MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ESNEK YÜZEYLERDEKİ BASKI DEVRELERE YARI İLETKEN UYGULAMALARI

ALİ SAMET SARKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN

İSTANBUL, 2013

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ESNEK YÜZEYLERDEKİ BASKI DEVRELERE YARI İLETKEN UYGULAMALARI

ALİ SAMET SARKIN

522310010

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN

İSTANBUL, 2013

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Ali Samet SARKIN'ın "Esnek Yüzeylerdeki Baskı Devrelere Yarı İletken Uygulamaları" başlıklı tez çalışması, 27 Haziran 2013 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN	(Danışman)
Marmara Üniversitesi	.....
Doç. Dr. Bülent ORAL	(Üye)
Marmara Üniversitesi	.....
Yrd. Doç. Dr. Sertaç GÖRGÜLÜ	(Üye)
Kırklareli Üniversitesi	.....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 01.07.2013 tarih ve 2013/14-02 sayılı kararı ile Ali Samet SARKIN'ın Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Abdülkerim KAR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca her türlü desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, kendisine çok büyük saygı ve muhabbet beslediğim tez danışmanım ve hocam Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN'e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması sürecinde gerekli çalışma ortamlarını sunan Marmara Üniversitesinin değerli hocalarına da teşekkür ederim.

Eğitimim ve yaşamım süresince her zaman maddi manevi yanımda olan aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Haziran, 2013 **Ali Samet SARKIN**

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
TEŞEKKÜR	**i**
İÇİNDEKİLER	**ii**
ÖZET	**vi**
ABSTRACT	**vii**
SEMBOLLER	**viii**
KISALTMALAR	**ix**
ŞEKİL LİSTESİ	**xii**
TABLO LİSTESİ	**xv**
1. GİRİŞ	**1**
1.1. Tezin Amacı ve Gereksinimi	1
1.2. Kimliklendirme Sistemleri	2
1.2.1. Barkod	2
1.2.1.1. Code 39	3
1.2.1.2. EAN 8 / EAN 13	4
1.2.1.3. Karekod (Q Code)	5
1.2.2. Manyetik şerit / band	6
1.2.3. Optik karakter tanıma (OCR)	7
1.2.4. Biyometrik sistemler	7
1.2.4.1. Parmak izi tanıma	9
1.2.4.2. Yüz tanıma	10
1.2.4.3. İris tanıma	10
1.2.4.4. Retina tanıma	11
1.2.4.5. Ses tanıma	11

1.2.4.6. El geometrisi tanıma 12

1.2.4.7. İmza tanıma 13

1.2.5. Akıllı kartlar 14

1.2.5.1. Bellekli kartlar 15

1.2.5.2. Mikroişlemcili kart 16

1.3. RFID Sistemleri 17

1.3.1. RFID sisteminin tarihsel gelişimi 17

1.3.2. RFID ile kimliklendirme sistemlerinin karşılaştırılması 20

1.3.2.1. RFID ile Barkod sistemlerinin karşılaştırılması 20

1.3.2.2. RFID ile diğer sistemlerin karşılaştırılması 22

1.3.3. RFID devresi elemanları 22

1.3.3.1. Etiket 23

1.3.3.2. Anten 24

1.3.3.3. Okuyucu 24

1.3.3.4. Yazılım ve bilgisayar 26

1.3.4. RFID sistemlerinin çalışma prensibi 26

1.3.5. Devre tiplerine göre RFID etiketler 27

1.3.5.1. Pasif etiketler 27

1.3.5.2. Yarı aktif RFID etiketleri (BAP) 29

1.3.5.3. Aktif etiketler 30

1.3.5.4. Etiketlerin karşılaştırılması 31

1.3.6. Bellek tiplerine göre etiketler 32

1.3.6.1. Yalnız okunabilir etiketler (Read Only) (RO) 32

1.3.6.2. Okunup yazılabilen (Read and Write) (RW) 33

1.3.7. Frekanslarına göre etiketler 34

1.3.7.1. Alçak frekans (LF) 35
1.3.7.2. Yüksek frekans (HF) 35
1.3.7.3. Ultra yüksek frekans (UHF) 35
1.3.7.4. Mikrodalga frekans (Microwave) 36
1.3.7.5 Etiketlerin karşılaştırılması ve frekansın mesafeye etkisi 36
1.3.8. Etiket çarpışması 37
1.3.8.1. Çarpışma önleyici protokoller 37
1.3.9. Dünyada RFID kullanım alanları ve uygulamaları 39
1.3.10. Türkiye'de RFID kullanım alanları ve uygulamaları 40
1.3.11. Dünya genelinde RFID pazarı 42
1.3.12. RFID sistemlerine yönelik tehditler 43
1.3.12.1. Rfid tag'lerinin değiştirilmesi 44
1.3.12.2.Rfid tag'lerinin kopyalanması 44
1.3.12.3.Yan kanal analizi saldırısı 45
1.3.13. RFID organizasyonları 45
1.4. Literatür Taraması 46
1.4.1. Yurtiçi literatür taraması 46
1.4.2. Yurtdışı literatür taraması 48
2. MATERYAL VE YÖNTEM 55
2.1. Araştırma Yöntemi 55
2.2. Deneysel Düzenek 56
2.3. PET Yüzeyine Çalışma 58
2.4. Kâğıt Yüzeyine Çalışma 60
2.5. Tekstil Yüzeyine Çalışma 62

3. BULGULAR VE TARTIŞMA **65**

3.1. PET yüzeyde RFID anteninin incelenmesi 65

3.2. Kâğıt yüzeyde RFID anteninin incelenmesi 70

3.3. Tekstil yüzeyindeki RFID anteninin incelenmesi 75

3.4. Yüzeylerin karşılaştırılması 80

4. SONUÇLAR **85**

KAYNAKLAR **89**

EK-1 UHF RFID INLAY AD-826 DATA SHEET **95**

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

ESNEK YÜZEYLERDEKİ BASKI DEVRELERE YARI-İLETKEN UYGULAMALARI

Kimlik tanıma sistemlerinin kullanım ihtiyaçlarının artması ile mevcut kimlik tanıma sistemleri ihtiyaçlara cevap veremez hale gelmişlerdir. Bu ihtiyaçları karşılayabilmek için analog sistemlerden dijital sistemlere dayanan kimlik tanıma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut sistemler arasında en kullanılan sistem barkod sistemidir. Ancak analog olması ve dış etkenlerden etkilenmesi barkod sistemini yetersiz hale getirmektedir.

RFID sisteminde ise her etiket birbirinden bağımsız ID numarasına sahiptir. Bu ID numarası RFID etiketini benzersiz kılar. RFID teknolojisi tüm ürünler için kullanılabilmektedir.

RFID etiketleri sulu yüzeylerde, metal yüzeylerde, ağaç, plastik, kâğıt gibi yüzeylerde kullanılmaktadır. Ancak sulu ve metal yüzeylerin RFID etiketi üzerine oluşturduğu olumsuz etkiler vardır. Bu olumsuzlukları giderebilmek amacıyla RFID etiketleri genellikle plastik yüzeylerde imal edilirler.

Yaptığımız tez çalışmasında, RFID etiketlerinin plastik, kâğıt ve tekstil yüzeylerindeki elektriksel özellikleri incelenmiştir. Yüzeyler arasındaki olumlu ve olumsuz faktörler karşılaştırılmıştır.

Yapılan ölçümler sonucunda PET yüzeyde imal edilen RFID etiketlerinin empedansları ve yansıtma katsayıları en iyi sonucu vermiştir. Kâğıt yüzeyler en iyi güç yansıtma katsayısına sahip yüzey olmuştur. Tekstil yüzeyi ise en düşük değerlerin alındığı yüzey olmuştur. Yüzeylerin karşılaştırılması sonucunda, PET, kâğıt ve tekstil yüzeylerinde RFID etiketi uygulamasının mümkün olduğu görülmüştür.

Haziran, 2013 **Ali Samet SARKIN**

ABSTRACT

SEMI-CONDUCTOR APPLICATIONS TO PRINTED CIRCUITS ON FLEXIBLE SURFACES

With the increasing needs of usage the identification systems can not meet the needs of identification systems have become available. Order to meet these needs, from identification systems based on analog systems to digital systems are needed. System that is used most of the existing systems barcode system. However, affected by external factors and have been analog barcode system makes it inadequate.

RFID system, the ID number of each tag is independent of each other. This ID number RFID tag makes it unique. RFID technology can be used for all the products.

RFID tags is used on watery, metal, wood, plastic, paper as the substrates. However, the RFID tag on metal and watery surfaces formed and has a negative impact. In order to resolve these disadvantages of RFID tags are usually made of plastic surfaces.

In our thesis, RFID tags on plastic, paper and textile surfaces electrical properties were investigated. Surfaces were compared between the positive and negative factors.

As a result of the measurements made on the surface of PET RFID tags impedances and reflection coefficients give the best result. Paper surfaces has been the best power reflection coefficient of the surface. The lowest values were taken at the surface of the textile surface. A result of comparison surfaces, PET, paper and textile surfaces were found to be able to practice the RFID tag.

Haziran, 2013 **Ali Samet SARKIN**

SEMBOLLER

CLK **:** Karta sinyal darbesinin gönderildiği uç

GND **:** Topraklama ucu

H **:** Endüktans

I/O **:** Haberleşme giriş çıkış ucu

mL **:** Mililitre

RST **:** Reset sinyalinin gönderildiği uç

S/m **:** İletkenlik

Vcc **:** Güç girişi

Vpp **:** Programlama gerilim ucu

°C **:** Santigrat derece

Ω **:** Direnç ohm

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AC : Alternatif Akım

AI/DC : Auto Identification / Data Capture

ASCII : Amerikan Standart Kodlama Sistemi

Anti-Rfid : RFID Karşıtları Organizasyonu

BAP : Yarıaktif RFID

Bknz. : Bakınız

CD : Compact Disk

Cm : Santimetre

CPU : Merkezi işlemci

DC : Doğru Akım

DNA : Deoksiribonükleik Asit

DTS : Dijital İmza Aktarım

DVD : Digital Video Disk

dBi : Anten Kazancı

dB : Yansıtma Katsayısı

dBm : Güç Yansıtma Katsayısı

EAN : Avrupa Mal Numaralandırma Birliği

EAS : Elektronik Kitap İzleme

EPC : Elektronik Ürün Kodu

EEPROM : Dâhili Veri Saklama Hafızası

E-Devlet : Elektronik Devlet Uygulaması

GHZ : Gigahertz

HF : Yüksek Frekans

HiCo **:** Yüksek Yoğunluk

HGS **:** Hızlı Geçiş Sistemi

IC **:** Entegre Devre Sistemi

ID **:** Kimlik

IEEE **:** Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü

IFF **:** Dost Düşman Uçaklarını Ayırt Etme / Tanımlama

ISO **:** Uluslararası Standartlar Organizasyonu

KB **:** Kilobayt

KGS **:** Kartlı Geçiş Sistemi

KHZ **:** Kilohertz

Km **:** Kilometre

Krk. **:** Karakter

LCP **:** Sıvı Kristal Polimer

LF **:** Düşük Frekans

LoCo **:** Düşük Yoğunluk

MB **:** Megabayt

MHZ **:** Megahertz

MMNM **:** Milli Mal Numaralandırma Merkezi

OCR **:** Optik Karakter Tanıma

OGS **:** Otomatik Geçiş Sistemi

OT/VT **:** Otomatik Tanıma / Veri Toplama

PCB **:** Printed Circuit Board – Baskı Devre Kartı

PET **:** Polietilen Tereftalat

PVC **:** Polivinil Klorür

Q Code **:** Kare Kod

RAM **:** Geçici Kullanılabilen Hafıza

RFID **:** Radio Frequency Identification – Radyo Frekans ile Kimliklendirme

ROM **:** Sadece Okunabilir Hafıza

RO / WORM : Sadece Okunabilen

RW **:** Okunup Yazılabilen

SEM **:** Elektron Mikroskobu

TOBB **:** Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

UHF **:** Çok Yüksek Frekans

USB **:** Evrensel Seri Veriyolu

UV **:** Ultraviyole

Vb. **:** Vebenzeri

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA

Şekil 1.1. Bazı barkod örnekleri 3

Şekil 1.2. Code 39 harf, sembol ve nümerik karşılıkları 4

Şekil 1.3. EAN 13 barkod sistemi 5

Şekil 1.4. Karekod örneği 6

Şekil 1.5. Manyetik şerit / band örneği 6

Şekil 1.6. Parmak izi 9

Şekil 1.7. Yüz tanımada kullanılan noktalar 10

Şekil 1.8. İris ve göz yapısı 11

Şekil 1.9. Bir ses dalgası ve spektrogramı 12

Şekil 1.10. El geometrisi tanıma cihazı 13

Şekil 1.11. Bellekli kart 15

Şekil 1.12. Bellekli kart yapısı 15

Şekil 1.13. Mikroişlemcili kart yapısı 16

Şekil 1.14. RFID örnekleri 18

Şekil 1.15. Basit bir RFID sistemi örneği 23

Şekil 1.16. Pasif RFID etiketi örneği 23

Şekil 1.17. RFID etiket içyapısı 24

Şekil 1.18. RFID anteni 24

Şekil 1.19. RFID okuyucusu 25

Şekil 1.20. RFID yazılım örneği 26

Şekil 1.21. Pasif RFID içyapısı 28

Şekil 1.22. Pasif RFID çalışma sistemi 28

Şekil 1.23. Pasif RFID çeşitleri 29

Şekil 1.24. Yarıaktif RFID örneği 29

Şekil 1.25. Yarıaktif RFID'lerin çalışma sistemi 30

Şekil 1.26. Aktif RFID örnekleri 31

Şekil 1.27. Aktif RFID etiket çalışma sistemi 31

Şekil 1.28. Yalnız okunabilen etiket yapısı 33

Şekil 1.29. Okunup yazılabilen etiket yapısı 34

Şekil 1.30. Aloha Protokolü simülasyonu 38

Şekil 1.31. RFID etiket satışlarının yıllara göre dağılımı 43

Şekil 1.32. İletken gümüş parçacıklarının SEM cihazında görüntülenmesi (x4000) 49

Şekil 1.33. Poliyamid yüzeyde basılan UHF RFID anteni 50

Şekil 1.34. Oluşturulan ince film tabakasının %51 boyutlarına kadar uzatılması sonucu oluşan kırılmaların SEM altında görüntülenmesi 52

Şekil 2.1. Rohde Schwarz Network Analizör 56

Şekil 2.2. Anritsu MS710C Spektrum Analizör 57

Şekil 2.3. Deneysel düzenek 58

Şekil 2.4. PET yüzeyde numune – 1 59

Şekil 2.5. PET yüzeyde numune – 2 59

Şekil 2.6. PET yüzeyde numune – 3 60

Şekil 2.7. Kağıt yüzeyde numune – 1 60

Şekil 2.8. Kağıt yüzeyde numune – 2 61

Şekil 2.9. Kağıt yüzeyde numune – 3 61

Şekil 2.10. Tekstil yüzeyde numune – 1 62

Şekil 2.11. Tekstil yüzeyde numune – 2 63

Şekil 2.12. Tekstil yüzeyde numune – 3 63

Şekil 3.1. PET yüzeyde numune -1 frekans ve dB ölçümü 66

Şekil 3.2. PET yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 66

Şekil 3.3. PET yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü 67

Şekil 3.4. PET yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 67

Şekil 3.5. PET yüzeyde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı 69

Şekil 3.6. Kağıt yüzeyde numune-1 frekans ve dB ölçümü 71

Şekil 3.7. Kağıt yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 71

Şekil 3.8. Kağıt yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü 72

Şekil 3.9. Kağıt yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 72

Şekil 3.10. Kâğıt yüzeyde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı 74

Şekil 3.11. Tekstil yüzeyde numune-1 frekans ve dB ölçümü 76

Şekil 3.12. Tekstil yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 76

Şekil 3.13. Tekstil yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü 77

Şekil 3.14. Tekstil yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü 77

Şekil 3.15. Tekstil yüzeyinde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı 79

Şekil 3.16. Esnek yüzeylerdeki RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımının karşılaştırılması 82

TABLO LİSTESİ

SAYFA

Tablo 1.1. Biyometrik sistemlerin karşılaştırılması 8

Tablo 1.2. RFID sistemlerinin tarihsel gelişimi 19

Tablo 1.3. Barkod sistemi ve RFID sisteminin karşılaştırılması 20

Tablo 1.4. RFID ile Barkod sistemlerinin kullanım alanları 21

Tablo 1.5. RFID sistemleri ile diğer sistemlerin karşılaştırılması 22

Tablo 1.6. RFID etiketlerinin karşılaştırılması 32

Tablo 1.7. RFID etiketlerinde kullanılan frekanslar ve kullanım çeşitleri 34

Tablo 1.8. RFID frekanslarının karşılaştırılması 36

Tablo 1.9. Yüzeyler arası ölçülen direnç ve endüktans değerleri 53

Tablo 3.1. PET yüzeydeki numunelerin dirençleri 65

Tablo 3.2. PET yüzeydeki numunelerin frekans ve empedans değerleri 68

Tablo 3.3. PET yüzeyde numunelerin dBm değerleri 68

Tablo 3.4. Kâğıt numunelerin direnç değerleri 70

Tablo 3.5. Kağıt yüzeyde numunelerde alınan frekans, dB ve empedans değerleri 73

Tablo 3.6. Kağıt yüzeyde numunelerin dBm değerleri 73

Tablo 3.7. Tekstil numunelerin direnç değerleri 75

Tablo 3.8. Tekstil yüzeyde numunelerde alınan frekans, dB ve empedans değerleri 78

Tablo 3.9. Tekstil yüzeyde numunelerin dBm değerleri 78

Tablo 3.10. Yüzeylerdeki ortalama dirençlerin karşılaştırılması 80

Tablo 3.11. Farklı yüzeylerden alınan frekans, dB ve empedans değerlerinin karşılaştırılması 81

Tablo 3.12. Yüzeylerin dBm değerlerinin karşılaştırılması 81

BÖLÜM – 1

1.GİRİŞ

1.1. Tezin Amacı ve Gereksinimi

Tüm kimlik tanıma sistemlerinin aslında en eskisi olan RFID (Radio Frequency Identification - Radyo Frekanslı Kimlik Tanımlama) sistemleri günümüzde geliştirilerek, diğer kimlik tanıma sistemlerinin yerlerini almaya başlamıştır. RFID üzerine yapılan araştırmalar ve çalışmalar, 90'lı yıllardan itibaren RFID sisteminin denenmesi amacıyla çeşitli uygulamalar yapılması ile başarılı olduğunu göstermiştir. Bu başarılı çalışmalardan sonra RFID sistemleri hızlı bir şekilde diğer kimlik tanımlama sistemlerine tercih edilmeye başlanmıştır. Günümüzde RFID sistemi en yaygın kullanılan kimlik tanımlama sistemlerinden biri haline gelmiştir. Kimlik tanıma sistemlerinin uygulama alanlarının artması, bu sistemlerin tek başlarına ihtiyaç duyulan uygulamalara cevap veremez hale gelmelerini de beraberinde getirmiştir.

Otomatik tanıma ve veri toplama (OT/VT) (Automatic Identification and Data Capture) (AI/DC) sistemleri ilk olarak barkod sisteminin kullanılmaya başlanması ile ortaya çıkmıştır. Barkod sisteminin kullanım kolaylığı, maliyetinin düşük olması, hızlı uygulanabilir olması gibi sebepler barkod sisteminin çok yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Uygulama ihtiyaçlarının artması ile barkod sisteminin bu ihtiyaçları karşılayamadığı görülmüştür. Bu gereksinimleri karşılayabilmek için de tüm sistemlerin en eskisi olan RFID sisteminin güncel uygulamalara cevap verebilecek hale gelmesine çalışılmaya başlanmıştır. 1990 sonrasında Barkod teknolojisi bazı alanlarda yerini RFID teknolojisine bırakmaya başlamıştır. Radyo frekanslı tanıma teknolojisi anlamına gelen RFID, barkoda göre daha pahalı ancak daha kullanışlı ve pratik olduğundan özellikle geçiş kontrol ve elektronik ödeme sistemlerinde vazgeçilmez hale gelmiştir [1, 2].

RFID sisteminde radyo frekansı kullanılarak, elektronik devrede bulunan çipin içerisindeki verinin istemci kaynağa gönderilmesi ya da kaynaktan çipe veri yüklenmesi yapılmaktadır. Elektrik-elektronik devreleri PCB yüzey üzerinde bulunduklarından esneklik özelliği bulunmamaktadır. Ayrıca PCB yüzeylerin üretim maliyetlerinin ve kullanılabilir hale gelmesi için entegre edilen materyaller PCB yüzeylerdeki elektrik-elektronik devrelerin maliyetlerini yükseltmektedir [3]. Ancak RFID kullanılabilecek

uygulamaların alanlarına bakıldığında kâğıt, plastik ve tekstil gibi esneklik ve bükülme özelliği bulunan yüzeylere RFID devrelerinin uygulanmasına gereksinim vardır. RFID devre yapısı gereği esnek yüzeylere imkân sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında, RFID devrelerinin kâğıt, plastik ve tekstil yüzeylerde elektriksel özelliklerinin incelenerek, esnek yüzeylerin RFID devresinin çalışmasına engel olup olmayacağı ve elektriksel özelliklerinin değişip değişmeyeceği konusunda bilgi sahibi olmak amaçlanmıştır.

1.2. Kimliklendirme Sistemleri

Kimliklendirme, otomatik kimliklendirme, otomatik tanıma, kimlik doğrulama sistemleri terimlerinin hepsi esasen aynı manada kullanılmaktadır. Bu kimliklendirme sistemleri, tanımlama yöntemlerinden biriyle belirli bir özelliğin kişilere ve nesnelere eşleştirilmesi prensibine dayanır. Otomatik tanıma ve veri toplama (OT/VT) (Automatic Identification and Data Capture) (AI/DC), nesnelerin otomatik olarak tespit edilmesi, tanınması, bilgi içeriyorsa bunu kullanıcıya aktarması, herhangi bir müdahale olmaksızın otomatik olarak tanınması manasına gelmektedir [1]. Tanıma sistemlerinin kökeni çok eski çağlara dayandırılabilir. Günümüzdeki şeklini alana kadar insanların bir yazının kendilerince yazıldığını doğrulamak ve kesinleştirmek amacıyla kullandıkları imza veya dinleri sembolize eden hilal ve haç işaretleri esasen birer kimlik tanıma sembolleridir. Ancak günümüzde bu semboller yerini bazı sistemlere bırakmıştır. Bu sistemler kullanıldıkları yere, kişiye ve ürüne göre farklılık göstermektedir. Bazı tanıma sistemleri bir etiketten oluşurken, bazıları ise kişilerin biyometrik özelliklerine dayanmaktadır. Güvenlik, hız, doğruluk, veri yükleme kapasitesi ve dış etmenlerden etkilenme oranı gibi faktörler kullanılan sistemlerin tercih edilmesini etkiler. Kullanılan otomatik tanıma ve kimliklendirme sistemlerinden bazıları şunlardır: Barkod, Optik karakter tanıma, Manyetik şerit, Akıllı kartlar, RFID ve Biyometrik sistemler.

1.2.1. Barkod

1940'lı yılların sonunda ortaya çıkan barkod sistemi fikri, çeşitli geliştirmeler ve düzenlemeler ile ilk olarak 1974 yılında kullanılmaya başlanmıştır. İkili kod sistemine dayanan barkodlar çeşitli sayıda birbirine paralel olarak dizilmiş, aralarında belli bir mesafe bulunan çubukların lazer veya kamera ile okunup sayısal rakamlara

dönüştürülmesi ilkesine dayanır. 1980'ler ve 2000'ler arasında altın devrini yaşayan barkod sistemi 2000'li yıllara kadar birçok gelişim göstermiş ve bazı standartlar almıştır. Bir barkod sisteminde temel olarak barkod yazıcısı, barkodun okunmasını sağlayan bir terminal ile bu terminalin aldığı sinyalleri sayısal verilere dönüştüren yazılım ve görüntüleyen ekrandan oluşmaktadır.

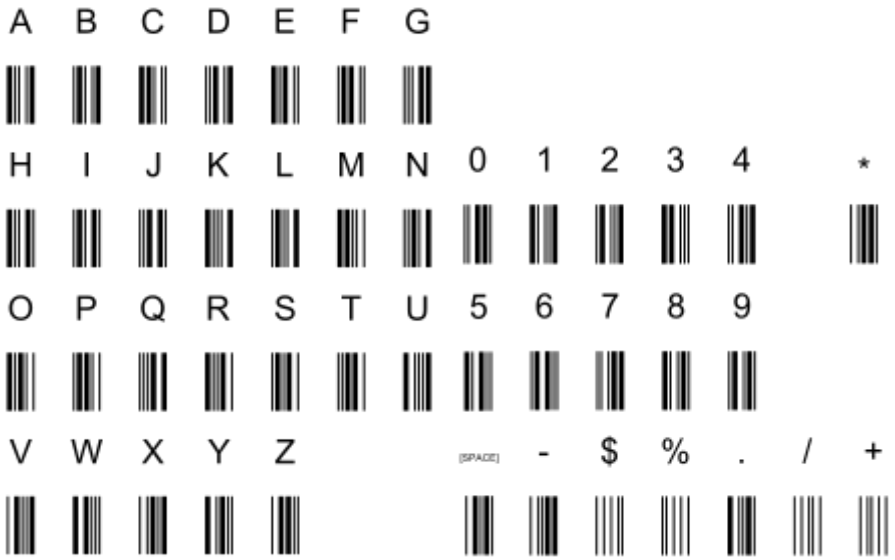


Şekil 1.1. Bazı barkod örnekleri [4]

Mevcut ve kullanılmakta olan birçok barkod çeşitleri vardır. Bunların en yaygın olanlarından bazıları şunlardır:

1.2.1.1. Code 39

İlk alfabetik ve nümerik kodlama sistemini barındıran barkod çeşidi Code 39'dur. Code 39 barkod çeşidi 26 harf (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z), 10 rakam (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) ve 8 özel karakter (- + * / . $ % boşluk) barındırmaktadır. Her karakterin bir şekilsel karşılığı olup kodlanmak istenen yazı bu karakterlerin karşılığı olan sembollerin yan yana getirilmesi ile elde edilir [5].



Şekil 1.2. Code 39 harf, sembol ve nümerik karşılıkları [5]

Code 39'dan sonra Full ASCII Code 39 sistemi geliştirilerek ASCII kodlarının tamamının tanımlanabildiği bir barkod standardı oluşturulmuştur.

1.2.1.2. EAN 8 / EAN 13

EAN, Avrupa Mal Numaralandırma Birliği'nin (**E**uropen **A**rticle **N**umbering Association) kısaltılmış şeklidir. EAN barkod çeşidi, şu anda dünya üzerinde en çok kullanılan barkod standardıdır. Ticari sınıfta olmaları sebebiyle kullanım alanları arasında süpermarket ürünlerinin birçoğu, kitaplar, elektrik ve elektronik bileşenlerde bulunmaktadır. İkili sistem mantığında çalışan bu barkod çeşidinde karakterler, çizgilerin var veya yok olma durumuna göre 1-0 verisine dönüştürülerek elde edilir [5]. Bu çeşitlerin EAN 8 ve EAN 13 olarak isimlendirilmelerinin sebebi barkodun 8 veya 13 karakterden oluşmasıdır. Bu barkod çeşitlerinde son basamak dışında kalan basamaklar ürünü tanımlarken son basamak kontrol rakamıdır. EAN 13 barkod çeşidinde kontrol rakamı, ilk 12 rakamın belirli bir aritmetik hesaplamasından oluşur ve bu rakam 0 ile 9 arasında olur. Tipik bir EAN 13 barkodunda ilk 3 rakam ülke kodunu simgelerken sonraki 4 rakam firma kodunu, ardından gelen 5 rakam yani 8,9,10,11,12. rakamlar ürün kodunu simgelemektedir. Barkodun 13. rakamı kontrol kodudur. Barkod kontrol numarasını hesaplamak için gs1.tobb.org.tr adresinden de faydalanılabilir.



Şekil 1.3. EAN 13 barkod sistemi

Ülke kodları uluslar arası bir standarda sahip olup ülkemizin kodu 869'dur. Firma kodu, TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) bünyesindeki MMNM (Milli Mal Numaralandırma Merkezi) tarafından başvuran firmaya ait olmak üzere verilir. Ürün kodu ise firma tarafından firmanın istediği ürüne verilir. 5 basamaklı olmasından dolayı 99.999 adet ürün tanımlanabilir [6].

1.2.1.3. Karekod (Q Code)

Karekod, bar tipi klasik barkodlardan farklı olarak kare şeklinde siyah ve beyaz noktacıklardan oluşur. Karekodlar diğer barkodlardan daha fazla karakter içerir. Türkiye, 1 Ocak 2009 tarihinden itibaren tüm ilaç sektöründe karekod uygulamasına geçmiştir. Ayrıca akıllı telefonlar ve bu telefonlarda internet kullanımının yaygınlaşması ile birçok firma karekod uygulamasını kullanmaya başlamıştır. Karekod, cep telefonunun kamerasına yaklaştırıldığında telefonda yüklü olan program aracılığı ile algılanmaktadır ve çözümlenmektedir. Örneğin; süpermarketlerde bir ürün hakkında daha detaylı bilgiye ulaşabilmek ya da başka bir marketteki fiyatını öğrenebilmek aynı yöntemle mümkün olmaktadır.



