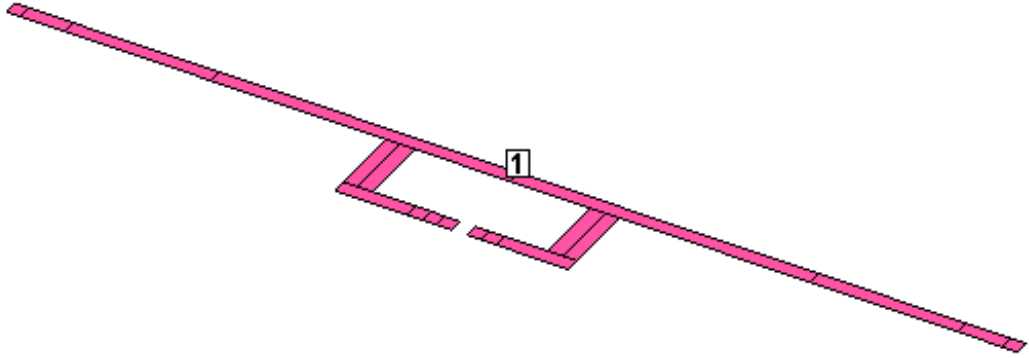


(a)

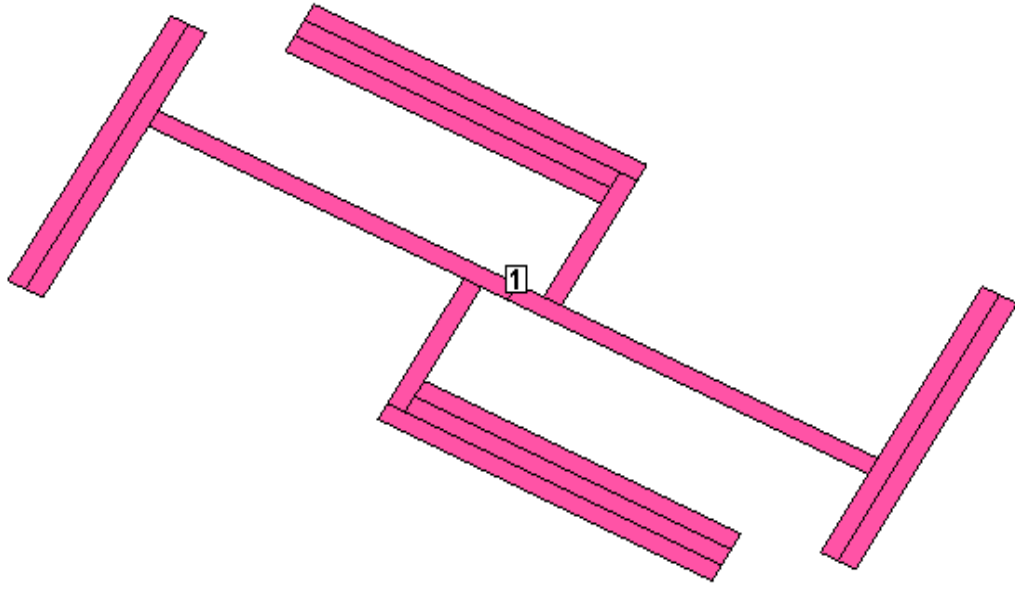


(b)

Şekil 6.14. (a), (b) Katlanmış dipol antenin 3D görünüşü



(c)



(d)

Şekil 6.15. (c), (d) Katlanmış dipol antenin 3D görünüşü

Band Genişliği hesabı şu şekilde yapılır:

(6.1)

$$\frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

Tasarlanan dipol antenlerin band genişlikleri hesaplanmıştır.

f_1 : Alçak frekans değeri

f_2 : Yüksek frekans değeri

f_c : Merkez frekans değeri

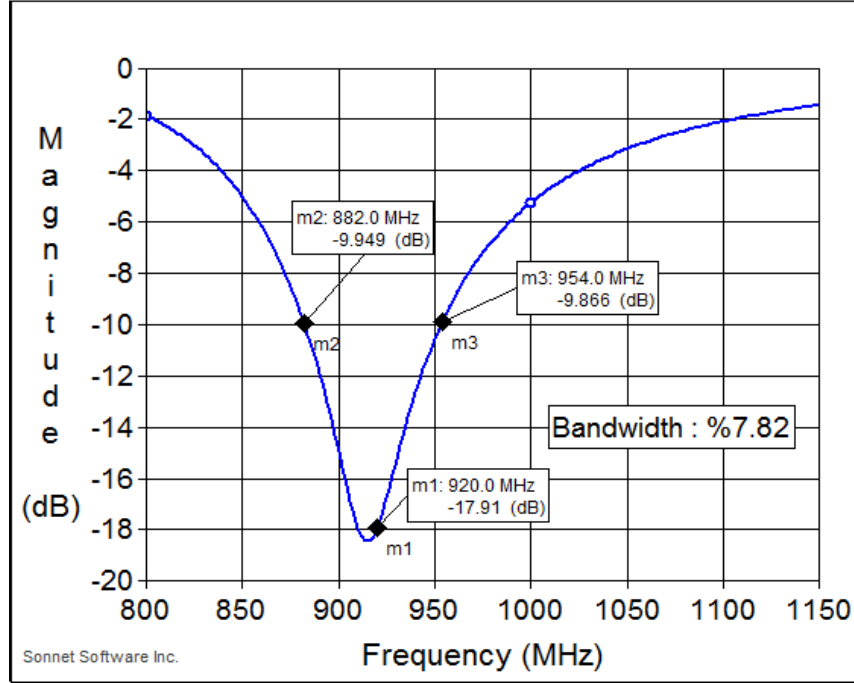
$$\frac{954 - 882}{920} \times 100 = \%7.82 \quad (a) \quad (6.2)$$

$$\frac{1200 - 1078}{1134} \times 100 = \%10.75 \quad (b) \quad (6.3)$$

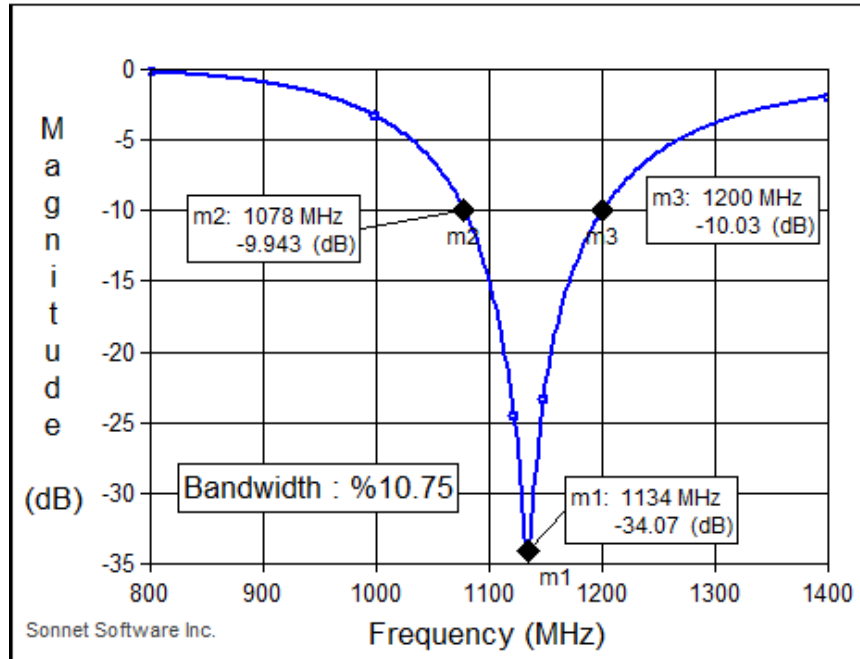
$$\frac{986 - 886}{928} \times 100 = \%10.77 \quad (c) \quad (6.4)$$