Şekil 1.4. Karekod örneği

1.2.2.Manyetik şerit / band

Manyetik şerit ya da diğer adıyla manyetik band 1950'lerden günümüze kadar çok yaygın şekilde kullanılmıştır. Demir oksit ile kaplı olan bu şeritlere metalik parçacıkların manyetizmaları değiştirilerek çeşitli bilgiler kaydedilebilir. İlk olarak telefon kartı uygulaması ile yaygınlaşmaya başlayan manyetik şeritlerin en çok kullanıldığı yer müzik kasetleri olmuştur. Cd (Compact Disk) ve Dvd (Digital Video Disk) çıkmadan önce kullanılan disketlerde de birer manyetik şerit bulunmaktadır [7]. Manyetik şeritler günümüzde bilişim sektörünün hızla gelişmesi ile geri planda kalmış olsa da günlük hayatta otopark giriş ve çıkışları, otobüs bileti uygulamaları, personel işyeri giriş ve çıkışları gibi alanlarda hâlâ kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra manyetik şeritler, akıllı kartların kullanılmaya başlanmasından önce banka kartı gibi herkesin günlük yaşantısında yer almıştır.



Şekil 1.5. Manyetik şerit / band örneği [8]

Manyetik şeritlerin kullanımı yaygınlaştıkça ISO 8583, ISO 4909, ISO/IEC 7810, ISO/IEC 7811, ISO/IEC 7812, ISO/IEC 7813 gibi bazı uluslararası standartlar kabul edilmiştir. Bu uluslararası standartlar manyetik şeritlerin esnekliğini, boyutunu, veri yapısını, manyetik karakteristiğini ve bulunduğu yüzeydeki konumunu belirler [7].

Manyetik şeritlerin HiCo (High Coercivity) ve LoCo (Low Coercivity) olmak üzere iki şekli bulunmaktadır. HiCo tipi manyetik şeritler, veri kaydı için daha uygun ve güvenli olmasının yanında verilerin uzun süre bozulmamaları sebebiyle de LoCo tipi şeritlerden daha çok tercih edilmektedir [8].

1.2.3. Optik karakter tanıma (OCR)

Optik karakter tanıma sistemi, tarayıcı tarafından optik olarak taranan yazının içerdiği verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Karakter okuma hızı çok düşüktür. Hata oranı ise yüksektir. Bu sistemin kullanılmasındaki temel sebep, el yazısı ile yazılmış dosyaların hızlı bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılması ve üzerinde değişiklik yapılabilmesidir. Bu sisteme örnek olarak plaka okuma sistemleri, bankalarda el ile yazılmış çeklerin sanal ortamda kayıt altına alınması, daktilo ile yazılmış eski belgelerin bilgisayarda kayıt altına alınması, kişisel imzaların bilgisayara aktarılması gibi kullanımlar örnek verilebilir. Ancak kurulum maliyetlerinin yüksek, okuma hızlarının düşük, hata payının yüksek olması gibi sebeplerden dolayı kullanımı çok yaygın değildir [9].

Optik karakter tanıma ve optik yazı tanıma olarak ayrılan OCR sisteminde, optik karakter tanıma işleminde karakterler taranıp ASCII formatına dönüştürülerek karşılıkları alınır. Optik karakter tanımanın başarılı görülebilmesi için doğruluk oranı %99.98 olarak kabul edilmiştir [10].

1.2.4. Biyometrik sistemler

Kişilerin fiziksel ve biyolojik gibi sadece kendilerine ait olan ve benzerinin bulunmadığı özellikleri ile tanıma ve kimlikleme sistemleridir. Her bireyin bir başkasında olmayan özelliklerinin baz alınarak kimliklendirildiği bu sistemlerde;

- Parmak izi
- Yüz

- İris
- Retina
- Ses
- El geometrisi
- İmza

kullanılır. Bu özellikler insanlarda bireyselliği yani tekliği sağlayan özelliklerdir. Her sistemin kendine özgü kodlama sistematiği bulunmasına rağmen genelde hepsi aynı mantıkla çalışmaktadır. Çeşitli algoritmalar ile bireyin özellikleri kodlanır ve sisteme kaydedilir. Bu sistemlerde sistem güvenliğinin yüksek düzeyde tutulması kişilik hakları için önem arz etmektedir. Biyometrik sistemlerin en önemli avantajı, kopyalama ve sahte girişlerin imkânsız olmasıdır [11].

Tablo 1.1. Biyometrik sistemlerin karşılaştırılması [11]

	Teklik	**Kalıcılık**	**Kabul Edilebilirlik**	**Performans**	**Toplanabilirlik**
Parmak İzi	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta
Yüz	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek
İris	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
Retina	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük
Ses	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Orta
El Geometrisi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
İmza	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek

Tablo 1.1.'de biyometrik sistemlerin kendi aralarında karşılaştırılması yapılmıştır. Bu tablodaki başlıklardan;

Teklik fiziksel özelliğin kişiye özgü olma, bir eşinin olmama durumudur. Teklik aynı zamanda belirtilen yöntemin güvenliği ile de doğru orantılıdır.

Kalıcılık, fiziksel özelliğin ne kadar süre bozulmadan kalabildiğinin bir ölçütüdür. Örneğin; kişinin sesi, imzası hatta yüzü değişebilirken retina, iris, parmak izinde kalıcılık yüksek olacaktır.

Kabul edilebilirlik, yasal işlemlerde o özelliğin kullanıldığı oranı göstermektedir. Örneğin, Türkiye'de genel ve yerel seçimlerde imza kullanılırken birçok Avrupa ülkesi ve Amerika Birleşik Devletleri'nde parmak izi, yüz, ses gibi biyometrik özellikler esas alınmaktadır.

Performans, biyometrik özellik ile kurulan sistem arasındaki uyum, uygulanabilirlik ve hızlı cevap verebilmenin bir ölçütüdür.

Toplanabilirlik, biyometrik sisteme ait özelliklerin kişilerden elde edilebilme oranını göstermektedir.

1.2.4.1. Parmak izi tanıma

Parmak izi tanıma yöntemi en çok kullanılan biyometrik sistemdir. Parmak izi kişiden kişiye değişir. Bununla birlikte kişinin yaşının artmasına bağlı olarak parmak izi de aynı oranda büyür, ancak değişmez. Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere başta olmak üzere pek çok ülke vize başvurularında parmak izi uygulamasını kullanmaktadır. Parmak izi tanıma sisteminde parmak izinin tanınması, parmakta bulunan bazı noktalar arasında yapılan hesaplama ile parmak izi görüntüsünün sayısal değerlere çevrilmesinden oluşur.



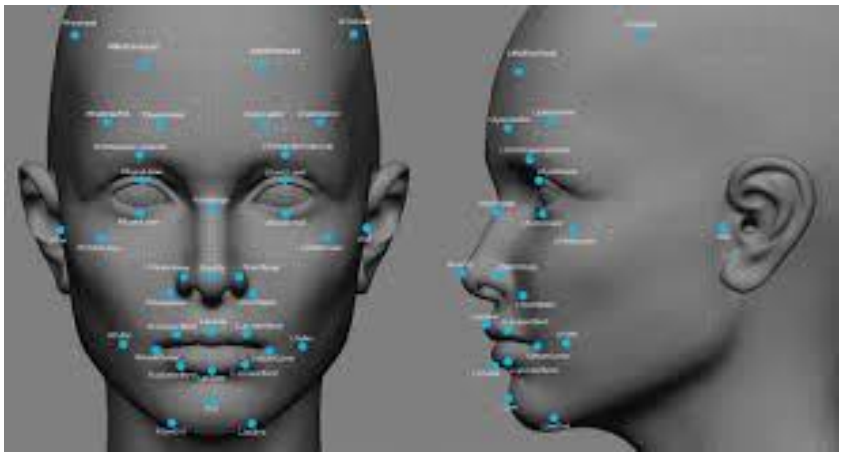
Şekil 1.6. Parmak izi [12]

Parmak izi tanıma sisteminin avantajı, yüksek doğruluk oranı sağlamasıdır. Ancak parmak uzvunun eksikliği, parmağın yanmış olması gibi durumlarda ve bazı termal algılayıcıların olmadığı sistemlerde parmak izinin bir kopyasının okutulabilmesi

sistemin hata yapması ve geçiş izni vermesi bu parmak izi tanıma sisteminin dezavantajlarıdır.

1.2.4.2. Yüz tanıma

Yüz tanıma sistemi, yüz hatlarının açısı, kulak şekilleri, burun kıvrımları, kaş ve dudak eğimi, çene şekli gibi ana parametrelerden yaklaşık 90 nokta hesaplanarak bir değer elde edilmesidir. Elde edilen değere o kişinin ID'si adı verilir. Bu ID kişi ile ilişkilendirilir ve veri tabanında kişiyle eşleştirilmiş biçimde saklanır. Ancak yüz tanıma sisteminin mevcut kullanımında kişinin algılayıcı sensör veya kameraya belirlenen mesafede durması gerekmektedir. Geliştirilmekte olan yeni yüz tanıma sisteminde ise kişinin yüzünün uzak mesafelerden tanınması hedeflenmektedir. Bu sistem, insan yoğunluğunun fazla olduğu caddelerde özellikle suçlu tespiti işleminde kullanılabilmektedir. Bunun yanı sıra havaalanlarında otomatik check-in işleminde de uygulanması mümkündür.

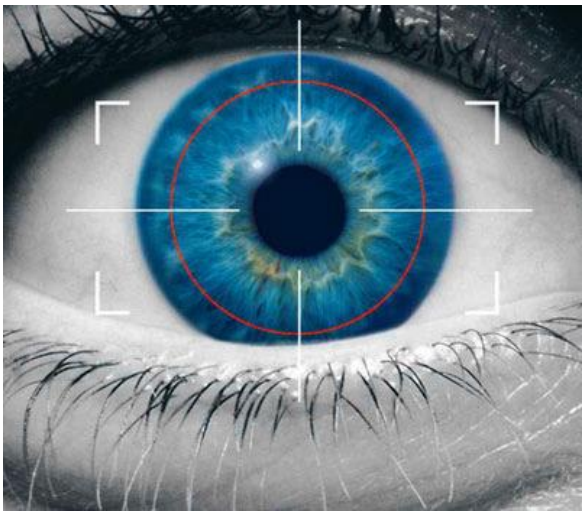


Şekil 1.7. Yüz tanımada kullanılan noktalar [13]

1.2.4.3. İris tanıma

İris tanıma sistemi, göze ışık yansıtılması prensibine dayanır. İris, bebeğin henüz anne karnında iken oluşan ve ömrünün sonuna kadar tıpkı DNAsı gibi değiştirilmesi mümkün olmayan bir biyometrik karakteristiğidir. Çalışma sisteminin temelinde bir kamera aracılığı ile irisin 300'e yakın noktasının taranıp, bunların bir koda dönüştürülmesi mantığına dayanmaktadır. İrisin taranan nokta sayısının çok fazla olması sebebiyle hata oranı düşüktür. İris tanıma sistemi, sağlık yönünden bazı endişeler

barındırdığından çok kabul gören bir sistem değildir. Bunun yanı sıra sistemin kurulum maliyetinin de yüksek olması yaygınlaşmasına engeldir. Kişide göz uzvunun eksikliği, göz titreme hastalığı, yüksek derecede katarakt bulunması ve göz kapağının yapışık olması gibi olumsuz fiziksel durumlarda ise iris tanıma sisteminin kullanımı imkânsız hale gelmektedir. İris tanıma sistemi, özellikle askerî tesisler gibi yüksek güvenlik gerektiren yerlerde gözünde herhangi bir rahatsızlık bulunmayan kişilerin tanınmasında sıkça kullanılmaktadır [14].



Şekil 1.8. İris ve göz yapısı [13]

1.2.4.4. Retina tanıma

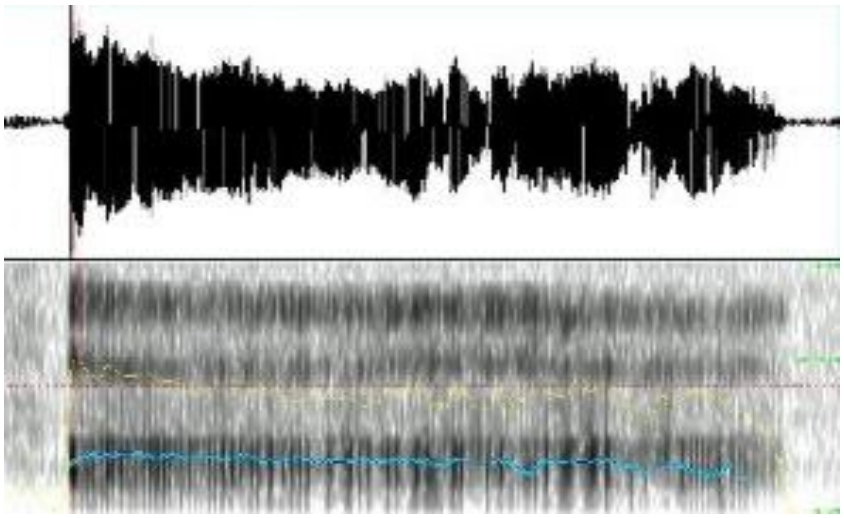
Retina tanıma sistemi, retinada bulunan damar tabakasının optik ışık kaynağı olan tarayıcı ile taranmasıdır. Retina tanıma sisteminde tıpkı iris tanıma sisteminde olduğu gibi başarı ve doğruluk oranı yüksektir. Ancak kişinin gözlük kullanımının sistemi olumsuz etkilemesi retina tanıma sisteminin olumsuzluğudur. Retinanın taranma süresinin uzunluğu ve sistemin kurulum maliyetinin yüksek olması gibi sebepler sistemin yaygınlaşmasını olumsuz etkilemiştir [14].

1.2.4.5. Ses tanıma

Ses, insana özgü biyolojik ve fiziksel bir özellik olsa da taklit edilebilmesi mümkündür. Tanımlama işleminin yapılabilmesi için ses bir mikrofon vasıtası ile bilgisayar ortamına aktarılır ve sesin spektrogramı çıkarılır. Ses dalgalarının dağılımının

incelenmesi ve bazı eşik değerlerin alınmasından sonra sesin frekansı tespit edilir. Bu değerler ile sesin grafiği elde edilir ve veri tabanında ilgili kullanıcıya tanımlanır. Elde edilen ses grafiğiyle karşılaştırılarak doğrulama işlemi yapılır [11].

Ses tanıma sistemi, metne dayalı ve metne dayalı olmayan şeklinde ikiye ayrılır. Metne dayalı ses tanıma sisteminde önceden belirlenmiş bir metin kullanıcıya okutulur ve ses bu şekilde tanımlanır. Bu yöntem ile doğruluk oranı artırılabilir. Metne dayalı olmayan yöntemde ise kullanıcıların aynı kelimeleri farklı telaffuz etmeleri sebebiyle yöntemin hata ihtimali artmaktadır.



Şekil 1.9. Bir ses dalgası ve spektrogramı [15]

Ses tanıma sistemi de diğer biyometrik sistemler gibi bazı problemler barındırmaktadır. Ses tanıma sisteminde sesin doğru tanımlanma oranın düşük olması, hızlı analiz edilememesi ve yanıt verememesi, taklit edilebilmesi, hastalık durumunda değişiklik gösterebilmesi gibi problemler bu sistemi kullanışsız hale getirmektedir.

1.2.4.6. El geometrisi

El geometrisi her insanda farklı olmakla birlikte birçok insanın el yapısı birbirine benzeyebilmektedir. El geometrisi sistemi, elin tarayıcıya okutulmasının ardından geometrisinin dijital bir kamera ve ışık yardımıyla çıkartılmasıdır. Kamera, elin birçok fotoğrafını çekerek elin kalınlığı, parmaklar arası açıklığı, parmakların uzunluğu, elin eğriliği gibi parametreleri ölçerek sayısal değerlere dönüştürür. El geometrisi sistemi, parmak izi ya da iris tanıma sistemleri kadar benzersiz olmasa da ses tanıma

sisteminden daha güvenilirdir. Elin geometrisi dışında elin damar ağının dağılımının esas alındığı uygulamalar da mevcuttur [14].

Bu sistem, kullanımının kolay olması ve insan sağlığı açısından bir tehdit oluşturmaması sebebiyle çokça tercih edilmektedir. Ancak bu sistem de el uzvunun eksikliği gibi durumlarda kullanışsız hale gelmektedir. Ayrıca sistemin yüzük veya bileklik gibi aksesuarlarla kullanımı mümkün değildir. Çocukların hızlı gelişmesi ve insanların kilo alıp vermesi ile el kalınlığının ve parmaklar arası mesafenin değişmesi söz konusu olduğundan kişi verilerinin düzenli aralıklarla güncellenmesi gerekmektedir. El geometrisi sisteminin diğer biyometrik sistemlerle kombine edilerek kullanıldığı uygulamalar, sistemi daha verimli hale getirmektedir.



Şekil 1.10. El geometrisi tanıma cihazı [16]

1.2.4.7. İmza tanıma

İmza, eski çağlardan beri kullanılan en eski kişisel simgelerdendir. İmza her ne kadar kişisel olsa da aynı imzayı kullanan yüzlerce kişi olabilmektedir. Statik ve dinamik imza tanıma sistemleri ile aynıymış gibi görünen bu imzalar birbirinden ayırt edilmektedir. Statik imza tanıma yöntemi, atılan imzanın geometrik çizgilerinin ve hatlarının çıkartılıp x-y düzleminde değerlendirilmesidir. Dinamik imza tanıma yöntemi ise imzanın geometrik hatlarının yanı sıra, atılma süresi, kalemin tutuluş açısı, imza atma hızı, vurgu adedi, basınç değişimi ve kalemin yerden kalkma sayısı gibi

parametrelerin göz önüne alınarak değerlendirilmesidir [11]. İmza taklit edilse bile bu parametrelerin aynı olması güç olacaktır.

İmza yerine mühür, parmak izi ve kaşe kullanılsa da gerçek manada imza, kalem yardımıyla el ve bilek hareketlerinin ortaya koyduğu kişisel bir şekildir. Buna ilişkin olarak Soyadı Kanunu'nda imzanın nasıl atılması gerektiği ile ilgili kanun maddeleri bulunmaktadır.

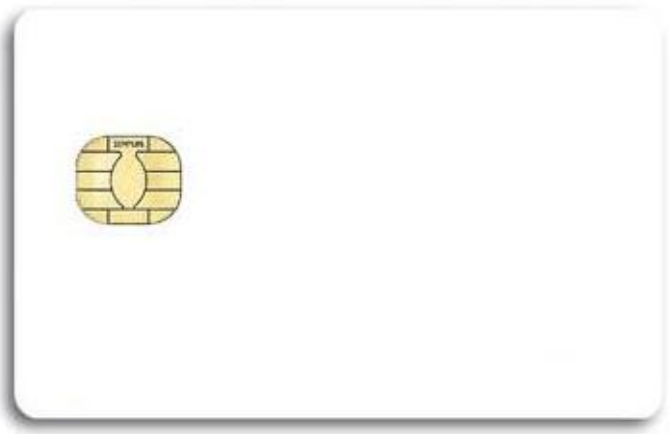
İmza tanıma sisteminde bulunan dezavantajlar şunlardır: İmzanın doğruluğunun tespitinin uzun sürmesi, hata oranının yüksek olması, imzanın atılan yüzeyden bir süre sonra silinmesi vb. Ayrıca Emniyet Müdürlüğü'nün adlî grafoloji biriminde imzanın ve el yazısının taklit olup olmadığının tespiti de yapılabilmektedir.

1.2.5. Akıllı kart

Akıllı kart, çipli kart ve entegre devreli kart isimleriyle bilinen bu kartın en yaygın kullanılan ismi akıllı karttır. 1970'li yılların sonlarına doğru bu kart için bir mikroişlemci tasarlanması ve ilk kullanımının başarıyla gerçekleşmesinden sonra akıllı kart hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Bugün insanların günlük hayatlarında fark ettirmeden yerini alan Akıllı kartlar, dünya çapında gerçekleştirilen binlerce uygulamada aktif kullanıma sahip milyarlarca adetten oluşmaktadır.

Akıllı kartlar üzerinde mikroişlemci bulundurup bulundurmamasına göre ikiye ayrılmaktadır. Üzerinde CPU bulunmayan kartlara bellekli kart adı verilirken, CPU bulunduran kartlar mikroişlemcili kartlar olarak adlandırılmaktadır [17].

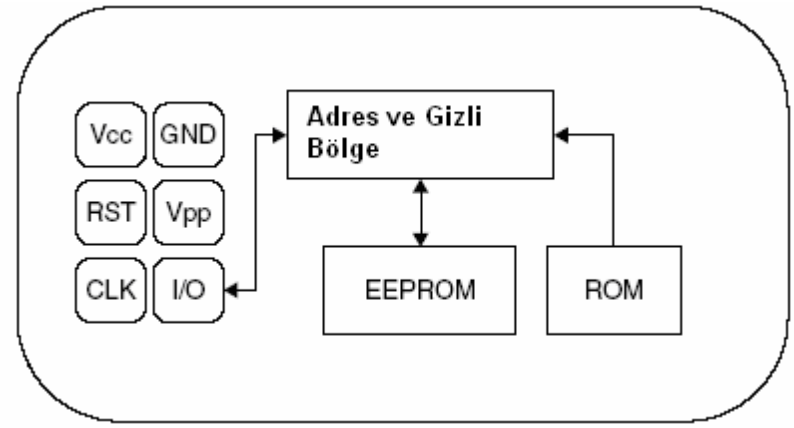
Akıllı kartın kart olarak isimlendirilmesinin temel sebebi, insanların kredi kartı olarak bildiği kartlarda kullanılması ve bu kartların boyutlarının artık standart hale gelmiş olmasıdır. Tüm akıllı kart uygulamalarında esneklik, kullanım rahatlığı, boyutlarının yeterli düzeyde olması bu boyutlardaki kartların kullanımını standart hale getirmiştir.



Şekil 1.11. Bellekli kart [18]

1.2.5.1. Bellekli kartlar

Bellekli kartlar, düşük işlem yapılan uygulamalarda düşük maliyetli olmaları ve işlem yeteneklerinin kısıtlı olmaları sebebiyle tercih edilen kartlardır. Bellekli kartın en yaygın kullanım alanı, telefon kartlarıdır. Bunların dışında müşteri kartları, otopark kartları da örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 1.12. Bellekli kart yapısı [6]

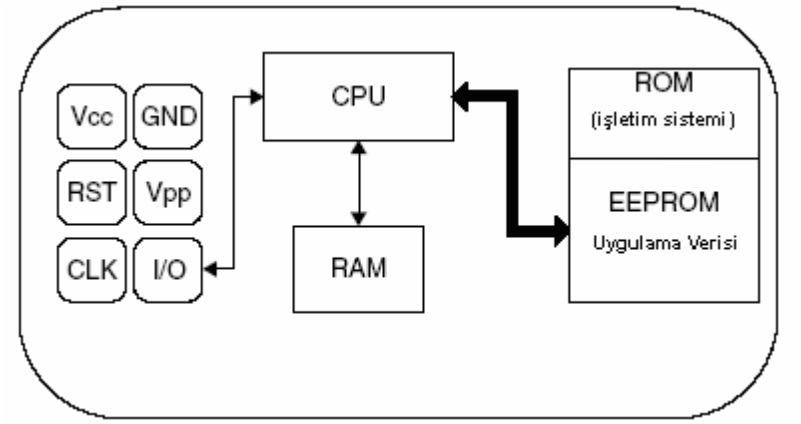
Çipin üzerinde 8 kontak bulunmaktadır. Bu 8 kontaktan 6'sı işlem yapmada kullanılırken, 2'si USB üzerinden haberleşme amacıyla kullanılır. Bu kontaklar;

- Vcc = Güç girişi
- RST = Kartın reset sinyalinin gönderildiği kontakt
- CLK = Kartı sinyal darbesi ile iletişime geçmeye hazırlar
- GND = Topraklama ucu

- Vpp = ISO / IEC 7816-3: 1997 standardına göre programlama gerilim ucu
- I/O = Veri aktarımı için haberleşme giriş ve çıkışı

1.2.5.2. Mikroişlemcili kart

Mikroişlemcili kart, yapı bakımından bilgisayarlar ile benzerlik göstermektedir. Bir mikroişlemcinin içerisinde işlemci, Rom bellek, Ram bellek, I/O portu ve veri depolama için EEPROM bulunmaktadır.



Şekil 1.13. Mikroişlemcili kart yapısı [6]

İşlemci (CPU), genelde 128KB'a kadar kapasite ihtiyacını karşılayabilen tüm sistem arasında işleyişi sağlayan ana birimdir.

Büyüklüğü 256 bit gibi küçük bir miktar olan Ram, geçici olarak veri depolanan birimdir. Ayrıca işlemcinin çalışabilmesi için de yer ayıran birimdir. Çalışabilmesi için enerji kaynağına ihtiyacı vardır.

Rom bellek mikroişlemcinin işletim sistemini içerisinde barındırır. Bu işletim sistemi üretim sırasında Rom belleğe yüklenir.

EEPROM mikroişlemci üzerindeki tüm verileri saklamak için bulunur. CPU tarafından Rom bellekteki işletim sistemine göre veri kaydedilir.

Mikroişlemcili kartlar uygulama alanları olarak çok yaygındır. Mikroişlemcili kartların bellekli kartlara göre daha güvenli olması ve manyetik şerit, şifre, e imza gibi bazı biyometrik sistemlerle kombine çalışmaya uygun olması sebebiyle güvenliğin

gerektiği uygulamalarda sıkça kullanılırlar. Mikroişlemcili kartların kullanım alanlarına şöyle örnek verilebilmektedir;

- Banka kartları,
- Cep telefonlarının sim kartları,
- Türkiye'de Kamu kurum ve kuruluşlarına online bağlanabilmek amacıyla uygulanmaya başlanan E-Devlet uygulamasına giriş,
- Bazı şehirlerde şehiriçi ulaşımda otobüs bileti uygulamalarında,
- Ücretli yayın sunan firmaların yayınlarının izlenmesinde,
- Bazı üniversitelerin öğrenci kimlik kartı uygulamalarında (örneğin Marmara Üniversitesi kampüs kart uygulaması).

1.3. RFID Sistemleri

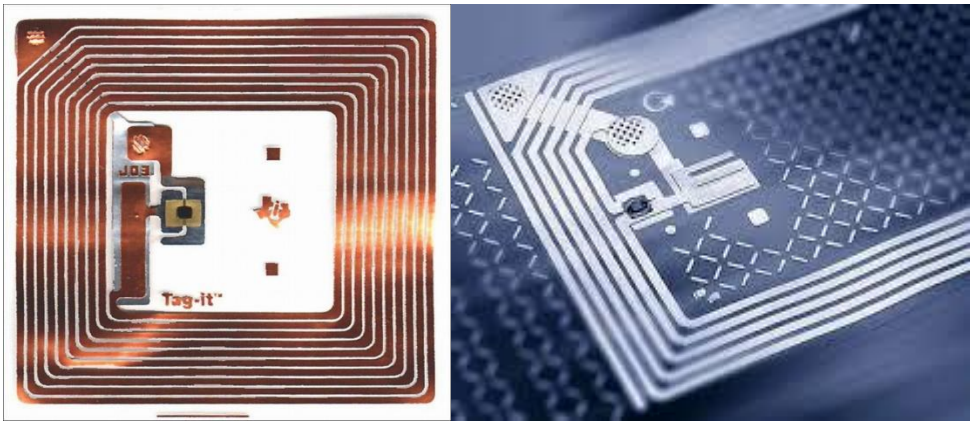
Otomatik kimliklendirme teknolojilerinin en yenisi ve en hızlısı olan RFID, Radio Frequency Identification kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Türkçe 'Radyo Frekansları ile Kimliklendirme' şeklinde ifade edilebilmektedir. En basit şekilde RFID sistemi, bir çipin içinde bulunan verinin elektromanyetik dalgalar ile alıcıya iletilmesidir. Akıllı kartların daha gelişmiş şekli olarak da nitelendirilebilen RFID sistemleri, içinde dahili bir güç kaynağı bulunduran Aktif, güç kaynağı bulundurmayan Pasif ve kısmi görev gören dahili güç kaynağı barındıran Yarı aktif olarak üç tipte bulunmaktadırlar. Otomatik kimliklendirme sistemleri arasında barkod ve akıllı kartların yerini alan RFID, tüm otomatik kimliklendirme ve tanıma sistemlerine göre bazı üstünlüklere sahip bulunmaktadırlar.

RFID sistemleri, çalışma frekansları, bellek tipleri ve devre tiplerine göre sınıflandırılabilmektedir. Bu tezin çalışma konusunu oluşturan RFID sistemleri hakkındaki bilgiler de bu bölümde verilmiştir.

1.3.1. RFID sistemlerinin tarihsel gelişimi

RFID üzerine gerçek manasında yapılan ilk çalışma II. Dünya Savaşı yıllarında olsa da aslında tarihi geçmişi 1864 yılında James Clerk Maxwell tarafından elektromanyetik dalgaların varlığının kanıtlanması ve yaptığı hesaplamalar ile mikrodalgaların depolanabildiğini ispat etmesine kadar götürülebilir. Heinrich Hertz 1867 yılında, belirli

bir alan içerisinde elektromanyetik dalgaları üreten ve bunları tespit eden cihazlar ile elektromanyetik dalgaların iletilmesi ve alınmasının deneyini yapmıştır [19]. Guglielmo Marconi 1896 yılında, Büyük okyanus olarak da bilinen Atlantik okyanusundan kablo kullanmaksızın radyo dalgaları ile telgraf mesajı iletmeyi başarmıştır. Aynı zamanda radyonun icadı da demek olan bu başarı, o yıllarda henüz icat edilmiş telefondan bile daha önemli bir başarı olarak kabul edilmesi gerekir. Bu başarı, radyo dalgaları ile veri transferi yapılabildiğini kanıtlamıştır. Bu durum günümüz teknolojileri için önemli teknolojik dönüm noktalarından biri olmuştur.