$$\frac{1208 - 956}{1136} \times 100 = \%22.18 \quad (d) \quad (6.5)$$

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

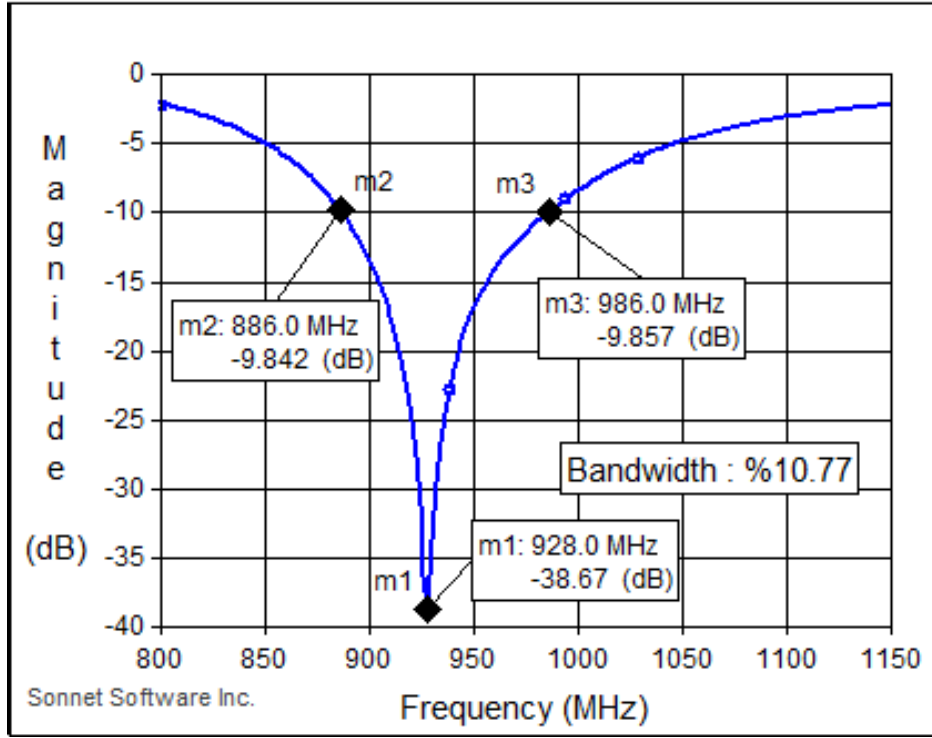


(a)

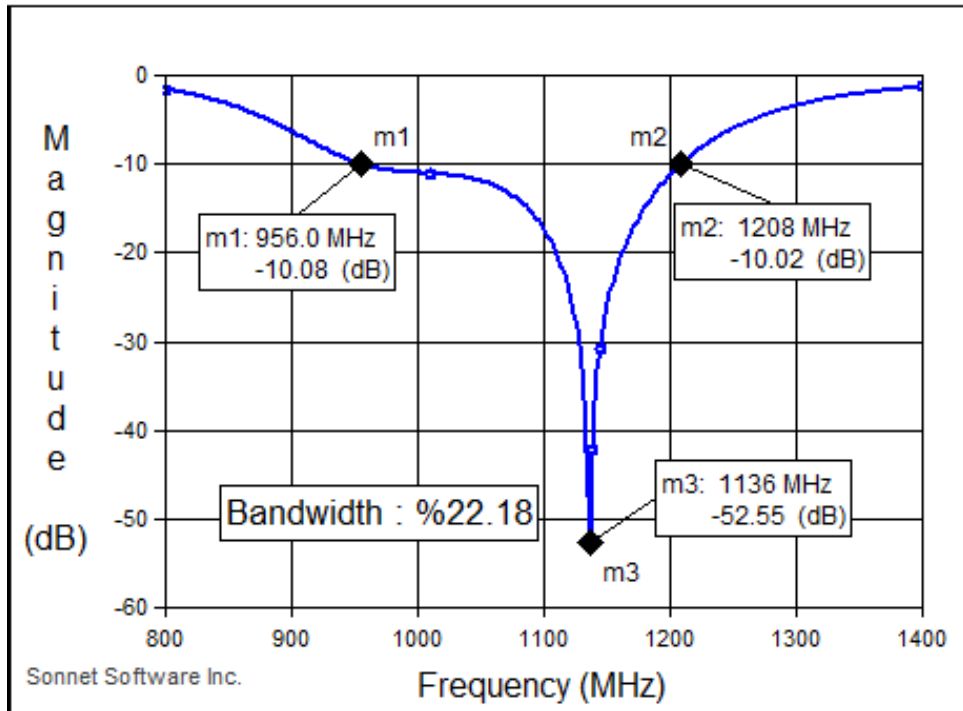


(b)

Şekil 7.1. (a), (b) Katlanmış dipol antenlerin S11 yansımaya katsayısı görüntüsü

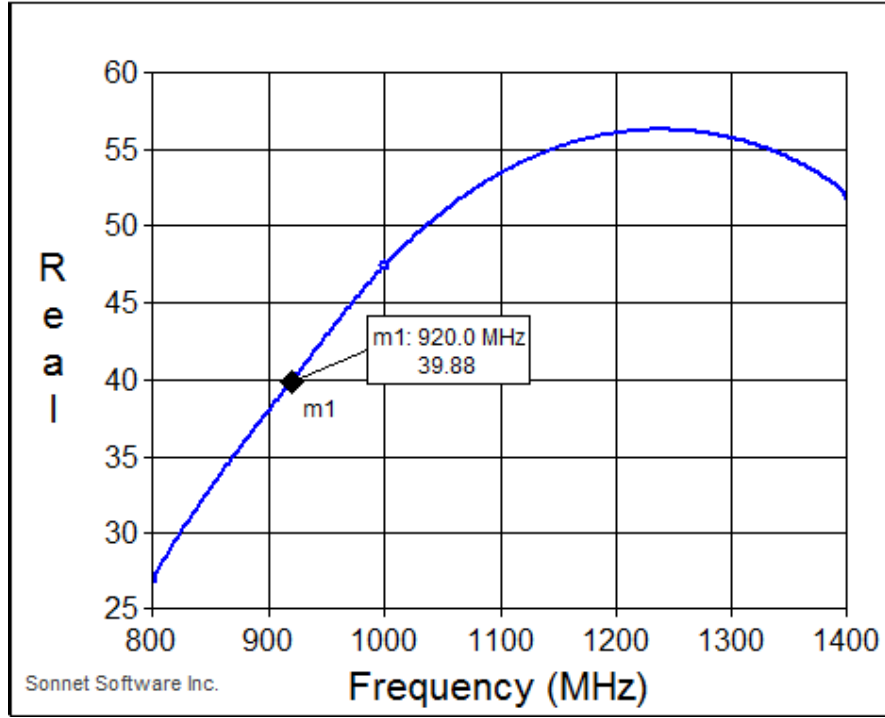


(c)