Şekil 1.14. RFID örnekleri [20]

1922 yılında radar sistemlerinin geliştirilmesinden sonra II. Dünya Savaşı'nda IFF (Identification Friend or Foe) yani radarda tespit edilen uçakların dost ve düşman ayrımı yapabilmelerine olanak sağlayan teknolojide RFID'nin ilk uygulaması yapılmıştır. Ancak bu yapılan uygulamada boyut olarak günümüz RFID'leri ile çok farklılık göstermektedir. 1950'lerin ortalarında günümüz modern hava kontrol sistemlerine öncülük eden hava kontrol sistemlerinde de aktif RFID kullanmıştır. 1960'lara doğru IC (Entegre Devre Sistemi)'nin bulunması ile RFID'lerin boyutları da küçülmüş ve daha işlevsel hale gelmişlerdir. 1960'lı yıllarda da küçük boyutta olmaları sebebiyle RFID sistemlerine ilgi artmaya başlamıştır. 1960 yılında ilk patent başvurusu yapılmıştır. 1970'lerde EAS (Electronic Article Surveillance)(Elektronik Kitap İzleme) sisteminde kütüphanelerden kitap ve dergi hırsızlığına karşı pasif RFID etiketi kullanılmış ve bu çalışmaya da patent alınmıştır [21]. Böylece ilk ticarî adım atılmıştır. 1980'lerden sonra ise EAS sisteminin yaygınlaşması ve kullanımda sağladığı kolaylıklar ile RFID sistemleri dünya çapında hızla yayılmaya başlamıştır.

1991 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde elektronik bilet uygulaması çerçevesinde RFID ile otoban ücretlerinin ödenmesine uygulamasına geçilmiştir. Bu uygulama ile RFID sistemlerinin uygulamalarda kısa veya uzun mesafede ve kullanım alanı gözetmeksizin kullanılabileceği anlamı gelmiştir [22].

RFID teknolojisine olan ilgilinin bir anda artması ticarî kullanımda bazı sıkıntılar oluşturmuştur. Bunları aşabilmek için ise 1999 yılında EPC (Electronic Product Code) (Elektronik Ürün Kodu) geliştirilmiştir. Bu geliştirme ile RFID sistemlerinin ticarî kullanımına büyük kolaylıklar sağlanmıştır. 2000'li yıllardan sonra RFID sistemlerinin kullanımı artık kompakt bir sistem halini almıştır. RFID sistemleri, hasta, hayvan, araç, fabrika ürün takibi, şirket araçlarının takibi, personel kontrolü, otomatik bilet uygulamaları gibi birçok uygulama ile günlük hayata dâhil olmuştur.

Tablo 1.2. RFID sistemlerinin tarihsel gelişimi

Yıl	**Gelişim**
1896	Radyonun icadı
1922	Radarın geliştirilmesi
1937	IFF kullanımı
1950'ler	Hava kontrol sistemlerinde
1960	İlk patent
1960'lar	Hayvan takibi
1970'ler	EAS sistemi
1972	Kimlik kontrolü
1980'ler	Araç kimliklendirme
1980	Amerika Demiryollarında
1989	İlk otomatik bilet
1991	Amerika otoyollarında
1996	ISO standartları
1999	Amerika MIT'de Auto ID merkezi kurulumu
2001	Wall-Mart marketleri
2000'li yıllardan günümüze	Çeşitli ISO standartları ve sayısız uygulama

1.3.2 RFID ile otomatik tanıma sistemlerinin karşılaştırılması

RFID sistemleri, otomatik kimlik tanıma / kimliklendirme sistemlerinden biridir. Bu bölümde RFID sistemlerinin diğer sistemlere göre üstünlükleri ele alınmıştır.

1.3.2.1. RFID sistemlerinin Barkod sistemleri ile karşılaştırılması

Daha önce belirtildiği üzere barkod sistemleri belirli aralıklarla dizilmiş ve aralarında mesafe bulunan çizgilerin bir okuyucu tarafından yakın mesafeden arada herhangi bir engel olmaksızın okuması ve bu çizgilerin kalınlığının, inceliğinin ve aralarındaki mesafenin bir koda dönüştürülmesi mantığına dayanmaktadır. Barkod sisteminde ürün tanımlaması ve fiyat bilgisi bir ID karşılığı olarak sistemde bilgi dökümü içerirken, RFID sistemlerinde devrede bulunan mikroçipe kapasitesi kadar veri yüklemesi yapılabilmektedir. Tablo 1.3.'de barkod sistemi ile RFID sistemi karşılaştırılmış ve birbirlerine üstünlükleri gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Barkod sistemi ve RFID sisteminin karşılaştırılması

RFID	Barkod
Etiketler için doğrudan görüşe gerek yoktur.	Etiketlerin okunması için doğrudan engelsiz görüş gereklidir.
Okuma işlemi için personele gerek yoktur.	Etiket okunması için personele ihtiyaç vardır.
Hatalı okuma mümkün değildir.	Okuma/tarama sırasında hatalı okuma oranı yüksektir.
Etiketlerin içerisindeki bilgi değiştirilebilir.	Etiketin bilgisini değiştirmek için etiketin değiştirilmesi gereklidir.
Etiketlerde saklanan bilgi tüm sistemlerden daha fazladır.	Etikete sınırlı miktarda bilgi saklanamaz, ürün tanımı yapılabilir.
Etiketler kirli, nemli, tozlu ortamlardan etkilenmeden çalışabilirler.	Etiketler kir, toz, nemden etkilenirler. Etiketin bir çizgisinin dahi silinmesi etiketin okunmasını imkânsızlaştırır.
Okuma işlemi çok hızlıdır.	Okuma işlemi yavaştır.
Okuyucunun okuma çevresi içerisinde bulunan tüm etiketler toplu bir şekilde personelsiz okunabilmektedir.	Etiketlerin teker teker bir personel tarafından okunması gerekir.
Her etiketin çipi üretim esnasında bir ID almasından dolayı eşsizdir. Kopyalanamaz.	Her etiket firmalar tarafından belirlenebildiği için, kabul edilen standartlara uyulmazsa aynı etiketlere denk gelinebilir. Veyahut etiket şekli taklit edilerek ürün kimliği hatalı tanınabilir.

Tablo 1.3.'den görülebildiği üzere Barkod sisteminin RFID sistemi üzerindeki üstünlükleri; hızlı imal edilebilmeleri, düşük maliyetleri ve piyasada yaygın kullanılmalarıdır. Ancak RFID sistemlerinin barkod sistemleri üzerindeki üstünlükleri gözle görülebilir ölçüde fazladır. Sadece her bir RFID çipinin kendine has bir ID numarasına sahip olması bile RFID sistemlerini başlı başına tercih sebebi yapmaktadır. Çünkü bu sayede kopya ve sahtecilik önlenebilmekte ve uluslararası ürün takibi yapılabilmektedir. RFID sistemlerinin 1990'lı yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başladığı düşünülürse Barkod sistemleri ile aralarında yaklaşık 30 yıllık bir zaman vardır. RFID sistemlerinin kullanım kolaylığı ve yapılabilinecek uygulamalara bakıldığında büyüme hızı ile Barkod sistemlerinden 3 kat daha hızlı büyümektedir.

Tablo 1.4. RFID ile Barkod sistemlerinin kullanım alanları

RFID	**Barkod**
Ürünün üretim anından itibaren takibi	Ürünün bulunduğu yerde stok kontrolü
Lojistik sektöründe araçların, konteynerlerin takibi	İlaç sektöründe (Bknz: Q Code)
Hastanelerde hasta kontrolü ve takibi	Araç kimliği
İlaç sektöründe ilaçların bilgilerinin yüklenmesi (prospektüs içeriği)	Otopark bilet ücretlendirmesi
Anında stok ve depo sayımı	Hırsızlık olup olmadığı fark edilmeksizin depo ve stok kontrolü
Havaalanlarında bagaj ve yolcu kontrolü	Havaalanlarında bagaj ve yolcu kontrolü
Kitap ve elektronik ürün sektöründe hırsızlık önlenmesi amacıyla	Kitap ve elektronik üründe fiyat ve ürün bilgisi tanımlanması amacıyla
Hayvan takibi ve geçmişinin izlenmesi	Hayvancılıkta kullanımı kısıtlıdır
Otomatik elektronik bilet uygulamaları	
Araçlarda immobilizer sistemi	

RFID sistemleri barkod sistemlerine üstünlükleri fazla olmasına rağmen barkod sistemlerinin hali hazırda dünya genelinde kullanımı çok daha yaygın olduğundan, RFID sistemlerinin barkod sistemlerinin yerini alması birkaç yıl daha süreceği düşünülmektedir.

1.3.2.2. RFID ile diğer sistemlerin karşılaştırılması

RFID sistemleri tek başına tüm kimliklendirme ve otomatik tanıma sistemlerinden daha kullanışlı ve hızlıdır. Yüksek veri depolama imkânı, yüksek güvenlik, hız, okuyucu ile arasında temasa ihtiyaç duymaması, RFID sistemlerinin biyometrik ve barkod ve akıllı kart sistemlerine en önemli üstünlükleridir. Tablo 1.5.'de RFID sistemleri ile diğer kimlik tanıma sistemlerini bazı kısıtlar çerçevesinde karşılaştırılmasına bakılarak üstünlükleri görülebilmektedir.

Tablo 1.5. RFID sistemleri ile diğer sistemlerin karşılaştırılması [17]

Kısıtlar	RFID	Barkod	Optik Krk.	Biyometrik	Akıllı Kart
Veri Depolama	Yüksek	Orta	Yok	Yok	Orta
Veri yoğunluğu	Çok Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek
Okunabilirlik (cihaz ile)	Çok İyi	İyi	Kötü	Orta	Çok iyi
Okunabilirlik (insan ile)	İmkânsız	Kısıtlı	Kısıtlı	Zor	İmkânsız
Dış etmenler	Etkisiz	Etkilenir	Etkilenir	Etkisiz	Etkilenebilir
Hız	Çok Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek
Uzaklık	Çok Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	Orta

1.3.3. RFID sistemi elemanları

RFID devreleri tek diğer kimlik tanıma sistemleri gibi tek başına oluşmaz. Bir sistem halinde çalışır. Bu sistemi meydana getiren elemanlar;

- Etiket (tag) (transponder),
- Anten,
- Okuyucu,
- Sistem yazılımı,
- Bilgisayardır.



Şekil 1.15. Basit bir RFID sistemi örneği

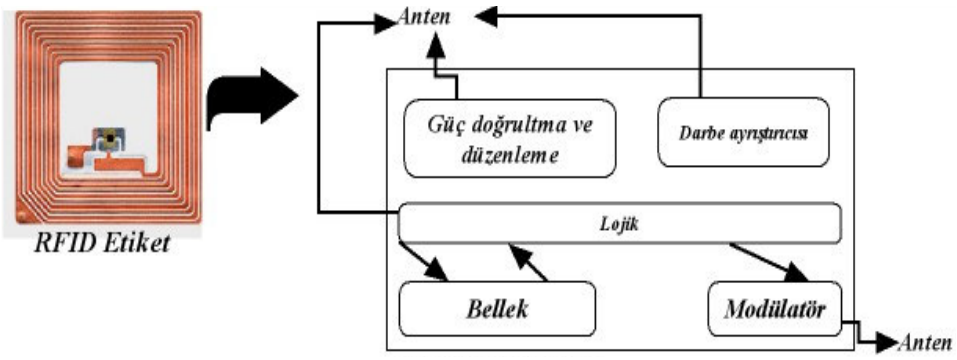
1.3.3.1. Etiket

Etiket bir antene (bağlaşma ünitesi) ve bir mikroçipe sahiptir. Aktif, pasif ve yarı aktif gibi kullanıma göre 3 çeşit etiket bulunmaktadır. Kullanım frekanslarına göre düşük frekans (LF), yüksek frekans (HF), çok yüksek frekans (UHF) ve mikrodalga frekans olarak ayrılmaktadır. Bellek tiplerine göre incelendiğinde, sadece okunabilen (Read Only) (RO), okunup yazılabilen (Read and Write) (RW) etiketler bulunmaktadır. Ayrıca çipsiz etiketlerde bulunmaktadır. Bu etiketler veri aktarımı için radyo frekansı kullanır ama yapısal olarak herhangi bir çipe sahip değildir. Bu etiketler çip yerine plastik ya da iletken polimerler içermektedirler. Bazı çipsiz etiketler ise kendilerine yönelen radyo dalgalarının bir kısmını geri yansıtan maddeler bulundurmaktadırlar. Okuyucu bu geri gönderilen dalgaları algılar ve etiketli objeyi tanımlamaktadır [11].



Şekil 1.16. Pasif RFID etiketi örneği [23]

Aşağıdaki şekilde bir RFID etiketinin içyapısı görülmektedir.



Şekil 1.17. RFID etiket içyapısı [24]

1.3.3.2. Anten

Anten okuyucu – okuyucu veya okuyucu – etiket arasında haberleşmeyi sağlayan donanımdır. Okuyucuların okuma mesafelerinin yetersiz olduğu durumlarda okuyuculara ek bir modül olarak antenler kullanılmaktadır.



Şekil 1.18. RFID anteni [25]

1.3.3.3. Okuyucu

Okuyucu, bir radyo frekans modülüne ve bir kontrol ünitesine sahiptir. Etiketleri programlayarak veri girişini sağlar ve aynı zamanda aldığı verileri çözümler. Okuyucudan etikete giden kanala ‘ileri kanal’, etiketten okuyucuya genel kanala ‘geri

kanal' denir. İleri kanalda okuyucu etikete elektromanyetik bir sinyal göndererek, pasif etiket ise enerjilendirilir ve içerisindeki veri aynı yöntemle alınır. Aktif etiket de ise içerisindeki veri okunur. RFID okuyucusu dâhili anteni ya da bir veya birden fazla harici anteni ile kapsadığı alanda sürekli RF dalgaları yayar. Bu alana giren etiket bu dalgaları alır ve indüksiyon yöntemiyle elektrik enerjisine çevirir. Etiketin üzerinde oluşan elektrik enerjisi çipin enerjilenmesi için yeterli miktardadır. Bu elektrik enerjisinin oluşması etiketin kendi anteninin sipir sayısına, iletim yolunun çapı ve kalınlığına bağlıdır.



Şekil 1.19. RFID okuyucusu [26]

RFID okuyucularının temelde 4 görevi bulunur. Bunlar;

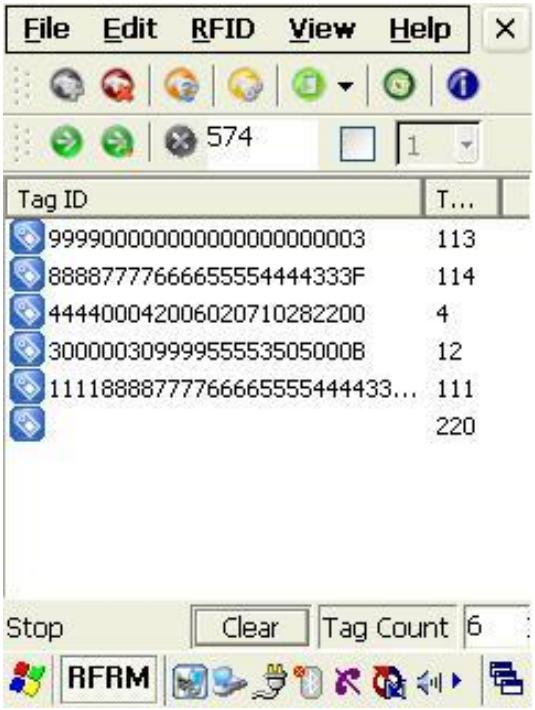
- Etiketin içeriğini okur. ID'si tespit edip doğrulama ve veri okuma işlemi yapar.
- Etikete veri girişi sağlar.
- Denetçiden gelen veriyi etikete aktarır.
- Pasif etiketleri enerjilendirir.

RFID okuyucularının temel olarak bu 4 görevi dışında gerçekleştirdiği diğer işlemler ise şunlardır;

- Etiketlerin ID'lerini tespit edip ayrıştırdığı için, her etiketin verisini birbirinden ayrı tutup sisteme aktarabilir.
- Çiplerin verilerinin çarpışmasını önler. (anti-collision)
- Verilerin şifrelenmesi ve korunmasını sağlar.

1.3.3.4. Yazılım ve bilgisayar

Okuyucu ile etiket arasındaki iletişimin sağlanması, okuyucuda çözümlenen sinyallerin kayıt altına alınması ve görüntülenmesi için bir yazılıma ve bilgisayara ihtiyaç vardır. Bilgisayara her uygulamada ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak verilerin kayıt altına alınması, online aktarımı, kontrolü gibi işlemler için gerekli olmaktadır. Yazılım, RFID sistemleri arasında farklılık yaratacak kadar özgün olabilmektedir. Çünkü yazılım sayesinde aynı etiket ve okuyucu ile farklı uygulamalar yapılabilmektedir. Yazılım vasıtası ile veri alımı - gönderimi sağlanmaktadır. Aşağıdaki şekilde bir RFID yazılım örneğinde çiplerin ID'lerini ve aynı anda kaç adet okutulduğunu görebilmekteyiz.



Şekil 1.20. RFID yazılım örneği [27]

1.3.4. RFID sistemlerinin çalışma prensibi

RFID sistemlerinin hepsinde temel olarak bulunan komponentlerden olan etiket ve okuyucu birbirleriyle radyo dalgaları ile iletişimde bulunurlar. Uzak mesafeden etiket okunması gereken durumlarda harici bir anten de kullanılabilir. Etiketin bilgi gönderebilmesi için okuyucunun veya antenin kapsama alanına girmesi yeterlidir. Etiket

okuyucunun veya antenin kapsadığı alana girdiğinde pasif etiketse enerjilenir ve veri aktarımına başlar, eğer aktif veya yarı aktif etiketse doğrudan veri gönderimini gerçekleştirmek için üzerine gelen elektromanyetik dalgaları değişime uğratır. Okuyucuya geri gelen bu dalgalar okuyucu bünyesinde çözümlenir ve okunur. Elektriksel değere dönüştürülüp kodu çözünen veriler, bir sunucuya ya da bilgisayara aktarılarak kullanılan yazılım vasıtası ile görüntülenir. Bu sayede okuyucunun algıladığı sinyaller, insanın algılayabileceği sayısal kodlara ve harflere dönüşmüş olur.

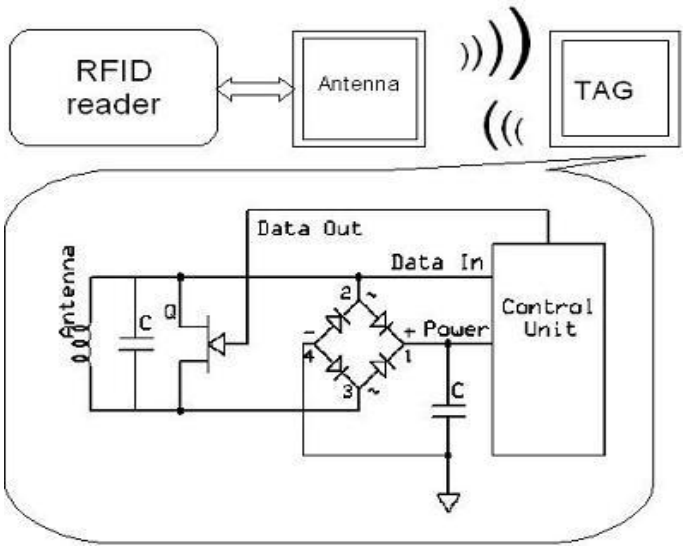
Bir RFID sisteminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, RFID etiketi ve okuyucusunun aynı frekansta çalışıyor olmasıdır. Bir okuyucu imal edildiği frekansta etrafına dalga yayar. Etiketler ise bu yayılan dalgaların boyutuna göre enerjilenir. Yazılım ile okuyucu arasında frekansa gereksinim duyulmamaktadır.

1.3.5. Devre tiplerine göre RFID etiketler

RFID etiketleri transponder ya da tag olarak ta adlandırılmaktadır. Bu etiketler, okuyucudan gelen sinyalle enerjilenen Pasif, devamlı enerjili halde bulunan Aktif ve çipi enerjili hale bulunan Yarı Aktif olarak üçe ayrılırlar. Pasif etiketler yapı ve boyut olarak hem daha kullanışlı hem de kullanım olarak en yaygınıdır. Aktif ve Yarıaktif etiketler Pasif etiketlere göre daha büyük yapıda bulunurlar.

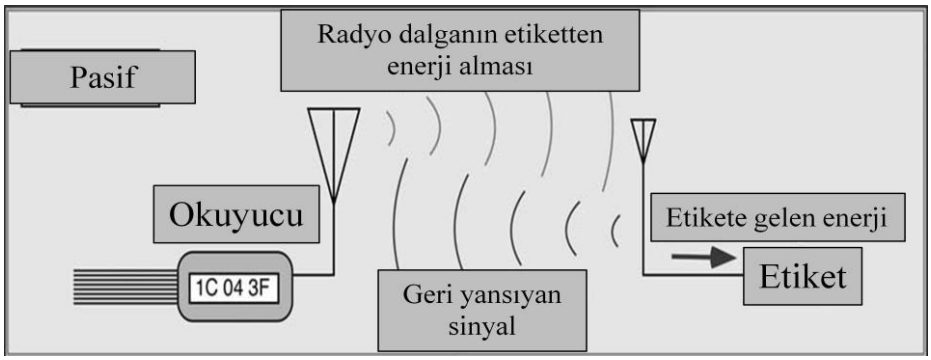
1.3.5.1. Pasif etiketler

Pasif etiketler üzerlerinde bir güç kaynağı bulundurmayan, bir anten ve çipten oluşan etiketlerdir. Endüktif kuplajlanan pasif RFID etiketler, okuyucudan gelen sinyalleri antende AC akım indüklemektedir. Bu indüklenen AC akımın DC akıma çevrilmesi ile çip çalışması için gerekli enerjiyi elde eder.



Şekil 1.21. Pasif RFID içyapısı [28]

Pasif etiketler endüktif kuplajlanmış olduklarından okuyucunun kapsama alanında bulunmaları gerekir. Bu yüzden okuyucuya bağlıdırlar. Bu da okunma mesafelerinin küçük olmasına sebep olmaktadır. Ancak devre yapılarının basit olması maliyetlerinin ucuz olmasını da sağlar.



Şekil 1.22. Pasif RFID çalışma sistemi [29]

Pasif RFID'ler günlük yaşamımızda hemen her alanda kullanılmaktadır. Hayvan takibi, ürün takibi, kimlik kontrolü bunlardan sadece birkaç tanesidir. Pasif RFID'ler boyutlarının küçük olmaları sebebiyle ihtiyaca göre çeşitli şekillerde imal edilmektedirler. Anahtarlık, yüzük, kart, şerit bu şekillerden bazılarıdır.



Şekil 1.23. Pasif RFID çeşitleri [30]

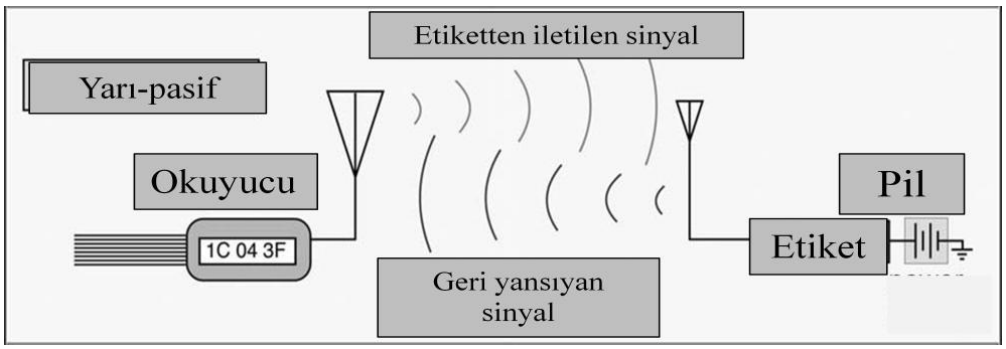
1.3.5.2. Yarıaktif RFID etiketleri (BAP) (Battery Asisted Passive)

Yarıaktif etiketlerini pasif RFID etiketlerinden ayıran en önemli özellik üzerlerinde çipin enerjilenmesi için gerekli enerjiyi sağlayan bir güç kaynağı bulundurmasıdır. Güç kaynaklı pasif etiket olarak da bilinirler. Pasif etiketler gibi çalışırlar. Pasif etiketlerin mesafelerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılırlar. Haberleşme mesafeleri 50-100 metreye kadar mümkündür [31]. Ömürleri aktif RFID'ler kadar uzun değildir. Üzerlerinde güç kaynağı bulunmasından dolayı boyutları ve maliyetleri pasif RFID etiketlerine göre fazladır ve ayrıca pilleri bittiğinde değiştirilmesi gerektiğinden bakım masrafı da bulunmaktadır. Otomatik bilet uygulamalarında, trafik kontrol sistemlerinde kullanımı mevcuttur [32].



Şekil 1.24. Yarıaktif RFID örneği [28]

Şekil 1.24'den de görüldüğü üzere Yarıaktif RFID'ler görünüm itibari ile Aktif RFID'lere benzese de çalışma bakımından Pasif RFID'ler gibidir.



Şekil 1.25. Yarıaktif RFID'lerin çalışma sistemi [29]

Pasif RFID'lerden üstünlükleri, üzerlerinde güç kaynağı bulunması sebebiyle çipleri her zaman enerjili ve veri aktarımına cevap vermeye hazırdır. Ayrıca güç kaynağı bulunması okuyucu ile arasındaki mesafenin Pasif etiketlere göre daha fazla olmasını sağlar.

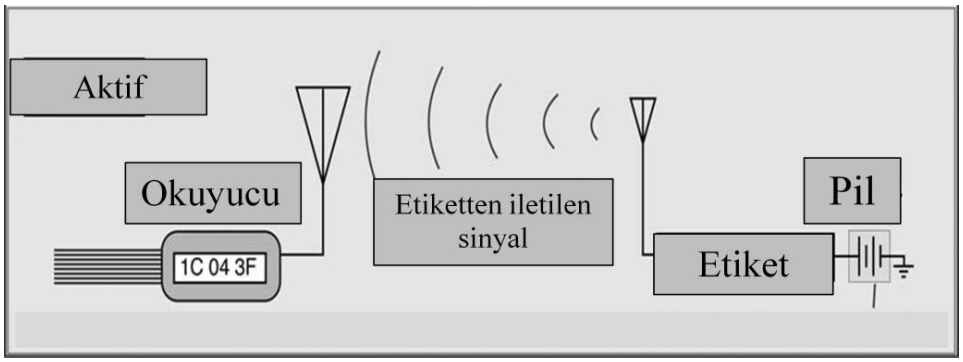
1.3.5.3. Aktif etiketler

Aktif RFID etiketleri Pasif ve Yarıaktif olanlarına göre çok daha büyük boyutlu ve karmaşık devre içerir. Yarıaktif RFID'ler gibi üzerinde bir güç kaynağı barındırır. Bu güç kaynağı ile hem okuyucuyla iletişim kurar hem de çipin çalışabilmesi için gerekli enerjiyi sağlar. Aktif RFID etiketleri boyutları, devresel yapıları ve dünyanın her yerinden iletişim kurabilme yetenekleri (frekansa bağlı) sebebiyle maliyetleri de diğer RFID etiketlerine göre fazladır.



Şekil 1.26. Aktif RFID örnekleri [33]

Yukarıdaki şekillere bakıldığında Aktif RFID'lerin antenlerinin de bulunduğu söyleyebilmektedir. Bu yüzden cep telefonları da aslında birer Aktif RFID olarak görülebilir. Aktif RFID'lerin kullanım alanlarına örnek verilecek olursa; Türkiye'de kullanılan OGS sistemi, konteyner takibi, lojistik şirketlerinin kamyonlarının anlık takibi ve yer tespiti, insan takibi, elektronik kelepçe uygulamaları gibi uygulamalar sayılabilir. Günümüzde cep telefonlarını Aktif RFID olarak kullanıldığı uygulamalarda hızla artmaktadır.