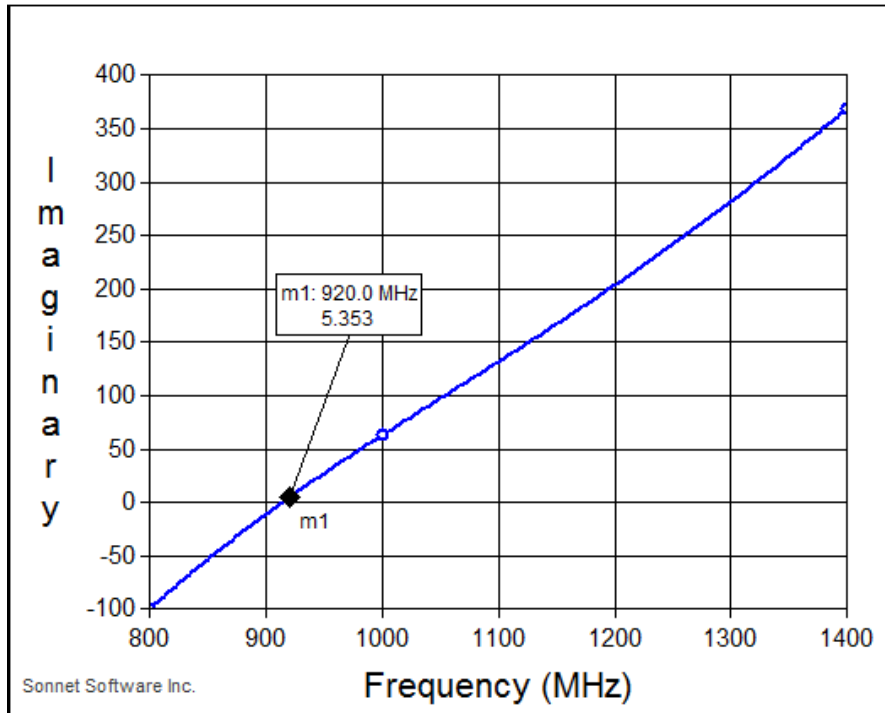


(d)

Şekil 7.2. (c), (d) Katlanmış dipol antenlerin S11 yansımaya katsayısı görüntüsü

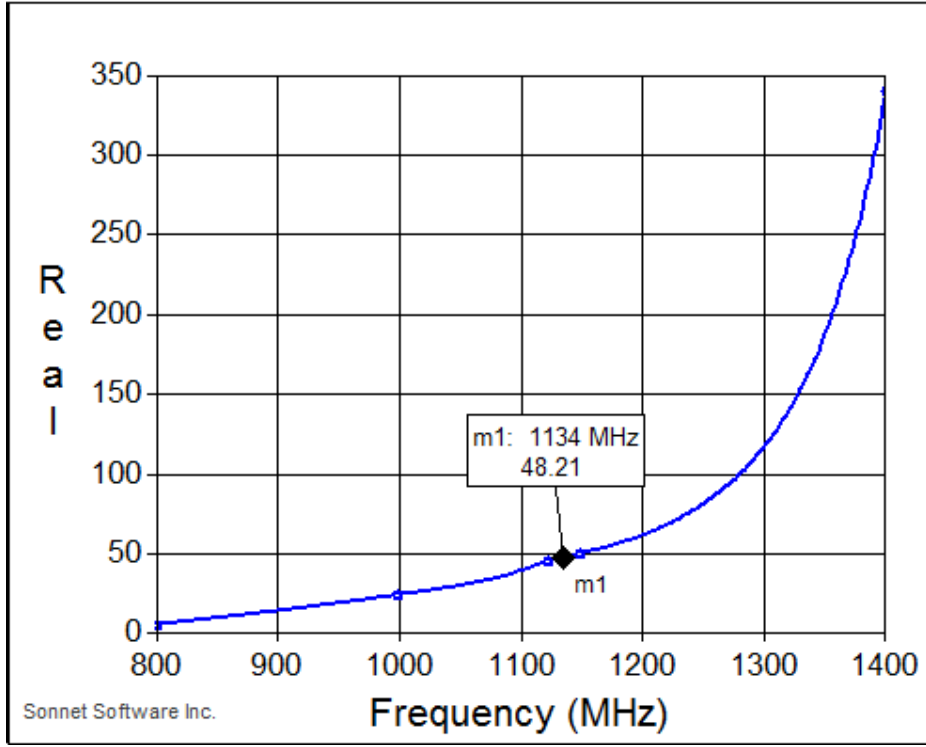


(a)

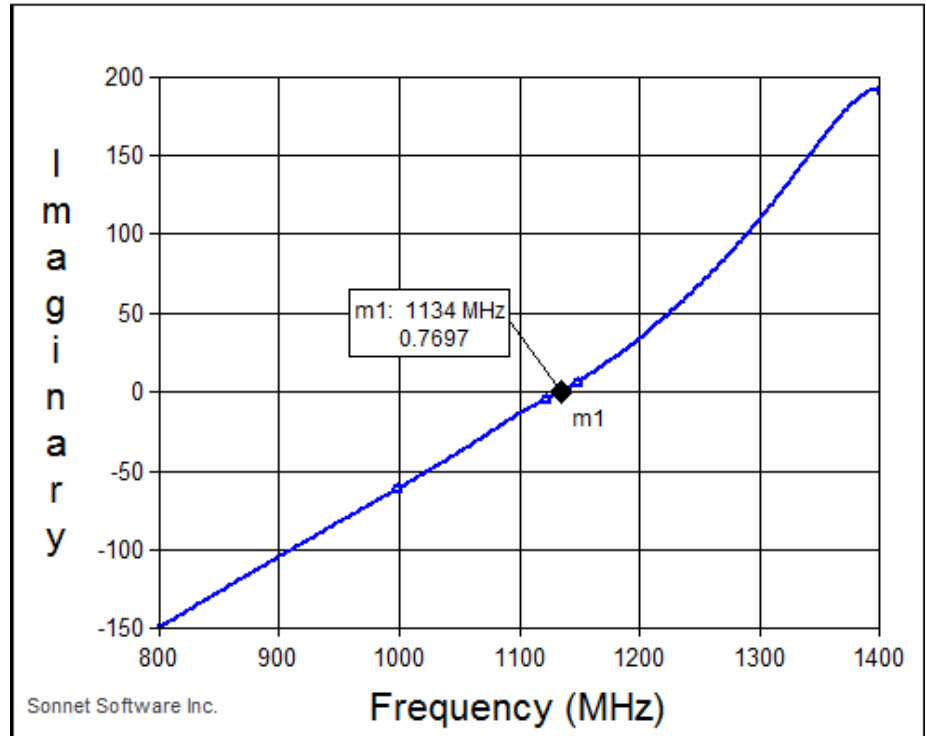


(a)

Şekil 7.3. (a) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü

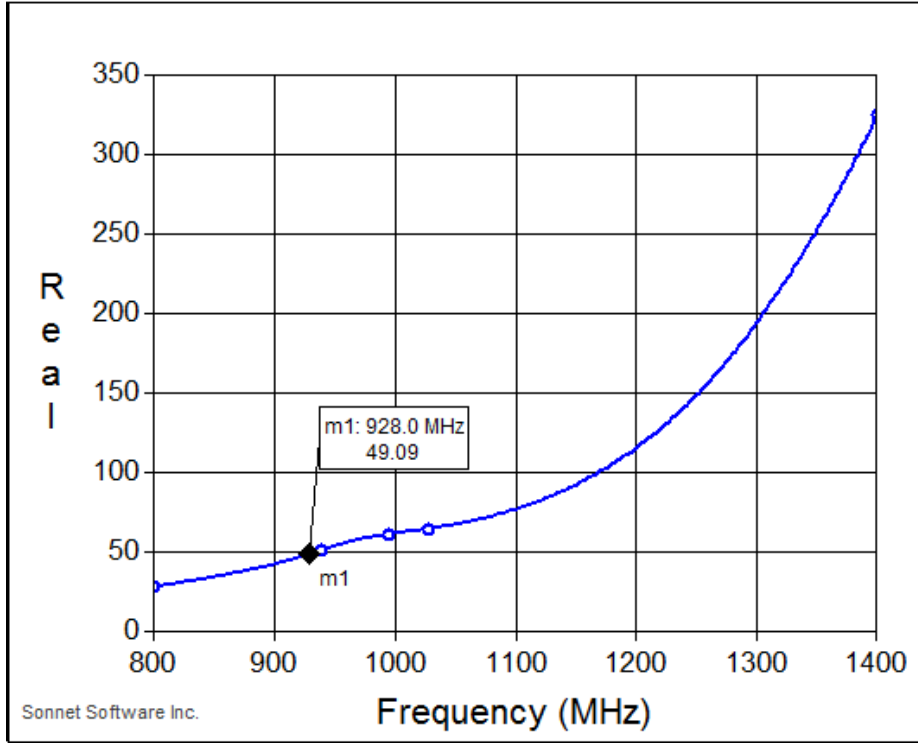


(b)