Şekil 1.27. Aktif RFID etiket çalışma sistemi [29]

1.3.5.4. Devre tiplerine göre RFID etiketlerinin karşılaştırılması

Pasif, Yarıaktif ve Aktif RFID devre tiplerinin birbirlerine üstünlükleri ve aralarındaki farklılıkları Tablo 1.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 1.6. RFID etiketlerinin karşılaştırılması

Özellik	Pasif	Yarıaktif	Aktif
Güç kaynağı	Yok	Var	Var
Haberleşme	Okuyucunun gönderdiği sinyallerle	Okuyucunun gönderdiği sinyallerle	Kendi güç kaynağından aldığı enerjiyle
Boyut	Küçük	Orta	Büyük
Okuma mesafesi	Genelde 15 mt'den az uygulamalarda başarılı	100 metreye kadar yapılan uygulamalarda başarılı	GPS sistemlerinde olması durumunda Dünyanın her yerinden
Bellek tipi	RO-RW	RO-RW	RO-RW
Bellek kapasitesi	128 KB'a kadar	128KB'a kadar	8 MB'a kadar
Fiyat	Çok ucuz	Orta	Pahalı
Bakım	Gerekmez	Pil değişimi	Gerekli
İzleme	Okuyucu alanında iken	Okuyucu alanında iken	Her zaman

1.3.6. Bellek tiplerine göre RFID etiketleri

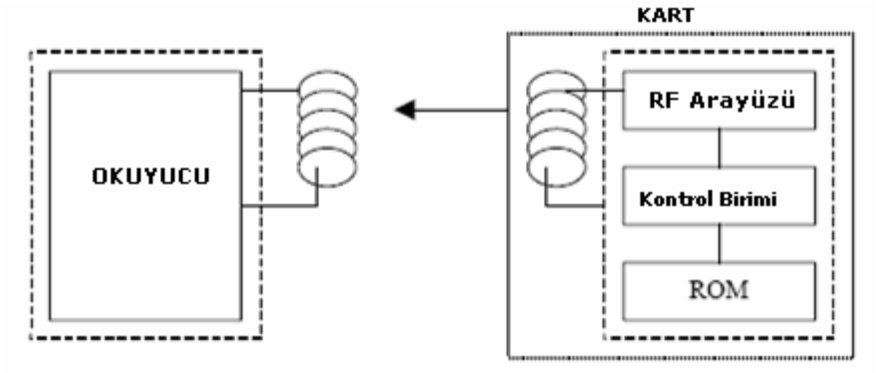
RFID etiketleri, üzerlerinde bulunan çiplerin tiplerine göre 2'e ayrılır. Bunlar;

- Yalnız okunabilir etiketler – Read Only – RO – WORM
- Okunup yazılabilen etiketler – Read and Write – RW

1.3.6.1. Yalnız okunabilir etiketler (Read Only) (RO) (WORM)

Yalnız okunabilen etiketler (Read Only - RO) fabrikada üretim sürecinde çiplerine bir kere veri girişi yapılıp daha sonra veri girişinin engellendiği etiket türleridir. Sadece bir kere veri girişi olup kullanım sırasında sayısız kere okuma imkânı sağladığından bu etiketlere aynı zamanda 'Bir kere yazılıp devamlı okunabilen' 'Write Once Read Many' 'WORM' etiketler de denilmektedir. Kısacası bir kere yazılıp çok kere okunabilen etiketlerdir. Bu etiketler bilgi depolama kapasitelerinin ve boyutlarının küçük olması sebebiyle genellikle pasif RFID etiketleri olarak imal edilmektedir. Etiketlerin

üzerlerindeki bilgi değiştirilemez. Bu etiketlerde etiketteki veri okunur ancak etiketin çipine veri aktarılamaz [34]. Okuyucu ile etkileşime girdiğinde veri akışı sadece etiketten okuyucuya doğrudur, tek yönlüdür. Okuyucudan etikete doğru veri akışı olmaz. Güvenlik seviyeleri düşüktür. Bu etiketlerin veri depolama kapasiteleri çoğunlukla üzerlerindeki ID'den ibarettir.

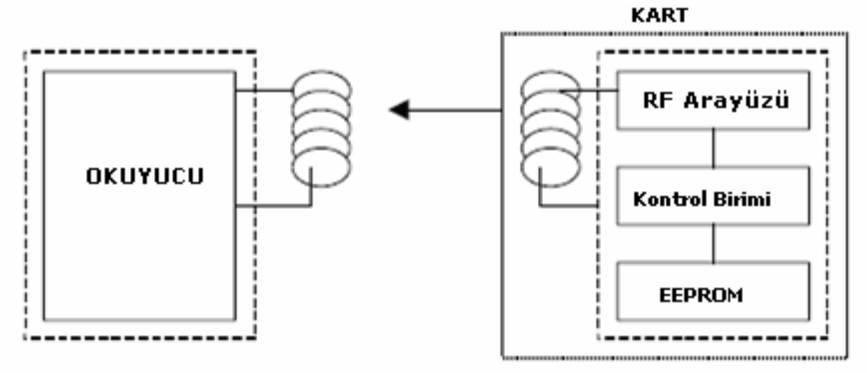


Şekil 1.28. Yalnız okunabilen etiket yapısı [17]

Yalnız okunabilen etiketlere bilgi yüklemesi yapılamadığından içerisinde sadece ID bilgisi bulunur. Okuyucu ile bağlaşıma geçtiklerinde, okuyucuya sadece üzerlerindeki ID numarasını gönderdiklerinden kullanımda bağlı bulunduğu bilgisayar veya serverda o ID'nin bir karşılığı olarak veri atanır. Yani barkod sistemiyle aynı mantığa sahiptir. Bu yüzden, personel giriş çıkışı, otopark üye giriş çıkışı gibi kartın teslim edildiği kişi bilgilerinin sistemde kartın ID numarasına işlendiği uygulamalarda sıkça kullanılır.

1.3.6.2. Okunup yazılabilen etiketler (Read and Write) (Re-Write) (RW)

Okunup yazılabilen etiketler isminden de anlaşılacağı üzere çoklu veri girişi ve veri okuması yapabilen etiketlerdir. Okuyucu ile etiket arasında çift yönlü bir veri aktarımı vardır. Bu etiketler aktif veya pasif olarak kullanılabilirler. Veri girişi mümkün olduğundan yüksek kapasiteli olarak imal edilirler. Sadece okunabilir etiketlerde 16 bit hafıza bulunabilirken, okunup yazılabilen etiketlerde 120 bit ID kodlanması için, pasif etiketlerde 120 bit aktif etiketler de 8 Mb veri depolanabilmesi için alan vardır. harici olarak veri koruma yazılımı saklanabilmesi için 24 bitlik koruma kodu kapasitesi vardır [35].



Şekil 1.29. Okunup yazılabilen etiket yapısı [17]

1.3.4. Frekanslarına göre etiketler

RFID etiketlerinin çalışmalarındaki en önemli faktör kullandıkları çalışma frekanslarıdır. Çalışma frekansları, etiketlerin anten yapısını ve çip seçimi etkilemektedir. Hangi frekansta çalışılmaya ihtiyaç duyuluyorsa, o frekansa göre etiketin aktif veya pasif olmasına karar verilir. Etiketin devre yapısına karar verildikten sonra etiketin çipi ve bu çipin çalışacağı frekansa cevap verebilecek etiket anteni tasarımı yapılır.

RFID sistemlerinde 4 temel çalışma frekansı kullanılır. Bunlar Alçak frekans (Low Frequency)(LF), Yüksek frekans (High Frequency) (HF), Ultra yüksek frekans (Ultra High Frequency) (UHF) ve Mikrodalga (Microwave)'dir.

- Alçak frekans 30 KHz – 300 KHz
- Yüksek frekans 3 MHz – 30 MHz
- Ultra yüksek frekans 300 MHz – 3 GHz
- Mikrodalga 3 GHz – 300 GHz

Tablo 1.7. RFID etiketlerinde kullanılan frekanslar ve kullanım çeşitleri

Frekans Çeşidi	Frekans Aralığı	Kullanımı
Alçak Frekans	125-134 KHz	Kısa mesafeli kullanımlar, kart okutma uygulamaları
Yüksek Frekans	13.56 MHz	En yaygın kullanım, çoğunlukla Pasif etiketlerde
Ultra Yüksek Frekans	860-960 MHz	Tedarik zinciri
Mikrodalga	5.8 GHz	Uzak mesafelerde ve genellikle Aktif etiketlerde

1.3.7.1. Alçak frekans

Alçak frekans, frekans ile dalga boyları arasında ters orantı olduğu için en uzun dalga boyuna sahip frekanstır. Bir dalga boyu yaklaşık olarak 10 Km'ye kadar ulaşabilmektedir. Alçak Frekans Uzun dalga boyu olarak da adlandırılabilmektedir. Düşük frekanslı etiketler daha az güç kullanırlar ve metal olmayan sulu içeriğe sahip cisimleri algılamada daha iyidirler. Ancak üretimleri maliyetlidir. İlk olarak hayvan takibinde kullanılmıştır. Okunma mesafeleri kısadır. Çoklu okuma miktarı azdır. Veri aktarımı çok yavaştır. Türkiye'de Alçak frekans RFID etiketleri için 125 – 134 KHz frekans aralığı ayrılmıştır.

1.3.7.2. Yüksek frekans

Yüksek frekansın dalga boyu Alçak frekansın dalga boyundan kısadır. Yüksek frekans en çok uçak haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır. Basit tasarıma sahip olmanın yanı sıra LF etiketlerinden daha ince ve üretimleri daha ucuzdur. HF etiketlerde LF etiketler gibi sudan az etkilenirler. LF etiketlerden daha fazla veri yoğunluğuna sahip olduğundan okuma mesafeleri daha iyidir. Dünyada en çok tercih edilen RFID çalışma frekansıdır. 13.56 MHz frekansı çok kullanılan frekanstır.

1.3.7.3. Ultra yüksek frekans

Ultra yüksek frekans okuma mesafeleri ile Alçak ve Yüksek frekanslı etiketlerden öndedir. Ultra yüksek frekansta çalışan RFID etiketlerinin üretim maliyetleri HF etiketlerden fazla olduğu için yüksek miktarda kullanılacak uygulamalarda tercih edilmemektedir. Ultra yüksek frekans, etiketlerin çarpışmasına ve frekans karışmasına karşı hassastır. Konteyner takibi, palet takibi gibi tedarik zinciri uygulamaları UHF etiketlerin okunma mesafeleri de göz önüne alındığında ideal uygulamalardır. Ultra yüksek frekans, televizyon yayınlarının yapıldığı frekans olarak da adlandırılabilmektedir.

Dünyada genelinde UHF RFID kullanımı için farklı frekanslar ayrılmıştır. Örneğin Avrupa'da 868 MHz iken ABD'de 902 MHz, Çin'de 915 MHz UHF RFID etiketlerinin kullanımı için ayrılmıştır. UHF bandının çok geniş olmasına rağmen RFID için genelde 860 – 960 MHz arası kullanılmaktadır.

1.3.7.4. Mikrodalga frekans

RFID sistemleri içerisinde en kısa dalga boyuna sahip frekans olan mikrodalga frekansı, uygulamalarda, genellikle 5.8 GHz'de çalışırlar. Bu frekansta çalışan RFID etiketlerinin, çok yüksek okuma mesafeleri vardır. Yapı olarak büyüktür ve veri yoğunluğu fazladır.

1.3.7.5. Etiketlerin karşılaştırılması ve frekansın mesafeye etkisi

RFID etiketlerinde kullanılan frekans aralıklarının, RFID etiketleri üzerindeki veri ve hıza, okuma mesafesine etkisi ve bu frekansların avantajları ile dezavantajları aşağıda bulunan Tablo 1.8.'de verilmiştir.

Tablo 1.8. RFID frekanslarının karşılaştırılması

Frekans çeşidi	Veri ve hız	Okuma mesafesi	Avantajı	Dezavantajı
Alçak Frekans	Düşük okuma hızı, düşük miktarda veri aktarımı	Çok az, 15 cm'den az	Su içeren ortamlarda çalışabilir	Pahalı üretim, çarpışma önleyememe, hız, mesafe ve okumanın kötü olması
Yüksek Frekans	Ortalama okuma hızı, yeteri düzeyde veri aktarım hızı	Kısa mesafe, 1 metreden az	Saniyede 50-100 etikete kadar çarpışma önleyebilmesi, en yaygın kullanıma sahip olması	Metalden etkilenmeleri
Ultra Yüksek Frekans	Yüksek okuma hızı, orta veri aktarımı	Uzun mesafe, 10 metreye kadar	Hızlı ve mesafenin yeterli olması, birçok çalışma standardı bulunması	Yüksek etiket üretim maliyetleri
Mikrodalga	Çok hızlı okuma, yüksek miktarlar	Çok uzak mesafeler, 100 metreye kadar	Uzun mesafeler ve yüksek hız, metalden etkilenmemeleri, saniyede 100-200 etikete kadar çarpışma önlenmesi	Yüksek maliyetler, nemden etkilenmesi, bakım gerekliliği

Tablo 1.8'de de görüldüğü üzere RFID etiketlerinin çalışma frekansları okuma mesafeleriyle doğru orantılıdır. Yapılacak uygulamada ihtiyaca cevap veren mesafeye göre frekans seçimi yapılması gerekmektedir.

1.3.8. Etiket çarpışması

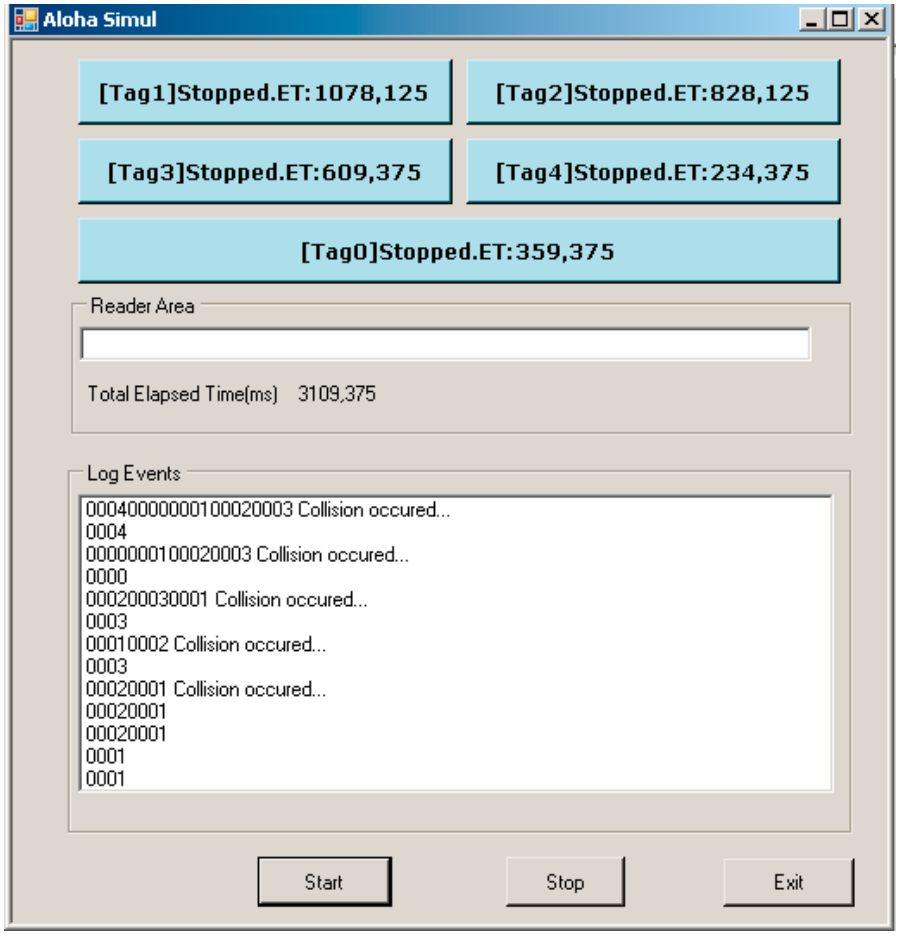
Etiket çarpışması, okuyucunun dalgalarının yayıldığı alanda birden fazla etiketin okuyucuya bu dalgaların geri yansıtmasından ya da aynı bölgeye iki okuyucu tarafından gönderilen RF dalgasının karışmasından kaynaklanır. Aynı frekansta çalışan birden fazla etiketin okuyucuya içerisindeki verileri aktarması sonucunda okuyucuda karışıklık meydana gelmektedir. Bu karışıklık radyo yayınlarının birbirine karışması olarak örneklendirilebilir. Bu etiket çarpışmalarını önlemek için bazı protokoller ve algoritmalar geliştirilmiştir. Genellikle RFID etiketleri anti-collision adı verilen çarpışma önleyici algoritmalara sahiptirler. Zaman atayarak, frekans ayırarak, boşluk atayarak ve kodlayarak çeşitli çarpışma önlemeler kullanarak çoklu etiket okumaları yapılır.

1.3.8.1. Çarpışma önleyici protokoller

Etiket çarpışması RFID sistemlerinde ortaya çıkan en büyük sorun olarak gösterilebilir. Ancak bu sorunun ortaya çıkışı ile çözümlerde üretilmiştir. Çarpışma önleyici bazı protokoller geliştirilmiştir. Bu protokollerden en önemlileri Aloha ve İkili Ağaç sistemi protokolleridir.

- **Aloha Protokolü:** 1970 yılında geliştirilmiştir. Genellikle Yalnız okunabilir (RO) etiketlerde kullanılmaktadır. ID numarası gibi küçük verilerin aktarıldığı etiketlerde kullanılmaktadır. Etiketler okuyucudan enerjilendiklerinde çiplerinin içerisindeki ID numarasını okuyucuya gönderir. Zaman-beklemeli Aloha protokolünde her etiket kendi ID'sini yolladığı anda rastgele bir zaman birimi kadar bekler ve ID'sini tekrar yollar. İstek (Request), Seçme (Select) ve Oku (Read) isminde 3 komutu kullanmaktadır. İlk komut olan İstek (Request) etiketler için kaç tane okumak için boşluğu olduğunu bildirir ve alan içindeki etiketler için zaman işareti verir. Her bir etiket kendisi için İstek (Request) geldiğinde okuyucu etkisiyle de belirlenen bir zaman dilimi (timeslot) seçer. Her etiket seçmiş olduğu zaman diliminde ID'lerini yollar. Okuyucu eğer kabul

edilebilir bir ID alır ise Seçme (Select) komutunu yollar. Okuyucu Oku (Read) komutuyla elektronik etiketten göndermesini istediği veriyi alır. Birden fazla etiketin aynı zaman aralığında bilgi göndermeye atanması durumunda protokol yetersiz kaldığı için çarpışma olacağından çok uygulanabilir bir protokol değildir. Boşluk-beklemeli Aloha Protokolü'nde ise zaman beklemeli protokol gibi zaman aralığı atanmasının yanı sıra bekleme aralığı atanır. Bu sayede Zaman atamalı protokolden daha başarılı sonuçlar alınır [36]. Ancak bu iki Aloha Protokolü'nün de çarpışmayı tamamen ortadan kaldırdığı söylenemez.



Şekil 1.30. Aloha Protokolü simülasyonu [37]

- **Ağaç Protokolü:** Etiket ID'lerini çarpışmalarını önlemek amacıyla gruplandırır. Etiketlerin ID'lerini rastgele seçip bunlara sayı atayarak gruplandırır. Okuyucu her çarpışma noktasında tekrar ID sorgusu yapar. Elektronik etiket sayısının fazla olması durumunda diğer protokollere göre daha iyi sonuçlar verir. Çarpışmaları %10 seviyesine kadar indirgeyebilir. Ancak protokol yapısı

karmaşıktır. Tek okuyucu kullanılması gerekir. Okuma hızlarında düşüş görülebilir. Aloha Protokolü'nden yaklaşık 10-12 kat daha yavaş cevap verme süresi vardır.

1.3.9. Dünyada RFID kullanım alanları ve uygulamaları

RFID kullanımı 90'lı yıllardan itibaren dünya genelinde büyük yayılma göstermiştir. İlk olarak İngiltere'nin düşman uçaklarını ayırt etmek için başvurduğu RFID sistemi günümüzde pek çok uygulama alanına ulaşmıştır.

Bu kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

- Tedarik zinciri yönetimi ve takibi,
- Hayvan çiftlikleri,
- Akıllı raf sistemleri,
- Market sektöründe ürünün son kullanma tarihi kontrolü,
- Kütüphanecilik sistemleri,
- Kargo taşımacılığı,
- Depo yönetimi ve takibi,
- Kumarhanelerde sahtecilik önlenmesi amacıyla,
- Hapishanelerde tutuklu takibi,
- Köprü, otopark ve otoyollarda,
- Askeri alanda cephanelik ve mühimmat takibinde [38].

Dünya genelinde ülkelerin kullanımlarına bakıldığında;

- İlk olarak Wall-mart market zinciri ürün takibi ve tedarik amacıyla RFID sistemlerine geçiş yapmıştır.
- Marks & Spencer dondurulmuş gıda tedarik ve kontrolünde RFID sistemini kullanmaya başlamıştır.
- İngiltere'de bir lojistik firması konteyner ve kasaları takip amacıyla RFID kullanmaya başlamıştır.

- Hollanda'nın en büyük kitapevi kitap takibi ve stok kontrolü amacıyla hem kitaplara hem de raflara RFID yerleştirmiştir.
- Birçok ülkede tekstil sektöründe ürün takibi ve hızlı satış amacıyla kullanılmaktadır [39].
- Kopya CD ve DVD önleme amacıyla kullanılmaktadır.
- Elektronik pasaport kullanımında görülmektedir [17].
- İtalya'da mezbahalarda kesilen hayvanın bilgilerinin yüklenmesi ve takibi amacıyla kullanılmaktadır [40].
- Almanya'da kimlik kartlarında kullanılmaktadır.
- Otomotiv sektöründe üretimden teknik servise kadar olan ağda kullanılmaktadır.
- İspanya'da kan bankasında kan gruplarını tanımlamak amacıyla
- Hindistan'da akıllı kahve kupası uygulaması ile sipariş ve ödeme kolaylığı sağlamaktadır [41].

1.3.10. Türkiye'de RFID kullanım alanları ve uygulamaları

RFID sistemlerinin kullanımı dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de son yıllarda hızla artmıştır. Çeşitli alanlarda yapılan sayısız uygulama bulunmaktadır. Bu alanlara ve yapılan uygulamalardan bazıları şöyledir;

- Güvenlik ve giriş kontrolü,
- Otopark uygulamaları,
- Eğlence parkları,
- Oteller,
- Kredi kartı yerine temassız ödeme sistemleri,
- Sağlık sektörü,
- Hastane sektöründe hasta kontrolü ve takibi,
- Şehir içi ulaşımı,

- Otoyollar ve köprüler,
- Çiftlik ve yabani hayvan kontrol ve takibi,
- Hadımköy mezbahasında kesilen hayvanların etlerini takip ve bu etlere hayvanın geçmiş bilgilerinin ilişkilendirilmesi [40],
- Filo takibi,
- Kütüphane uygulamaları,
- Lojistik sektörü.

Türkiye'de RFID kullanımının dünyadaki kullanımından çok da geri olmamakla birlikte; gelecekte çok daha geniş uygulamalarda kullanılacağı düşünülmektedir. Türkiye'de RFID kullanımı olan bazı örnek uygulamalar şöyle sıralanabilir:

- Otoyol geçişlerinde (OGS, KGS ve şuan kullanılan HGS),
- Başta İstanbul'da olmak üzere pek çok şehirde şehiriçi ulaşımda (İstanbul'da İstanbulkart adıyla),
- Turizm bölgesindeki otellerde,
- Hastanelerde hastanın sağlık bilgilerinin kayıt altına alınmasında,
- Kütüphanelerde (İslam Tarih, Sanat ve Kültür Araştırma Merkezi Kütüphanesi) hem giriş çıkış amaçlı hem kitapların raflara kolaylıkla yerleştirilmesi hem de hırsızlık önlenmesinde,
- Birçok otopark giriş giriş çıkışlarında,
- Otomotivde sektöründe Fiat ve Ford gibi üreticilerin sipariş bilgilerini etikete yükleyip aracın üretimini ve takibini yapmalarında,
- Otomatik giriş çıkış yapılan yerlerde,
- Lojistik sektöründe birçok firmanın konteynerlerin takibi ve kontrolünde,
- Market zincirlerinde (başta Metro) tedarik takibi, ürün kontrolü, stok kontrolü, güvenlik, ürün takibi, hızlı satışta,
- Elektronik mağazalarında güvenlik amacıyla kullanılmaktadır.

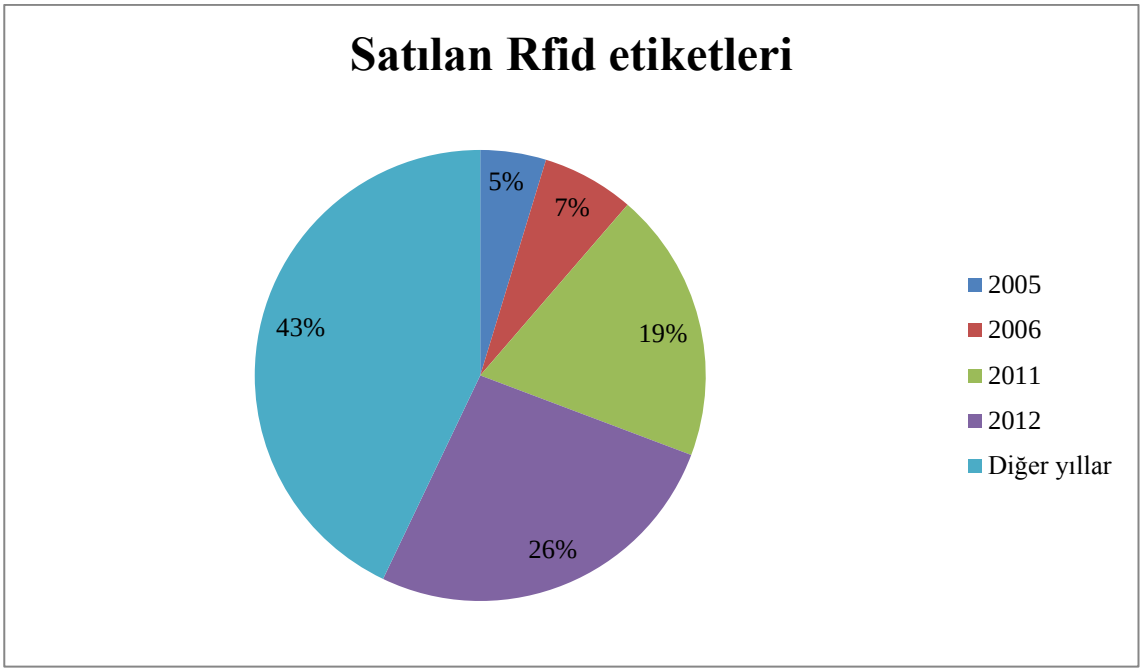
1.3.11. Dünya genelinde RFID pazarı

Her ne kadar RFID sistemleri son 15-20 yıldır aktif olarak kullanılmaya başlansa da yaklaşık 10 yıldır kullanıldığı alanlar artmaya başlamıştır. RFID sistemleri genel kullanımda en çok otomatik geçiş, otomatik ücretlendirme, personel kimlik kartları uygulamalarında kullanılmaktadır.

Geçmiş yıllarda birkaç bin dolar ile ifade edilebilen RFID teknolojisinin iş hacmi 2000'li yıllardan itibaren hızla artış göstermiştir. 2017 yılında RFID pazarının 27 milyar doları aşacağı öngörülmektedir. IDtechEx raporuna göre RFID pazarı 2012 yılında 2011 yılına göre %17 artarak 7.67 milyar dolara ulaşmıştır. 2011 yılında 6.51 milyar dolar olan RFID pazarının %17 artış göstermesinin nedeni aktif ve pasif Uhf RFID'lerin kullanım kolaylıklarının fark edilmesi, Avrupa ve Yeni Zelanda'da hükümetlerin RFID uygulamalarına verdiği destek olduğu söylenmiştir. Devletlerin verdiği bu destekler otoyol ücretlendirmeleri, ulusal kimlik kartı, pasaport, kütüphane uygulamaları ve hayvanlara yapılan uygulamalar olduğu ayrıca askeri amaçla RFID kullanımının da RFID pazarının büyümesine ciddi etkisi olmuştur.

2012 yılında yapılan RFID uygulamalar için 1 milyar RFID etiketinin kullanımına ihtiyaç duyulmuş olması RFID sistemlerinin ne kadar hızlı gelişme gösterdiğine kanıt olmuştur. Bu hızlı artış ile 2013 yılında 1.35 milyar etikete ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Toplam da 2012 yılında 3.98 milyar RFID etiketi satılmış olup bu rakam 2011 yılında 2.93 milyar olduğu söylenmiştir. Sadece 1 yıl içinde %35,83'lük bir artış olmuştur [42].

2012 yılına kadar RFID sistemlerinin kullanıldığı son 65 yılda satılan RFID etiketlerinin toplam sayısının 15,1 milyar etikete ulaşmıştır. 2005 yılında 712 milyon etiket, 2006 yılında 1 milyar etiket satılmıştır. Sadece 2011 yılında satılan etiketler ise bu rakamın %20'sini oluşturmaktadır. Bu sonuca bakıldığında 2011 ve 2012 yıllarının RFID sistemleri için kırılma yılları olduğu söylenebilir. Ayrıca RFID sistemlerine 2011-2012 yıllarındaki yoğun talebin RFID sistemlerinin ne kadar yeni ve çeşitli uygulamalara açık olduğunun bir göstergesidir.



Şekil 1.31. RFID etiket satışlarının yıllara göre dağılımı

Son 65 yılda yapılan RFID etiket satışlarının %5'i 2005 yılında, %7'si 2006 yılında, %19'u 2011 yılında ve %26'sı 2012 yılında yapılmıştır. 2005 yılından itibaren yapılan uygulamaların artmasına paralel satış rakamları da artan RFID sistemleri giderek büyüyen bir sektör olmuştur.

2009-2012 yılları arasında elde edilen ivme göz önüne alınarak yapılan tahminlerle RFID pazarının 2022 yılında 26,19 milyar dolara ulaşacağı düşünülmektedir [43].

1.3.12. RFID sistemlerine yönelik tehditler

RFID teknolojisinin insanların özel yaşamlarının gizliliğine karşı oluşturduğu tehditler önemli bir sorun olmakla beraber asıl büyük tehdit ve problem bu sistemlerin kontrolünün, teknik savunma zafiyetlerinden istifade edilerek istenmeyen kişiler tarafından elde edilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Geniş kullanım alanlarında da görüldüğü gibi RFID sistemleri artık insan hayatının önemli bir parçasını oluşturmakta ve insanlar kendileri için büyük önem taşıyan faaliyetlerini (ödemeler, sahip oldukları mülklerin korunması, kimlik denetim sistemleri ile kendilerini tanıtmaları vb...) bu sistemler üzerinden gerçekleştirmektedirler. Tüm bu süreç esnasında ise kullanıcılar RFID sistemlerinin güvenli olduğunu varsayarak hareket etmektedirler. Ancak güvenlik uzmanlarının görüşleri bu varsayımın doğru olmadığını ortaya çıkarmaktadır.

RFID teknolojisi uygulama alanlarında gerçekleştirilen araştırma faaliyetlerinin, güvenlik alanında gerçekleştirilen araştırma faaliyetlerinin çok üzerinde olduğu belirtilmektedir. RFID teknolojisinde tehditlere olanak sağlayan bir diğer nokta da bu sistemleri geliştiren üreticilerin ve müşterilerin güvenlik konusunda yeterince duyarlı olmadıkları ve bu konu ile ilgili masraf yapmak yerine konuyu göz ardı etmeyi tercih etmeleridir. RFID teknolojisine yönelik yaygın saldırı yöntemlerine aşağıda örnekler verilmiştir:

1.3.12.1. RFID Tag'lerinin Değiştirilmesi

RFID sistemleri üzerine yapılan saldırıların büyük kısmı tag'ler üzerinden gerçekleşir. Bu saldırılarla tag içerisinde yer alan kimlik, sayı, para, vb. değerlerin değiştirilmesi sağlanabilir. DN-System Enterprise Internet Solution kurumunun geliştirdiği RFDump isimli bir yazılımla RFID tag'leri üzerinde değişiklik yapılabildiğini gösterilmiş ve bu çalışma büyük yankı uyandırarak RFID teknolojisi ile envanter yönetimi yapan firmaların depolarındaki ürün sayı ve çeşidini ilkel yöntemlerle yeniden gözden geçirmelerine sebep olmuştur.

1.3.12.2. RFID Tag'lerinin Kopyalanması

RFID sistemlerine karşı yapılan diğer bir saldırı da tag'lerin kopyalanması esasına dayanır. Bu saldırı özellikle kimlik ve pasaport bilgilerinin elde edilerek kimlik denetimi konusunda yetkili organların yanıltılması veya RFID tabanlı güvenlik önlemlerinin aşılması amaçlı kullanılır. Konu ile ilgili bir çalışma yapan RSA Laboratuvarı ve John Hopkins Üniversitesi araştırmacıları Amerika Birleşik Devletleri'nde araç hırsızlığını önleme amaçlı olarak sıklıkla kullanılan DTS (Digital Signature Transponder) cihazlarındaki RFID yapısını, protokol tabanlı bir zayıflıktan faydalanarak cihaza dahi ulaşmadan kopyalamışlardır. Benzer şekilde Western Hepisphere Travel Initiative şirketi yalnızca basit bir RFID Reader, RFID anten ve bir dizüstü bilgisayar kullanarak 20 dakika gibi kısa bir süre içinde herhangi bir kişiye ait pasaport ve ehliyet üzerindeki RFID tag'leri kopyalamış ve saldırıdaki başarısını bir video ile belgelemiştir. Aynı çalışmada ilkine benzer bir teknikle gerçekleştirdiği diğer bir kopyalama saldırısını yine bir video ile belgeleyerek hâlâ Amerika Birleşik

Devletleri'nde kullanımda olan pasaport ve ehliyet kimliklerinin ne kadar zayıf bir güvenlik yapısına sahip oldukları konusunda yetkilileri uyarmıştır.

1.3.12.3. Yan Kanal Analizi Saldırıları

RFID teknolojisine karşı kullanılan saldırı tekniklerinden bir diğeri de son yıllarda akıllı kart yapıları üzerine saldırı gerçeklemede sıklıkla kullanılan Yan Kanal Analizi saldırılarıdır. Bu teknikte RFID tag ve reader arasındaki haberleşme esnasında sinyaller yakalanır ve bu sinyaller üzerinde zaman, güç, elektromanyetik alan vb. parametrelerin değişimine bağlı olarak kriptografik varlıklar elde edilmeye çalışılır [44].

1.3.13. RFID organizasyonları

RFID sistemlerinin gelişimleri ile ilgili her yıl RFID Journal gurubu tarafından kongre gerçekleştirilmektedir. Bu kongrede araştırmacıların RFID sistemlerini fiyat, güvenlik, yazılım gibi konulardaki araştırmalarını, önerilerini, çalışmalarını ve ortaya koydukları yeni ürünleri tanıtmaktadırlar. Kongre sonunda 6 dalda RFID Journal ödülleri verilmektedir. RFID Journal ekibinin, savunma ve güvenlik, sağlık ve enerji alanlarında da bu alanlarda RFID üzerine çalışan firmaların katıldığı kongreleri de düzenlenmektedir. IEEE organizasyonu da her yıl yaptığı RFID kongrelerinde RFID gelişimi üzerine çalışmalar yayınlamaktadır [45].

RFID sistemlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri olduğunu ve kişisel güvenlik açıklarının olduğunu düşünüp bir Anti-RFID propagandası yapan Liberty organizasyonu İngiltere de faaliyet göstermektedir. Süpermarketlerde RFID kullanımı ile müşterilerin alışveriş profillerinin çıkarıldığını ve takip edildiğini düşünmektedirler. Bu hareketin insan haklarına aykırı olduğunu da savunmaktadırlar [46].

1.4. Literatür Taraması

1.4.1. Yurtiçi literatür taraması

‘Otomatik Tanıma-Veri Toplama Sistemlerinde RFID Ve Bir Uygulama’ isimli yüksek lisans çalışmasında RFID sistemleri incelenmiştir. Tezin amacı üniversite kampüsünde yemekhane elektronik cüzdan uygulamasıdır. 13,56 Mhz Mifare kart ve EM15B kart okuyucu kullanılmıştır. Uygulamanın kontrol yazılımı Delphi 7.0 programlama dili ile geliştirilmiştir [7].

‘Biyometrik Seçim Sistemi Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi’ isimli yüksek lisans tez çalışmasında mevcut seçim sistemleri incelenmiş, elektronik seçim sistemleri araştırılmış, biyometrik seçim sistemlerinin uygulanabilirliği tartışılmış, biyometrik sistemler kullanılarak seçimlerde hile yapılmasının önlenmesi hedeflenmiştir. Parmak izi ile seçim işlemlerinin gerçekleştirilmesinin avantajları olarak sandık seçim görevlilerinin 7 kişiden 1 kişiye düşürülüp, maliyetlerde ciddi azalmalar elde edilebildiği ispatlanmıştır. Mevcut seçim sisteminde kullanılan mühür, zarf, pusula, mürekkep gibi kırtasiye malzemelerinin de olmayacağı düşünüldüğünde biyometrik seçim uygulaması hâlâ kullanılmakta olan seçim sistemine göre hem maliyet hem de güvenilirlik sunmaktadır [11].

‘Biyometrik Teknolojilerin Etkili Tasarlanması Ve Uygulanmasında Yeni Bir Öneri: Multimodel Teknoloji’ isimli yüksek lisans tez çalışmasında tüm biyometrik sistemler incelenip, bu sistemlerin birbirlerine üstünlükleri tartışılmıştır. Mevcut biyometrik uygulamalarının üstüne parmak izi - yüz tanıma, kartlı giriş – parmak izi – şifre, parmak izi tanıma – yüz tanıma – iris tanıma sistemleri kombine edilip uygulanmış, bu 3 farklı kombinasyonda alınan her biyometrik sistemin avantajlarının birleşip başarılı uygulamalar ortaya çıktığı ancak her bir sistemin dezavantajlarının ise birleşip büyük bir sorun olabileceği belirtilmiştir [14].

‘Radyo Frekansı İle Kimlik Tanıma’ isimli yüksek lisans tez çalışmasında elektronik para uygulaması yapılmıştır. Çalışmada 13,56 MHz frekansta çalışan pasif RFID etiketi seçilmiş, Visual Studio 2005 programında C# dilinde RFID teknolojisi kullanılarak kredi kartı ile ürün alış verişine imkân sağlayan yazılım geliştirilmiştir. Yapılan uygulamadan önce otomatik kimlik tanıma ve biyometrik sistemler hakkında

bilgi verilmiş ve bu sistemler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda online ağdan bağımsız olarak kendi içerisinde çalışan özgün bir alışveriş sistemi oluşturulmuştur. Ayrıca bu sistem ile etiket çarpışması ve etiket gizliliği gibi RFID sorunlarına da çözüm bulunmuştur [17].

'RFID Teknolojisi İle Otomasyon Bir Uygulama Olarak: Otopark Takibi' isimli yüksek lisans tez çalışmasında RFID kartlar ile araçların otoparka giriş ve çıkışları otomatik hale getirilmeye çalışılmış, ücretlendirme işlemleri otomatik olarak yazılımla sağlanmıştır. Bu sayede otopark giriş çıkışlarında ve ücretlendirmedeki kargaşa ve kalabalık önlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sayesinde hem insansız/personelsiz otopark uygulamalarına hem de şehir içindeki tüm otoparkların merkezi bir veritabanı içerisinde gözlenmesine olanak sağlanmıştır [24].

'Uhf RFID Pasif Etiket İçin Dipol Anten Tasarımları' isimli yüksek lisans tez çalışmasında RFID sistemleri incelenmiş, mikroşerit antenler ve dipol antenler detaylandırılarak Sonnet simülasyon programı ile yeni bir RFID dipol anten tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan dipol antenin bazı frekanslardaki dB değerleri, empedans değerleri ve anten kazançları karşılaştırılmıştır [29].

'Design Of A Radio Frequency Identification (RFID) Antenna' isimli yüksek lisans tez çalışması RFID anten tasarımı üzerine yapılmıştır. RFID antenlerinin yakın kenar ve uzak kenar kuplajlanmasının farkları incelenmiş, RFID anten tasarımının zorlukları, problemleri ve tasarım sürecine değinilmiştir. Anten tasarımında empedans eşleşmeleri ve sapmalarının azaltılması amaçlanmıştır. Giriş empedansının anten frekansına etkileri araştırılmıştır [31].

'RFID Sistemlerinin İncelenmesi Ve Sağlık Sektöründe Kullanılması' isimli yüksek lisans tez çalışmasında RFID sistemlerinin hastanelerde hasta takibi amacıyla kullanılması amaçlanarak yazılım geliştirilmiştir. Bu sistem ile hasta bilgileri doktorların cep telefonuna kurulacak bir program ile görülebilecektir. Hasta ikazları, alarmları gibi durumlarda doktor telefonuna uyarı gidecektir [37].

'Tedarik Zinciri Yönetiminde Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisi' uygulamaları başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında perakende, lojistik ve üretim alanlarında faaliyet gösteren şirketler ile birebir görüşmeler ve anketler yapılmıştır. Bu anketlerde ve görüşmelerde bu şirketlerin RFID uygulamalarına bakışları tartışılmış,

tüm şirketlerin kullandıkları tanıma sistemi olan barkod sistemleri ile RFID sistemlerin avantajlarını ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. RFID kullanan şirketlerin karşılaştıkları zorluklar ve uygulama nedenleri sorulmuş, RFID sistemlerine bakışları hakkında görüşler alınmıştır [38].

'Tedarik Zincirinde Ürün İzlenebilirliği Ve Kimliklendirme Teknolojilerinin Kullanımı' isimli yüksek lisans tezinde tedarik zincirinde ürün izleme yöntemleri araştırılmış, bu alanda yeni teknolojilerin konumu ve kullanılabilirliği tartışılmıştır. Tedarik zincirlerinde ürünlerin görünürlüğü ve izlenebilirliğinin önemi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada RFID sistemlerinin diğer sistemlerden öne çıktığı görülmüştür [39].

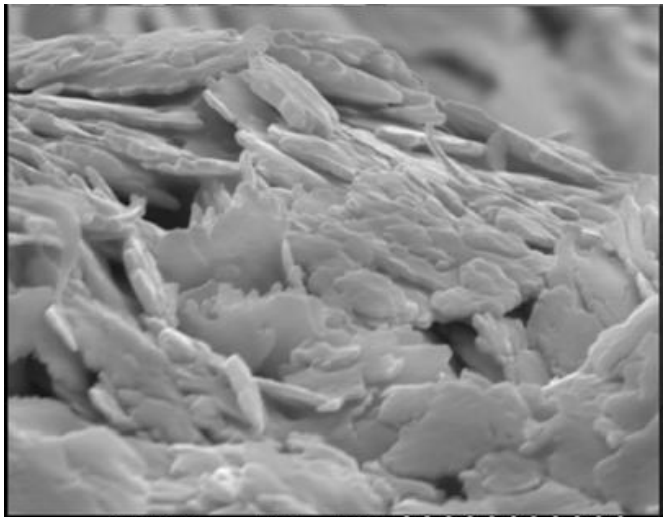
'Et Ve Et Ürünlerinin Çiftlikten Sofraya İzlenebilirliği Ve Takip Edilmesinde Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisinin Kullanılması' isimli yüksek lisans tezinde canlı hayvanların kimliklendirilmeleri ve mezbahalarda kesildiklerinden sonra etlerin takibinin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Bu yöntemler arasında soğuk damga, sıcak damgalama, kostikle damgalama, boya ile damgalama, kulak çentiği, dövme ve kulak küpeleri gibi çeşitli yöntemler olduğu ancak hepsinin dezavantajları bulunduğu veya hayvanlara ve etlere biyolojik zararları olduğu belirtilmiştir. Bu zararları kaldırmak ve et takibini sağlamak için en güvenli sistemin RFID uygulaması olduğu ifade edilmiştir. İtalya'da ve Türkiye Hadımköy mezbahalarında et ve hayvan takibi amacıyla RFID sistemine geçildiği belirtilmiş ve bu yerlerdeki uygulamaların sonuçları hakkında bilgiler sunulmuştur [40].

1.4.2. Yurtdışı literatür taraması

'Shrouds Of Time The History Of RFID' isimli raporda RFID teknolojisinin oluşumu ve gelişimi ele alınmıştır. 1960'larda ticarileşmeye başladığı ancak kullanımının yaygın olmadığı belirtilmiştir. 1990'lı yıllardan itibaren uygulamaların arttığı ve bu şekilde gelişerek, günümüzde pek çok ülkede birçok şirketin kullandığı bir teknoloji haline geldiği ifade edilmiştir. RFID üzerine alınan birçok patentten de bahsedilmiştir [22].

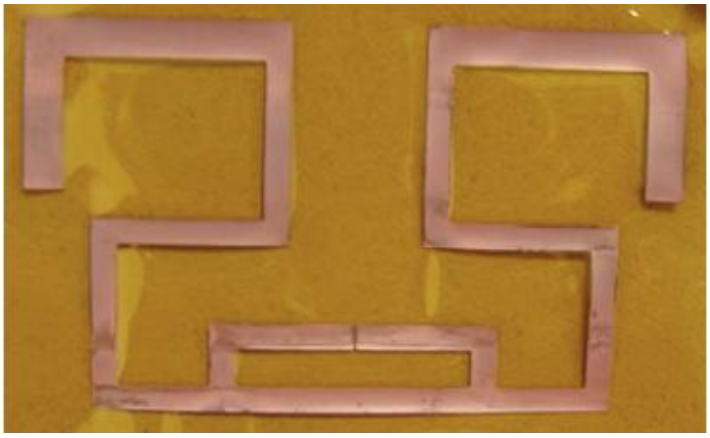
'Printing Conductive Inks On Nonwovens: Challenges And Oppurtinities' isimli doktora çalışmasında elektrik devrelerinin baskı yüzeyleri ve baskı yöntemleri hakkında

bilgi verilmiş, iletken özelliğe sahip solüsyon ile baskı yapılıp elektriksel iletkenlik elde edilmiştir. Dokuma olmayan kumaşlarda inkjet yöntemi ile baskı yapılmış, elektriksel ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır [47].



Şekil 1.32. İletken gümüş parçacıklarının SEM cihazında görüntülenmesi (x4000) [47]

'Nano Copper Conductive Ink For RFID Application' isimli çalışmada bakır-nano solüsyon karışımı hazırlanıp kâğıt, plastik, kumaş, ağaç ve seramik yüzeylere baskı yapılabileceği öne sürülmüştür. Gümüş ve altın ile hazırlanan solüsyonun iletkenliği ve uygulanabilirliğinin iyi olduğu ancak maliyetinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Ucuz devre basımı amacıyla, bakırın ucuz ve aynı zamanda iyi bir iletken olmasından dolayı bakır seçilmiştir. Hazırlanan bakır-nano solüsyon DMP-2800 yazıcısı ile ilk olarak poliamid yüzeye RFID anteni basılmıştır. Bu basılan RFID anten devresine çip, anisotropik iletken yapıştırıcı ile 150°'de birkaç saniyede yapıştırılmıştır. Bakırın oksitlenmemesi için ise UV ışığı ile curing işlemi yapılmıştır. İletkenlik değeri $4x10^{-5}$ olarak ölçülmüştür [48].



Şekil 1.33. Poliyamid yüzeyde basılan UHF RFID anteni [48]

‘A Flexible UHF RFID Tag For Harsh Environments’ isimli çalışmada kötü çevre koşullarında kullanılan esnek UHF RFID etiketlerinin tasarımı ve üretilmesi amaçlanmıştır. Esnek etiketlerin metal olmayan yüzeylere uygulandığında hatta su altında ve kimyasala maruz kaldığında iyi performans göstermesi amaçlanmıştır. Baskı yapılacak yüzey olarak ilk önce kâğıt düşünülmüş ancak kâğıdın kimyasallara ve suya dayanıklılığının az olmasından dolayı polyamid yüzey seçilmiştir. Polyamid yüzeylerin kâğıttan daha az esnekliğe sahip olmasına rağmen dayanıklılığı daha fazla oladuğu bilinmektedir. RFID devresi yüzeye uygulandıktan sonra yansıtma katsayısına (dB) bakılarak hangi frekansta en iyi sonuca ulaşıldığı bulunmuştur. 2 Watt esas alınarak hangi frekansta ne kadar okuma mesafesi elde edildiği bulunmuştur. Yansıtma katsayısının -10 dB’den daha az olması durumunda okuma mesafesinin 6,5 metre ile en fazla olduğu görülmüştür [49].

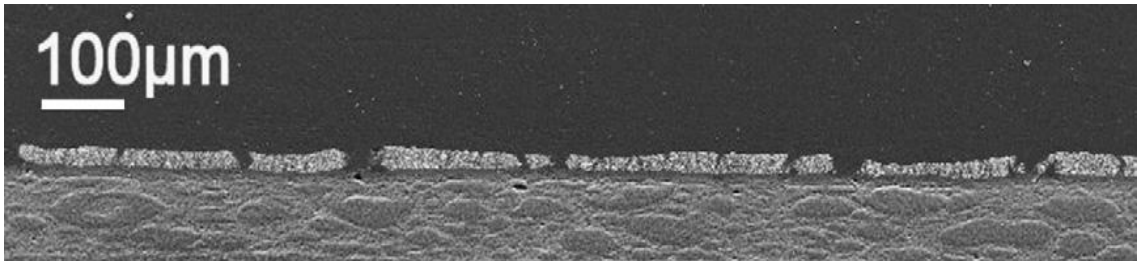
‘A Novel Type Of UHF RFID Tag Antenna’ isimli makalede UHF bandında çalışan RFID etiketlerinin kâğıt veya film yüzeylerde karşılaştırması yapılmıştır. Kâğıt yüzeye baskı yapılmıştır. Anten parametrelerinin, simülasyon ile hesaplanan ve ölçülen değerlerine bakılarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen RFID anteninin 915 MHz’de 14.71 dB yansıtma değerine ve 40.219+j10.404 Ω empedansa sahip olduğu ölçülmüştür [50].

‘A Review Of RFID Technology And Its Managerial Applications In Different Industries’ isimli makalede, RFID teknolojisinin hızlı gelişen tedarik zinciri yönetiminin acil çözüm ihtiyacı olduğu üzerinde durulmuştur. 2000’li yılların başlarında etiketlerin maliyetlerinin yüksek olduğu, etiket fiyatlarının düşmesi ile

kullanımının da hızlıca arttığı belirtilmiştir. Avrupa'da şirketlerin 2010 yılı itibari ile sadece %3'ü RFID kullanmaktadır. Bu şirketlerde %56'sı personel kimliklendirme ve otomatik geçiş için, tedarik zinciri ve ürün takibi için %25, otoyol gişelerinde %25, hırsızlık önlenmesi amacıyla %24, ürün kontrol amacıyla kullanımı ise %21'dir. Mağazacılık alanında el ile yapılan birçok işlemi anında yapabildiği ve bu alanda birçok çalışma olduğu ifade edilmiştir. RFID sisteminin ürünün üretimden kullanımına kadar süreç takibi, restoranlarda kullanımı, sağlık alanında hastanelerde kullanıldığı, lojistik endüstrisinde, seyahat ve turizm sektöründe, kütüphanelerde etkili kullanımları ele alınmıştır [51].

'Analysis And Design Of Universal Compact Flexible Uhf Rfid Tag Antenna' isimli makalede esnek bir UHF RFID etiketi tasarlanmak amaçlanmıştır. Tasarlanan antenin 865-1078 MHz aralığında çalışması istenmiştir. Sıvı kristal polimer (LCP) yüzeyi düşük maliyette yüksek performans sağlayacağı düşünülerek seçilmiştir. Bu yüzeyde bakır ile dipol baskısı yapılmıştır. Dipol anten ile ilgili çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar ile antenin kapsama alanı bulunmuş, giriş empedans değeri elde edilmiştir. Dipol etiketin 900 MHz frekansta empedansı 89,91+j43,58Ω ölçülmüştür. Hesaplanan değer 73,29+j42,54Ω olduğundan aradaki değer farkının kullanılan yüzeyden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu tarz bir antenin UHF RFID uygulamalarında kullanılabileceği gösterilmiştir [52].

'Analysis Of Electrically Conductive Silver Ink On Stretchable Substrates Under Tensile Load' isimli makalede PVC ve kumaş yüzeylere screen printing yöntemi ile iletken hat oluşturulmuştur. Polimer film mürekkebi ve bazı kimyasallar kullanılarak çalışılmış, PTF mürekkep esnek yüzeye basıldığında yüzey üzerinde çekme veya baskı oluştuğundaki durumuna bakılmıştır. PVC, polyester ve kumaş yüzeylere yapılan baskı çalışmasında 1,25 MS/m iletkenlik ölçülmüştür. Ayrıca yüzey gerildikçe yani çekilip uzatıldığında direncin arttığı, iletkenliğin ise azaldığı görülmüştür. PVC yüzey %50'e kadar uzatıldığında gümüş mürekkebin yüzeyde oluşturduğu elektriksel iletken hatta kırılmalar gözlenmiştir [53].



Şekil 1.34. Oluşturulan ince film tabakasının %51 boyutlarına kadar uzatılması sonucu oluşan kırılmaların SEM altında görüntülenmesi [53]

'Battery-Free Radio Frequency Identification (RFID) Sensors For Food Quality And Safety' ismi ile yayınlanan makalede yiyecek ürünlerinde RFID uygulaması yapılmasının kazandıracakları tartışılmıştır. Çiplerin içine yüklenebilecek verilerin yeterli olup olmadığı tartışılmış. Süt ve balıkların tazeliğinin takibini yapabilecekleri örnek uygulamalar yapılarak RFID sisteminin uygulamadaki avantajları görülmüştür. Ayrıca içi bakteri dolu bir kaba, bakterilerin büyümesini ölçebilen bir sensör bağlanmış ve bu sensörün verileri RFID ile merkeze aktarılması izlenmiştir [54].

'Design And Development Of Novel Radio Frequency Identification (RFID) Tag Structures' isimli doktora tezinde kâğıt, kompozit ve LCP'ler gibi esnek yüzeylerde RFID anteni elde edilerek üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve antenlerin karakteristik özelliklerinin çıkarılması hedeflenmiştir. Kâğıt yüzeyde inkjet baskılı RFID etiketi geliştirilerek çok düşük maliyetli RFID anten elde etmek amaçlanmıştır. İnkjet baskı için gümüş nano çözeltisi hazırlanmıştır. Bu, mürekkep adı verilen çözelti, kâğıt yüzeye baskı yapılıp 150-200°'de curing işlemi yapılarak gümüş nano partiküllerinin birbiri ile bağlaşması sağlanmıştır. Curing işlemi sonrası elde edilen antenin karakteristik özellikleri ise anten kazancı 1.49 dBi, anten empedansı 43,7+j123 Ω ve güç kaybı oranı -9 dBm olarak ölçülmüştür. 866 Mhz'de anten empedansı 60,8+j102,5Ω ve yansıma kaybı -30 dB olarak ölçülmüştür. Yansıma kaybı 859 MHz'den 869 MHz'e -10 dB artmaktadır [55].

'Effect Of Fabric Substrate And Coating Material On The Quality Of Conductive Printing' isimli makalede yapılan çalışmada, kaplama materyallerin ve kumaş yüzeylerin gümüş mürekkep solüsyonu hazırlanarak kumaşa endüktif kuplajlı anten basılmıştır. Basılan antenlerin direnç ve endüktansları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Gümüş mürekkep 3 farklı yüzey kaplama ile kumaşa başarıyla uygulanmıştır. Düşük

direnç ve yüksek endüktans kumaş yüzeyine iletken mürekkebin uygulanabilirliğini açıklamaktadır. Daha büyük endüktansın antenin haberleşme mesafesini artıracağı belirtilmiştir [56]. Yapılan baskı çalışmalarından sonra elde edilen bazı ortalama direnç ve endüktans değerleri şöyledir:

Tablo 1.9. Yüzeyler arası ölçülen direnç ve endüktans değerleri

	Direnç (Ω)	Endüktans (nH)
Kot yüzey	100,2	905,3
İnce pamuklu yüzey	122,4	624,4
Kazak yüzeyi	115,0	922,5

BÖLÜM – 2

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Yöntemi

Tez çalışmasının temel amacı, UHF RFID etiketlerinin kâğıt, plastik ve tekstil yüzeyleri gibi esnek yüzeylerdeki elektriksel özelliklerini incelemektir. Çalışmanın birebir aynı olmamakla beraber benzerlerinin yurtdışında bulunmasına rağmen yurtiçinde böyle bir araştırma ve teknik inceleme çalışmasının yapılmamış olması bu çalışmayı araştırma ve teknik açıdan özgün kılmaktadır.

Kâğıt, kumaş ve plastik yüzeylerde RFID etiketlerinin teknik özelliklerini inceleyebilmek amacıyla Avery Dennison firmasından EK – 1'de teknik özellikleri bulunan AD-826 UHF RFID inlay tedarik edilmiştir. Bu etiketleri Butadien/akrilonitril bazlı dipersiyon binderi olan ACRAMIN BA-N yapıştırıcı ile 150-200°C sıcaklıkta 3 dk kadar süre ile kâğıt yüzeye uygulanmıştır. Kumaş yüzeylere uygulanması aşamasında ise dokuma kumaşlarda tutunurluğun az olduğu görüldüğünden dokuma kumaşlarda esneme, çekme, bükülme, yıkama gibi durumlarda etiketin dokuma kumaş yüzeyinden ayrılacağı öngörülmüştür. Bu yüzden tekstil yüzeyi olarak örme kumaş seçilmiş ve 150-200°C sıcaklıkta 5 dakika süre ile ısıtılmıştır. Akramin Binder yapıştırıcısı Butadien / Akrilonitril bazlı dipersiyondur. Akramin BA-N yapıştırıcısı; yüksek bağlama kapasitesi, yüksek mekanik stabilite, baskılara yumuşak ve elastik tuşe vermesinden ötürü tercih edilmiştir [57]. Sıvı halde olup 200°C'e kadar maksimum 5 dk süre ısıtıldığında katı hale geçip yapışkanlık özelliği göstermektedir. Elde edilen her numunenin elektriksel özelliklerinin birbirinden farklı olup olmadıklarının da incelenmesi ve kesin bir yargı çıkarılması için kâğıt, kumaş ve plastik yüzeylerde 3'er numune elde edilmiştir. Elde edilen numunelerin üzerlerinde bulunan elektriksel iletkenliği önleyen koruyucu katman Kromik asit çözeltisi ($H_2SO_4+K_2Cr_2O_7$) ile aşındırılarak kaldırılmıştır. Kromik asit çözeltisi yüzeye 1 ml. miktarda ve yaklaşık 7 dakika süre ile uygulanmıştır.