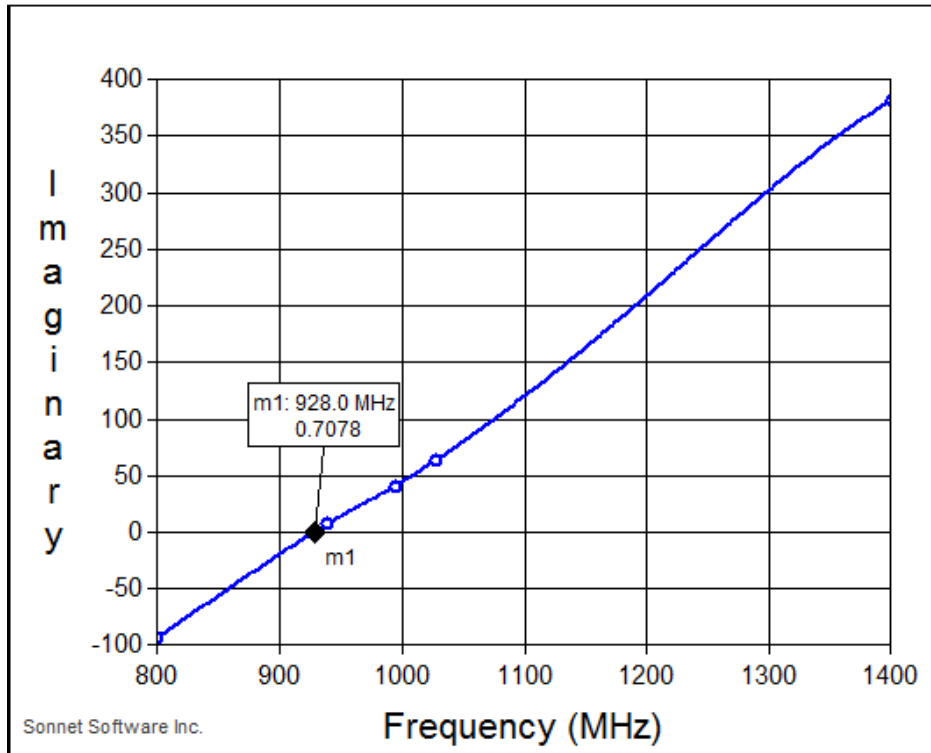


(b)

Şekil 7.4. (b) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü

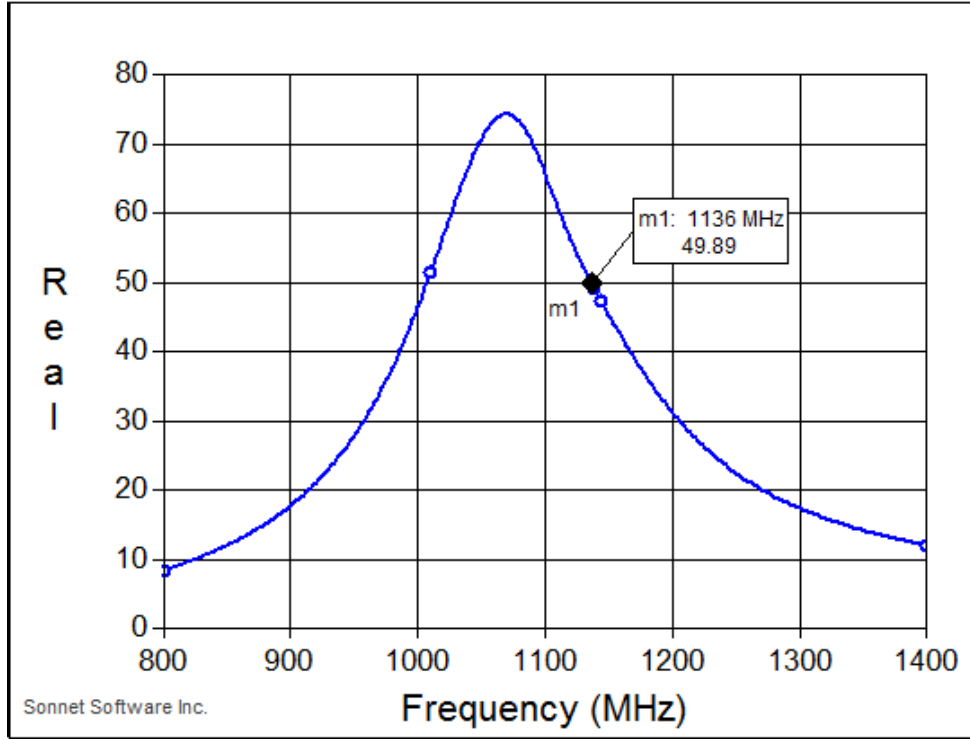


(c)

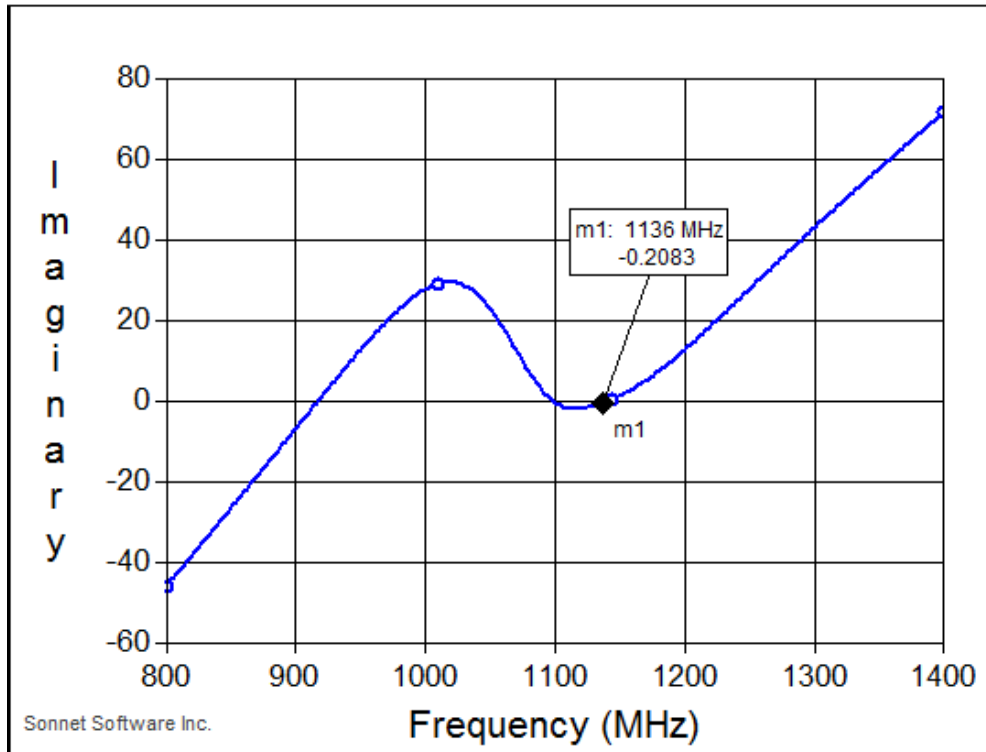


(c)