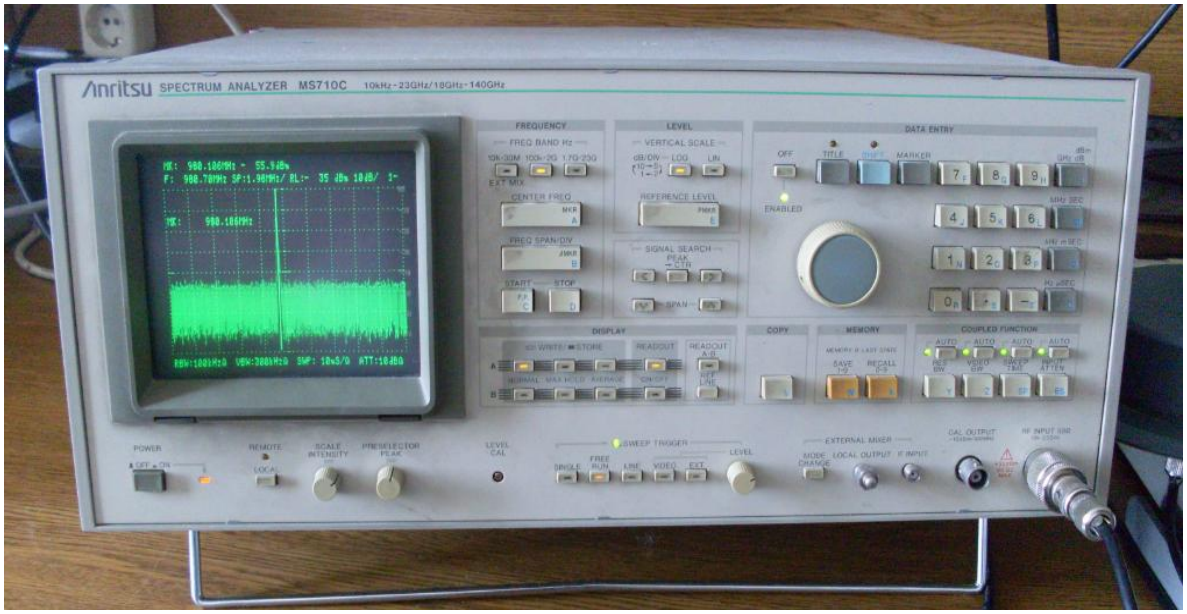
2.2. Deneysel Düzenek

Deneysel çalışmaların ilk aşamasında elde edilen 9 numune öncelikle Multimetre ile iletkenliklerine bakılıp daha sonra dirençleri ölçülmüştür. Direnç ölçümünden sonraki aşamada ise, Rohde Schwarz ZVL marka ve modelli 9 kHz – 13,6 GHz frekans aralığında ölçüm yapabilen Network Analizör kullanılmıştır. Network Analizörde 500 ohm dirençli kablo kullanılmış ve cihaz S11'e ayarlanmıştır. Network analizörde RFID etiket numunelerinin maksimum verimde yani minimum kayıpta çalıştıkları frekansları ve bu frekanslardaki empedansları ölçülmüştür. Bu değerler öncelikle her numune türünün kendi arasında eş empedansa sahip olmadığını göstermiş hem de yüzeyler arası empedans ve frekans kayması olup olmadığını kanıtlamıştır.



Şekil 2.1. Rohde Schwarz Network Analizör

Deneysel çalışmaların ikinci aşamasında ise bir verici anten ve alıcı anten düzeneği kurulmuştur. Bu düzenekteki amaç yüzeyler arasında bulunan farklılıkları kanıtlamaktır. Elde edilen numuneler sırayla verici anten olarak yerleştirilmiştir. Verici antenin 1 metre mesafesine ise alıcı anten olarak dipol anten yerleştirilmiştir. RFID antenleri Anritsu MT2605B sinyal generatörüne bağlanmıştır. Alıcı anten olarak kullanılan dipol anten ise 10 kHz – 23 GHz aralığında ölçüm yapabilen Anritsu MS710C spektrum analizöre bağlanmıştır.



Şekil 2.2. Anritsu MS710C Spektrum Analizör

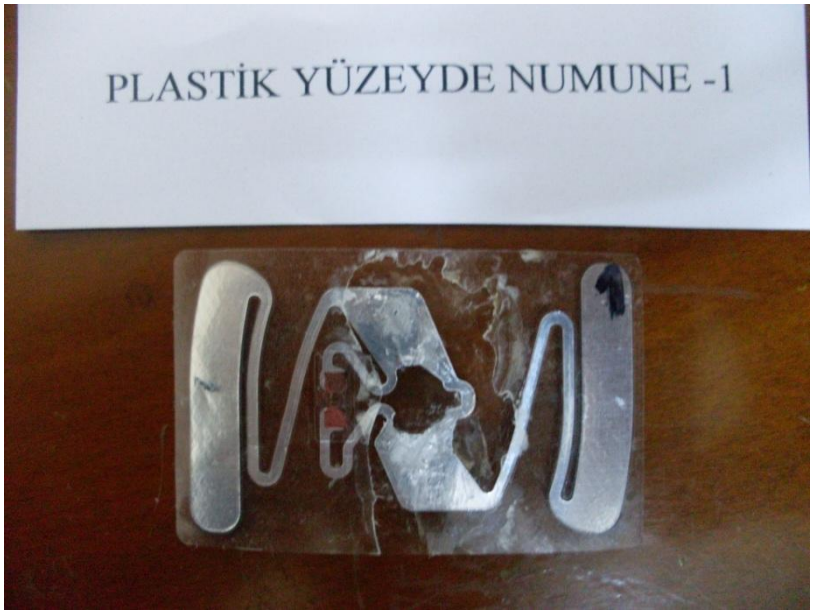
Bu iki anten birbirine 1 metre mesafede ve karşı karşıya olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sinyal generatörü her numunenin network analizörde ölçülen frekans değerine ayarlanmıştır. Bu sayede RFID antenin çalıştığı frekans etikete gönderilmiş olmuştur. RFID antenine uygulanan frekans ile dipol antenin bu frekansın dBm cinsinden kaybına bakılmıştır. Dipol anten sabit tutulup RFID anteni 0-45-90-135-180-225-270 ve 315 derecelik yön farkı oluşturulmuştur. Bu yöntem, iki antenin tek bir yön ile güç kaybı karşılaştırmasını sağlamıştır.



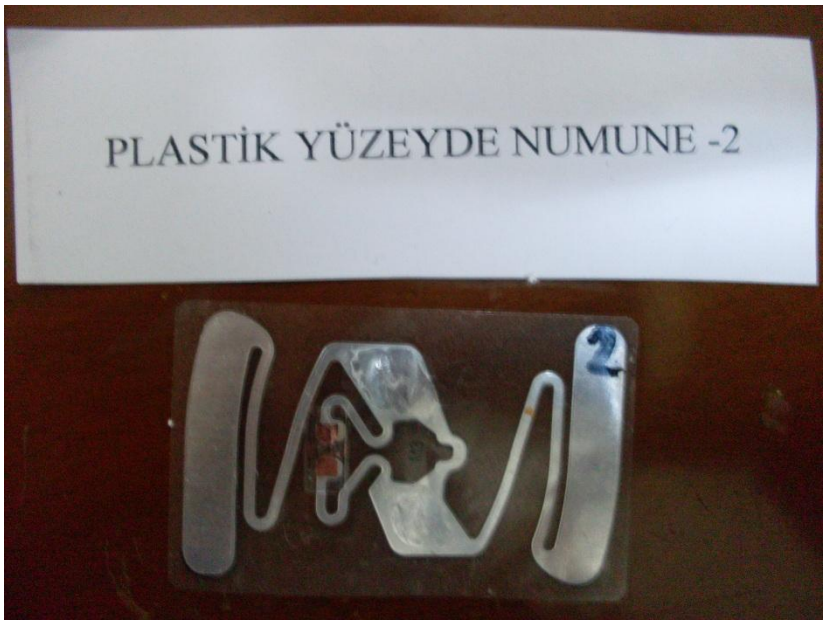
Şekil 2.3. Deneysel düzenek

2.3. PET Yüzeyine Çalışma

UHF RFID inlay fabrika üretiminde EK – 1'de de görülebileceği üzere PET yüzeyde imal edildiğinden herhangi bir yapıştırma uygulanmasına gerek yoktur. Bu yüzeyler için yapılan işlem sadece elektriksel testlerin yapılabilmesi için metalik yüzey üzerindeki koruyucu katmanın Kromik asit çözeltisi ile kaldırılması olmuştur. Bu yüzey için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen etiketler Şekil 2.4., Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.4. PET yüzeyde numune – 1



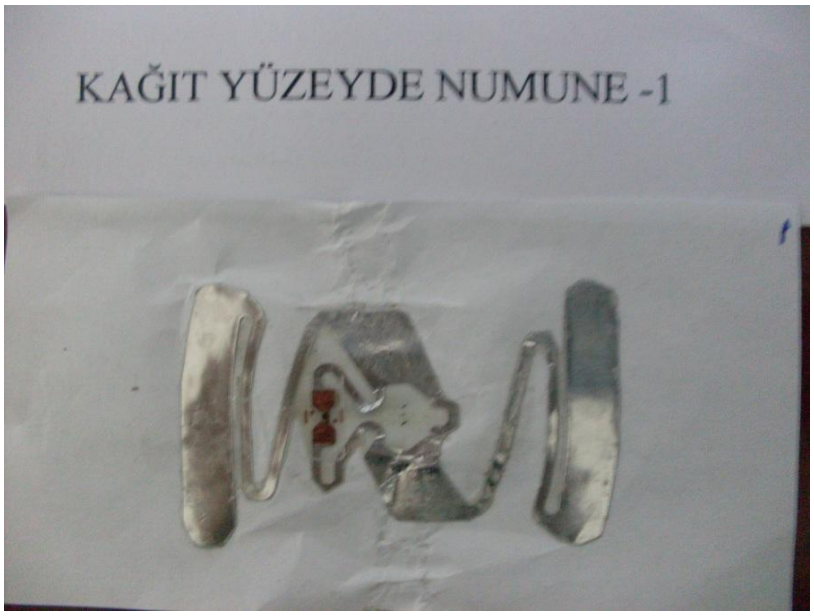
Şekil 2.5. PET yüzeyde numune – 2



Şekil 2.6 PET yüzeyde numune – 3

2.4. Kâğıt Yüzeyine Çalışma

Kâğıt yüzey olarak 90 gr'lık hamurdan imal edilen A4 kâğıt parçası kullanılmıştır. RFID anten devresinin üzerinde bulunan koruyucu katman Kromik asit çözeltisi ile kaldırılarak anten yüzeye uygulanabilir hale getirilmiştir. 150-200°C aralığında sıcaklığa sahip sıcak pres ile kağıdın dayanabileceği 30 sn – 1 dk aralığında pres yapılmıştır. Daha sonra RFID anteninin kâğıt yüzeye tutunmasına bakılmıştır.



Şekil 2.7. Kağıt yüzeyde numune – 1

Yukarıda görülen Şekil 2.7.'de kâğıt yüzey üzerine yapılan 1. numune örneği görülmektedir. Numune elde edildikten sonra iletken olup olmamasına bakılmış ve antenin iletkenliğini koruduğu gözlenmiştir.



Şekil 2.8. Kağıt yüzeyde numune – 2

Şekil 2.8.'de görülen kağıt yüzey üzerine yapılan 2. numune bulunmaktadır. Bu numune için de aynı şekilde antenin iletkenliğini kaybedip kaybetmediğine bakılmış ve iletkenliğin sağlandığı görülmüştür.



Şekil 2.9. Kağıt yüzeyde numune – 3

2.5. Tekstil Yüzeyine Çalışma

Tekstil yüzeyine etiket uygulanması amacıyla öncelikle tekstil yüzeyi seçilmiştir. Dokuma kumaşlara yapılan uygulamada etiketlerin bu yüzeylere tutunmanın düşük olduğu görülmüştür. Yıkama, çekme, deformasyon gibi aşındırıcı etkiler sonucunda etiketin dokuma kumaşlardan kolaylıkla ayrılabileceği görülmüştür. Uygulama için etiketler, örme kumaşa 6 ml Akramin Binder ile 3-4 dakika sıcak pres uygulanarak elde edilmiştir. Baskı sonrası yüzeye tutunmalarına bakılmış ve dokuma yüzeylerden yüksek tutunurluğun elde edildiği görülmüştür.



Şekil 2.10. Tekstil yüzeyde numune – 1



Şekil 2.11. Tekstil yüzeyde numune – 2



Şekil 2.12. Tekstil yüzeyde numune – 3

Şekil 2.10., Şekil 2.11. ve Şekil 2.12.'de Akramin Binder kullanılarak sıcak pres yöntemiyle elde edilen örme kumaştaki üç RFID etiketi görülmektedir.

BÖLÜM – 3

3. Bulgular Ve Tartışma

3.1. PET Yüzeyde RFID Anteninin İncelenmesi

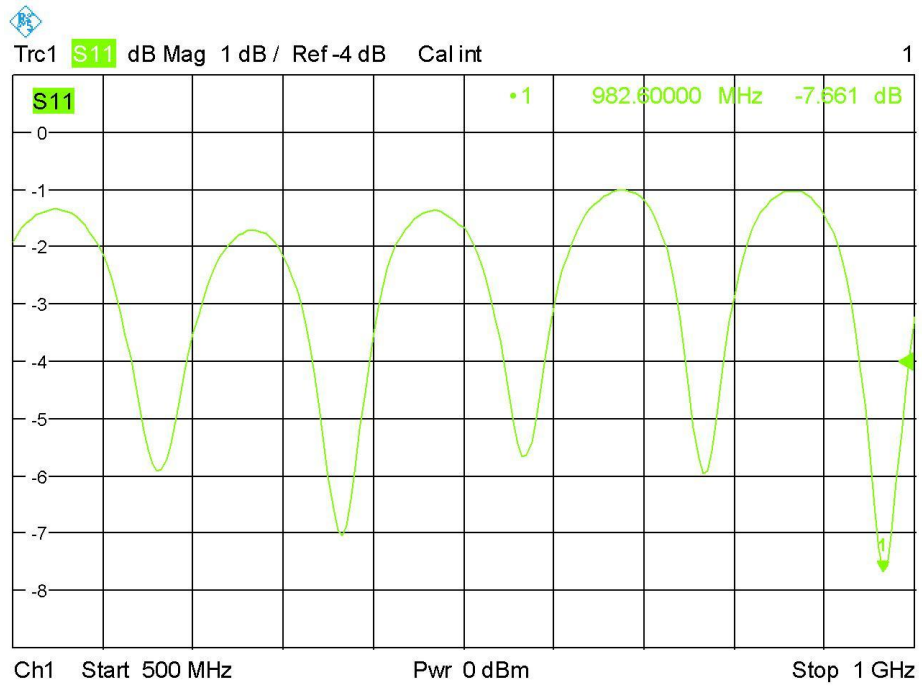
PET yüzeyde RFID anteninin (etiketinin) incelemesi için Avery–Dennison firmasından tedarik edilen UHF Pasif RFID etiketleri kullanılmıştır. Bu etiketler Bölüm 2.3. ve Ek-1'de görülebileceği üzere üretim aşamasında PET yüzeyde imal edilmiştir. PET yüzeyde etiketin elektriksel özelliklerini ölçebilmek için yüzeyinde bulunan koruyucu katman Kromik asit çözeltisi ile kaldırılmıştır. Koruyucu katmanın kaldırılmasından sonra elektriksel iletkenlik ve dirençler ölçülmüştür. Ölçülen elektriksel dirençler Tablo 3.1.'deki gibidir.

Tablo 3.1. PET yüzeydeki numunelerin dirençleri

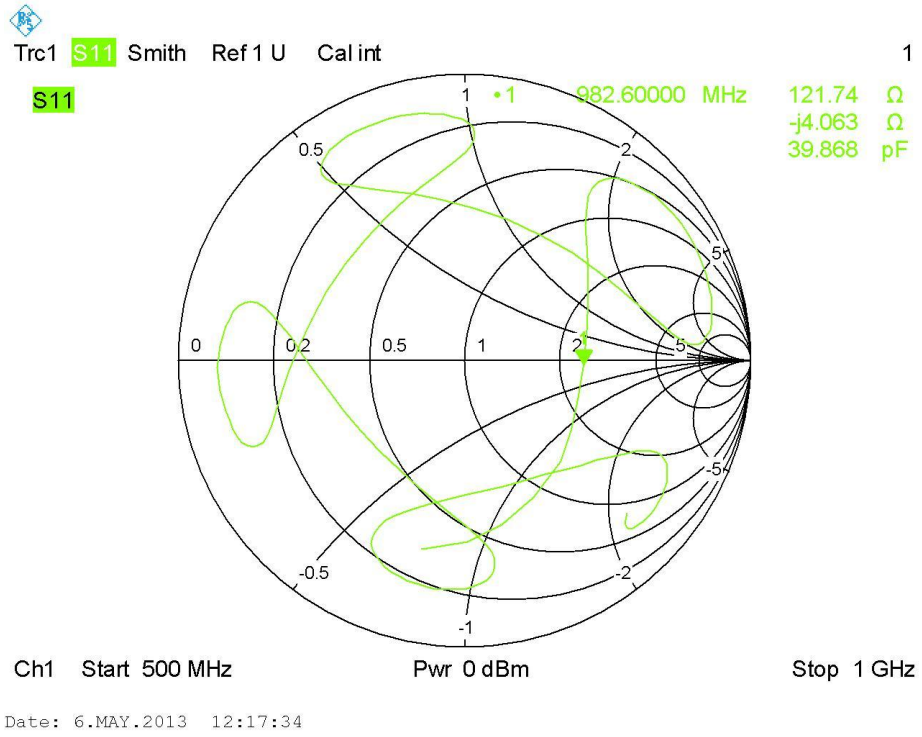
	PET Numune - 1	**PET Numune - 2**	**PET Numune - 3**
Direnç (Ω)	0,39	0,40	0,38

Yapılan ölçümlere göre PET yüzeylerde etiketlerin dirençleri arasında değişimin olmadığı, bütün etiketlerin dirençlerinin aynı olduğu söylenebilmektedir. PET yüzeyde numunelerin dirençleri arasında çok az değişim olduğu için ortalama direnç 0,39 Ω olarak kabul edilmiştir.

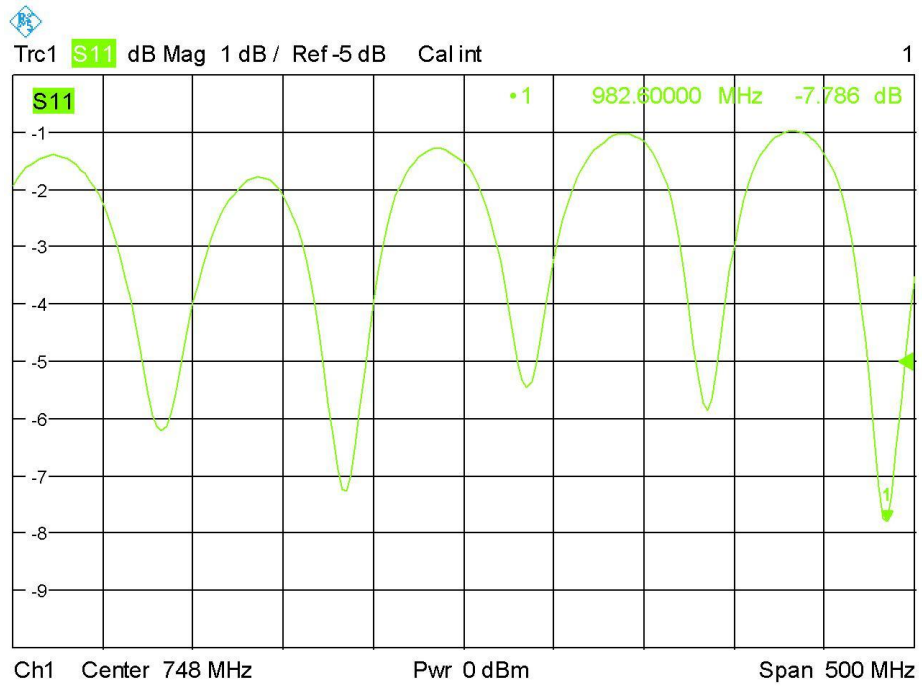
PET yüzeyde alınan bu sonuçlardan sonra bu numuneler sırası ile Network Analizöre bağlanmıştır. Network Analizörde bu etiketlerin çalıştığı frekans aralığı tespit edilmiştir. Tarama frekans aralığı 500 MHz ile 1 GHz tutulmuştur. Çalışma frekans aralığında optimum çalışma frekansı ve bu frekanstaki yansıtma katsayısı (dB) elde edilmiştir. Bu optimum çalışma frekansında, smithchart üzerinde empedans değerlerine bakılmış ve smithchartta 1 noktasına en yakın noktada etiketin empedans değerleri de alınmıştır.



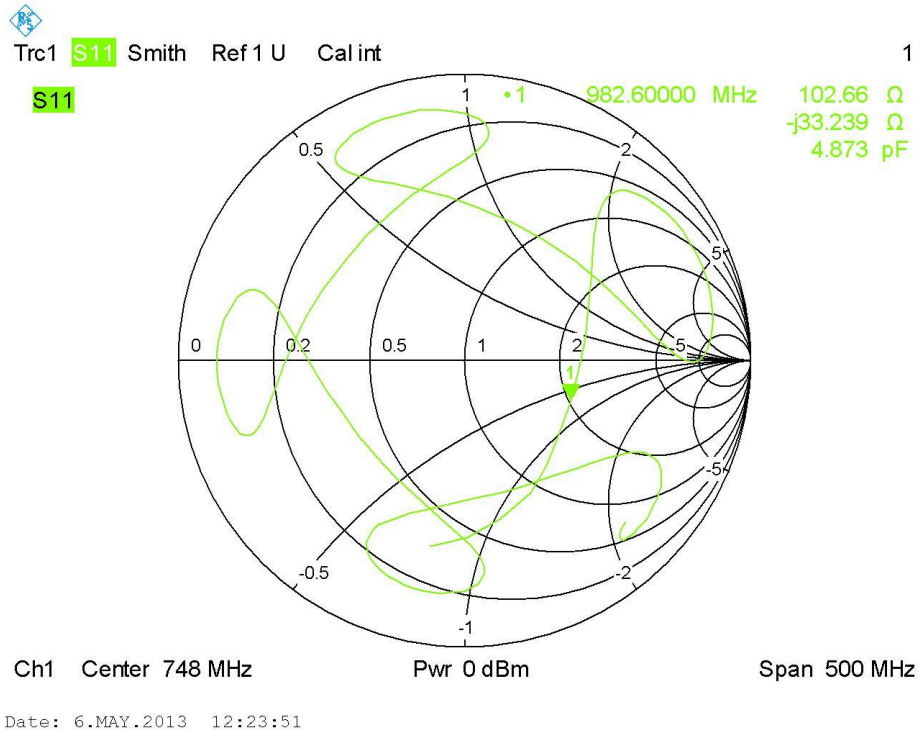
Şekil 3.1. PET yüzeyde numune -1 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.2. PET yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü



Şekil 3.3. PET yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.4. PET yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü

Bu frekans ölçümleri ve alınan empedans değerleri Tablo 3.2.'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.2. PET yüzeydeki numunelerin frekans ve empedans değerleri

	PET Numune - 1	**PET Numune - 2**	**PET Numune - 3**	**PET Ortalama**
Frekans (MHz)	982.600	982.600	982.000	982.400
Yansıtma Katsayısı (dB)	-7.661	-7.786	-7.741	-7.730
Empedans (Ω)	121.74 – j4.063	102.66 – j33.239	113.56 – j26.452	112.65 – j21.251

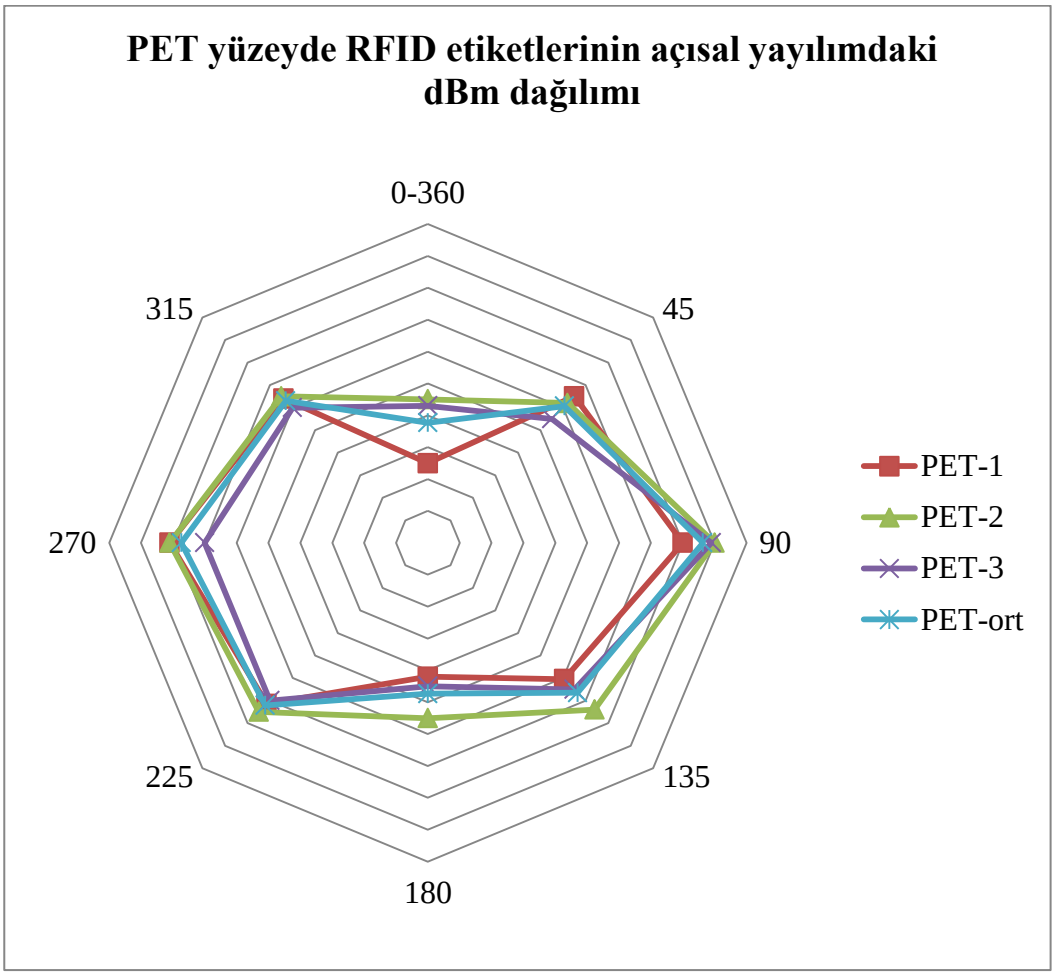
Tablo 3.2.'de görüldüğü üzere PET yüzeylerde RFID etiketlerinin çalışma frekanslarında bir değişiklik yoktur. Bu etiketlerin yansıtma kayıpları ve empedansları arasında değişiklik görülmüştür.

PET yüzeyde etiketlerin dirençleri, yansıtma katsayıları ve empedansları karşılaştırıldıktan sonra 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 ve 315°'de yayılım gösterdiği açılarda, bu etiketlere gelen elektriksel dalganın gücünün dBm cinsinden kaybına bakılmıştır. Bu yüzeydeki numunelerin dBm kayıpları şöyledir:

Tablo 3.3. PET yüzeyde numunelerin dBm değerleri

Açı (derece)	**Pet-1 (dBm)**	**Pet-2 (dBm)**	**Pet-3 (dBm)**	**Pet-ortalama (dBm)**
0=360	-50	-54	-53,6	-52,53
45	-58	-57,4	-56	-57,13
90	-61	-63	-62,8	-62,27
135	-57,1	-59,8	-58	-58,30

180	-53,4	-56	-54	-54,47
225	-59,3	-60	-59	-59,43
270	-61,2	-61,2	-59	-60,47
315	-57,8	-58	-57	-57,60



Şekil 3.5. PET yüzeyde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı

Tablo 3.3. ve Şekil 3.5.'ten görüleceği üzere verici anten olan RFID etiketi ile alıcı antenin birbirleriyle yaptıkları açısal farklılıklarda dBm değişmeleri olmaktadır. PET yüzeyde edilen 3 numunenin ortalama değerleri alınmıştır. Alıcı anten ile RFID etiketleri karşı karşıya olduklarında yani açısal farklılığın 0° ve 180° olduğu durumlar dBm kayıplarının en az olduğu durumlardır. İki antenin birbirine karşı karşıya olduğu

0°’de -52,53 dBm, 180°’de -54,47 dBm değerleri ölçülmüştür. RFID etiketleri ile alıcı antenin birbirine dik olduğu durumlarda yani 90° ve 270°’lerde dBm kayıpları en fazla olmaktadır. İki antenin birbirine dik olduğu 90°’de -62,27 dBm, 270°’de ise -60,47 dBm ölçülmüştür. Her ne kadar açılar arasında en fazla dBm farkı yaklaşık 10 dBm olsa da PET yüzeyde RFID etiketlerinde açılar arasında dBm kayıpları çok fazla görülmemektedir.

3.2. Kâğıt yüzeyde RFID anteninin incelenmesi

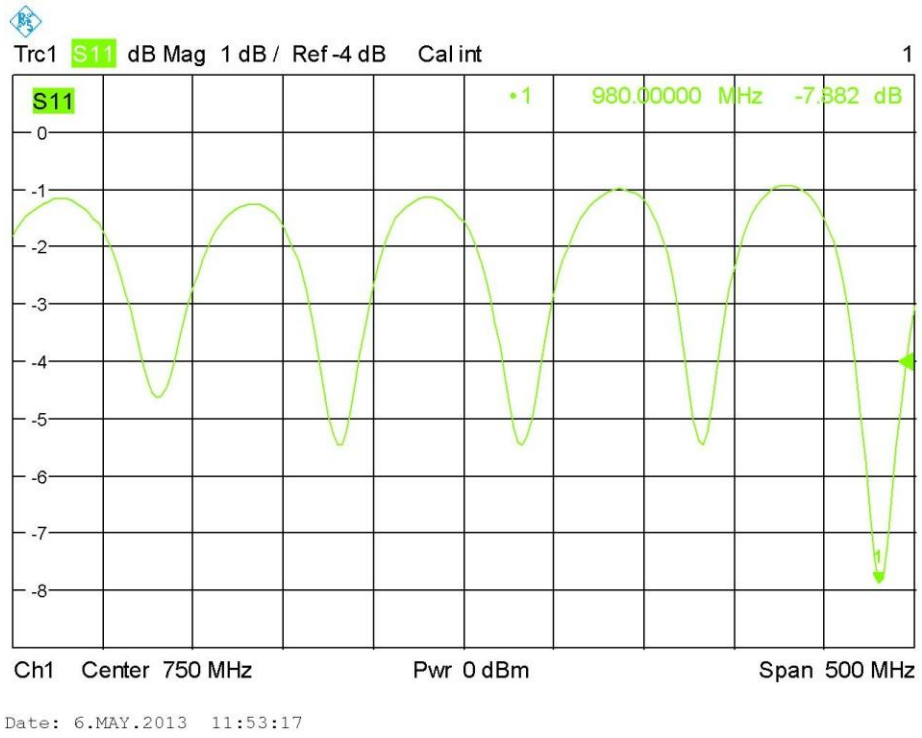
Kâğıt yüzeyde elde edilen 3 numunenin ilk olarak iletkenliklerine bakılmıştır. İletkenliklerinin var olduğu ve antenin çalışır durumda olduğu görülmüştür. İletkenlik tespitinden sonra dirençleri ölçülmüştür. Tablo 3.4.’de kağıt yüzeydeki RFID etiketlerinin dirençleri görülmektedir.

Tablo 3.4. Kâğıt numunelerin direnç değerleri

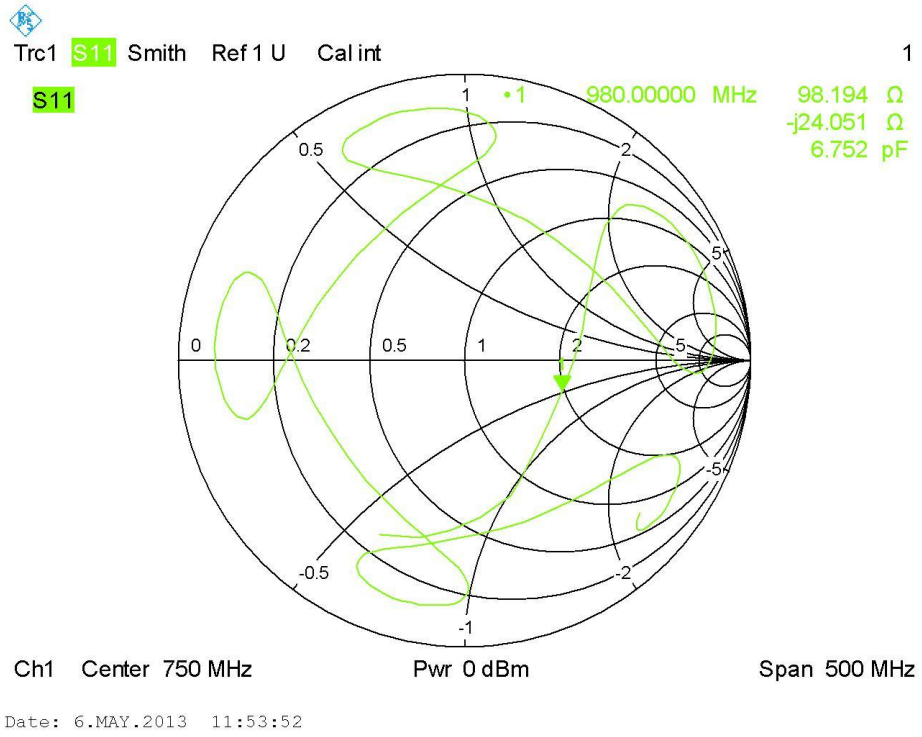
	Kâğıt Numune - 1	**Kâğıt Numune - 2**	**Kâğıt Numune - 3**
Direnç (Ω)	0,80	0,90	0,88

Kâğıt numunelerin kendi aralarında dirençleri karşılaştırıldığında direnç farklılıklarının +- %10 olduğu ölçülmüştür. Ortalama direnç 0,86 Ω olarak kabul edilmiştir.

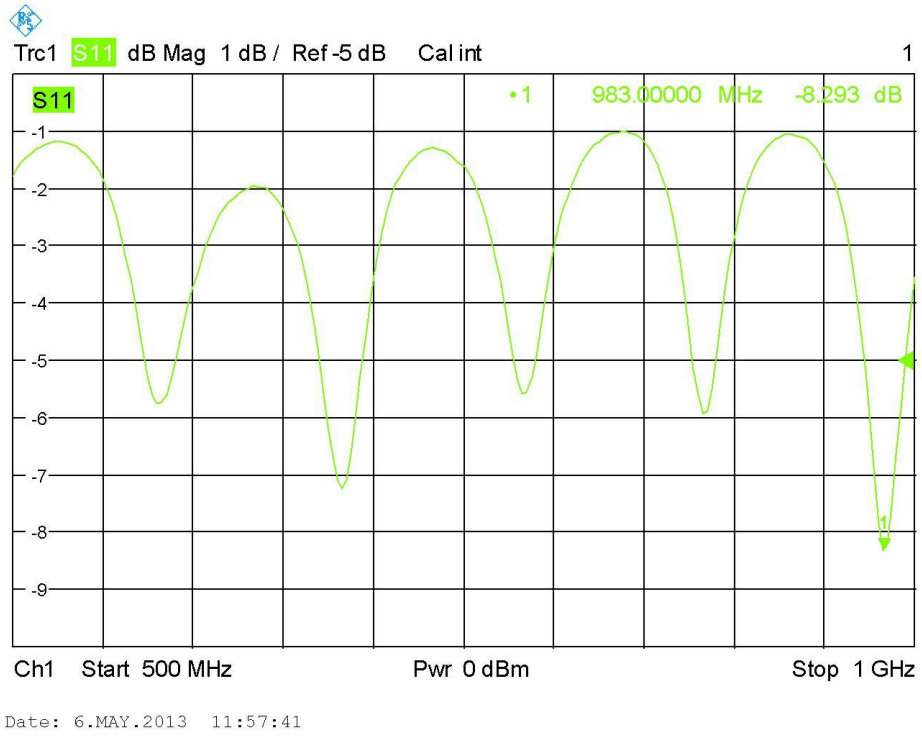
Direnç değerleri ölçümünden sonra Network analizör ile bu yüzeydeki numunelerin çalıştığı frekans aralığı ölçülmüştür. Çalışma frekans aralığının tespitinde aynı zamanda peak frekans bulunmuştur.



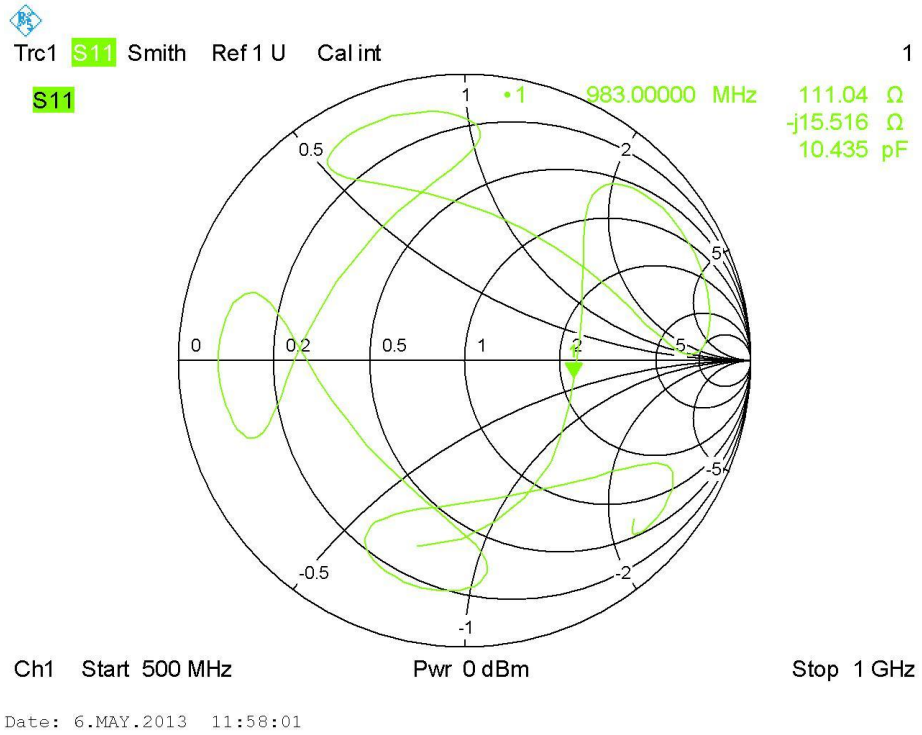
Şekil 3.6. Kağıt yüzeyde numune-1 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.7. Kağıt yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü



Şekil 3.8. Kağıt yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.9. Kağıt yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü

Bu frekans ölçümleri ve alınan empedans değerleri Tablo 3.5.'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.5. Kağıt yüzeyde numunelerde alınan frekans, dB ve empedans değerleri

	Kâğıt Numune - 1	**Kâğıt Numune - 2**	**Kâğıt Numune - 3**	**Kâğıt ortalama**
Frekans (MHz)	980.000	983.000	980.600	981.200
Yansıtma Katsayısı (dB)	-7.882	-8.293	-8.006	-8.060
Empedans (Ω)	98.194 - j24.051	111.04 – j15.516	104.22 – j18.429	104.484 – j19.332

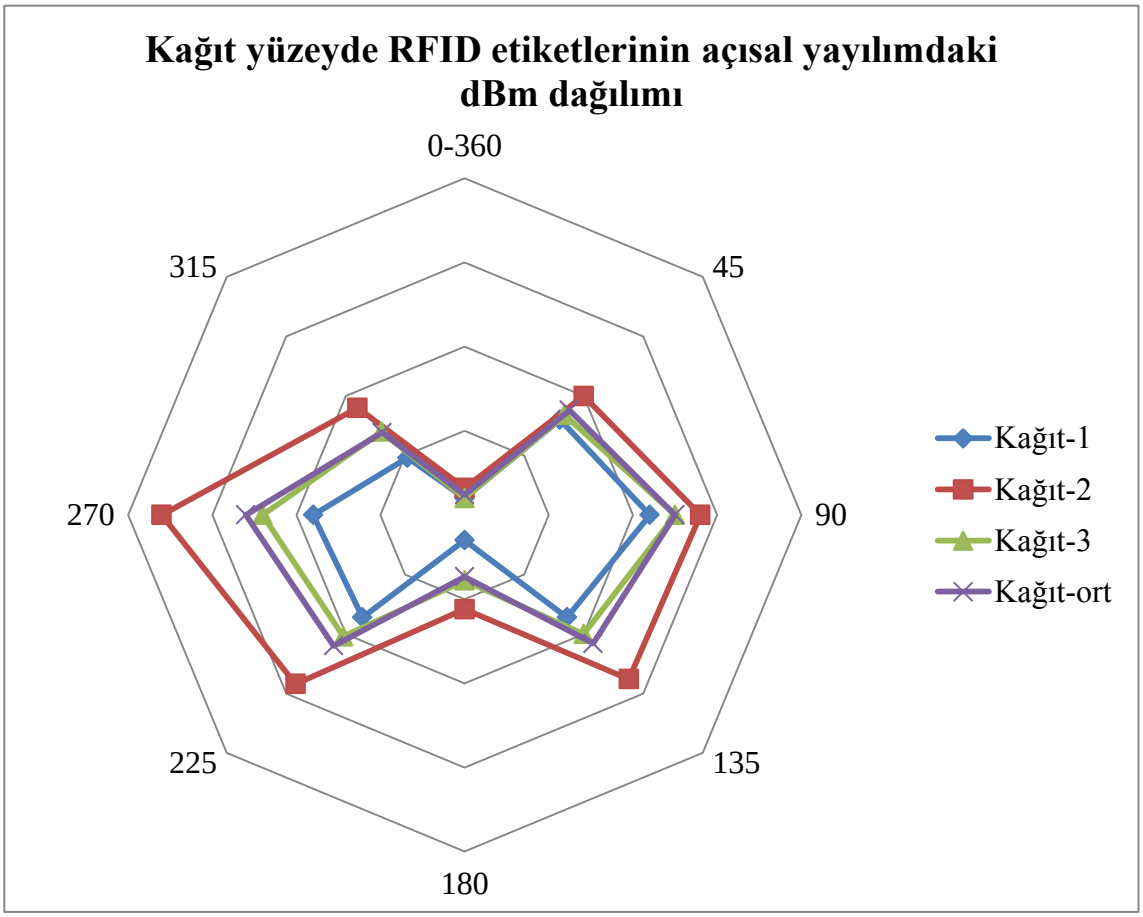
Tablo 3.5.'de görüldüğü üzere kağıt yüzeylerde RFID etiketlerinin çalışma frekanslarında bir değişiklik olduğu söylenemez. Bu etiketlerin yansıtma kayıpları ve empedansları arasında değişiklik görülmüştür.

Kâğıt yüzeyde etiketlerin dirençleri, yansıtma katsayıları ve empedansları karşılaştırıldıktan sonra 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 ve 315°'de yayılım gösterdiği açılarda, bu etiketlere gelen elektriksel dalganın gücünün dBm cinsinden kaybına bakılmıştır. Bu yüzeydeki numunelerin dBm kayıpları şöyledir:

Tablo 3.6. Kağıt yüzeyde numunelerin dBm değerleri

Açı (derece)	**Kâğıt-1 (dBm)**	**Kâğıt-2 (dBm)**	**Kâğıt-3 (dBm)**	**Kâğıt-ortalama (dBm)**
0=360	-46	-46,6	-46	-46,20
45	-53	-55	-53,4	-53,80
90	-56	-59	-57,5	-57,50
135	-53,6	-58,8	-55	-55,80

180	-46,5	-50,6	-48,9	-48,67
225	-53,6	-59,2	-55,2	-56,00
270	-54	-63	-57	-58,00
315	-49,8	-54	-52	-51,93



Şekil 3.10. Kâğıt yüzeyde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı

Tablo 3.6. ve Şekil 3.10.'dan görüleceği üzere verici anten olan RFID etiketi ile alıcı antenin birbirleriyle yaptıkları açısal farklılıklarda dBm değişmeleri olmaktadır. Kâğıt yüzeyde edilen 3 numunenin ortalama değerleri alınmıştır. Alıcı anten ile RFID etiketleri karşı karşıya olduklarında yani açısal farklılığın 0° ve 180° olduğu durumlar dBm kayıplarının en az olduğu durumlardır. İki antenin birbirine karşı karşıya olduğu

0°’de -46,20 dBm, 180°’de -48,67 dBm değerleri ölçülmüştür. RFID etiketleri ile alıcı antenin birbirine dik olduğu durumlarda yani 90° ve 270°’lerde dBm kayıpları en fazla olmaktadır. İki antenin birbirine dik olduğu 90°’de -57,50 dBm, 270°’de ise -58,00 dBm ölçülmüştür. Kâğıt yüzeyde RFID etiketlerinde açıların dBm değerlerine etkilerinin yüksek olduğu görülmüştür. Alıcı anten ile verici antenin birbirleri ile karşı karşıya olduğu açılarda (0-180°) dBm değerleri en düşük olduğu ve etiketin daha az güç kaybına sahip olduğu açılar olduğu görülmüştür. Verici anten ile alıcı antenin birbirlerine dik oldukları açılarda (90-270°) dBm değerlerinin maksimum olduğu görülmüştür. 45-315° ve 135-225° açı farkı olduğu durumlarda dBm kayıplarının hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Ölçülen dBm değeri, verici antenden aktarılan 1 mW gücün alıcı antene ulaştığında aldığı değerin logaritmik olarak ifadesidir. Verici ve alıcı anten arasında açı farkı olması halinde azalan dBm değerleri kâğıt yüzeyin elektrik dalgalarını absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3. Tekstil yüzeyindeki RFID anteninin incelenmesi

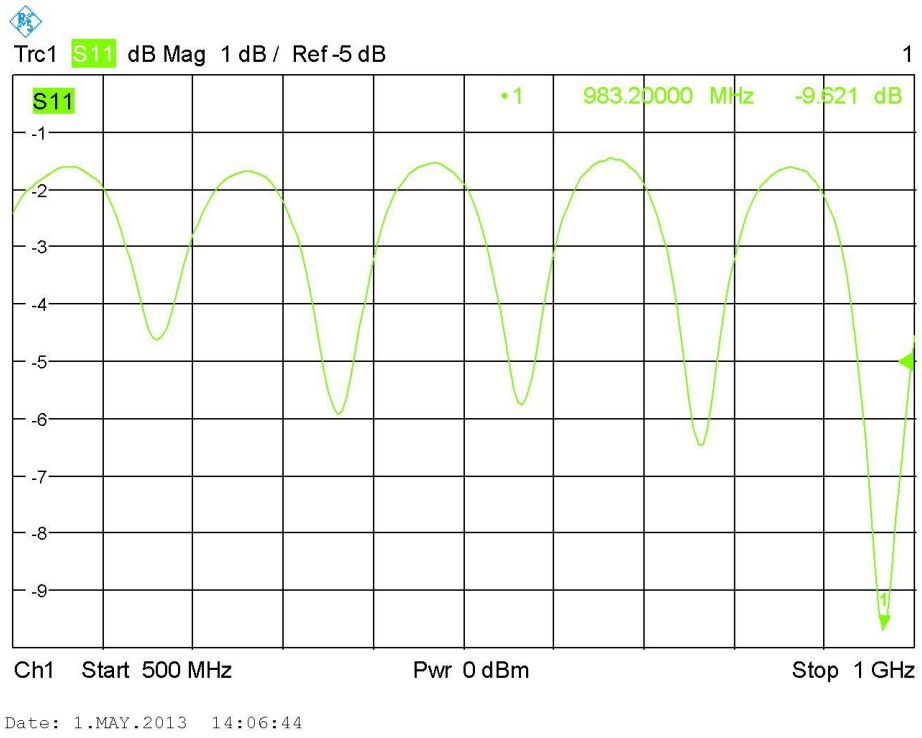
Tekstil yüzeyi olarak kullanılan örme kumaş üzerinde elde edilen 3 numunenin ilk olarak iletkenliklerine bakılmıştır. İletkenliklerinin var olduğu ve antenin çalışır durumda olduğu görülmüştür. İletkenlik tespitinden sonra dirençleri ölçülmüştür. Tablo 3.7.’de tekstil yüzeyindeki RFID etiketlerinin dirençleri görülmektedir.

Tablo 3.7. Tekstil numunelerin direnç değerleri

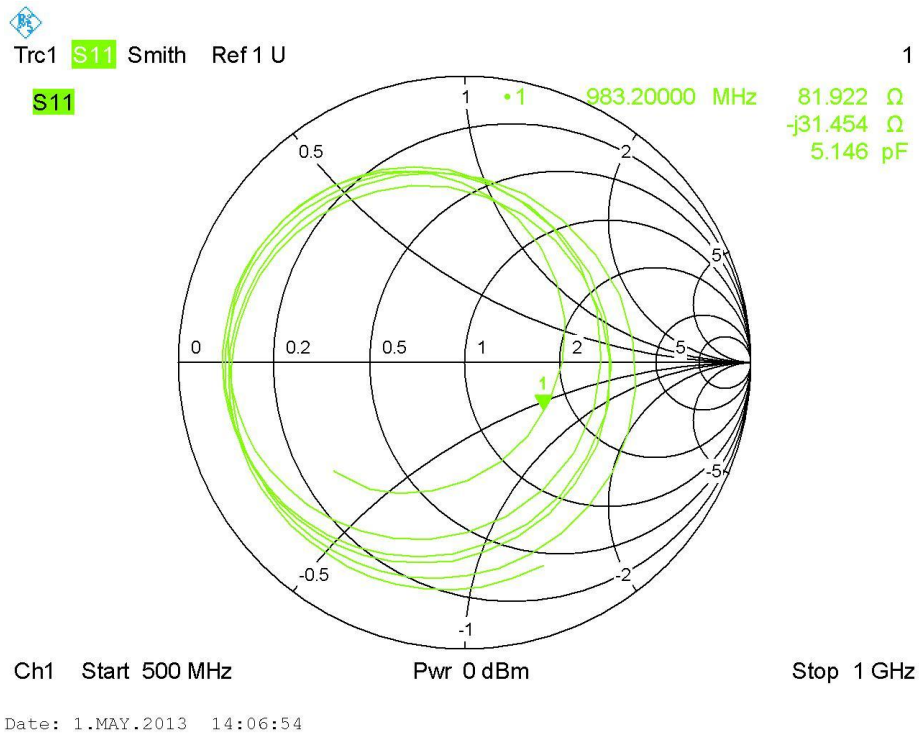
	Tekstil Numune - 1	**Tekstil Numune - 2**	**Tekstil Numune - 3**
Direnç (Ω)	1.2	0.9	1.3

Tekstil numunelerinin kendi aralarında dirençleri karşılaştırıldığında direnç farklılıklarının %30’a kadar arttığı ölçülmüştür. Ortalama direnç 1.13 Ω olarak kabul edilmiştir.

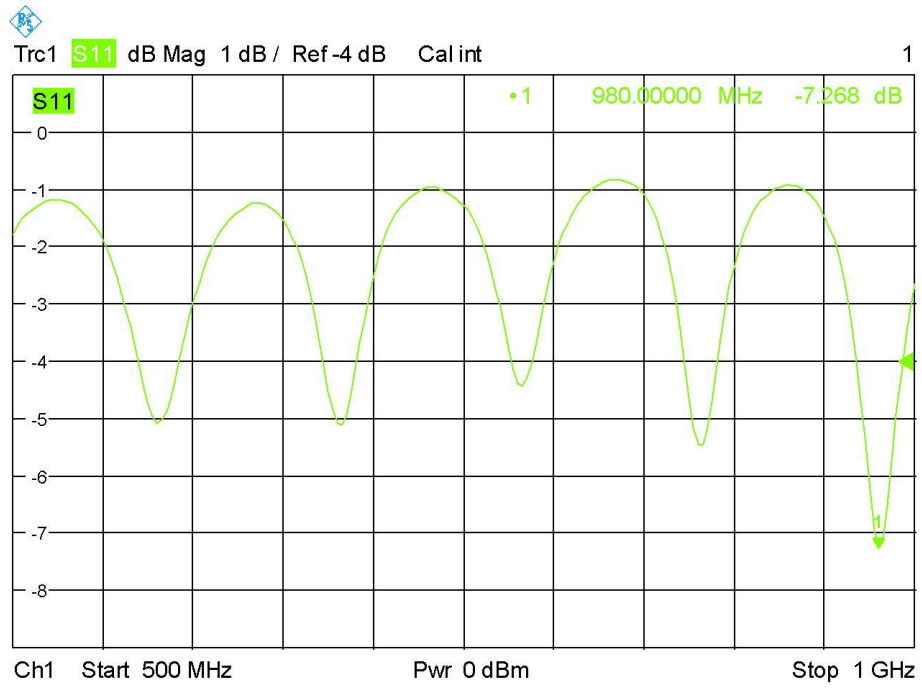
Direnç değerleri ölçümünden sonra Network analizör ile bu yüzeydeki numunelerin çalıştığı frekans aralığı ölçülmüştür. Çalışma frekans aralığının tespitinde aynı zamanda optimum çalışma frekansı bulunmuştur.



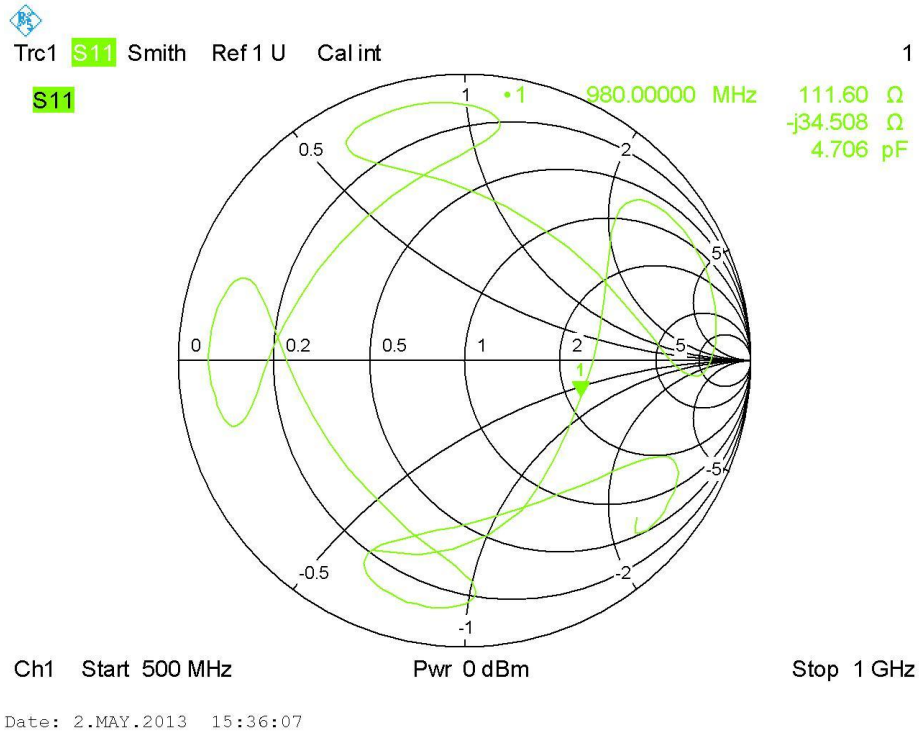
Şekil 3.11. Tekstil yüzeyde numune-1 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.12. Tekstil yüzeyde numune-1 Smithchart üzerinde empedans ölçümü



Şekil 3.13. Tekstil yüzeyde numune-2 frekans ve dB ölçümü



Şekil 3.14. Tekstil yüzeyde numune-2 Smithchart üzerinde empedans ölçümü

Bu frekans ölçümleri ve alınan empedans değerleri Tablo 3.8.'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.8. Tekstil yüzeyde numunelerde alınan frekans, dB ve empedans değerleri

	Tekstil Numune - 1	**Tekstil Numune - 2**	**Tekstil Numune - 3**	**Tekstil ortalama**
Frekans (MHz)	983.200	980.000	983.000	982.066
Yansıtma Katsayısı (dB)	-9.621	-7.268	-8.800	-8.563
Empedans (Ω)	81.922 – j31.454	111.60 – j34.508	96.650 – j32.698	96.724 – j32.886

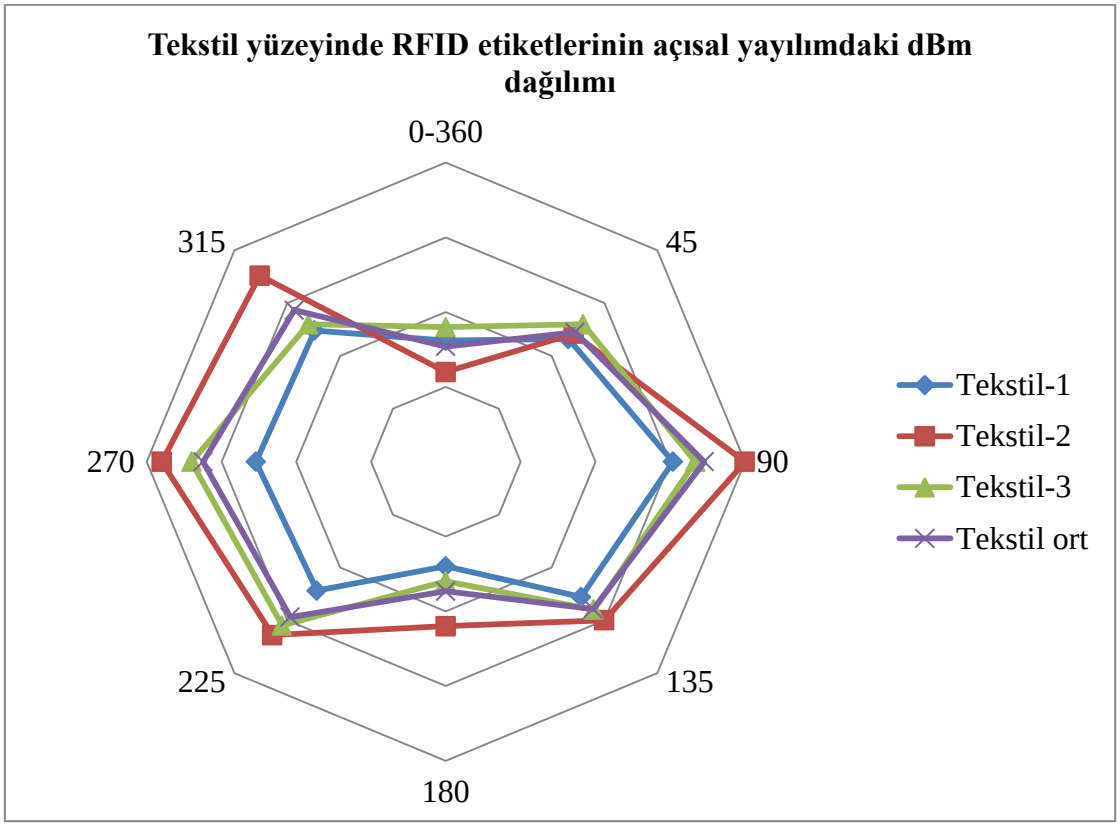
Tablo 3.8.'de görüldüğü üzere tekstil yüzeyinde RFID etiketlerinin çalışma frekanslarında değişim olmamaktadır. Bu etiketlerin yansıtma kayıpları arasında önemsenecek derecede farklılık görülmemiştir. Empedanslar arasında değişiklik görülmüştür.