Şekil 7.5. (c) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü



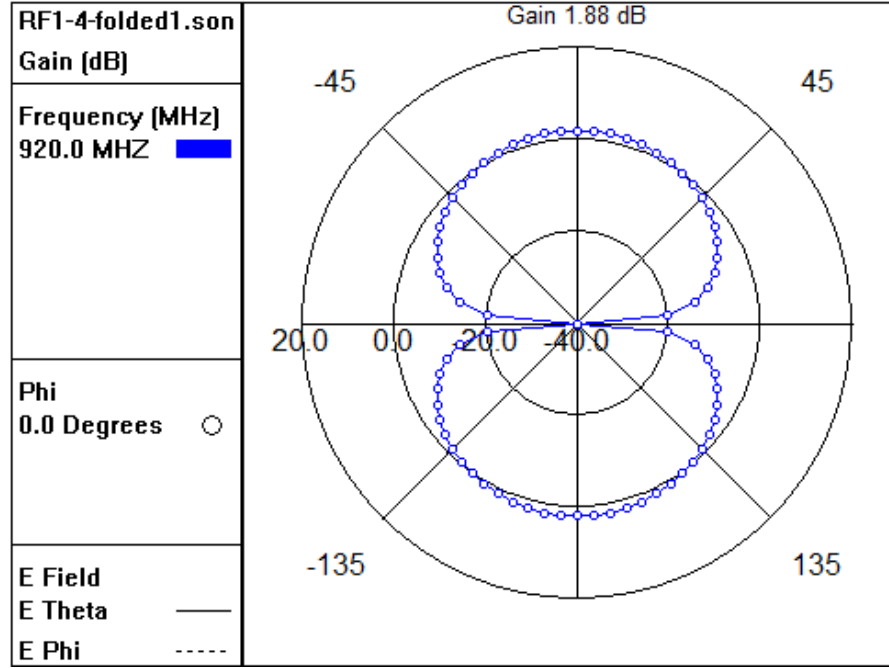
(d)



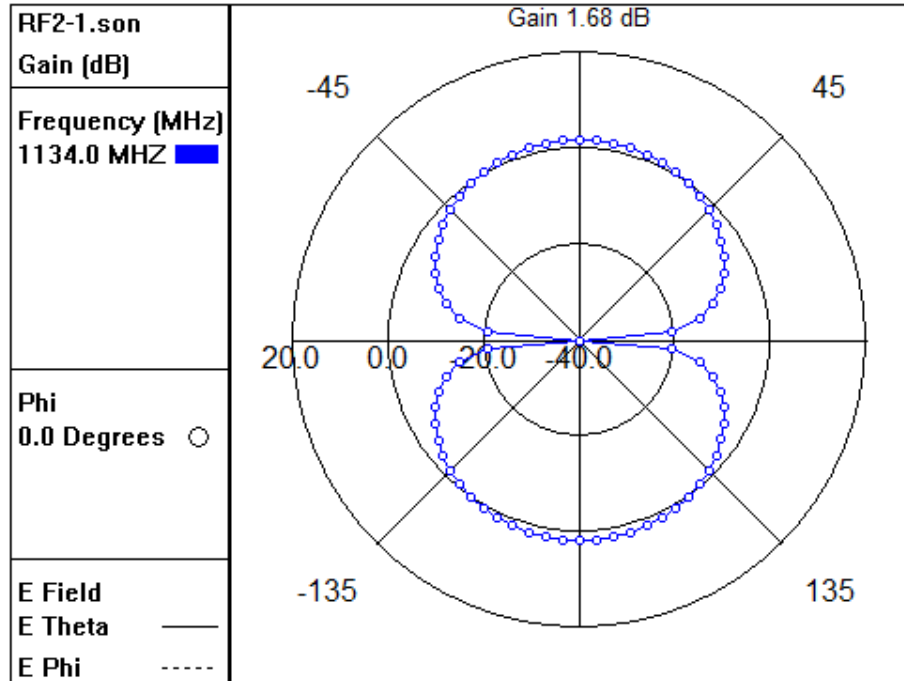
(d)

Şekil 7.6. (d) Katlanmış dipol antenin reel ve sanal kısmı görüntüsü

Dipol tasarımında band genişliği oldukça dardır. Önemli olan band genişliği yüksek olan ve kazancı 2 dB'ye yakın çalışmalar elde etmektir.

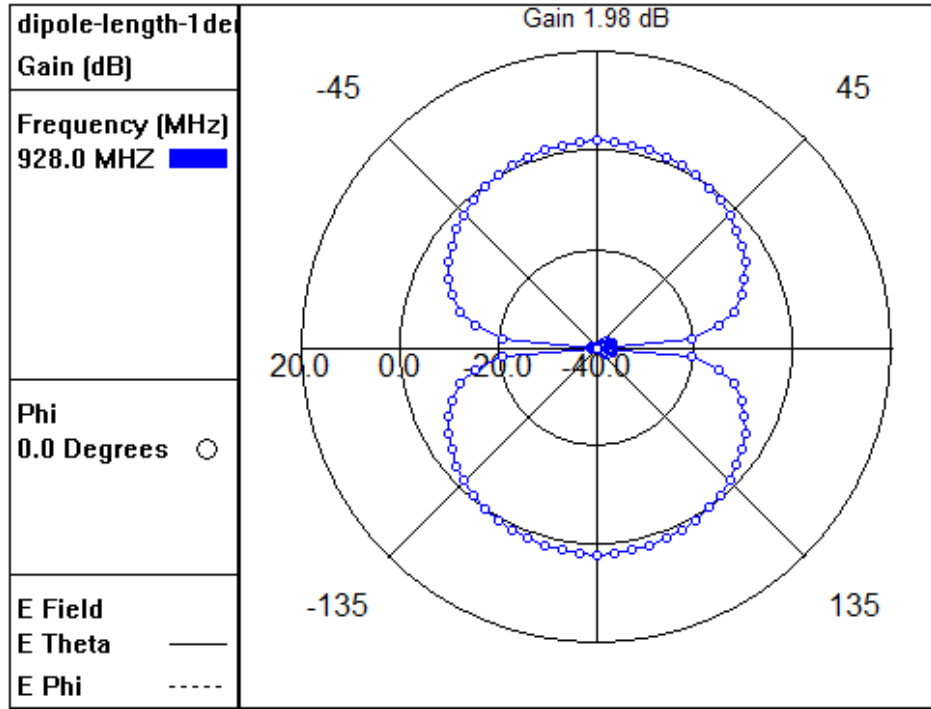


(a)

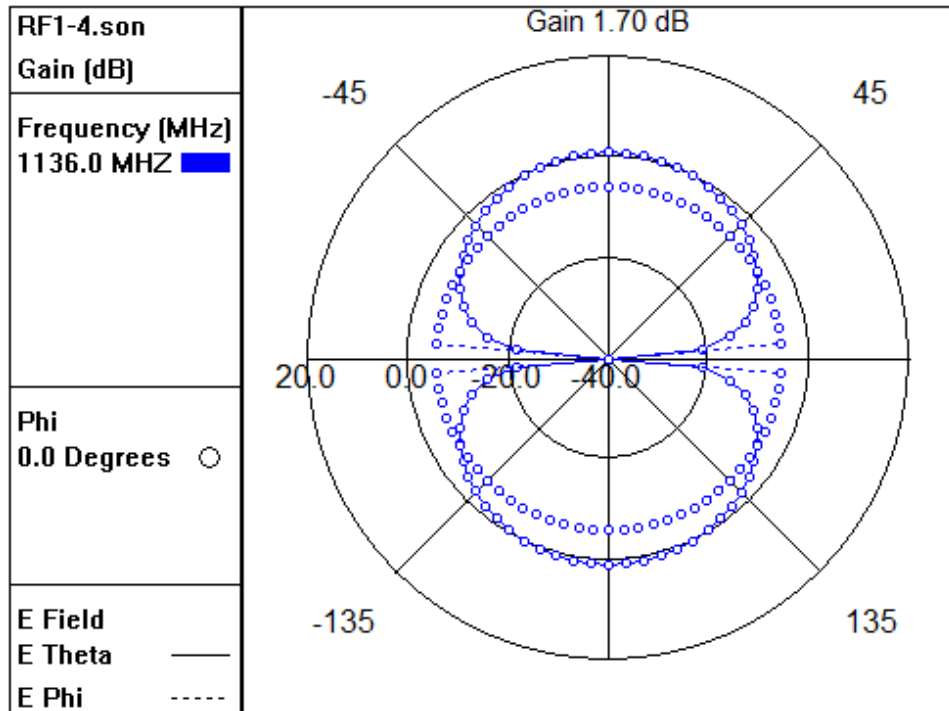


(b)

Şekil 7.7. (a), (b) Katlanmış dipol antenin kazanç grafiğinin polar görüntüsü

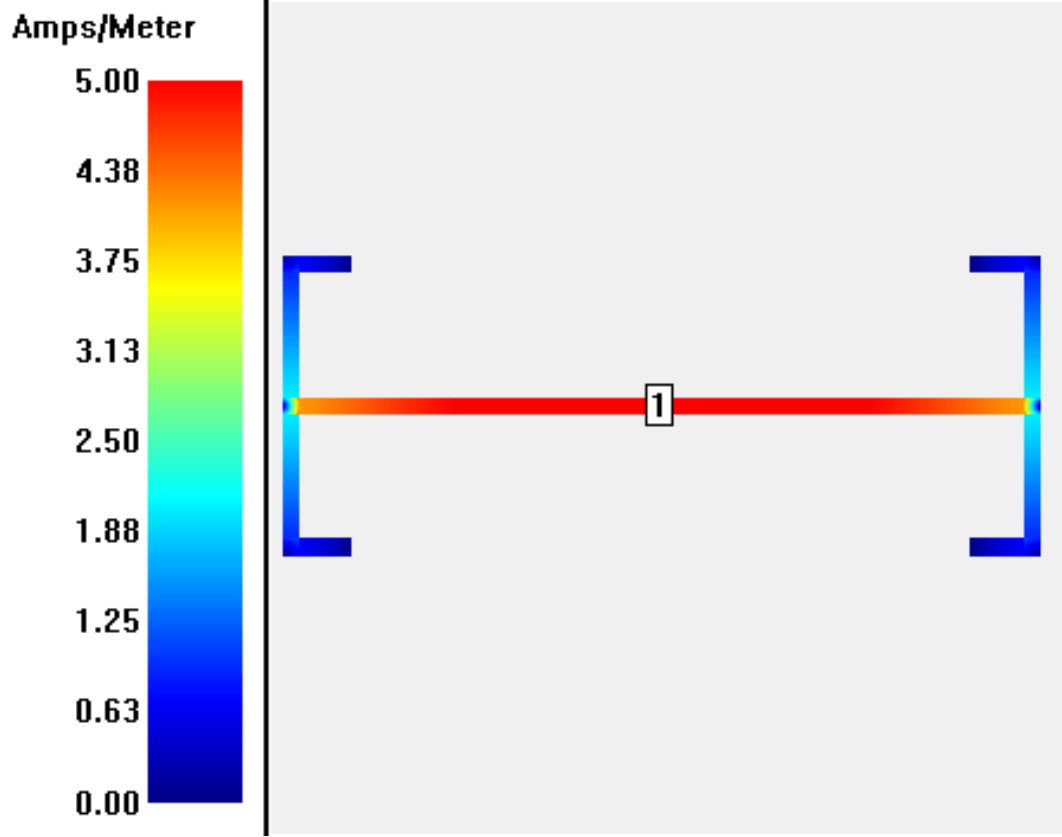


(c)

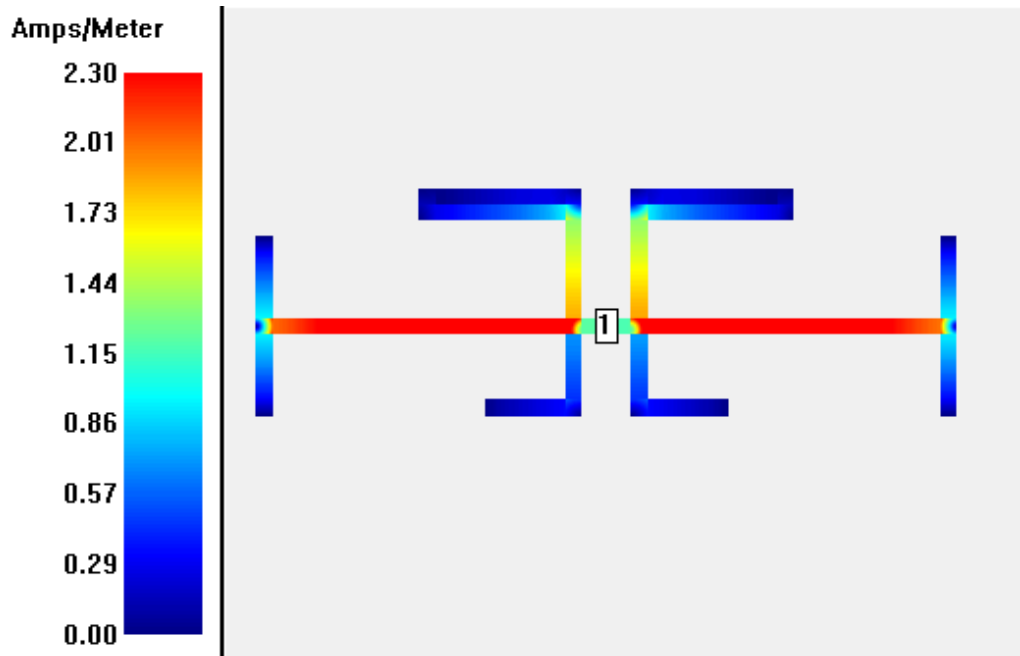


(d)

Şekil 7.8. (c), (d) Katlanmış dipol antenin kazanç grafiğinin polar görüntüsü

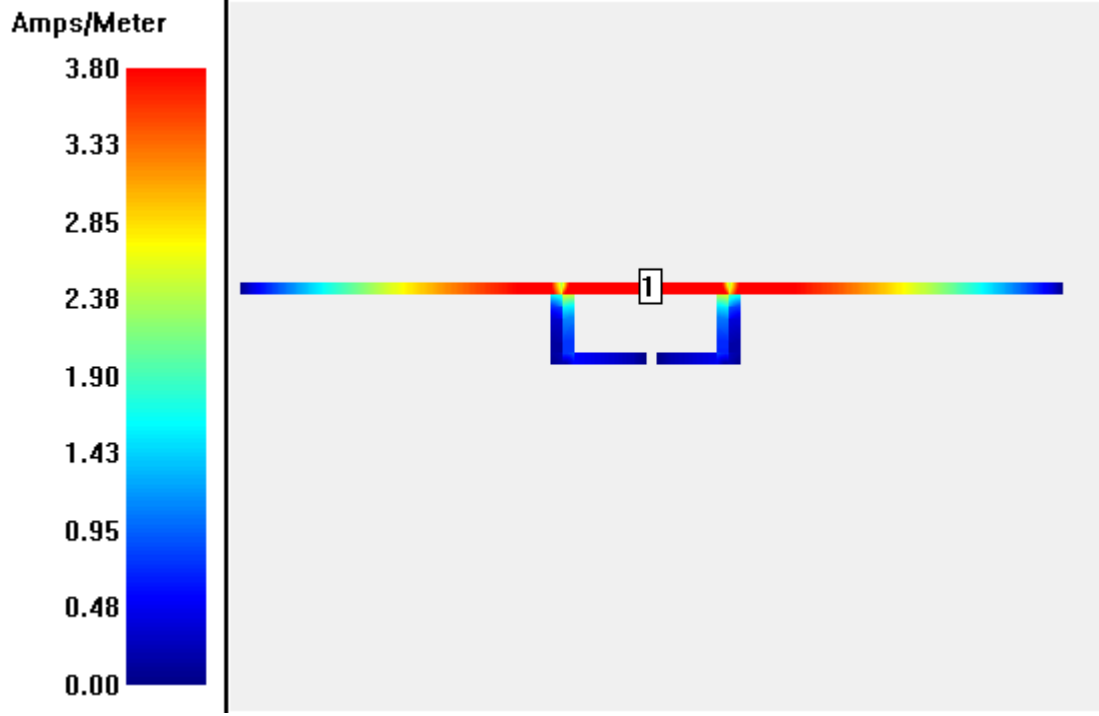


(a)

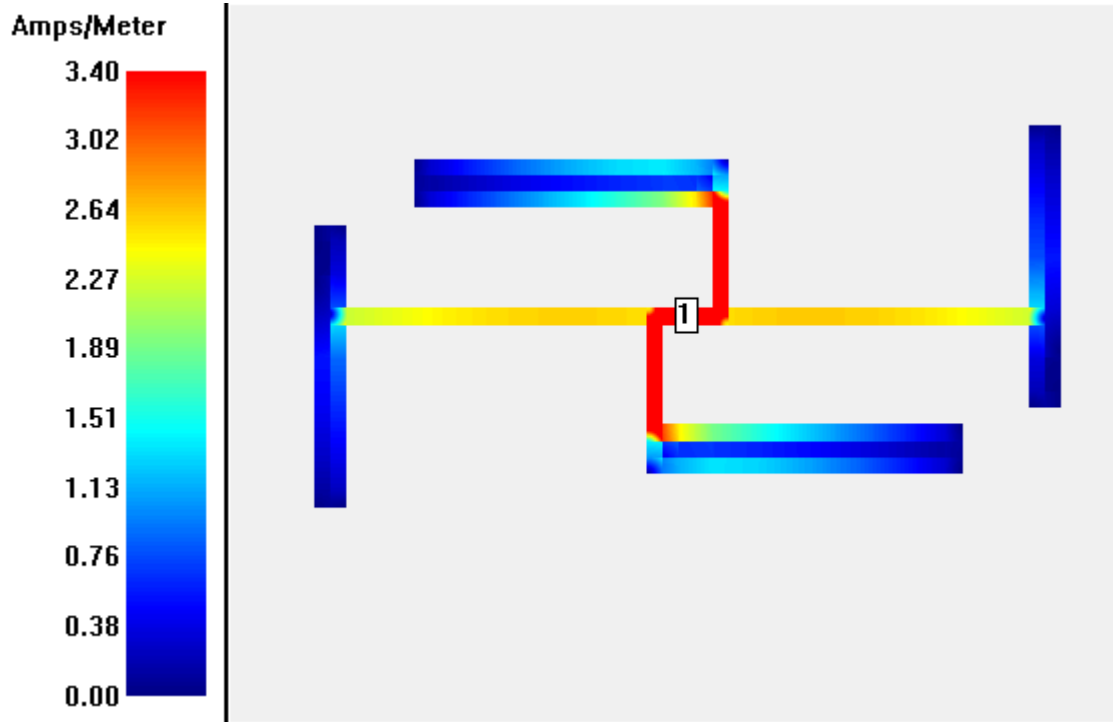


(b)

Şekil 7.9. (a), (b) Katlanmış dipol antenin akım yayılım görüntüsü



(c)



(d)

Şekil 7.10. (c), (d) Katlanmış dipol antenin akım yayılım görüntüsü

Sonuç olarak, antenlerin performansını gösteren parametrelerden biri olan geri dönüş kaybı değeri iyileştirilmiş olup aynı zamanda da çalışma bandının genişilmesi sağlanmıştır. Dipol antenlerin karşılaştırılmış hali Tablo 7.1' de gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Sonuç değerleri

Dipol Antenler	Rezonans Freq. (MHz)	S11 (dB)	$Z_{in}(\Omega)$ Reel	Gain (dB)	B.G. (%)
(a)	920	-17.91	39.88	1.88	7.82
(b)	1134	-34.07	48.21	1.68	10.75
(c)	928	-38.67	49.09	1.98	10.77
(d)	1136	-52.55	49.89	1.70	22.18

Gelecek zamanda yapılması planlanan çalışmaların başında, antenin boyutlarına bağlı olarak matematiksel modelinin çıkarılması gelmektedir. Buna göre, boyutları verilen antene göre prototip tasarımı yapılabilecektir.

8. KAYNAKLAR

G. Derneryd. (1976). *Linearly polarized microstrip antennas*. IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-24, no. 6, pp. 846-850.

Angeles, Rebecca (2005). *RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues*. Information Systems Management, ss.51-65.

Barber G., Tsibertopoulos E. (2005). *An analysis of using EPCglobal class-1 generation-2 RFID technology for wireless asset management*. pp. 245- 251, Military Communications Conference, MILCOM.

Bhatt H., Glover B., (2006). *RFID Essentials*. O'Reilly Publishing.

Brown, D. (2007). *RFID Implementation*. McGraw-Hill Comp., New York.

Can S (2009). *RFID 13.56 Mhz Kimlik Tanıma Sistemi, Hasta Takip Sistemi Uygulaması*. Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Cantero J.J., Guijarro M.A., Arrebola G., Garcia E., Baos J., Harrison M., Kelepouris T. (2008). *Traceability applications based on discovery services*. Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, pp.1332-1337.

Chen, N-K., Chen, J-L., Chang, T-H., Lu, H-F. (2008). *Reliable middleware for RFID network applications*. Rocinternational Journal Of Network Management, Wiley InterScience, doi:10.1002/nem.698.

D.C. Ranasinghe, K.S. Leong, M.L. Ng, and P.H. Cole. (2006). *Small UHF RFID label antenna design and limitations*. IEEE International Workshop on Antenna Technology: Small Antennas and Novel Metamaterials, New York.

Finkenzeller Klaus (2003). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. 2nd Edition (Hardcover) John Wiley & Sons Ltd., Chichester.

Floerkemeier C., Roduner, C., Lampe M. (2007). *RFID Application Development With the Accada Middleware Platform*. Systems Journal, IEEE, pp. 82-94.

Garfinkel, S., Rosenberg, B. (2005). *RFID: Applications, Security, and Privacy*. Addison- Wesley Professional.

J.D. Kraus and R.J. Marhefka. (2002). *Antennas-For All Applications, 3rd ed.* New York: McGraw-Hill.

Jaemin P., Junchae N., Minjeong K. (2007). *A Practical Approach for Enhancing Security of EPCglobal RFID Gen2 Tag*. pp. 436- 441, Future generation communication and networking.

Jieun S., Howon K. (2006). *The RFID middleware system supporting context-aware access control service*. Advanced Communication Technology, ICACT2006, pp. 4.

JUBAN Rusty, WYLD David (2004). *Would You Like Chips with that?: Consumer Perspectives of RFID*. *Management Research News*, Vol.27, sf.29-44, No.11/12.

Kavas A. (2007). *Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri*. Elektrik Mühendisliği, Sayı 430, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi.

Klaus Finkenzeller. (2004). *RFID Handbook*. John Wiley&Sons ISBN 0-470-84402-7 second edition.

Lahiri, S., (2006). *RFID Sourcebook*. IBM Press, Massachusetts.

Liang D., Dong W., Huanye S. (2006). *Design of RFID Middleware Based on Complex Event Processing*. Cybernetics and Intelligent Systems, pp. 1-6.

Misic J, Amini F, Khan M (2007). *On Security Attacks in Healthcare WSNs Implemented on 802.15.4 Beacon Enabled Clusters*. sf: 742-745, CCNC.

PINE H. B. (2005). *RFID and the Importance of Integration and Software*. ABI Research.

Robert A., Sainati, (1996). *Book: CAD of microstrip antennas for wireless applications*. Boston, Artech House.

Roberts C.M., (2006). *Radio frequency identification (RFID)*. pp. 18 – 26, computers&security25.

Saatçioğlu Ö (2006). *RFID Teknolojisi: Fırsatlar, Engeller ve Örnek Uygulamalar*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi Yüksek Okulu.

SMITH, A. D. (2005). *Exploring Radio Frequency Identification Technology and Its Impact on Business Systems*. Information Management & Computer Security, pp.16-28.

Syed A. A, Ilyas, S. A. M, (2008). *RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy*, CRC Press. Boca Raton.

Tan O, Korkmaz İ, Gidiş O, Uygun S (2009). *Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması*. Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 11-13 Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

Thornton F., Haines B., Das A. M., Bhargava H., Campbell A., Kleinschmid J. (2006). *RFID Security*. Syngress Publishing, Rockland.

Tieyan Li., Deng R. (2008). *Scalable RFID authentication and discovery in EPCglobal network*. Communications and Networking in China, ChinaCom, pp.1138-1142.

Wang Y., Zhao X., Wu Y., Xu P. (2008). *The research of RFID middleware's data management model*. Automation and Logistics, ICAL, pp.2565-2568.

Ward, M., Kranenburg R., Backhouse G. (2006). *RFID: Frequency, standards, adoption and innovation*. JISC TechWatch Report.

Weinstein R. (2005). *RFID: a technical overview and its application to the enterprise*. IT Professional, pp. 27-33.

WJ Buchanan, NK Gupta. (1995). *Prediction of Electric Fields from Conductors on a PCB by 3D Finite-Difference Time-Domain Method*. IEE Engineering, Science and Education Journal, Vol. 4, No. 4.

Xiao, Y. S., Yu K. Wu, Ni, Q., Janecek, C., Nordstad, J. (2007). *Radio frequency identification: technologies, applications, and research issues*. Wireless Communications And Mobile Computing, pp. 457–472.

İnternetten Alıntılar

Wikipedia. (2011). Erişim Tarihi: 12 Mart 2011,
<http://tr.wikipedia.org/wiki/RFID>

Rfidjournal. (2011). Erişim Tarihi: 12 Mart 2011,
<http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>.

Rfid.mantis. (2011). Erişim Tarihi: 2 Nisan 2011,
<http://rfid.mantis.com.tr/2008/05/rfid/>.

Teknomer. (2011). Erişim Tarihi: 2 Nisan 2011,
<http://www.teknomer.com/rfid.html>.

Texas Instruments. (2011). Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2011,
<http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/whtPapers/ma>

Auto-id labs.(1) (2011). Erişim Tarihi: 2 Temmuz 2011,
<http://www.autoidlabs.org>.

Auto-id labs.(2) (2011). Erişim Tarihi: 2 Temmuz 2011, <http://autoid.mit.edu/cs>.

EPC Global. (2011). Erişim Tarihi: 2 Temmuz 2011,
<http://www.epcglobalinc.org/home>.

EI7BA's Amateur Radio Pages. (2011). Erişim Tarihi: 3 Eylül 2011.
http://www.qsl.net/ei7ba/low_band_antennae.htm.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEGEP]. (2011). Erişim Tarihi: 3 Eylül 2011.
http://cym.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/yere_lantenyapimi.pdf.

Sonnet. (2011). Erişim Tarihi: 5 Aralık 2011).
<http://www.sonnetsoftware.com/about/>.

9. ÖZGEÇMİŞ

30.10.1985 yılında Seyhan, Adana’ da doğdu. İlköğretimini Adana’ da ilk beş yılını Celalettin Seyhan İlköğretim Okulu’ nda, kalan üç yılını ise Özel Çukurova Bilfen Koleji’ nde tamamlamıştır. Lise öğrenimini İstanbul’ da Özel Atacan Koleji’ nde 2004 yılında tamamladı. 2009 yılında, lisans eğitimini T.C. Haliç Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’ nden almıştır. Bu bölümde okurken 2007 yaz döneminde TOYOTA OTOMOTİV SANAYİ TÜRKİYE A.Ş. Yardımcı Tesisler Bölümünde Elektrik SCADA Sistemi kurulumu proje yönetiminde görev almıştır. 2008 yaz döneminde SIEMENS SANAYİ VE TİCARET A.Ş. Information Communication Network (ICN) departmanında staj yapmıştır. Bu dönem içerisinde, Otomasyon ve Kontrol Sistemleri Eğitim bölümü, STRAIN tarafından SIMATIC S7-200 Temel ve İleri Seviye PLC eğitimi almıştır. Son sınıfta, “Reaktif güç kompanzasyon sistemi kontrol mantığının PLC ile gerçekleştirilmesi” teze hazırlık projesini yapmıştır. Bitirme tezini ise, “Değeri ayarlanabilen kondansatörün kompanzasyon devrelerine uygulanması” konusu üzerinde tamamlamıştır. 2009 yılı yazında yabancı dil eğitimini geliştirmek amacıyla, ELS Language Centers/Adelphi University-Manhattan/New York’ ta geçirmiştir.

2010 yılında T.C. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisansına başlamıştır. Bu süreçte, ulusal ve uluslar arası bilimsel konferanslarda bildiriler yazmıştır ve hala bu çalışmalara devam etmektedir.

Uluslararası hakemli dergide basılan makaleler

- Taha İmeci, Neşem Keskin “Tri-Band Microstrip Patch Antennas”, RFMiCAE, International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering DOI:10.1002/mmce.20586, Vol. 22, No.1, January 2012

Ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

- İsmail Sisman, Neşem Keskin, Zeliha Apaydın Ve Taha İmeci, IPTV Haberleşmesinde VOIP Uygulaması, 5. URSİ- Türkiye 2010 Bilimsel kongresi, pp. 265-268, 25-27 Ağustos 2010, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
- “Dual-Resonance Microstrip Patch Antenna”, The 27th International Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics Conference 2011, March 27-31, pp. 267-272, Williamsburg, Virginia, USA (with Taha İmeci)
- Neşem Keskin, Simge Kandemir, Hakan Hızarcıoğlu and Taha İmeci, “E-Shaped High Gain Microstrip Patch Antenna”, 28th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics 2012 ACES, submitted on November, 15, 2011.
- Neşem Keskin, Umut Saka and Taha İmeci, “U-Shaped Microstrip Patch Antenna”, 28th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics 2012 ACES, submitted on November, 15, 2011.