Tekstil yüzeyinde etiketlerin dirençleri, yansıtma katsayıları ve empedansları karşılaştırıldıktan sonra 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 ve 315°'de yayılım gösterdiği açılarda, bu etiketlere gelen elektriksel dalganın gücünün dBm cinsinden kaybına bakılmıştır. Bu yüzeydeki numunelerin dBm kayıpları şöyledir:

Tablo 3.9. Tekstil yüzeyde numunelerin dBm değerleri

Açı (derece)	**Tekstil-1 (dBm)**	**Tekstil-2 (dBm)**	**Tekstil-3 (dBm)**	**Tekstil-ortalama (dBm)**
0=360	-53,1	-51	-54	-52,70
45	-56,6	-57,1	-58	-57,23

90	-60,2	-65	-61,7	-62,30
135	-57,8	-60	-59	-58,93
180	-52	-56	-53	-53,67
225	-57,2	-61,4	-60,5	-59,70
270	-57,7	-64	-62	-61,23
315	-57,4	-62,6	-58	-59,33



Şekil 3.15. Tekstil yüzeyinde RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımı

Tablo 3.9. ve Şekil 3.15.'den görüleceği üzere verici anten olan RFID etiketi ile alıcı antenin birbirleriyle yaptıkları açısal farklılıklarda dBm değişmeleri olmaktadır. Tekstil yüzeyinde edilen 3 numunenin ortalama değerleri alınmıştır. Alıcı anten ile RFID etiketleri karşı karşıya olduklarında yani açısal farklılığın 0° ve 180° olduğu durumlar

dBm kayıplarının en az olduğu durumlardır. İki antenin birbirine karşı karşıya olduğu 0°'de -52,70 dBm, 180°'de -53,67 dBm değerleri ölçülmüştür. RFID etiketleri ile alıcı antenin birbirine dik olduğu durumlarda yani 90° ve 270°'lerde dBm kayıpları en fazla olmaktadır. İki antenin birbirine dik olduğu 90°'de -62,30 dBm 270°'de ise -61,23 dBm ölçülmüştür. Numuneler arasında en fazla güç kaybının ölçüldüğü numune 2 numaralı numune olmuştur.

Tekstil yüzeyinde RFID etiketlerinde açıların dBm değerlerine etkilerinin yüksek olduğu görülmüştür. Alıcı anten ile verici antenin birbirleri ile karşı karşıya olduğu açılarda (0-180°) dBm değerleri en düşük olduğu ve etiketin daha az güç kaybına sahip olduğu açılar olduğu görülmüştür. Verici anten ile alıcı antenin birbirlerine dik oldukları açılarda (90-270°) dBm değerlerinin maksimum olduğu görülmüştür. 45-315° ve 135-225° açı farkı olduğu durumlarda dBm kayıplarının hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Verici ve alıcı anten arasında açı farkı olması halinde azalan dBm değerlerinin nedeni olarak, tekstil yüzeyinin elektrik dalgalarını absorbe etmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

3.4. Yüzeylerin karşılaştırılması

PET, kâğıt ve tekstil yüzeylerinde elde edilen numuneler direnç, frekans, empedans, dB ve dBm değerleri bakımından içlerinde karşılaştırılmıştır. Her yüzeyin ölçülen elektriksel değerlerinde ortalama sonuçlar alınmış ve bu değerler karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.10.'da yüzeylerde alınan ortalama direnç değerleri verilmiştir.

Tablo 3.10. Yüzeylerdeki ortalama dirençlerin karşılaştırılması

	PET ortalama	**Kâğıt ortalama**	**Tekstil ortalama**
Direnç (Ω)	0.39	0.86	1.13

Yüzeyler arası en fazla direnç tekstil yüzeyinde görülmüştür. Tekstil yüzeyinin gözenekli yapıda olması bu yüzeydeki devrelerin direncini artırdığı görülmüştür. Tekstil yüzeyine nazaran daha sık bir yapısı bulunan kâğıt yüzeyde daha düşük direnç değerleri

alınmıştır. Tablo 3.11.'de PET, kâğıt ve tekstil yüzeylerinden alınan ortalama yansıtma katsayısı (dB), empedans ve çalışma frekanslarının karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 3.11. Farklı yüzeylerden alınan frekans, dB ve empedans değerlerinin karşılaştırılması

	PET ortalama	**Kâğıt ortalama**	**Tekstil ortalama**
Frekans (MHz)	982.400	981.200	982.066
Yansıtma Katsayısı (dB)	-7.730	-8.060	-8.563
Empedans (Ω)	112.65 – j21.251	104.484 – j19.332	96.724 – j32.886

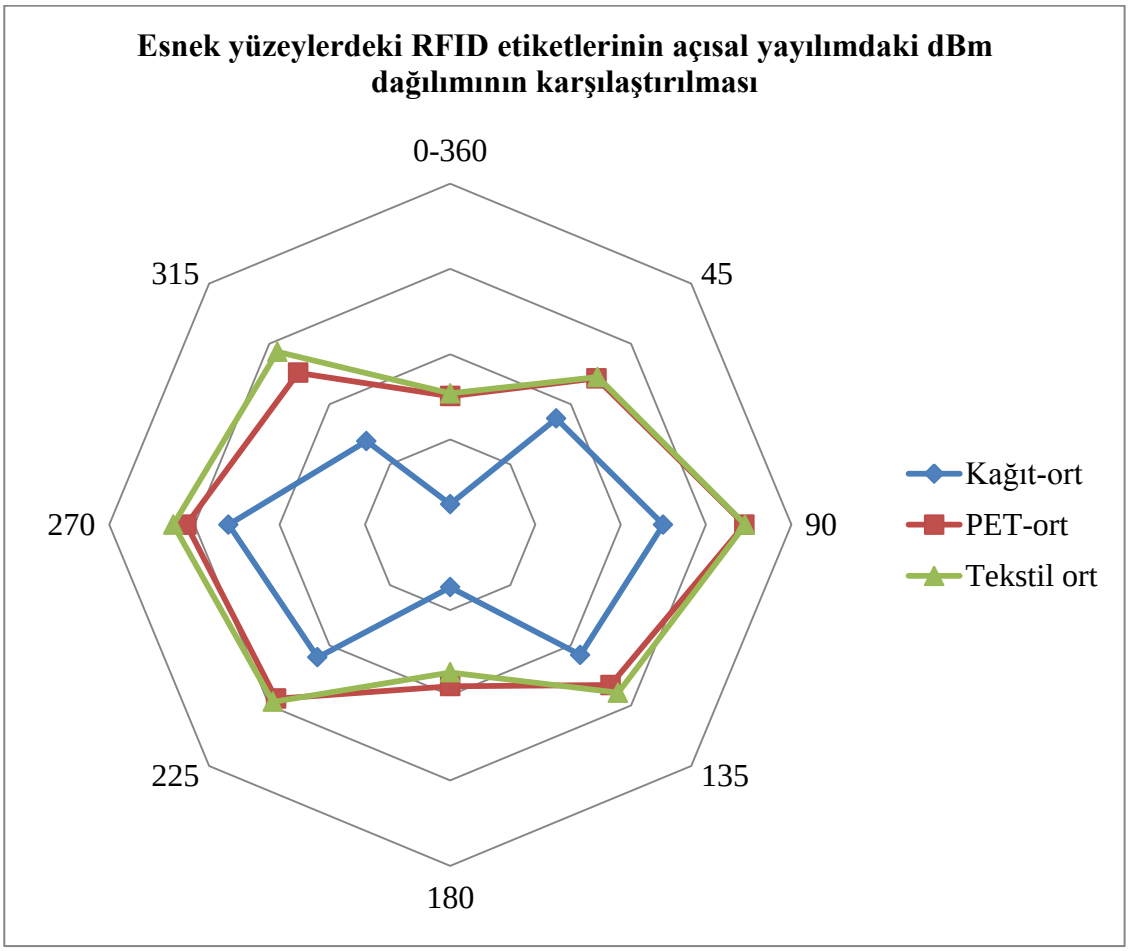
Tablo 3.11.'den görüldüğü üzere yüzeylerin empedansları azaldıkça yansıtma katsayılarında da azalma görülmektedir. Farklı esnek yüzeyler RFID anteninin çalışma frekansında değişiklik meydana getirmemektedir. RFID anteninin en fazla empedansa sahip olduğu yüzey PET yüzeyi olduğu görülmüştür. PET yüzeyin elektriksel gücü yansıtma oranı kâğıt ve tekstil yüzeylerinden daha iyi olduğu görülmüştür.

Tablo 3.12.'de yüzeylerin yansıtma değerleri 1 miliwatt değeri referans alınarak ölçüldüğündeki sonuçları görülmektedir.

Tablo 3.12. Yüzeylerin dBm değerlerinin karşılaştırılması

Açı (derece)	**PET ort. (dBm)**	**Kâğıt ort. (dBm)**	**Tekstil ort. (dBm)**
0=360	-52,53	-46,20	-52,70
45	-57,13	-53,80	-57,23
90	-62,27	-57,50	-62,30
135	-58,30	-55,80	-58,93

180	-54,47	-48,67	-53,67
225	-59,43	-56,00	-59,70
270	-60,47	-58,00	-61,23
315	-57,60	-51,93	-59,33



Şekil 3.16. Esnek yüzeylerdeki RFID etiketlerinin açısal yayılımdaki dBm dağılımının karşılaştırılması

Tablo 3.12. ve Şekil 3.16.'da görüleceği üzere esnek yüzeyler arasında güç yansıtma kaybının en az olduğu yüzey kâğıt yüzeydir. Alıcı anten ile verici antenin birbirleri ile karşı karşıya olduğu 0-360° durumu kâğıt yüzeyin güç yansıtma kaybı PET ve örme kumaş yüzeylerinden en iyi sonuçları verdiği durum olmuştur. Kullanılan 3 esnek

yüzeyde de alıcı anten ile verici antenin birbirine dik olduğu 90-270° durumu güç yansıtma kayıplarının en düşük olduğu durum olduğu görülmüştür. Tekstil yüzeyi güç yansıtma katsayısı olarak kötü performans gösterse de bu dBm değerleri de RFID anteninin çalışması için mümkün olacaktır. Ancak RFID etiketinin okuma mesafesi olumsuz yönde etkilenecektir.

BÖLÜM – 4

4. SONUÇ

RFID teknolojisinin sağladığı hız, kullanım kolaylığı, üretim ve depolama hatlarında ve ürün takibinde sağladığı doğruluk ve performans sebebiyle diğer kimlik tanıma sistemlerinden üstünlükleri açıktır. RFID teknolojisinin diğer benzer sistemlere başlıca üstünlüğü temasa gerek olmamasıdır. Bir diğer üstünlüğü ise okuyucu ile RFID etiketinin doğrudan görmesinin gerekmemesidir. RFID sistemi ile aynı işlevi gören barkod ve akıllı kartların kullanım alanlarının kısıtlı olduğu görülmüştür. RFID sistemi bu sistemlerin kullanım kısıtlığını ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda RFID sistemi ile barkod ve akıllı kartların kullanıldığı uygulamaların tek bir sistem altında gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Biyometrik kimlik tanıma sistemlerinin kullanımda ve uygulamalarda getirdiği bazı zorluklar ve yüksek maliyetler bu sistemlerin kullanımının önünde en büyük engel olmaktadır. Biyometrik sistemlerde insana doğrudan ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı biyometrik sistemlerde, örneğin göz, retina, insanların tanıma cihazları ile doğrudan temas halinde olması sebebiyle sağlık endişeleri barındırmaktadır. Bu endişeler sebebiyle insanlar biyometrik sistemlerin bazılarını tercih etmemektedir.

RFID teknolojisini diğer sistemlerden ayıran en büyük özelliği tamamen dijital olması ve dışarıdan müdahalenin ve veri okunmasının imkânsız olmasıdır. Bu özelliği ile diğer sistemlerden tamamen üstünlüğü bulunmaktadır. Ancak etiket üretiminin pratik ve hızlı olmaması dezavantajıdır. Ayrıca etiket üretim maliyeti bakımından barkod sistemine göre daha pahalı üretim maliyetlerine sahip olması kullanıcıların barkod sistemini tercih etmelerine sebep olmaktadır. Son yıllarda azalan üretim ve kurulum maliyetleri ile RFID sistemi kullanıcılar arasında barkod sistemine göre daha fazla tercih edilmesine sebep olmuştur.

Bir RFID sistemi okuyucu anten, etiket anteni, yazılım ve sunucudan oluşmaktadır. RFID sisteminde haberleşme okuyucu antenden gelen elektrik dalgaları ile olmaktadır. Etiket anteni bu dalgaları alarak endüktif döngü oluşturur ve üzerinde bulunan çipin enerjilenmesi için gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır. Çip enerjilendikten sonra

içerisindeki veriyi etiket anteninin üzerine gelen dalgaların bir kısmı ile geri yansıtmaktadır.

Tüm RFID etiketlerinde bir yansıtma kaybı (dB) oluşmaktadır. Bu değer okuma mesafesine, çalışma frekansına, etiket anteninin yapısına, okuyucu antenine ve etiket anteninin kullanıldığı yüzeye bağlı olarak değişmektedir. Metal ve sıvı içerikli yüzeyler üzerlerine yapıştırılan RFID etiketlerinin çalışmalarını olumsuz etkilemektedir. Bu yüzeylerde görülen en büyük problem okuma mesafelerinin düşmesidir. Metalik yüzeylerin manyetik geçirgenliklerinin fazla olması okuyucu antenin oluşturduğu elektrik dalgalarının zayıflamasına sebep olmaktadır. Metalik ve sulu ortamların RFID sisteminin haberleşmesine ve çalışmasına oluşturduğu olumsuzluklar sebebiyle RFID etiketleri bu yüzeylerde imal edilmezler.

Tez çalışmamızda amaç olarak RFID etiketlerinin PET, kâğıt ve tekstil gibi esnek yüzeylerde elektriksel davranışlarını incelemektir. Metalik ve sulu ortamların oluşturduğu olumsuz etkilerin, bu yüzeylerde de olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda PET, kâğıt ve tekstil gibi esnek yüzeylerde RFID etiketinin üretimi ve kullanımı hakkında bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda Akramin binder kullanılarak kâğıt ve örme kumaş yüzeyinde RFID antenleri elde edilmiştir. PET yüzeyde imal edilen RFID antenlerinin de bu yüzeylerdeki antenler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Alt yüzey olarak kullanılan 3 yüzeyde dirençler arasında karşılaştırılma yapıldığında 0.39 Ω ile PET yüzeyin en düşük dirence sahip olduğu görülmüştür. PET yüzeyden sonra kâğıt yüzeyin 0.86 Ω değeri ile en düşük 2. direnç değerine sahip olduğu görülmüştür. Tekstil yüzeyinin direnci ise 1.13 Ω olarak ölçülmüştür. Tekstil yüzeyi tüm yüzeyler arasında en fazla dirence sahip yüzey olduğu görülmüştür.

Esnek yüzeylerde RFID uygulanmasının, RFID anteninin çalışma frekanslarını etkisi olmadığı ve değiştirmediği görülmüştür.

RFID antenlerinin empedansları karşılaştırıldığında PET yüzeyin empedansı, kâğıt ve tekstil yüzeylerinin empedanslarından daha fazla çıkmıştır. Direnç ölçüm sıralamasına paralel olarak empedans değerlerinin sıralaması da aynı kalmıştır. Empedans ölçümlerine göre PET yüzey, 112.65-j21.251 Ω ile en fazla empedansa sahip olan yüzey olmuştur. Kâğıt yüzey, 104.484-j19.332 Ω değeri ile PET yüzeyden sonra

en fazla empedansa sahip olan 2. yüzey olmuştur. Tekstil yüzeyi, 96.724-j32.886 Ω ile empedans sıralamasında 3. sırada olmuştur.

Üç yüzeyde de empedansın yansıtma kaybını etkilediği görülmüştür. Yüzeylerin empedans artışı yansıtma kayıplarını olumlu yönde etkilemiştir. Empedans arttıkça yansıtma kayıpları azalmakta 0 dB değerine yaklaşmaktadır. Empedansı en fazla olan PET yüzeyin yansıtma katsayısının -7.730 dB olduğu ölçülmüştür. PET yüzeyden sonra en fazla empedansa sahip yüzey olan kâğıt yüzeyin yansıtma katsayısı -8.060 dB olarak ölçülmüştür. En kötü yansıtma katsayısına sahip yüzey tekstil yüzeyinin olduğu görülmüştür. Yansıtma katsayısı -8.563 dB ile tekstil yüzeyi, en fazla yansıtma kaybının olduğu yüzey olmuştur.

Empedans ve yansıtma kayıplarının incelenmesinden sonra, yüzeyler arası güç yansıtma katsayıları incelenmiştir. Kâğıt yüzey empedans ve db değerlerinin karşılaştırılmasından farklı olarak 1 miliwatt gücün 1 metre mesafe de en az kayıpla aktarıldığı yüzey olmuştur. Alıcı ve verici antenin karşı karşıya olduğu pozisyonda yani 0-360°'lik açılarda tüm yüzeylerin güç yansıtma kayıplarının en düşük dBm değerine sahip olduğu görülmüştür. 0-360° açı farkında PET yüzey -52.53 dBm, tekstil yüzeyi -52.70 dBm güç yansıtma kayıpları ölçülmüştür. Aynı açı durumunda kâğıt yüzeyde ise -42.20 dBm güç yansıtma kaybı ölçülmüştür. Bu sonuçlara bakılarak tekstil ve PET yüzeylerin açı farklılığı olmadığı durumda güç yansıtma kayıpları aynı iken kâğıt yüzeyin çok daha iyi sonuçlar verdiği açıkça görülmektedir. Alıcı ve verici antenin birbirlerine dik olduğu 90-270° açı farklılıklarında PET yüzeyde -62.27 ve -60.47 dBm ölçülmüştür. Kâğıt yüzeyde 90° açı farkında -57.50 dBm ve 270°'lik açı farkı olduğu durumda -58.00 dBm güç yansıtma kaybı görülmüştür. Tekstil yüzeyinde ise -62.30 ve -61.23 dBm değerleri ölçülmüştür. Güç yansıtma kayıpları karşılaştırıldığında kâğıt yüzeyin, PET ve tekstil yüzeylerden çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. PET ve tekstil yüzeylerin güç kayıpları birbirlerine yaklaşık olduğu ölçülmüştür. Kâğıt yüzeyin 1 metre mesafede 1 miliwatt gücü alıcı anten olan RFID okuyucu antenine iletmesi PET ve tekstil yüzeylerinden daha iyi olmuştur.

Bu sonuçlardan sonra, PET, kâğıt ve örme kumaş yüzeyleri kullanılarak hazırlanan RFID etiketlerinin uygulamalarda kullanılabilirliğinin uygun olduğu gösterilmiştir. Yansıtma katsayısı değerlerine bakılarak PET yüzeyin daha iyi sonuçlar verdiği görülse

de 1 metre mesafe baz alınarak yapılan ölçümlerde kağıt yüzeyin daha uygun olduğu görülmüştür. Tekstil yüzeyi yapılan tüm deneylerde diğer yüzeylerden kötü sonuçlar verse de, bu yüzeyde RFID etiketinin çalışması mümkün olacaktır. Esnek yüzeylerde RFID uygulanabilirliği bu tez çalışması ile araştırılmış ve seçilen yüzeylerin uygulamalarda kullanılabilir olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1- Sweeney P. J., (2005). RFID for Dummies, 1st Edition, Wiley Publishing Inc., Indiana, USA.

2- Finkenzeller, K., (2003). RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2nd Edition, John Wiley and Sons Ltd., England.

3- Ayop M., Kendall G., (2007). A Survey Of Surface Mount Device Placement Machine Optimisation: Machine Classification. Science Direct, 893-914.

4- http://www.barcoding.com/ (06.05.2013).

5- http://www.barcodesoftware.biz/blogs/what-is-barcode-39.html (05.02.2013).

6- Güç, R., Haziran 1999, Barcod Sistemi, Barcod Sisteminin Dünya'da Ve Türkiye'de Kullanımı Ve Gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

7- Kuru, M., (2010), Otomatik Tanıma-Veri Toplama Sistemlerinde Rfid Teknolojisi ve Örnek Bir Uygulaması, Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

8- http://www.kartofis.com/manyetikbant.htm (07.05.2013).

9- http://www.abbyy.com.tr/products/document_conversion/about_ocr/whatis_ocr/ (07.05.2013).

10- http://www.kets.com/tr/sss/ocr.faq.htm (05.02.2013).

11- Bilgin, M., (2008), Biyometrik Seçim Sistemi Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

12- Braggins D., (2001). Fingerprint Sensing and Analysis. Sensor Review, Vol. 21 Iss: 4, pp.272 – 277.

13- http://www.extremetech.com/extreme/108417-facial-recognition-is-insecure-slow-and-a-wasted-effort-for-now / (04.05.2013).

14- Eren, B., (Eylül 2009), Biyometrik Teknolojilerin Etkili Tasarlanması Ve Uygulanmasında Yeni Bir Öneri: Multimodel Teknoloji, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

15- http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Fonijatrija.htm (08.05.2013).

16- http://www.qualifiedsystems.net/services/access/ (08.05.2013).

17- Tuğaç, B., (2007) Radyo Frekansı İle Kimlik Tanımlama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

18- http://www.ovotronic.com/product/product.htm?product_id=51 (30.04.2013).

19- Miles, B.S., Sarma, S.E., Williams, J.R., (2008). RFID Technology and Applications, 1st Edition, Cambridge University Press, USA.

20- http://graduateinstitute.ch/Jahia/site/iheid/lang/en/resources/library/pid/14585/cache/off (03.05.2013).

21- Li S., Visich J.K., Khumawala B.M., Zhang C., (2006). Radio Frequency Identification Technology: Applications, Technical Challenges and Strategies. Sensor Review, Emerald Group Publishing Limited, Vol. 26 Iss: 3, pp.193 – 202.

22- Landt J., (2001). Shrouds Of Time The History Of RFID. The Assocation for Automatic Identification and Data Capture Technologies (AIM), USA.

23- http://rfidbaltic.eu/en/smartrac-products-43 (09.05.2013).

24- Pala, Z., (2007), Rfid Teknolojisi İle Otomasyon Bir Uygulama Olarak: Otopark Takibi, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.

25- http://www.digikey.com/product-detail/en/RI-ANT-G02E-30/481-1043-ND/566110 (10.05.2013).

26- http://www.jinnlei.com/sdp/66307/4/pd-996604/3220394.html (09.05.2013).

27- http://www.codeproject.com/Articles/35466/UHF-RFID-Reader-Program (09.05.2013).

28- http://www.scienceprog.com/how-does-rfid-tag-technology-works/ (15.03.2013).

29- Keskin, N., (2012), Uhf Rfid Pasif Etiket İçin Dipol Anten Tasarımları, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

30- http://www.actag.com/tags.php (11.03.2013).

31- Kalaycı, S., (2009), Design Of A Radio Frequency Identification (Rfid) Antenna, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

32- Dobkin, D., (2008). The RF in Rfid Passive UHF Rfid in Practise, 1. Baskı, Elsevier, USA.

33- http://www.gobizkorea.com/blog/ProductView.do?blogId=sebinetech&id=945515 (13.04.2013).

34- Ahsan, K., Shah, H., Kingston, P., (2010). Rfid Applications: An Introductory And Exploratory Study. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 1, No.3, pp: 1-7.

35- http://www.asentrix.com/rfid_passive.htm (21.03.2013).

36- Bhochhıbhoya R., (2005). Mobile Tag Reading In A Multi-Reader RFID Environment. Master of Science, Bachelor of Engineering in Information Technology Pokhara University, Nepal.

37- Kılınç, T., (2007), Rfid Sistemlerinin İncelenmesi Ve Sağlık Sektöründe Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

38- Şallı, E., (2009), Tedarik Zinciri Yönetiminde Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisi Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep, Türkiye.

39- Altuncu, T., (2011), Tedarik Zincirinde Ürün İzlenebilirliği Ve Kimliklendirme Teknolojilerinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

40- Daştan, P.B., (2010), Et Ve Et Ürünlerinin Çiftlikten Sofraya İzlenebilirliği Ve Takip Edilmesinde Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

41- http://www.rfidturkey.com/News.html (04.04.2013).

42- http://www.idtechex.com/research/articles/rfid-market-reaches-7-67-billion-in-2012-up-17-from-2011-00004585.asp (05.04.2013).

43- Harrop, Dr. P., Das, R., (2013), Rfid Forecast, Players And Oppurtinities 2012-2022, IDtechEx, England.

44- http://www.bilgiguvenligi.gov.tr/donanim-guvenligi/rfid-teknolojisi-ve-mevcut-tehditler-2.html (10.04.2013).

45- http://www.rfidjournal.com/ (13.05.2013).

46- http://www.liberty-human-rights.org.uk/media/press/2003/new-liberty-director-warns-supermarkets-we-are-watching-you.php (15.05.2013).

47- Karagüzel, B., (2006) Printing Conductive Inks On Nonwovens: Challenges And Oppurtinites. PhD Thesis, North Caroline University, North Caroline, USA.

48- Jian L., Bing A., Jian Q., Yiping W., (2011). Nano Copper Conductive Ink for RFID Application. 2011 International Symposium on Advanced Packaging Materials (APM), pp: 91-93.

49- Alarcon J., Saba R., Egels M., Pannier P. (2012). A Flexible UHF RFID Tag for Harsh Environments. IEEE 2012 International Conference on RFID, 267-270.

50- Zhang W., Zeng Y., (2009). A Novel Type of UHF RFID Tag Antenna. Ferroelectrics, 386:180–186.

51- Zhu X., Mukhopadhyay S. K., Kurata H., (2012). A Review Of RFID Technology And Its Managerial Applications In Different Industries. Journal of Engineering and Technology Management 29, 152–167.

52- Abo-Elnaga T. G., Abdallah E. A. F., El-Hennawy H., (2011). Analysis And Design Of Universal Compact Flexible Uhf Rfid Tag Antenna. Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 35, 213-23.

53- Merilampi S., Björninen T., Haukka V., Ruuskanen P., Ukkonen L., Sydänheimo L., (2010). Analysis Of Electrically Conductive Silver Ink On Stretchable Substrates Under Tensile Load. Microelectronics Reliability, Vol. 50, 2001-2011.

54- Potyrailo R. A., Nagraj N., Tang Z., Mondello F. J., Surman C., Morris W., (2012). Battery-free Radio Frequency Identification (RFID) Sensors for Food Quality and Safety. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 60, 8535-8543.

55- Yang L., (2009). Design And Development Of Novel Radio Frequency Identification (RFID) Tag Structures. PhDThesis, Georgia Institute of Technology, USA.

56- Suh M., Carroll K. E., Grant E., Oxenham W., (2012). Effect Of Fabric Substrate And Coating Material On The Quality Of Conductive Printing. Journal of Textile Institute, 104:2, 213-222.

57- www.triochem.co.th (20.05.2013).

EK-1 UHF RFID INLAY AD-826 DATA SHEET

UHF RFID INLAY

AD-826



Dimensions: 1.18 x 1.97 in [30 x 50 mm]

Operating Frequency: Global (860 - 960MHz)

RF Protocol: ISO-18000-6C, EPC Class 1 Gen 2

Chip: Impinj Monza 3

EPC Memory: 96 bits

Common Applications: Supply Chain, Inventory and Logistics

Format	N / A
Antenna dimensions (CDxMD)	1.181 x 1.969 in [29.99 x 50 mm]
Die- cut dimensions	N/ A
Inlay substrate material	PET
Inlay- to- liner adhesive	N/ A
Liner material	N/ A
Face sheet	N/ A
Standard pitch	2.5 in [63.5mm]
Standard web width	1.653 in [42 mm]
Total thickness over chip	11 mils [279 microns]
Operating temperature	-40 to 185 F [-40 to 85 C]
RoHS	Designed to comply with EU Directive 2011/65/ EU
Quality assurance	100% read tested with out- of- tolerance inlay marked

Un- wind direction	Inlay- side Out
Core size with adaptor insert	3 in [76.2 mm]
Maximum roll outer diameter	12 in [305 mm]
Average # of units per roll	5,000

Care And Handling Rfid; inlays are sensitive to ESD. Observe standard practices to keep environmental static charge to a minimum.

Applications; This product should be tested by the customer/ user thoroughly under end use conditions to ensure the product meets the particular requirements. Avery Dennison does not represent that this product is fit for any particular purpose or use.

Warranty; Please refer to Avery Dennison RFID standard terms and conditions. The information contained herein is believed to be reliable but Avery Dennison makes no representation concerning the accuracy or correctness of the data.

Product Changes; Avery Dennison reserves the right to modify, change, supplement or discontinue product offerings at any time without notice.

Trademark Statement; Avery Dennison, S490 and Fasson are trademarks of Avery Dennison Corporation. For the most recent information on Avery Dennison products, visit www.rfid.averydennison.com.

© 2013 Avery Dennison Inc. All rights reserved. 4350 Avery Drive, Flowery Branch, GA 30542

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı **:** ALİ SAMET SARKIN

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Kadıköy - 25/09/1987

Yabancı Dili **:** İngilizce

E-Posta **:** sametsarkin@hotmail.com

Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm/Program	Üniversite/Lise	Mezuniyet Yılı
Lise	Elektrik	Yakacık Anadolu Meslek Lisesi	2005
Üniversite	Elektrik Öğretmenliği	Marmara Üniversitesi	2010
Üniversite	Endüstri Mühendisliği	Ahmet Yesevi Üniversitesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	Marmara Üniversitesi	Uzaktan Eğitim Merkezi Ölçme Değerlendirme

Bilimsel Eserler:

Projelerde Yaptığı Görevler: