



T. C.
MALTEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**RFID SİSTEMLERİN İNCELENMESİ
VE
SAĞLIK SEKTÖRÜNDE KULLANILMASI**

TURGUT KILINÇ

Yüksek Lisans Tezi

**Tez Danışmanı
Doç Dr. HALİM ZAİM**

İSTANBUL – 2007

**T. C.
MALTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RFID SİSTEMLERİN İNCELENMESİ
VE
SAĞLIK SEKTÖRÜNDE KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TURGUT KILINÇ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. HALİM ZAIM**

İSTANBUL – 2007

Bu tez çalışması, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 06/11/2007 tarih ve 2007/19 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ***Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi*** olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Halim ZAIM

Danışman

Yrd.Doç.Dr.Demir ÖNER

Üye

Yrd.Doç.Dr.Nihat KABAOĞLU

Üye

ÖZET

RFID hayatımızın önemli bir parçası olmuş durumdadır. Üretkenliği artırması ve hayatı kolaylaştırması yaygınlaşmasının en önemli nedenlerindedir.

RFID yüzlerce uygulama alanıyla karşımıza çıkmaktadır. Arabaların hırsızlardan korunması, otomatik köprü geçişleri, bina giriş kontrolü, kütüphanede kitapların takibi ve stok ürünlerinin izlenmesi uygulama alanlarından sadece bir kaçıdır.

RFID, kişilerin ya da nesnelerin kimlik (ID) bilgilerinin radyo dalgaları ile iletilebilmesini sağlayan bir teknolojidir. Mevcut akıllı kart teknolojileriyle pek çok benzerlik taşımaktadır. RFID'yi mevcut teknolojilerden ayıran en önemli özelliği temassız çalışıyor olmasıdır. Tipik bir RFID sistemi, okuyucu ve elektronik etiket olmak üzere iki temel bileşenden oluşur.

Bir RFID okuyucusunun nasıl çalıştığını, sistem performansını etkileyen etkenler ve güvenlik gibi konular detaylı bir şekilde bu tez çalışmasında incelenmiştir. RFID sisteminde kullanılan çarpışma engelleme protokolleri ve bunların benzetimi de ayrıca incelenmiştir.

Bu çalışmayla RFID sistemleri ile ilgili temel bilgilendirme yapılmasıyla birlikte, sağlık sektöründe kullanılmasının doktor, hemşerilerin hastalara daha hızlı ve sağlıklı bir şekilde müdahale etmesinde getireceği yararlar gösterilmiye çalışılmıştır. Bu amaçla bir cep bilgisayar (pocket pc) programı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: RFID, Elektronik etiket, Çarpışma, Okuyucu

ABSTRACT

RFID have become an important part of daily life. The main reasons for widespread use of RFID are its capability to increase productivity and to make life easier.

RFID has many application models. Car theft prevention, automatic bridge-passes, building entrances, library documentation and stocks are few of the many usages of RFID.

RFID is the technology of transferring ID information of individuals and objects by means of radio waves. RFID is similar to the current smart card technologies. The main differentiator of RFID is its ability to run without contact. RFID technology consists of two main components, reader and transponder (electronic label or TAG).

The operating system of RFID reader, factors affecting the system performance, and security issues are examined in this thesis study. Collision prevention protocols of RFID systems and their simulations are also examined.

In addition to giving main principles of operations of RFID systems, this study examines the benefits of RFID systems in health sector as doctors and nurses are taking care of the patients.

Key Words: RFID, Transponder, Tag, Collision, Reader

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

RFID teknolojisi, son yıllarda uygulama alanı hızla artmakta olan bir teknoloji dalıdır. CMOS teknolojisinde yaşanan gelişmelere paralel olarak, sistem maliyetlerinde yaşanan düşüşler sayesinde, özellikle market ve lojistik sektörlerinde tercih edilen bir teknoloji halini alan RFID, hayatımızın pek çok alanında farklı çözümler sunarak yeni kolaylıklar getirme potansiyeli taşıyan yenilikçi bir teknolojidir. Bu çalışmayla, RFID teknolojisinin temel kavramlarının incelenmesi ve RFID temelli uygulama faaliyetlerine örnek teşkil etmesi açısından, konu hem kuramsal hem de pratik yaklaşımlarla mercek altına alınmış ve bir takım somut sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, bundan sonra yapılacak çalışmalara örnek teşkil ettiği ve faydalı olduğu ölçüde amacına ulaşmış olacaktır.

Eğitim hayatım boyunca fedakâr yardımlarını ve sonsuz desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve bu çalışmada bana verdiği destekle beni yüreklendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. HALİM ZAİM'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ekim 2007,

Turgut KILINÇ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	XII
ŞEKİLLER	XIII
TABLolar	XV
1. GİRİŞ	1
2. RFID KAVRAMINA BAKIŞ	3
2.1.1 RFID Tarihsel Gelişimi	3
2.1.1.1 Optik Karakter Tanıma (OCR)	3
2.1.1.2 Kızılötesi (infrared) Tanımlama	4
2.1.1.3 Barkod (Barcode)	4
2.1.2 RFID Avantajları	5
2.1.3 RF Uygulamaları	6
2.1.3.1 Kapıda Giriş-Çıkış Okuma Sistemleri	6
2.1.3.2 Büyük Kapı Okuma Sistemleri	7
2.2 Bir RFID Sisteminin Oluşturan Bileşenler	8
2.3 Frekans, İletişim Mesafesi ve Bağlaşım	11
2.3.1 Yakın Bağlaşım	11
2.3.2 Uzak Bağlaşım	11
2.3.3 Uzun Mesafeli Sistemler	11
2.3.4 Sistem Performanslarının Değerlendirilmesi	12
2.3.4.1 Yalnızca Okunabilir (Read Only) Sistemler	12
2.3.4.2 Orta Düzey Sistemler	13
2.3.4.3 Yüksek Seviyeli Sistemler	13
2.4 Temel İşletim Prensipleri	14
2.4.1 1 Bit' lik Elektronik Etiketler	14
2.4.1.1 Radyo Frekansı	14
2.4.1.2 Mikro Dalga Prensipleri	16
2.4.1.3 Frekans Bölücü Prensipleri	16
2.4.1.4 Elektromanyetik Tipteki Elektronik Etiketler	17
2.4.2 Tam Çift Yönlü ve Yarım Çift Yönlü Elektronik Etiketler	18
2.4.2.1 Endüktif Bağlaşım	19
2.4.2.1.1 Pasif Elektronik Etiketler İçin Besleme Ünitesi	19
2.4.2.1.2 Elektronik Etiketten Okuyucuya Veri Transferi	21
3. RFID SİSTEMLERİNİN TEMEL PRENSİPLERİ	24
3.1 Genel Kavramlar	25
3.1.1 Dalga	25
3.2 Manyetik Alan	26
3.2.1 Manyetik Alan Şiddeti	26
3.2.2 Manyetik Akı ve Manyetik Akı Yoğunluğu	29

3.2.3 Endüktans.....	31
3.2.4 Ortak Endüktans.....	32
3.2.5 Kuplaj Katsayısı.....	33
3.2.6 Faraday Kanunu.....	33
3.2.7 Rezonans.....	35
3.2.8 Pratik Uygulamada Elektronik Etiketlerin Beslenmesi.....	39
3.2.8.1 Besleme Üniteleri ve Elektronik Etiketler.....	39
3.2.8.2 Gerilim Regülasyonu.....	40
3.2.9 RFID Okuyucu Sistemleri.....	41
3.2.9.1 Elektronik Etiket Dönüştürücü Empedansı.....	42
3.2.9.2 Yük Modülasyonu.....	46
3.2.9.2.1 Rezistif Yük Modülasyonu.....	46
3.2.9.2.2 Kapasitif Yük Modülasyonu.....	48
3.2.9.3 Okuyucudaki Demodülasyon.....	49
3.2.9.4 Kalite Faktörünün Etkisi.....	49
4. KODLAMA VE MODÜLASYON.....	50
4.1 Temel Bantta Kodlama.....	51
4.1.1 NRZ kodlama.....	52
4.1.2 Manchester Kodlama.....	53
4.1.3 Unipolar RZ Kodlama.....	53
4.1.4 DBP (Differential Bi-Phase) Kodlama.....	53
4.1.5 Miller Kodlama.....	53
4.1.6 Geliştirilmiş Miller Kodlama.....	53
4.1.7 Farksal Kodlama.....	54
4.1.8 PP (Pulse Pause – Darbe Durdurma) Kodlaması.....	54
4.2 Sayısal Modülasyon Yöntemleri.....	55
4.2.1 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK).....	56
4.2.2 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK).....	57
4.2.3 Faz Kaydırmalı Anahtarlama (PSK).....	58
4.2.4 Alt Taşıyıcı Modülasyon Yöntemleri.....	59
4.3 Veri Bütünlüğü.....	60
4.3.1 Eşlik (Parity) Kontrolü.....	61
4.3.2 LRC Kontrolü.....	61
4.3.3 CRC Kontrolü.....	61
5. ELEKTRONİK ETİKET (TRANSPONDER) MİMARİSİ.....	62
5.1 Bellekli Elektronik Etiket.....	63
5.1.1 HF Arayüzü.....	63
5.1.2 Adres ve Güvenlik Lojik Devresi.....	64
5.1.2.1 Durum Makinesi.....	65
5.1.3 Bellek Mimarisi.....	66
5.1.3.1 Yalnızca Okunabilen Elektronik Etiketler.....	66
5.1.3.2 Yazılabilir Elektronik Etiketler.....	66
5.1.3.3 Şifreleme Kabiliyetine Sahip Bulunan Elektronik Etiketler.....	66
5.2 Mikroişlemciler.....	68
5.3 Bellek Teknolojisi.....	69
6. OKUYUCU MİMARİSİ.....	69
6.1 Uygulamadaki İşlem Akışı.....	69
6.2 Okuyucuyu Oluşturan Bileşenler.....	70
Şekil 6.2 Okuyucuyu oluşturan bileşenler.....	71

6.2.1 HF (Yüksek Frekans) Arayüzü	71
6.2.1.1 Endüktif Bağlaşımli Sistemler	71
6.2.1.2 Mikrodalga Sistemler	72
6.2.1.3 Ardışıl Sistemler	73
6.2.2 Kontrol Ünitesi.....	74
6.3 Anten Bağlantısı.....	75
6.3.1 Endüktif Sistemler İçin Antenler	75
6.3.1.1 Akım Eşlemesi Yoluyla Bağlantı.....	75
6.3.1.2 Koaksiyel Kablo Üzerinden Bağlantı.....	76
6.3.1.3 Q Faktörünün Etkisi	76
7. RFID SİSTEM STANDARTLARI.....	78
7.1.1 RFID’de Güvenlik.....	78
7.1.2 RFID Güvenlik Algoritmaları	78
7.1.2.1 Elektronik Etiketlerin Sınırlandırılması veya Öldürülmesi.....	780
7.1.2.2 Okuma İzninin Kontrol Edilmesi	80
7.1.2.2.1 Hash Locking Yaklaşımı	80
7.1.2.2.2 Randomized Hash Locking Yaklaşımı.....	81
7.1.2.2.3 Hash Tabanlı ID Değişimi	82
7.1.2.2.4 Güvenli Okuyucunun Hash Tabanlı Sistemle Tanımlanması	82
7.2.1 RFID’de Çarpışma (RFID Collision).....	83
7.2.1.1 Dilimli Aloha	83
7.2.1.2 Uyarlanı İkili Ağaç (Adaptive Binary Tree).....	87
7.2.1.3 Çarpışma Protokollerinin Benzetimli Karşılaştırılması	88
7.3.1 Okuyucu Protokolleri	97
7.3.1.1 Alien Protokolü	97
7.3.1.2 Symbol Protokolü	98
7.3.1.2 EPC Evrensel Protokol.....	100
7.4.1 Elektronik Etiket Tipleri	102
7.4.1.1 EPC Evrensel Elektronik Etiket Tipi	102
7.4.1.2 ISO/IEC 18000 Elektronik Etiketleri	103
8. HASTA TAKİBİNDE RFID’NİN KULLANILMASI.....	104
8.1.1 RFID’nin Hasta Takibinde Kullanılması	104
8.1.2 Hasta Takibi Modülleri	106
8.1.2.1 PDA RFID Auth C# Programı	107
8.1.2.2 Kullanılan Elektronik Etiket Yapısı	112
8.1.2.3 Okuyucu Elektronik Etiket Haberleşmesi	114
9. SONUÇ	117

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

RFID	: Radyo frekans tanımlama (Radio frequency identification).
AIDC	: Auto identification veri capture.
DBP	: Differential Bi-Phase encoding.
EMC	: Electromagnetic compatibility.
FRAM	: Ferroelectric Read Access Memory.
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read-Only-Memory.
MSB	: En öncelikli bit (Most significant bit).
LSB	: En az öncelikli bit (Least significant bit).
EAS	: Electronic article surveillance.
OCR	: Optik karakter tanıma (Optical character recognition).
UPC	: Evrensel ürün kodu (Universal Product Code).
CRC	: Cyclic redundancy check.
N	: Bobin için sarım sayısı.
x	: X eksenini boyunca bobinin merkezine uzaklık.
I	: Akım.
Φ	: Manyetik akı.
ZD	: Zener diyod.
C_{MOD}	: Modülatör kapasite.
R_{MOD}	: Modülatör direnç.
B	: Bantgenişliği.
NRZ	: Non return zero.
HF	: High frequency.

LRC	: Longitudinal redundancy checksum.
TTF	: İlk elektronik etiket konuşması (Talk electronic label firstly).
RTF	: İlk okuyucu konuşması (Reader talk first).
B	: Manyetik akı yoğunluğu.
A	: Anten alanı.
μ_0	: Manyetik alan sabiti.
Ψ	: Toplam manyetik akı.
L	: Endüktans.
M	: Ortak endüktans.
k	: Bağlaşma katsayısı.
f_{RES}	: Rezonans frekansı.
Q	: Kalite faktörü.
λ	: Dalga boyu.
H	: Manyetik alan şiddeti.
R	: Daire yarıçapı.
P	: İletim gücü.
T_s	: Bit süresi.
f_0	: Merkez frekansı.
EMV	: Europay-Mastercard-Visa
POS	: Point of sale

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 UPC A sembolü	4
Şekil 2.2 UPC E sembolü	5
Şekil 2.3 Kapı kontrol sistemi	7
Şekil 2.4 Okuyucu ve elektronik etiket	8
Şekil 2.5 Frekans bantı	12
Şekil 2.6 1 Bitlik sistemin yapısı.	15
Şekil 2.7 Dikdörtgen şeklindeki bir kapı anteni	16
Şekil 2.8 Elektronik etiket ve okuyucu arasındaki frekans bölümlenmesi	17
Şekil 2.9 Tipik bir kapı anteni tasarımı	18
Şekil 2.10 Elektronik etiket ve okuyucu arasında gerçekleşen endüktif bağlaşım	20
Şekil 2.11 Alt taşıyıcılı yük modülasyonu	22
Şekil 2.12 Alt taşıyıcılı yük modülasyonu frekans spektrumu	23
Şekil 2.13 Alt taşıyıcılı yük modülasyonu üretme devresi	24
Şekil 3.1.1 Sinüzoidal dalganın çeşitli parametrelerinin gösterimi	26
Şekil 3.2 Silindirik bobin	27
Şekil 3.2 Silindirik bobin	28
Şekil 3.3 Çeşitli yarıçaplarda antenler için manyetik alan şiddeti değerleri	29
Şekil 3.4 Okuyucu bobininde oluşan manyetik akı çizgileri	30
Şekil 3.5 Endüktansın tanımı	31
Şekil 3.6 Ortak Endüktans	32
Şekil 3.7 a) Manyetik bağlaşımli iletken halkalar, b) Manyetik bağlaşımli iletken halkalara ilişkin eşdeğer devre	34
Şekil 3.8 Elektronik etiket ile okuyucu arasındaki manyetik bağlaşımın eşdeğer devresi	36
Şekil 3.9 Elektronik etiket bobininde oluşan rezonansın etkisi	37
Şekil 3.10 Elektronik etiket bobininde oluşan rezonansın etkisi	40
Şekil 3.11 Elektronik etikette şönt direnci kullanılarak gerilim regülasyonunun sağlanması	40
Şekil 3.12 RFID okuyucu eşdeğer devresi	41
Şekil 3.13 Okuyucu antenindeki seri rezonans devresinin eşdeğeri	43
Şekil 3.14 Okuyucu antenindeki seri rezonans devresinde oluşan gerilimlerin vektörel gösterimi	44
Şekil 3.15 Okuyucunun etkileşim alanına girmiş bir elektronik etikette oluşan gerilimler	44
Şekil 3.15 Sabit bir rezonans frekansı altında, Z_T 'nin L_2 ile değişimi	47
Şekil 3.16 Yük modülatörlü bir elektronik etiketin eşdeğer devresi	47
Şekil 3.17 Kapasitif yük modülasyonu için elektronik etikette oluşan gerilimlerin fazör gösterimi	48
Şekil 4.1 RFID sistemlerinde kullanılan kodlama yöntemleri	52
Şekil 4.2 NRZ kodlamadan farksal kodlamanın eldesi	54
Şekil 4.3 NRZ kodlamadan farksal kodlamanın eldesi	55
Şekil 4.4 NRZ kodlamalı işaretten farksal kodlamanın eldesi	56
Şekil 4.5 %100 genlik modülasyonunun eldesi	57
Şekil 4.6 FSK modülasyonunun eldesi	58

Şekil 4.7 PSK modülasyonunun eldesi	59
Şekil 4.7 Yük modüleli alt taşıyıcılı ASK modülasyonunun eldesi.....	60
Şekil 4.8 LRC hesaplaması	61
Şekil 4.9 CRC hesaplaması	62
Şekil 4.10 CRC hesaplaması	62
Şekil 5.1 Bellekli elektronik etiketin blok şeması.....	63
Şekil 5.2 Bellekli elektronik etiketin blok şeması.....	64
Şekil 5.3 Bellekli elektronik etiketin durum blok şeması	65
Şekil 5.4 Mikroişlemcili bir elektronik etiketin blok diyagramı.....	68
Şekil 6.1 Uygulama yazılımı, okuyucu ve elektronik etiket arasındaki birincil-ikincil (master - slave) ilişkisi	70
Şekil 6.3 Bir mikro dalga sisteminde yer alan HF arayüzünün blok şeması.....	73
Şekil 6.4 Ardışıl bir okuyucu sisteminin HF arayüzü.....	73
Şekil 6.5 Bir okuyucuya ait kontrol sisteminin blok diyagramı	74
Şekil 7.1 Okuyucu elektronik etiket haberleşmesi	79
Şekil 7.2 Hash-lock yaklaşımı.....	83
Şekil 7.3 Randomized Hash-Lock işlemi.....	83
Şekil 7.4 Güvenli okuyucu seçimi	83
Şekil 7.5 Dilimli Aloha okuyucu durum diyagramı.....	85
Şekil 7.6 Dilimli Aloha elektronik etiket diyagramı.....	85
Şekil 7.7 İkili ağaç.....	88
Şekil 7.8 Çarpışma protokolü benzetim programı	90
Şekil 7.9 Aloha protokolü 1	91
Şekil 7.10 Aloha protokolü 2	92
Şekil 7.11 Dilimli Aloha protokolü 1.....	93
Şekil 7.12 Dilimli Aloha protokolü 2.....	94
Şekil 7.13 Uyarlanır ikili ağaç 1	95
Şekil 7.14 Uyarlanır ikili ağaç 2	96
Şekil 7.15 Alien protokolü	98
Şekil 7.16 EPC Evrensel okuyucu katmanı.....	101
Şekil 8.1 Hasta takibi için kurulacak sistem	105
Şekil 8.2 Proje modülleri	106
Şekil 8.3 Uygulama açılış ekranı	107
Şekil 8.4 Doktor tanıma ekranı	108
Şekil 8.5 Veritabanı tabloları	109
Şekil 8.6 Hasta bekleme ekranı.....	110
Şekil 8.7 Hasta bilgileri.....	111
Şekil 8.8 Tedavi ekleme ekranı.....	112
Şekil 8.9 Elektronik etiket blok şeması.....	113
Şekil 8.10 Elektronik etiket komut setleri.....	115

TABLULAR

	Sayfa
Tablo 7.1 Elektronik etiket-okuyucu haberleşmesi	86
Tablo 7.2 Çarpışma algoritmaları karşılaştırması	89
Tablo 7.3 Elektronik etiketleri tanıma performans karşılaştırması	97
Tablo 7.4 Symbol protokol yapısı	99
Tablo 7.5 EPC elektronik etiket sınıfları	102
Tablo 7.6 18000 elektronik etiket standartları	103
Tablo 8.1 Elektronik etiket hafıza yapısı	113
Tablo 8.2 Kart Seç (Select Card) komut seti (okuyucuya gönderilen)	115
Tablo 8.3 Kart Seç (Select Card) komut seti (okuyucu cevabı)	115
Tablo 8.4 Sektöre Gir (Sector login) komut seti (okuyucuya gönderilen)	116
Tablo 8.5 Sektöre Gir (Sector login) komut seti (okuyucu cevabı)	116

1. GİRİŞ

RFID (Radio Frequency Identification), kişilerin ya da nesnelerin kimliğine ilişkin bilgilerin radyo dalgaları kullanılarak iletildiği sistemlerin genelini anlatan bir terimdir. RFID, kökleri 2. Dünya Savaşı yıllarına kadar uzanan bir teknolojidir. Almanlar, Japonlar ve Amerikalılar kilometrelerce uzaklıktaki düşman uçaklarını tespit etmek için radyo dalgalarını kullanıyorlardı. Radar adı verilen bu teknoloji, havacılıkta devrim yaratmış, pek çok hava muharebesinde etkin rol almış ve savaşın kaderini etkileyen unsurlardan biri olmuştur. Radar sinyalleriyle tespit edilen uçakların dost mu düşman mı olduklarının anlaşılabilmesi bu tekniğin en büyük problemiydi. Almanlar bu sorunu, görevden dönen uçaklarına birtakım özel manevralar yaptırarak aşıyorlardı. Böylece kendi uçaklarının düşman uçaklarından ayırt edilebilmesi mümkün oluyordu. Bu yöntem, tarihte bilinen ilk radyo frekansıyla kimlik tespit (RFID – Radio Frequency Identification) yöntemi olmuştur [2].

Son yıllarda RFID teknolojisi, özellikle lojistik, pazarlama ve hizmet sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. RFID teknolojisinin, yatırım maliyetlerinin ucuzlamasıyla birlikte yeni kullanım alanları da bulacağı ve hızla yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Barkod etiketlerin ortaya çıkışı, kimlik tanımlama sistemlerinde yaşanacak gelişmelerin adeta bir tetikleyicisi olmuştur. Barkodlar oldukça ucuz olmalarına rağmen, düşük depolama kapasiteleri ve programlanamıyor olmaları, pek çok uygulama için yetersiz kalmalarına neden olmuştur. Bu konuda hızla gelişen ve değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek en etkin çözüm verilerin silikon çipler içerisinde saklanmasıdır.

Elektronik veri taşıma cihazlarının en yaygın biçimi temas yüzeyli akıllı kart teknolojisidir. Bununla birlikte, mekanik kontak yüzeyi, pek çok uygulamada elverişsiz bir durum yaratabilmektedir. Bu noktada, veri taşıyıcı cihazla, okuyucu cihaz arasındaki veri transferinin temas olmaksızın gerçekleştirilmesi daha esnek bir çözüm olacaktır.

Temassız bir sistem için ideal durum, veri taşıyıcı cihazın çalışması için ihtiyaç duyacağı enerjiyi okuyucudan temin etmesidir.

Temassız kimlik tanıma teknolojileri, hızla, disiplinler arası bağımsız bir teknoloji dalı haline gelmektedir. RFID teknolojisi, HF teknolojisi, EMC, yarı iletken teknolojisi, veri koruma ve şifreleme, telekomünikasyon ve üretim teknolojileri gibi pek çok farklı disiplini bünyesinde barındırmaktadır.

Günümüzde pek çok şirket, RFID tabanlı sistemlerin geliştirilmesi ve satışı için önemli miktarlarda yatırım yapmaktadır. RFID pazarı milyarlarca dolar değerinde oldukça büyük bir pazar olup hızla gelişen ve büyüyen bir karakterdedir.

RFID sistemleri, rezonansa getirilmiş iki RLC devresi arasında oluşan manyetik bağlaşım (kuplaj) etkisinden faydalanılarak gerçekleştirilirler. RFID sistemleri okuyucu (reader) ve elektronik etiket (transponder) olmak üzere iki ana bileşenden oluşurlar. Okuyucunun yaydığı manyetik alan, hem elektronik etiketin enerjilenmesini sağlar (pasif elektronik etiketler için) hem de elektronik etiketle arasındaki haberleşmeyi tesis eder. Bu çalışmada 125 kHz frekansında haberleşen ve pasif bir elektronik etiketle çalışması planlanan temel bir RFID okuyucuyla çalışan bir sistem geliştirilmiştir. Sistem cep bilgisayarı (pocket pc) üzerinde çalışan bir programdan oluşmaktadır. Cep bilgisayarına bağlı olan okuyucu doktorlar tarafından hasta algılamada kullanılacaktır. Hastalara verilen elektronik etiket sayesinde yapılan muayeneleri kâğıt kullanmadan hızlı bir şekilde takip edilebilme imkânı doğacaktır.

2. RFID KAVRAMINA BAKIŞ

RFID sistemleri temaslı akıllı kart sistemleriyle benzerlikler taşımaktadır. Temaslı akıllı kartlara göre en temel farklılığı, veri taşıyıcı cihaz ile okuyucu arasındaki veri alışverişinin temas yüzeyi kullanılmak yerine radyo dalgaları kullanılarak gerçekleştirilebilmesidir.

2.1.1 RFID Tarihsel Gelişimi

RFID elektronik etiketlerin orijini geleneksel kâğıt elektronik etiketlere kadar uzanır. Kâğıt elektronik etiket sistemleri 1970 yılında otomatik tanımlama ve veri yakalama (AIDC) sistemlerine yerini bırakmıştır. RFID bu teknolojinin sadece bir parçası olarak gelişimini sürdürmüştür. Diğer teknolojilere barkod, OCR, kızılötesi (infrared) örnek verilebilir. RFID bu aile içinde yıldızı en çok parlayan teknolojidir. Sağlamış olduğu yararlar diğer teknolojilerle karşılaştırılmıyacak kadar önemlidir. RFID teknolojisini daha iyi anlamak için OCR, kızılötesi, barkod, akıllı elektronik etiketleri kısaca incelemekte yarar vardır.

2.1.1.1 Optik Karakter Tanıma (OCR)

OCR sistemler, yazıcıdan çıktısı alınmış dosyaları optik olarak tarayarak resmini oluştururlar. Oluşturulan resimler bilgisayar tarafından daha iyi işleyebilmesi amacıyla text formatına veya word belgesi haline getirilir. Resim dosyaları noktalardan oluştuğu için üzerinde arama yapılması veya değiştirilmesi çok zor olduğundan bu tip bir dönüşüm yapılmaktadır. OCR sistemler fiyat okumada da benzeri bir amaç için kullanılmıştır. Fakat tahmin edileceği gibi etkili bir yöntem değildir. Elektronik etiketin fiyat bilgisinin alınması ve dosya formatına dönüştürülmesi çok fazla fiyatın olduğu yerlerde uzun zaman almaktadır. RFID sistemlerle benzeri bir fiyat çok kısa sürede okunabilmektedir [3].

2.1.1.2 Kızılötesi (infrared) Tanımlama

Kızılötesi tanımlama teknolojisi RFID teknolojisine çok benzemektedir. Aralarındaki ana fark iki sistemin kullandığı frekans değerleridir. Elektromagnetik tayf (spectrum) da kızılötesi frekansı, RFID’de kullanılan mikro dalga frekans aralığından daha büyüktür. Kızılötesinde yol kayıtları frekans için çok fazladır. Ayrıca katı cisimlerden kızılötesi sinyaller geçememektedir. Sonuç olarak kızılötesi teknolojisi daha çok hareket takip etme ve gece gösterileri için kullanılmaktadır [3].

2.1.1.3 Barkod (Barcode)

Barkod bilginin makinalar tarafından okunabilmesi için bir takım farklı genişlikteki dikey çubuklardan oluşturulmuş semboller topluluğudur. Barkod bir optik elektronik teknolojidir. Lazer ışığı sembollerin üzerine yansıtılmakta ve tarayıcı tarafından okunmaktadır.

UPC (Universal Product Code) sembolleri birçok insan tarafından bilinen genel barkod standardıdır. 1952 yılında IBM çalışan iki araştırmacı bu konuda ilk patenti olarak ödüllendirildi.

Barkod sembolleri sadece rakamları sembolize ederken, ASCII karakterler ile büyük ve küçük harfler de eklenmiştir. Basit barkodlarda bilgi sığdırma miktarı azdır. Bunun da nedeni çizgilerin kalınlıklarıyla ifade edilecek bilgi miktarı sınırlıdır. Bunun yerine kare hücreleri içeren iki boyutlu barkodlar geliştirilmiştir [3].



Şekil 2.1 UPC A sembolü



Şekil 2.2 UPC E sembolü

2.1.1.3 Akıllı Elektronik Etiketler (Smart Electronic Label)

Barkod sistemlerinde lazer ışığı veri taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır. Akıllı etiketler ve RFID genel olarak radio dalgalarını kullanır. Bu yüzden barkod sistemleri optik teknoloji, RFID ise radyo frekansı veya RF teknoloji olarak bilinir [3].

2.1.2 RFID Avantajları

RFID nin avantajları genel olarak iki grupta toplanabilir:

- **Günümüzde:** Mevcut ürünlere bakarak yararları kolayca görülebilir.
- **Gelecekte:** Günümüzde bu avantajları değişik şekillerde görmek mümkün ve teknoloji geliştikçe yeni eklentiler gelmektedir.

Belirtilen maddeler resmi olarak kabul edilen gruplama olmasada belirli başlıklarda toplamak mümkündür. Bu maddeler RFID'nin avantajlarını anlamada yardımcı olacaktır.

- **Temassız (Contactless):** RFID elektronik etiket, okuyucu ile fiziksel bir temas olmasa bile okunabilmesi mümkündür.
- **Yazılabilir veri:** RFID elektronik etiketler birden fazla yazılabilir okunabilirler.
- **Görüş alanı dışında okuma:** Elektronik etiketi okumak için görüş alanı içerisinde bulunmasına gerek yoktur.

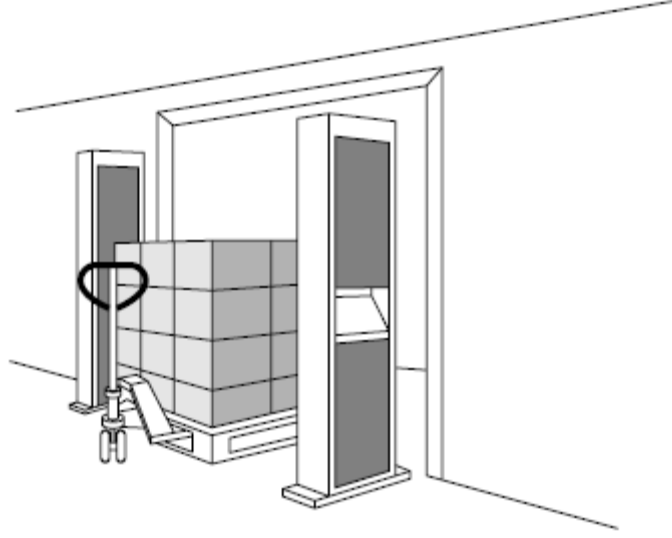
- **Değişik mesefade okuma uzaklığı:** RFID elektronik etiketler farklı uzaklıktan okumak mümkündür.
- **Geniş veri kapasitesi:** RFID elektronik etiketler bir kaç byte'tan kilobyte'a kadar değişik uzunlukta veri saklayabilirler.
- **Birden fazla elektronik etiket okuma:** Okuma alanı içinde birden fazla elektronik etiket verisi okumak mümkündür.
- **Akıllı işler yapması:** Veri taşımakla birlikte RFID elektronik etiketler, mevcut ortamının değerlerini ölçme gibi yetenekleri olacak şekilde üretilebilirler.
- **Yüksek okuma doğruluğu:** RFID'de %100 okuma doğruluğu verir.

2.1.3 RF Uygulamaları

RFID sistemler birçok alanda kullanılmaktadır. Burada bunlardan bazıları detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

2.1.3.1 Kapıda Giriş-Çıkış Okuma Sistemleri

Kapı girişlerinde RFID nin kullanılması, en bilinen ve yaygın kullanılan alanlarından biridir. Geçiş işleminin yapıldığı bir sorgu alanına kolayca bir okuyucu yerleştirilebilir. Palet üzerinde geçişi yapılan ürünleri sorgulamak mümkündür. Şekil 2.3'de kurulu bir kapı sistemi vardır.



Şekil 2.3 Kapı kontrol sistemi

İdeal bir kapı kontrol sistemi için şunlara ihtiyaç vardır.

- Yüksek güçlü UHF bir sistem
- Yeterli okuyucu anten gücü
- Bütün elektronik etiketleri okuyacak yeterli bir okuyucunun olması

2.1.3.2 Büyük Kapı Okuma Sistemleri

Kapıda giriş-çıkış işlemleri kapının bulunduğu bir noktadan ürünlerin okunmasını içermektedir. Bu sistemlerde ürün takibi dışında kontrollü giriş çıkış işlemlerinin yapılmasının istenilen her türlü alana okuyucu sisteminin kurulmasını içermektedir.

Bir kaç örnek verecek olursak:

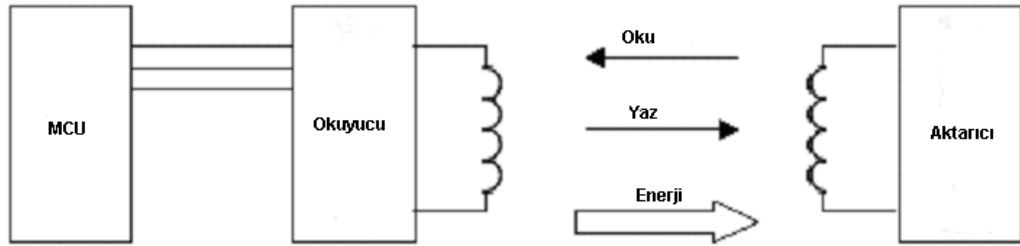
- Bagaj kontrol sistemlerinde
- Otoyollarda otomatik araç geçişlerinde
- Bina giriş-çıkış, güvenli alan kontrolünde
- Değerli eşyaların takibinde
- Rafli sistemlerde otomatik malzeme okunmasında
- Hastane ve benzeri yerlerde hasta takibinde
- Besi hayvanlarının takibinde

2.2 Bir RFID Sisteminin Oluşturan Bileşenler

RFID sistemleri okuyucu ve elektronik etiket olmak üzere iki temel bileşenden oluşurlar. Okuyucu, bir radyo frekans modülüne, bir kontrol ünitesine, elektronik etiket ise bağlaşma ünitesine (anten) ve bir mikroçipe sahiptir. Uygulamaya özgü farklı konfigürasyonlarda tasarlanan çeşitli okuyucular mevcuttur.

Elektronik etiketler ihtiyaç duydukları enerjiyi temin etme biçimlerine göre aktif ve pasif elektronik etiketler olarak ikiye ayrılırlar. Aktif elektronik etiketler üzerlerinde batarya üniteleri taşırlar. Pasif elektronik etiketler ise ihtiyaç duydukları enerjiyi okuyucunun manyetik alanından alırlar. Bir elektronik etiket okuyucunun etkin alanına girmedikçe tamamen pasif bir cihazdır ve yalnızca okuyucunun etkin alanına girince aktif olur [4].

Elektronik etiketi aktif etmek için gerekli olan güç elektromanyetik bağlaşım yardımıyla, zamanlama ve veri darbeleri olarak okuyucudan transfer edilir [4].



Şekil 2.4 Okuyucu ve elektronik etiket

RFID sistemleri iki ana kategoride incelenebilir:

- Tam Çift Yönlü / Yarım Çift Yönlü (Full Duplex / Half Duplex) Sistemler.
- Ardışıl Sistemler.

Tam çift yönlü ve yarım çift yönlü sistemlerde haberleşme, okuyucunun elektromanyetik alanı iletim ve alış yönüne göre anahtarlamasıyla sağlanır [4].

Buna karşın, ardışıl sistemlerde, okuyucunun alanı düzenli aralıklarla kapatılır. Bu aralıklar elektronik etiket tarafından algılanır ve elektronik etiketten okuyucuya veri transferi amacıyla kullanılır [4].

RFID sistemlerinde elektronik etiketlerin veri kapasiteleri birkaç byte'dan birkaç kbyte'a kadar değişebilmektedir. Yalnızca, 1 bit'lik elektronik etiketler bir istisnadır. Bu elektronik etiketler okuyucuya elektronik etiketin alanda olup olmadığını belirtebilmek üzere yalnızca 1 bitlik veri taşıyacak şekilde üretilirler. 1 bitlik elektronik etiketler basit uygulamalar için mükemmel bir çözüm sunabilirler. Bünyelerinde çip barındırmadıklarından dolayı çok ucuza üretilmektedirler. 1 bitlik elektronik etiketler mağazalarda ürünleri korumak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

RFID sistemler, elektronik etiketlerin veri yazılabilirliklerine göre sınıflandırılabilirler. En basit sistemlerde elektronik etiketlerin taşıdıkları veri, üretim esnasında üzerlerine yazılan bir seri numaradır ve sonradan değiştirilemez. Bu tip sistemler yalnızca okunabilir RFID sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Diğer taraftan, yazılabilir elektronik etiketlerde ise okuyucu elektronik etikete veri yazabilmektedir [4].

Endüktif olarak bağlı RFID sistemlerde kullanılan en yaygın depolama ortamı EEPROM'dur. Bununla birlikte EEPROM'lar, yazma işlemi sırasındaki yüksek güç tüketimleri ve sınırlı yazma sayıları nedeniyle birtakım dezavantajlara sahiptirler.

FRAM'lerin güç tüketimleri EEPROM'dan 100 kat daha düşük ve yazma zamanı 1000 kez daha kısadır. Fakat üretim problemleri nedeniyle FRAM'ler yaygınlaşmamışlardır.

Mikrodalga sistemlerinde, statik RAM'ler de veri depolamada kullanılmaktadırlar ve çok fazla sayıda yazma sayısına sahiptirler. Bununla birlikte, verinin korunabilmesi için enerjinin hiç kesilmemesi gerekmektedir.

Programlanabilir sistemlerde, hafızaya erişme izni ve erişim işleminin gerçekleşmesi dâhili bir kontrol birimi tarafından denetlenir. Erişimin denetlenmesi için mikroişlemciler kullanılmaktadır. Uygulama verisinin denetlenmesi için, üretim esnasında bir işletim sistemi mikroişlemciye yerleştirilir.

RFID sistemlerinin en önemli özelliklerinden biri de elektronik etiketlerin ihtiyaç duydukları enerjiyi okuyuculardan temin edebilmeleridir.

Pasif elektronik etiketler üzerlerinde güç kaynağı taşımazlar ve çalışmak için ihtiyaç duydukları tüm enerjiyi okuyucunun alanından temin ederler. Buna karşın aktif elektronik etiketler ihtiyaç duydukları enerjiyi üzerlerindeki bataryalardan sağlamaktadırlar.

RFID sistemlerinin önemli karakteristiklerinden birisi de çalışma frekansları ve etki alanlarıdır. Bir RFID sisteminin çalışma frekansı elektronik etiketlerin iletişim frekansıdır. Okuyucu ile elektronik etiket aynı frekansta çalışırlar. Bununla birlikte iletişim için gerekli olan güç miktarı elektronik etiketler için okuyucuların ihtiyaç duyduğundan onlarca kere daha düşüktür.

İletişim için kullanılan frekanslar üç temel bantta ele alınmaktadır: LF (low frequency, 30kHz-300kHz), HF (high frequency) / RF (radio frequency, 3MHz-30MHz) ve UHF (ultra high frequency, 300MHz-3GHz).

Elektronik etiketler aşağıdaki kılıflarda üretilmektedirler;

- Diskler ve jetonlar şeklinde.
- Plastik kılıf içerisinde.
- Cam kılıf içerisinde.
- Anahtar ve anahtarlıklar şeklinde.
- Saat şeklinde [1].

2.3 Frekans, İletişim Mesafesi ve Bağlaşım

2.3.1 Yakın Bağlaşım

Çok yakın mesafede çalıştırılan (0 cm - 1 cm) RFID sistemleri yakın bağlaşımli sistemler olarak bilinmektedirler. Yakın bağlaşımli sistemlerde DC ve 30 MHz arasında herhangi bir frekans kullanılabilir.

Yakın bağlaşımli sistemler öncelikle güvenliğin önemli olduğu uygulamalarda kullanılmaktadırlar ve uzak iletişim mesafeleri çok önem taşımamaktadır. Örnek olarak, elektronik kapı kilidi sistemlerinde ve temassız akıllı kartlı ödeme sistemlerinde bu sistemler kullanılmaktadır [4].

2.3.2 Uzak Bağlaşım

Okuma ve yazma mesafeleri 1 m'ye kadar olan sistemler uzak bağlaşımli sistemler olarak anılmaktadırlar. Tüm uzak bağlaşımli sistemlerde, okuyucu ve elektronik etiket arasında elektromanyetik bağlaşım kullanılır. Bundan dolayı bu sistemler endüktif radyo sistemleri olarak da bilinirler. Dünya üzerindeki mevcut RFID sistemlerinin %90-95'i endüktif bağlaşımli sistemlerdir [4].

Uzak bağlaşımli sistemlerde, iletişim frekansı olarak, 135 kHz'in altındaki frekanslar 6,75 MHz, 13,56 MHz ve 27,125 MHz frekansları kullanılabilir.

Endüktif bağlaşımli iletilebilecek güç çok düşüktür ve bu nedenle uzak bağlaşımli sistemlerde en yaygın elektronik etiket tipi yalnızca okunabilen elektronik etiketlerdir. Yalnızca okunabilen elektronik etiketler düşük güç tüketimleri nedeniyle uzak bağlaşım için elverişlidirler.

Bununla birlikte, mikroişlemcili elektronik etiketler (hem yazılabilen hem okunabilen) kullanan uzak bağlaşımli sistemler de mevcuttur.

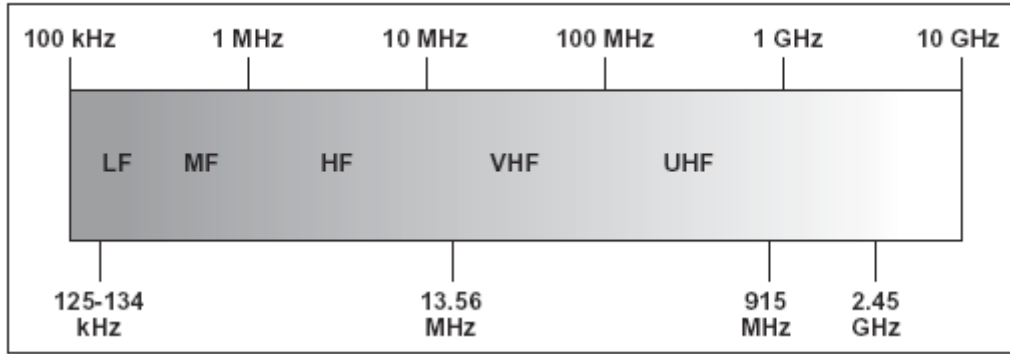
2.3.3 Uzun Mesafeli Sistemler

Uzun mesafeli sistemler 1 m ile 10 m arasında bir etkin alanda çalışabilen sistemlerdir. Tüm uzun mesafeli sistemler, mikrodalga bölgesindeki elektromanyetik

dalgaları kullanırlar. Transmisyon frekansı olarak 2,45 GHz yaygındır fakat 915 MHz'de, 5,86 GHz'de ve 24,125 GHz'de çalışan sistemler de mevcuttur.

Elektronik etiketlerin besleme ünitelerinin sağlayacağı enerji bir mikroişlemciyi çalıştırmak için yeterli değildir. Bu yüzden, uzun mesafe sistemlerinde yardımcı bir batarya kullanılmaktadır. Elektronik etikette ki yardımcı batarya okuyucu ile elektronik etiket arasındaki veri transferini sağlamaz yalnızca mikroişlemcinin çalışması ve verilerin saklanması için gerekli enerjiyi sağlar [4].

Okuyucu ve elektronik etiket arasındaki haberleşmede yalnızca okuyucudan alınan yüksek frekanslı elektromanyetik dalga kullanılır. Şekil 2.5'de frekans bantı gösterilmektedir [3].



Şekil 2.5 Frekans bantı

2.3.4 Sistem Performanslarının Değerlendirilmesi

RFID sistemlerini sınıflandırmanın bir yolu da onları yerine getirdikleri işlevlerle gruplandırmaktır. RFID sistemleri bu şekilde sınıflandırıldıklarında düşük seviyeli sistemlerden yüksek seviyeli sistemlere doğru sıralanabilir [4].

2.3.4.1 Yalnızca Okunabilir (Read Only) Sistemler

En düşük seviyeli sistemlerdir. Yalnızca okunabilirlik, elektronik etiketten veri okunabildiği fakat elektronik etikete veri yazılamadığı anlamına gelmektedir.

Yalnızca okunabilir sistemlerde kayıtlı veri genellikle birkaç bayttan oluşan ve üretim esnasında karta gömülen bir seri numarasından ibarettir. Okuyucunun yalnızca okunabilir bir elektronik etiketin içerisindeki veriyi değiştirmesi mümkün değildir ve bu nedenle veri akışı elektronik etiketten okuyucuya doğru tek yönlüdür. Ayrıca söz konusu sistemlerde, okuyucunun etkileşim alanında yalnızca bir elektronik etiket bulunmalıdır. Aynı anda birden fazla elektronik etiket bulunması durumunda bir çarpışma durumu meydana gelecektir. Bununla birlikte yalnızca okunabilir elektronik etiketler, yalnızca seri numaralarının okunmasının yeterli olacağı pek çok uygulama için mükemmel sonuçlar verebilmektedirler. İşlevlerinin basit olması nedeniyle, çip alanı en aza indirilebilmekte ve sonuç olarak da güç tüketiminin ve üretim maliyetlerinin düşürebilmesi mümkün olmaktadır. Yalnızca okunabilir sistemler < 135 kHz ile 2,45 GHz frekanslarında çalışmaktadır [4].

Yalnızca okunabilir sistemler pek çok elverişli özelliği ve hızla düşen sistem maliyetleri sayesinde yakın bir gelecekte barkod sistemlerinin fonksiyonelliğini yüklenilebilecektir. [1]

2.3.4.2 Orta Düzey Sistemler

Çeşitli bellek kapasitelerine sahip yazılabilir sistemleri kapsar. Bu sistemler pek çok farklı türde yapıyı barındırdıklarından genelleştirilebilmeleri zordur. Taşıdıkları belleklerin kapasiteleri 16 Byte ile 16 KByte arasında değişebilmektedir. Bu sistemler 135 kHz, 13.56 MHz, 27,125 MHz ve 2.456 GHz'de çalışabilmektedirler [4].

2.3.4.3 Yüksek Seviyeli Sistemler

Şifreleme özelliğini barındırırlar. Mikroişlemci kullanımı, şifreleme ve doğrulama için ihtiyaç duyulan karmaşık algoritmaların uygulanabilirliğini kolaylaştırmaktadır.

Yüksek seviyeli sistemlerde birkaç byte'tan birkaç kbyte'a kadar çeşitli kapasitelerde bellek kullanan ürünler bulunmaktadır.

2.4 Temel İşletim Prensipleri

2.4.1 1 Bit'lik Elektronik Etiketler

Bit (Binary digit), bilginin ifade edilebilen en küçük birimine verilen addır ve yalnızca iki konumu mevcuttur; "1" ve "0". Bundan dolayı 1 bit elektronik etiketler ile kurulan sistemlerde yalnızca iki durum tanımlıdır. Bu sınırlamaya rağmen, 1 bit elektronik etiketler oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Hırsızlığı önlemek amacıyla mağazalarda ve alışveriş merkezlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Mağaza ve alışveriş merkezlerinde 1 bit elektronik etiketlerle kurulan güvenlik ekipmanları şu bileşenlerden oluşur:

- Okuyucu (reader) anteni.
- Elektronik etiket (TAG).
- Elektronik etiketi etkin olmayan duruma getirmek için bir deaktivasyon elemanı.

Bazı sistemlerde, etkin olmayan duruma getirilmiş olan elektronik etiketi yeniden aktif etmede kullanılmak üzere bir reaktivasyon elemanı da bulunmaktadır.

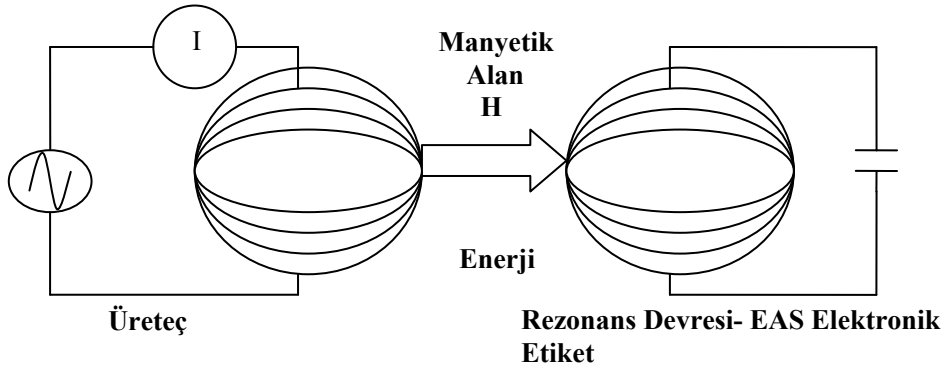
2.4.1.1 Radyo Frekansı

Sistem prensip olarak, en genel biçimiyle, sabit bir rezonans frekansına ayarlı bir RLC rezonans devresine dayanmaktadır. İlk versiyonlarda, elektronik etiketler (TAG) plastik bir kılıf içerisine gömülü vaziyetteydi. Şimdilerde ise, polietilen folyolara çizilen bobinlerle üretilen etiketler şeklinde kullanılmaktadırlar.

Folyo üzerinde 10 µm'lık bir yol aralığı kullanılarak rezonans devresi için ihtiyaç duyulan kapasite elde edilebilmektedir. Eğer bir rezonans devresi, değişen bir manyetik alana yaklaştırılırsa, değişen manyetik alan nedeniyle devrenin bobini üzerinde bir gerilim endüklenir [4].

Elektronik etiketin rezonans devresine osilasyon yaptırması için gerekli olan enerji manyetik alandan sağlanır.

Manyetik alandaki değişim, endüklenen akımın ve dolayısıyla gerilimin de değişmesine neden olur. Akım ve gerilimde kısa aralıklı değişimler gözlenir. Bu küçük değişimlere “Dip” adı verilir. “Dip” in görelî büyüklüğü iki bobin arasındaki boşluğa bağlıdır.



Şekil 2.6 1 Bitlik sistemin yapısı.

Değişen manyetik alanlar üretmek için geniş çerçeveli antenler kullanılır.



Şekil 2.7 Dikdörtgen şeklindeki bir kapı anteni.

Bu tip sistemler genel olarak EAS (Elektronik Article Surveillance-Elektronik Eşya Güvenliği) olarak adlandırılırlar. [1]

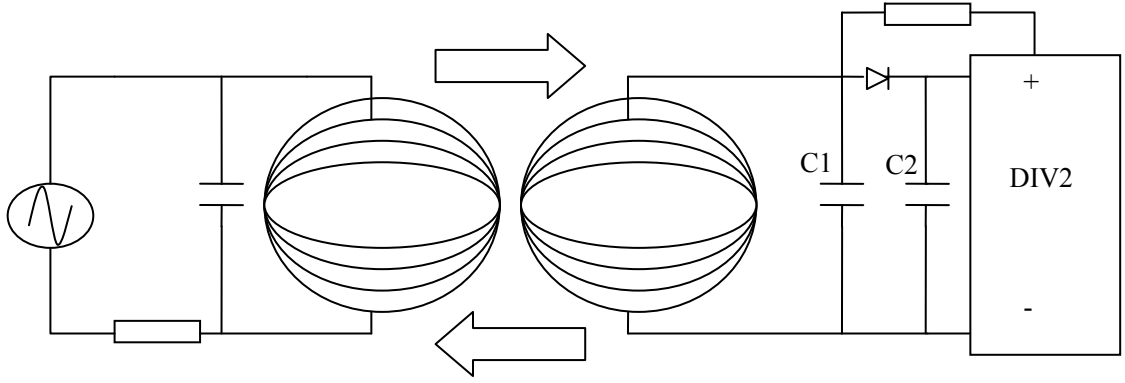
2.4.1.2 Mikro Dalga Prensibi

Mikro dalga bölgesindeki EAS sistemleri, çalışma frekansının harmonik bileşenlerini kullanırlar. f_A frekansına sahip bir sinüs, B harmoniğine sahip ise bu harmoniğin frekansı da f_B dir. f_B , f_A 'nın tam katıdır. Buna göre f_A frekansının harmonikleri $2f_A$, $3f_A$, $4f_A$ 'dır. Çıkış frekansının N'inci katı N'inci harmonik olarak adlandırılır. Buna göre çıkış frekansı kendisinin 1.harmoniğidir.

2.4.1.3 Frekans Bölücü Prensibi

Güvenli elektronik etiketlerde, bir yarı iletken devre ve bir rezonans devresi bobini bulunur. Bu elektronik etiketler sert plastik kılıf içerisine yerleştirilebilirler ve eşya üzerine kolaylıkla takılabilir ve çıkartılabilirler.

Elektronik etiket içerisindeki mikroişlemci, çalışmak için ihtiyaç duyduğu enerjiyi güvenlik cihazının ürettiği manyetik alandan elde eder. Elektronik etiketin bobinindeki frekans mikroçip tarafından ikiye bölünür ve güvenlik ekipmanına geri yollanır. Güvenlik ekipmanının manyetik alanı, algılama hızını arttırmak için daha düşük frekansları kullanır [4].



Şekil 2.8 Elektronik etiket ve okuyucu arasındaki frekans bölümlenmesi

2.4.1.4 Elektromanyetik Tipteki Elektronik Etiketler

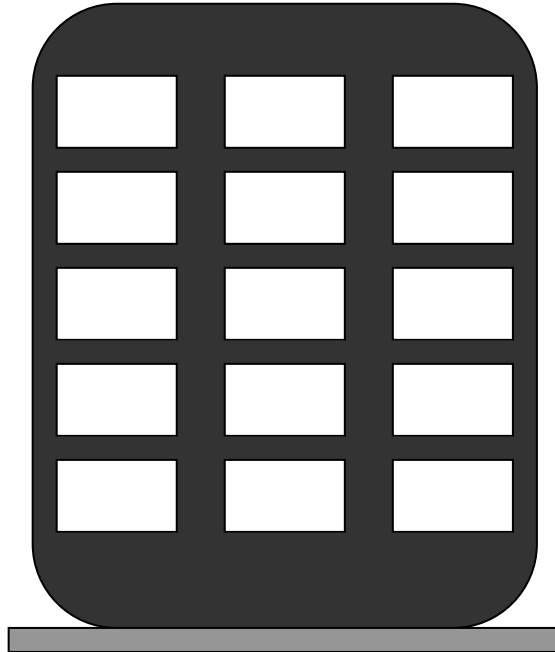
Bu tipteki elektronik etiketler, 1 Hz ile 20 kHz arasındaki bölgede yer alan güçlü manyetik alanları kullanırlar. Güvenli elektronik etiket yumuşak bir şerit anten içerir. Şeridin polaritesi, değişen manyetik alana bağlı olarak değişir [4].

Bu tipteki elektronik etiketlerin etkin olmayan hale getirilmesi için, güçlü bir sabit mıknatısın etkin alanı kullanılır. Etkin olmayan elektronik etiketin bünyesinde bulundurduğu şerit anten, mıknatısın etkisiyle polaritesini değiştirmiştir. Bu nedenle güvenlik ekipmanının (kapı anteni vs.) etkileşiminden kurtulur. Örneğin böyle bir elektronik etiket, herhangi bir mağazada bulunan bir ürünün üzerine iliştilmiş ise, müşteri tarafından ürünün satın alınması halinde, kasiyer tarafından, bir mıknatıs yardımıyla etkin olmayan duruma getirilir. Böylece elektronik etiket kapıdan çıkışta güvenlik ekipmanı tarafından algılanmaz. Ödemesi yapılmamış bir ürün, kapıdan çıkarılmaya kalkışıldığında ise elektronik etiket aktif olduğundan (doğru polariteli) güvenlik sistemi devreye girecektir [4].

Elektronik etiketler mıknatıslığın giderim işlemine tabi tutularak yeniden aktif edilebilirler. Etkisizleştirme ve tekrar aktif etme işlemi defalarca uygulanabilir.

Elektromanyetik tipteki elektronik etiketlerin tekrar tekrar kullanılabilirliği, özellikle kütüphanecilik alanında yaygın bir kullanım alanı bulmalarını sağlamıştır. Elektronik etiketler, küçük boyutları ve ucuz olmaları nedeniyle market ve gıda pazarlama sektörlerinde de gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Mıknatıslığın giderim işlemi için gerekli yeterlilikteki manyetik alanı oluşturmak için dar bir geçitteki çift raflı iki adet bobin sistemi kullanılır.



Şekil 2.9 Tipik bir kapı anteni tasarımı

Kapı antenlerde, her bir kolon bünyesinde 9 ya da 12 bobin bulunur. Bu, merkezde zayıf ama dışarıda daha güçlü manyetik alanlar oluşturacaktır. [1]

2.4.2 Tam Çift Yönlü ve Yarım Çift Yönlü Elektronik Etiketler

1 Bit Elektronik Etiketlerin aksine bu bölümde açıklanan elektronik etiketler, veri taşıma elemanı olarak mikroçipleri kullanırlar. Bu elektronik etiketler birkaç kbyte'a kadar veri taşıma kapasitesine sahip olabilirler. Bu tip elektronik etiketlere veri aktarımı iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- Tam çift yönlü aktarım.
- Yarım çift yönlü aktarım.

Yarım çift yönlü aktarımda (Half Duplex Procedure-HDP), elektronik etiketten okuyucuya veri aktarımı sırayla gerçekleşir.

Tam çift yönlü aktarımda ise (Full Duplex Procedure - FDX), elektronik etiketten okuyucuya ve okuyucudan elektronik etikete veri aktarımı aynı anda gerçekleşir.

Bununla birlikte, her iki yöntemde de okuyucudan elektronik etikete enerji transferi süreklidir.

Ardışıl sistemlerde ise, elektronik etiketten okuyucuya enerji transferi zamanın sadece belirli bir periyodunda gerçekleşir. Bu tip sistemlerde elektronik etiketten okuyucuya veri transferi güç kaynağı ile elektronik etiket arasındaki duraksamalarda gerçekleşir. [1]

2.4.2.1 Endüktif Bağlaşım

2.4.2.1.1 Pasif Elektronik Etiketler için Besleme Ünitesi

Endüktif bağlaşımlı bir elektronik etiket; elektronik veri taşıyıcısı bir devre, bir mikroçip ve geniş bir bobinden oluşur.

Endüktif bağlaşımlı elektronik etiketlerin büyük bir çoğunluğu pasif elektronik etiketlerdir. Bunun anlamı, mikroçipin çalışması için gerekli olan tüm enerjinin okuyucu tarafından sağlanmasıdır. Bu amaçla, okuyucunun anteni güçlü ve yüksek frekanslı bir manyetik alan üretecek şekilde tasarlanır.

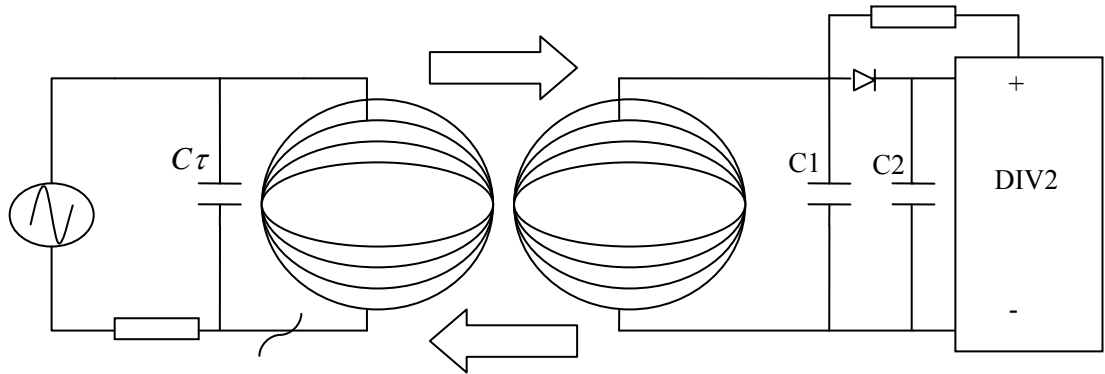
Kullanılan frekans bölgesinin dalga boyu (<135 kHz; 2400 m, 13.56 MHz; 22.1 m), okuyucunun anteni ve elektronik etiket arasındaki mesafeden birkaç kez daha büyük olduğundan, elektromanyetik alan, elektronik etiket ile anten arasındaki mesafeye göre değişecektir.

Yayınlanan alanın küçük bir kısmı elektronik etiketin anten bobini tarafından alınır. Anten bobininin endüktansı tarafından V_i gerilimi üretilir. Bu gerilim doğrultulur ve veri taşıyıcısı (mikroçip) için besleme voltajı olarak kullanılır.

Okuyucunun anten bobinine, paralel bir $C\tau$ kapasitörü bağlanır. Kapasitörün kapasitansı, anten bobini ile birlikte bir rezonans devresi oluşturacak şekilde seçilir. Rezonans frekansı okuyucunun iletişim frekansına denk düşer. Paralel rezonans devresinin rezonansa girmesi ile yüksek değerinde bir akım elde edilir ve bu yüksek akım sayesinde okuyucu anteni üzerinde, elektronik etikete uzaktan gerekli enerjiyi iletebilecek güçte bir manyetik alan üretilir.

Elektronik etiketin anten bobini ve paralel kapasitörünün değeri okuyucunun çalışma frekansına ayarlıdır. Paralel rezonans devresinin rezonansa gelmesi ile elektronik etiket antenindeki V gerilimi maksimum değerine ulaşır.

Elektronik etiket ve okuyucunun bobinleri birlikte düşünüldüğünde, iki sargısı arasında zayıf bir bağlaşım bulunan bir transformatöre benzetilebilir.



Şekil 2.10 Elektronik etiket ve okuyucu arasında gerçekleşen endüktif bağlaşım

Okuyucunun antenindeki gücün elektronik etiket antenine aktarımının verimliliği; işletim frekansı f , sarım sayısı n , elektronik etiket bobininin alanı A , antenlerinin birbirlerine göre açısı ve bobinlerin arasındaki uzaklığa bağlıdır.

f frekansı arttıkça, elektronik etiketin bobinin endüktansı ve böylece n sarım sayısı azalır (Tipik olarak 135 kHz için 100-1000 sarım, 13.56 MHz için 3-10 sarım). Sarım sayısının azalması, elektronik etikette endüklenen voltajla orantılı olduğundan, güç transferinin verimliliğini de etkiler.

Endüktif bağlaşımlı sistemler güç transferi açısından çok verimsiz olduklarından yalnızca düşük akımlı sistemler için uygundur. Yalnızca okunabilen (read only) elektronik etiketler son derece düşük miktarlardaki güç tüketimleri nedeniyle tipik olarak 15 cm'ye kadar olan okuma mesafelerine sahiptirler [1].

2.4.2.1.2 Elektronik Etiket Okuyucuya Veri Transferi

2.4.2.1.2.1 Yük Modülasyonu

Yukarıda tanımlandığı üzere, endüktif olarak bağlaşımlı sistemler, birincil bobini okuyucuda, ikincil bobini ise elektronik etikette bulunan bir transformatör gibi davranırlar.

Bu durum, bobinler arası mesafe 0.16λ 'yı aşmadıkça geçerlidir. Bu nedenle elektronik etiket verici antenin yakınına konumlandırılır.

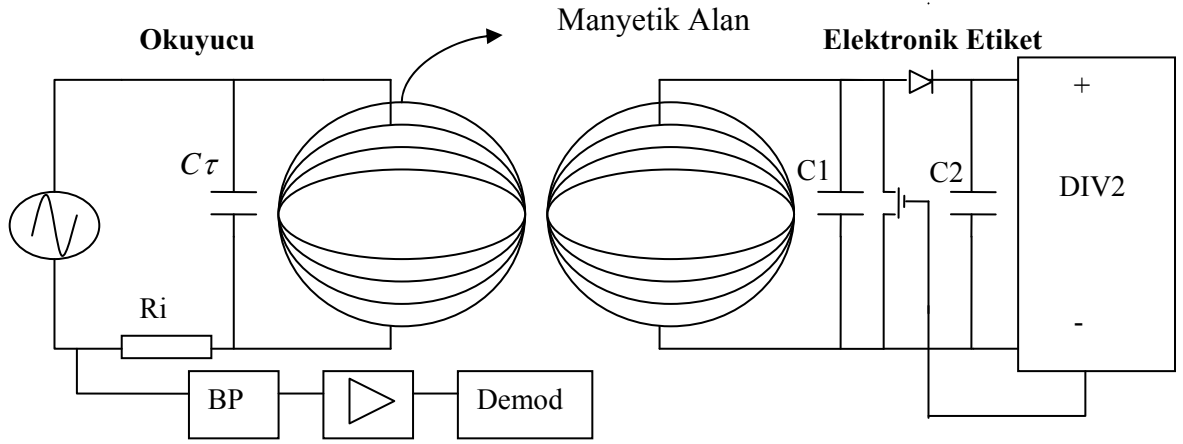
Eğer bir elektronik etiketi okuyucunun anteninin değişen manyetik alanına yerleştirirsek, elektronik etiket bobininde bir akım ve buna bağlı olarak bir gerilim endüklenir.

Elektronik etiketin antenindeki yük direncinin açılıp kapatılması, okuyucunun antenindeki gerilim değişimini etkiler ve böylece uzaktaki elektronik etiketin anten gerilimi ile genlik modülasyonu oluşur. Okuyucuda, elektronik etiketten gönderilen verinin yeniden elde edilmesi için okuyucunun antenindeki gerilim ölçülür ve doğrultulur.

2.4.2.1.2.2 Alt Taşıyıcı Yük Modülasyonu

Pratikte, 13.56 MHz'lik sistem için verilen bir 100 V'luk gerilim için, kullanışlı işaret 10 mV civarındadır. Bu küçük gerilim değişimini algılamak karmaşık devreler

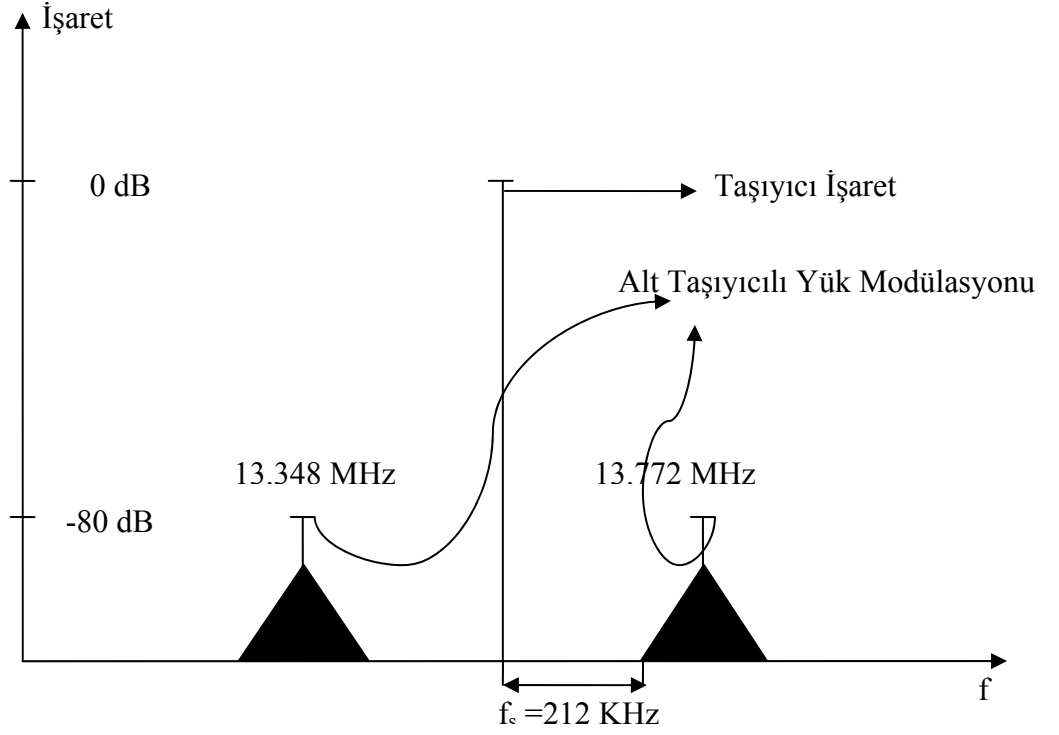
gerektirir. Bu nedenle, anten gerilimindeki genlik modülasyonu ile yaratılan yanbant modülasyonu kullanılır.



Şekil 2.11 Alt taşıyıcılı yük modülasyonu

Elektronik etiket üzerindeki çipin, FET'in akçe-kaynak direncini anahtarlanmasıyla yük modülasyonunun gerçekleştirilir.

Eğer ilave yük direnci temel f_s frekansında anahtarlanırsa, okuyucunun iletişim frekansı olan f_{READER} 'ın $\mp f_s$ etrafında iki spektral çizgi oluşur.



Şekil 2.12 Alt taşıyıcılı yük modülasyonu frekans spektrumu

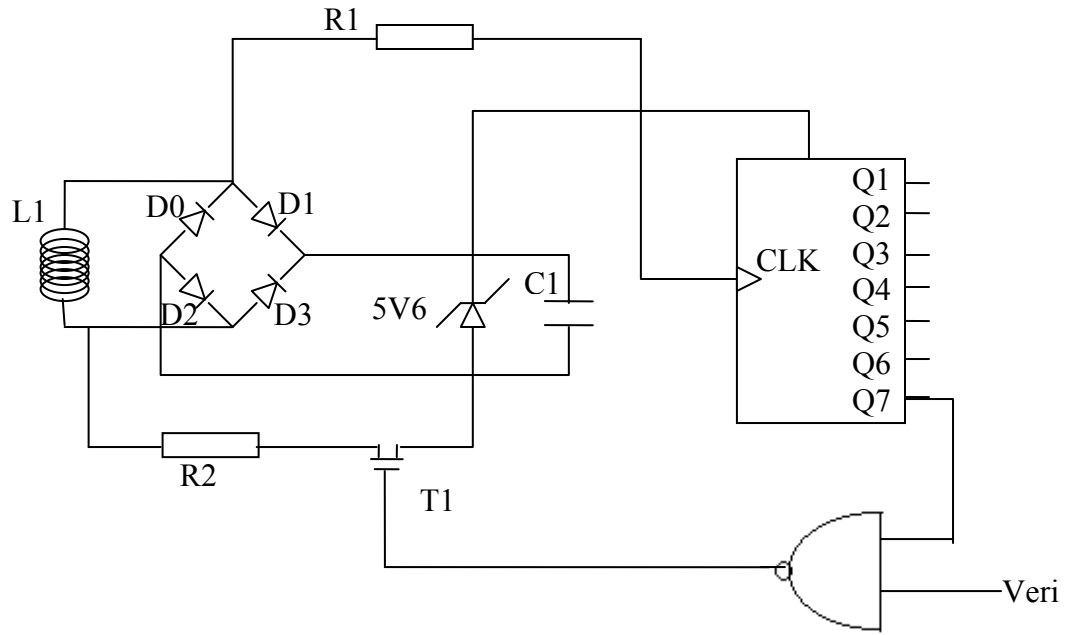
Alt taşıyıcılı yük modülasyonu, okuyucu anteninde, okuyucunun temel frekansının alt taşıyıcı frekansı civarında iki adet yan bant oluşturur. Bu yan bantlar, okuyucunun son derece güçlü olan temel işaretinden, bir bant geçiren filtre yardımıyla kolayca ayrıştırılabilir.

Alt taşıyıcı modülasyonu, büyük bir bantgenişliği gerektirdiğinden yalnızca 6.78 MHz, 13.56 MHz ve 27.125 MHz frekanslarında kullanılabilir.

Alt Taşıyıcılı Yük Modülasyonu Devresi

Şekil 2.13’de alt taşıyıcılı yük modülasyon için örnek bir devre vardır. Okuyucunun değişen manyetik alanı tarafından, anten bobini L1’de endüklenen gerilim, D1-D4 köprü doğrultucusu yardımıyla doğrultulur ve C1 ile yumuşatıldıktan sonra, devre için uygun besleme gerilimine dönüştürülür. Paralel düzenleyici (ZD 5V6) besleme geriliminde oluşabilecek ani yükselmeleri önler.

Anten geriliminin yüksek frekanslı bileşeni, frekans bölücünün zamanlayıcı kısmına R1 koruma direnci yoluyla iletilir ve elektronik etiket için gerekli saat işaretini sağlar. 212 kHz'lik alt taşıyıcı saat işaretinin 2^6 (= 64) ile bölünmüş hali çıkışa ulaşır. Alt taşıyıcı saat işareti veri girişindeki seri veri akışıyla kontrol edilir. Eğer veri girişinde lojik 1 seviyesi varsa alt taşıyıcı saat işareti (T1) anahtara iletilir. Ardından yük direnci (R2) alt taşıyıcı frekansında açılıp kapatılır [1].



Şekil 2.13 Alt taşıyıcı yük modülasyonu üretme devresi

3. RFID SİSTEMLERİNİN TEMEL PRENSİPLERİ

RFID sistemlerinin büyük bir çoğunluğu endüktif bağlaşım prensipleriyle çalışırlar. Bundan dolayı, RFID cihazlardaki enerji ve veri aktarımı işlemlerinin nasıl gerçekleştiğini anlamak için elektromanyetik alan teorisinin birtakım temel ilkelerinin bilinmesi gereklidir.

3.1 Genel Kavramlar

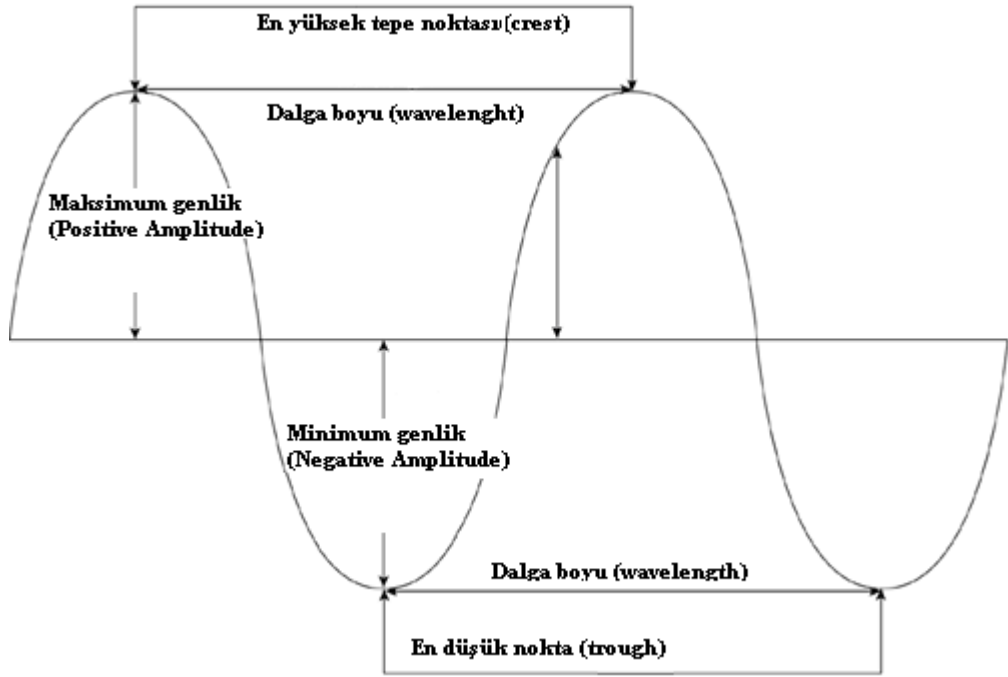
3.1.1 Dalga

Dalga (wave) enerjiyi bir noktadan diğeri bir noktaya taşıyan bir bozucu etkidir. Elektromagnetik dalgalar hareket halindeki elektronlar vasıtasıyla oluşturulurlar. Bu dalgalar farklı meteryal tipleri arasından geçebilirler.

Bir dalganın en yüksek noktasına tepe (crest), en düşük noktasına çukur (trough) denir. İki tepe arasındaki veya iki çukur arasındaki uzaklığa dalgaboyu (wavelength) denir.

Dalğanın salınımı bir dalga boyu olursa bir tur (cycle) diye tanımlanır. Saniyedeki tur sayısına dalğanın frekansı (frequency) denir. Dalğanın frekansı hertz cinsinden ölçülür. Eğer bir dalğanın frekansı 1 Hz ise, dalğanın tur salınımı saniyede bir keredir. Frekans genel olarak kHz (1 kilohertz =1,000Hz), MHz (veya megahertz = 1,000,000) ve GHz (1 gigahertz = 1,000,000,000) üst birimleri ile verilir.

Sıfır ortalamalı bir sinüzoidalın genliği (amplitude) tepe noktasının veya çukurun yüksekliğidir.



Şekil 3.1.1 Sinüzoidal dalganın çeşitli parametrelerinin gösterimi

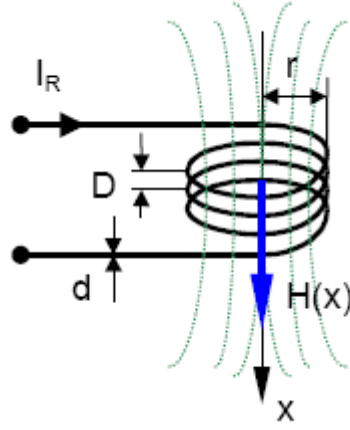
3.2 Manyetik Alan

3.2.1 Manyetik Alan Şiddeti

Hareket halindeki bütün yüklerin etrafında bir manyetik alan mevcuttur. Manyetik alanının büyüklüğü “manyetik alan şiddeti” olarak adlandırılır.

Kapalı bir daire boyunca oluşan manyetik alan şiddetinin dairesel integrali, o daire boyunca akan akımların toplamına eşittir. Ve bu durum aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$\sum I = \oint \vec{H} d\vec{s} \quad (3.1)$$



Şekil 3.2 Silindirik bobin

Doğrusal bir iletken boyunca akan akımdan ötürü iletkenin r kadar uzakta oluşan manyetik alan şiddeti;

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (3.2)$$

olacaktır.

Dairesel sarımlardan oluşmuş bir kangalın x ekseninde oluşan alan şiddeti aşağıdaki eşitlikle verilebilir.

$$H = \frac{INR^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (3.3)$$

$$d \ll R \quad \text{ve} \quad x < \lambda/2\pi$$

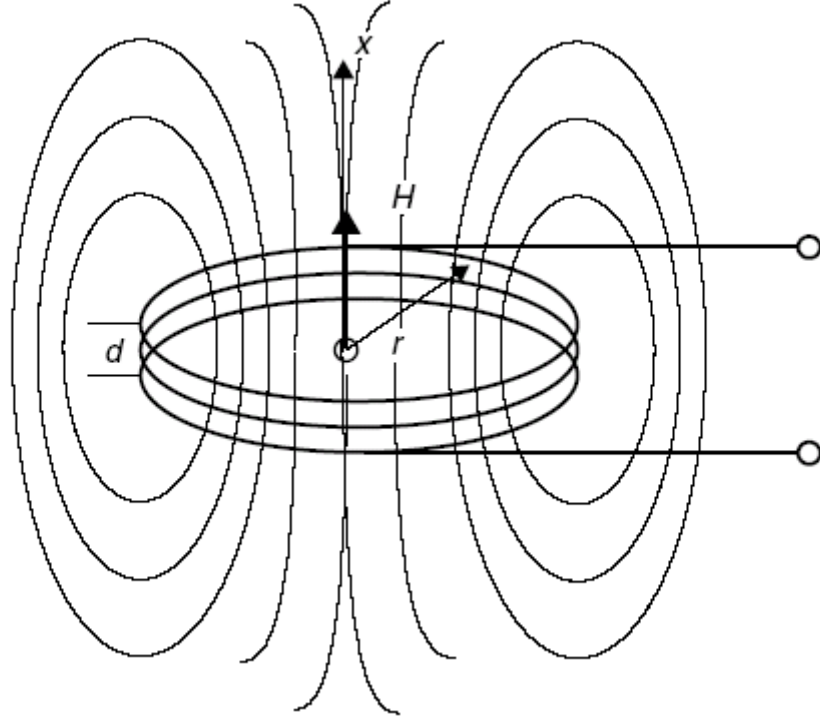
N: Sarım sayısı

R: Daire yarıçapı

x: x ekseninde kangalın merkezine olan uzaklık

Antenin merkezindeki ($x = 0$) manyetik alan şiddeti:

$$H = \frac{IN}{2R} \quad \text{olur.} \quad (3.4)$$



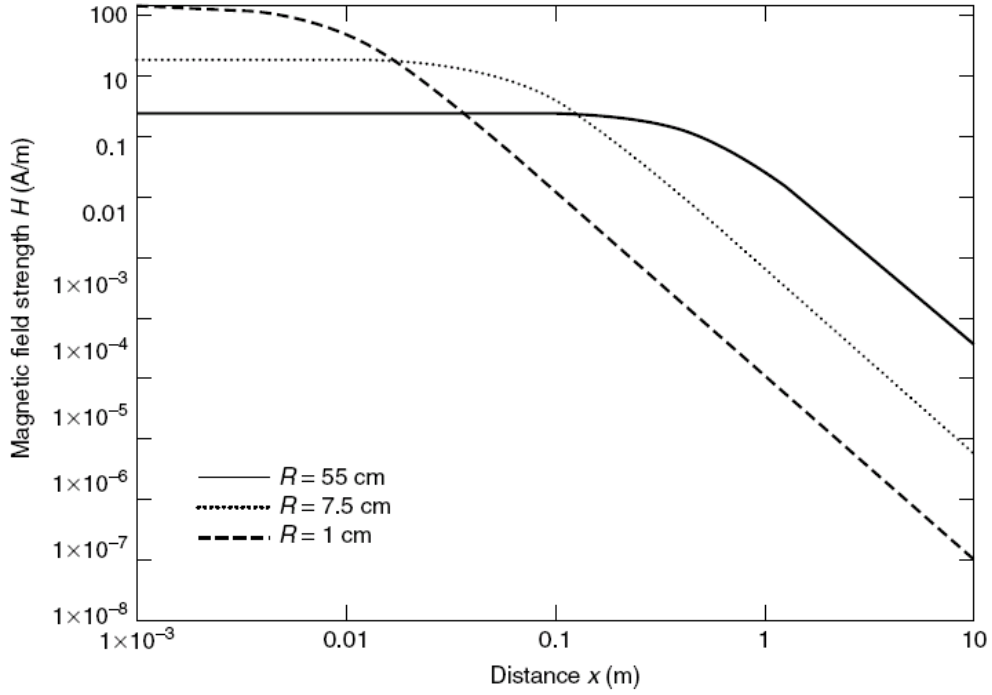
Şekil 3.2 Silindirik bobin

Kenar uzunlukları a ve b olmak üzere, dikdörtgen şeklindeki bir sarım için manyetik alan şiddeti ifadesi:

$$H = \frac{NIab}{4\pi \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + x^2}} \left(\frac{1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + x^2} + \frac{1}{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + x^2} \right) \quad (3.5)$$

Aşağıdaki grafik, birbirinden yarıçap olarak farklı üç dairesel sarımlı antenin alan şiddeti ile anten merkezinden uzaklıklarının ilişkisini göstermektedir. Antenlerin sarım sayıları ve akan akımların değeri sabit tutulmuştur. Söz konusu üç anten için

H1: R = 55 cm, H2: R = 7.5 cm, H3: R = 1 cm.

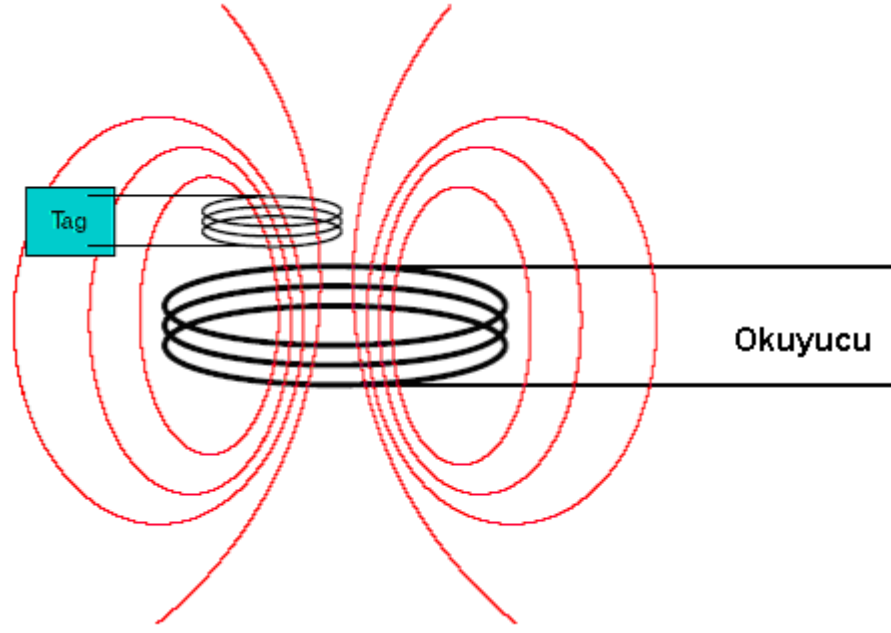


Şekil 3.3 Çeşitli yarıçaplarda antenler için manyetik alan şiddeti değerleri

Grafikten de görülebileceği gibi yarıçapı en küçük olan anten merkezde ve merkeze yakın bölgelerde ($x < R$) en yüksek akım şiddeti değerini üretmekte fakat uzak mesafeler için ($x > R$) yarıçapı büyük olan antenler daha iyi performans göstermektedir. RFID sistemlerinin tasarımında bu etkinin göz önünde bulundurulması çok önemlidir [1].

3.2.2 Manyetik Akı ve Manyetik Akı Yoğunluğu

Silindirik bir bobin telinden bir elektrik akımı geçirildiğinde, bobinin yakınlarında bulunduran metaller üzerinde bir kuvvet olduğu fark edilir. Söz konusu silindirin içerisine yumuşak demirden bir nüve yerleştirecek olursak, silindirin oluşturduğu alan kuvvetinin arttığını gözlemleriz. Manyetik alan şiddetini tanımlayan eşitlik hatırlandığında, eşitliğin böleni olarak yer alan $I \times N$ çarpımının sabit kaldığı ve bu sebeple manyetik alan şiddetinin de değişmeyeceği anlaşılabilir. Öte yandan manyetik alandan kaynaklanan kuvvet üzerinde en çok etkili olan unsur manyetik akı yoğunluğudur.



Şekil 3.4 Okuyucu bobininde oluşan manyetik akı çizgileri

Manyetik akı toplamı ya da kısaca manyetik akı, manyetik alan çizgilerinin toplamı olarak adlandırılır ve Φ olarak ifade edilir. Manyetik akı yoğunluğu B , birim alandaki manyetik akı miktarıdır ve bu ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Phi = BA \quad (3.6)$$

B: Manyetik akı yoğunluğu.
A: Fiziksel alan miktarı.

Manyetik akı yoğunluğu, malzemenin cinsine bağlı olarak değişir ve bu ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad (3.7)$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-6} \text{Vs/Am}$ manyetik alan sabiti olup boşluğun manyetik iletkenliğini tanımlar. μ_r ise görece olarak boşluğu dolduran malzemenin manyetik iletkenliğini tanımlar.

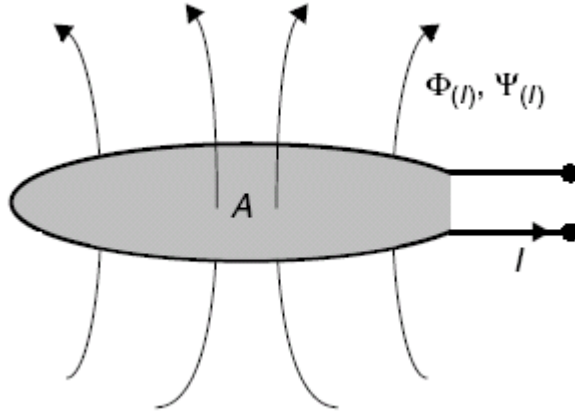
3.2.3 Endüktans

Manyetik alan ve bu alana bağlı bir manyetik akı, herhangi bir şekle sahip herhangi bir iletken etrafında oluşturulabilir. Eğer iletken dairesel bir şekle sahipse, etrafında oluşan manyetik alan şiddeti alelade bir şekle sahip türdeş başka bir iletkene göre daha güçlü olacaktır. Manyetik alan üretmek için kullanılan dairesel şekle sahip iletkenler genelde birden fazla sarımdan oluşurlar. Birbiriyle türdeş N adet sarıma sahip böyle bir iletkenin toplam manyetik akı değeri:

$$\Psi = \sum_N \Phi_N = N\Phi = N\mu HA \quad (3.8)$$

olur.

Bir iletken etrafında oluşan toplam manyetik akının o iletkenin içerisinde geçen akıya oranına endüktans adı verilir.



Şekil 3.5 Endüktansın tanımı

Şu halde endüktans ifadesi:

$$L = N^2 \mu_0 R \ln\left(\frac{2R}{d}\right) \quad (3.9)$$

Endüktans, iletken bobinlerin karakteristik özelliklerinden birisidir. Bobinlerin endüktans değeri, bobinin oluşturduğu elektrik alanın geçtiği malzemenin özellikleri ile bobinin geometrik özelliklerine bağlı olarak değişir [1].

3.2.4 Ortak Endüktans

İçinden akım akan herhangi bir bobinin yakınında bir bölgeye ikinci bir bobin yaklaştırılırsa, her iki bobin arasında elektromanyetik bir bağlaşım diğer bir ifadeyle kuplaj meydana gelecektir.

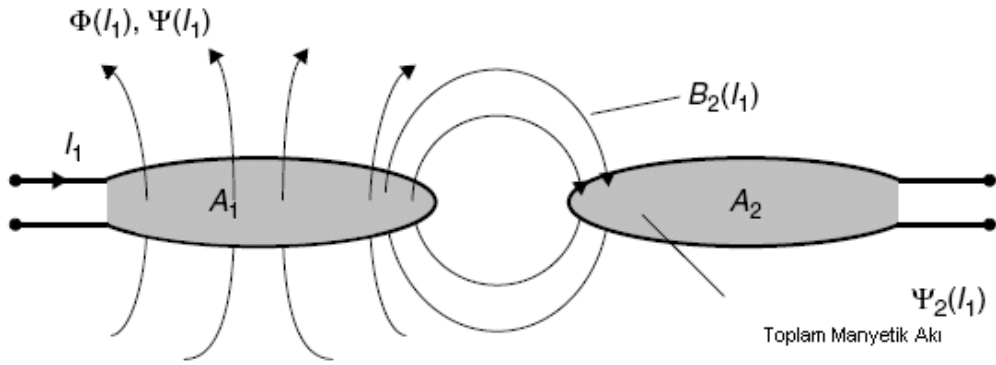
$$M_{21} = \frac{\Psi_{21}(I_1)}{I_1} = \oint_{A_2} \frac{B_2(I_1)}{I_1} dA_2 \quad (3.10)$$

benzer şekilde

$$M_{12} = \frac{\Psi_{12}(I_2)}{I_2} = \oint_{A_1} \frac{B_1(I_2)}{I_2} dA_1 \quad (3.11)$$

verilebilir.

$$M = M_{12} = M_{21} \quad (3.12)$$



Şekil 3.6 Ortak Endüktans

Ortak endüktans, iki iletken sarımın manyetik ortam üzerinden bağlaşımını tanımlayan bir parametredir. Şekil 3.6'daki iki elektrik devresi arasında daima bir ortak endüktans mevcuttur.

İki bobinin elektromanyetik alan üzerinden bağlaşımı, RFID sistemlerinin temelini oluşturur [1].

3.2.5 Kuplaj Katsayısı

Ortak endüktans, iki iletken arasındaki elektromanyetik bağlaşımı gösteren nicel bir tanımlamadır. Bununla birlikte, iki iletken halkanın arasındaki elektromanyetik kuplajı nitel olarak tanımlayabilmek için kuplaj katsayı “k” tanımlanmıştır.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}, \quad 0 \leq k \leq 1 \quad (3.13)$$

- $k = 0$: Mesafenin çok uzak olması ya da elektromanyetik koruma uygulanması nedeniyle kuplaj oluşmamıştır.
- $k = 1$: Tam kuplaj durumu. Her iki bobin arasındaki uzaklık “0” olduğunda gerçekleşir. Transformator, tam kuplajın uygulandığı pratik örneklerden biridir. Manyetik iletkenliği yüksek demir bir nüve etrafında iki ya da daha çok sarımın sarılmasıyla elde edildiğinden, sarımlar arası uzaklık “0” dır ve sarımlar aynı manyetik akıya maruz kalırlar [1].

3.2.6 Faraday Yasası

Manyetik akıdaki herhangi bir değişim bir elektrik alan şiddeti yaratır. Manyetik alanın bu karakteristiği “Faraday Kanunu” olarak adlandırılır.

Üretilen elektrik alanın şiddeti, boşluğu kaplayan malzemenin cinsiyle yakından ilişkilidir.

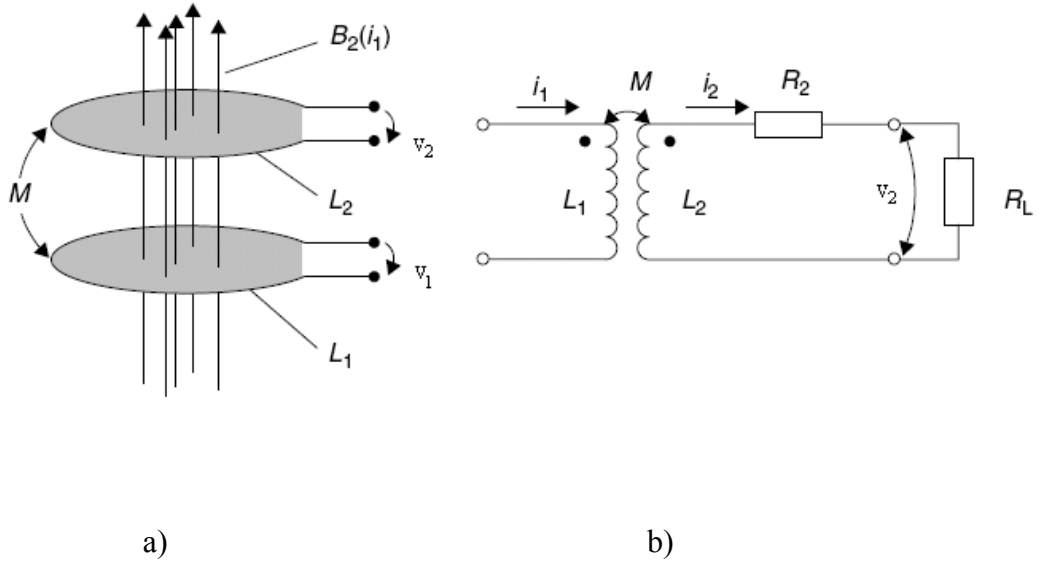
Faraday Kanunu en genel biçimiyle aşağıdaki eşitlikle tanımlanabilir:

$$v_i = \oint E_i ds = -\frac{d\Psi(t)}{dt} \quad (3.14)$$

N sargılı iletken bir halka içinse;

$$v_i = Nd\Psi / dt \text{ olur.} \quad (3.15)$$

İletken bir halkadan akan ve zamanla değişken $i(t)$ akımı, yine zamanla değişken bir manyetik akı $d\Phi(i_1)/dt$ meydana getirir.



Şekil 3.7 a) Manyetik bağlaşımlı iletken halkalar, b) Manyetik bağlaşımlı iletken halkalara ilişkin eşdeğer devre

Manyetik bağlaşımla bağlı RFID sistemlerini anlayabilmek için endüktans kanununun bilinmesi gerekir. Endüktans kanununa göre, manyetik bağlaşımla birbirine bağlı L_1 ve L_2 bobinleri üzerinde, üzerlerinden akan manyetik akıya bağlı olmak üzere belirli miktarlarda gerilim endüklenir.

Şekil 3.7b’de endüktif kuplajlı iki iletken halka gösterilmektedir. Endüktif bağlaşımlı RFID sistemlerinde, L_1 okuyucun antenini, L_2 ise elektronik etiketin antenini belirtmektedir. Burada R_2 elektronik etiketin anten direncini göstermektedir. Verileri saklayan bellek elemanının akıma karşı gösterdiği direnç R_L ile sembolize edilmiştir.

L_1 bobini üzerinde meydana gelen zamanla değişken manyetik akı, ortak endüktans M ’den ötürü, L_2 bir v_2 gerilimi endüklenmesine neden olacaktır. Ayrıca, R_2 direnci üzerinde de ilave bir gerilim düşmesi daha meydana gelecektir [1].

$$v_2 = + \frac{d\Psi_2}{dt} = M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} = -i_2 R_2 \quad (3.16)$$

Pratikte i_1 ve i_2 akımları sinüzoidal olduklarından yukarıdaki ifadeyi daha doğru bir biçimde karmaşık düzlemde yeniden düzenlersek;

$$v_2 = j\omega M i_1 - j\omega L_2 i_2 - i_2 R_2 \quad (3.17)$$

$$i_2 = v_2 / R_L \quad \text{yazarsak;}$$

$$v_2 = \frac{j\omega M i_1}{1 + \frac{j\omega L_2 + R_2}{R_L}} \quad (3.18)$$

$$R_L \rightarrow \infty : v_2 = j\omega M i_1$$

$$R_L \rightarrow 0 : v_2 \rightarrow 0$$

3.2.7 Rezonans

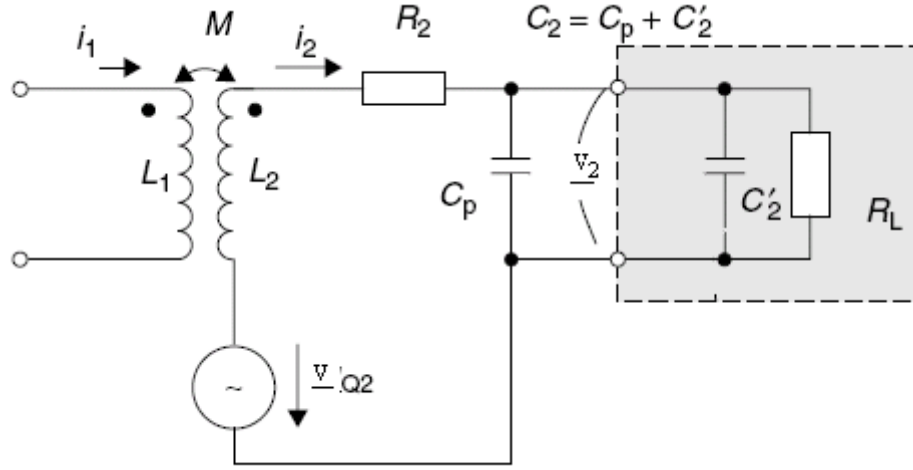
Elektronik etiket bobininde endüklenen v_2 gerilimi, pasif bir elektronik etikette bulunan yarı iletken bellek kırılgılığı ile işlemci ünitenin beslemesinde kullanılır. Elektronik etiket için Şekil 3.8'de verilen eşdeğer devreye ilaveten, pratik uygulamada, antende endüklenen gerilimin verimliliğini arttırmak amacıyla, elektronik etiket antenine paralel bir C_2 kapasitesi uygulanır ve paralel rezonans devresi oluşturulur. Paralel rezonans devrelerinde rezonans frekansı Thomson eşitliği olarak adlandırılan aşağıdaki ifadeyle verilir [4].

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad (3.19)$$

Pratikte, C_2 kapasitesi paralel kapasite C_2' ve parazit kapasitesi C_p den oluşur.

Paralel kapasite C_2' nin alması gereken değer;

$$C_2' = \frac{1}{(2\pi f)^2 L_2} - C_p \quad \text{olur.}$$



Şekil 3.8 Elektronik etiket ile okuyucu arasındaki manyetik bağlaşımın eşdeğer devresi

Burada R_2 elektronik etiket bobini L_2 'nin direncini, R_L ise elektronik etiketin içerisindeki yarıilekten kırımağın direncini temsil eder.

Eşdeğer devre uyarınca, şayet L_2 bobini üzerinde $v_{Q2} = v_i$ gerilimi endüklenirse, elektronik etiketin veri taşıyıcısı yük direnci R_L üzerinde de v_2 gerilimi ölçülür.

$$v_2 = \frac{jv_{Q2}}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (3.20)$$

$$v_{Q2} = v_i = j\omega M i_1 = \omega k \sqrt{L_1 L_2} \quad (3.21)$$

Eşitliğı, v_2 gerilimi ve elektronik etiket ile okuyucu arasındaki manyetik kuplajın ilişkisini gösterecek şekilde düzenlersek;

$$v_2 = \frac{j\omega M i_1}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (3.22)$$

ve

$$v_2 = \frac{j\omega k i_1 \sqrt{L_1 L_2}}{1 + (j\omega L_2 + R_2) \left(\frac{1}{R_L} + j\omega C_2 \right)} \quad (3.23)$$

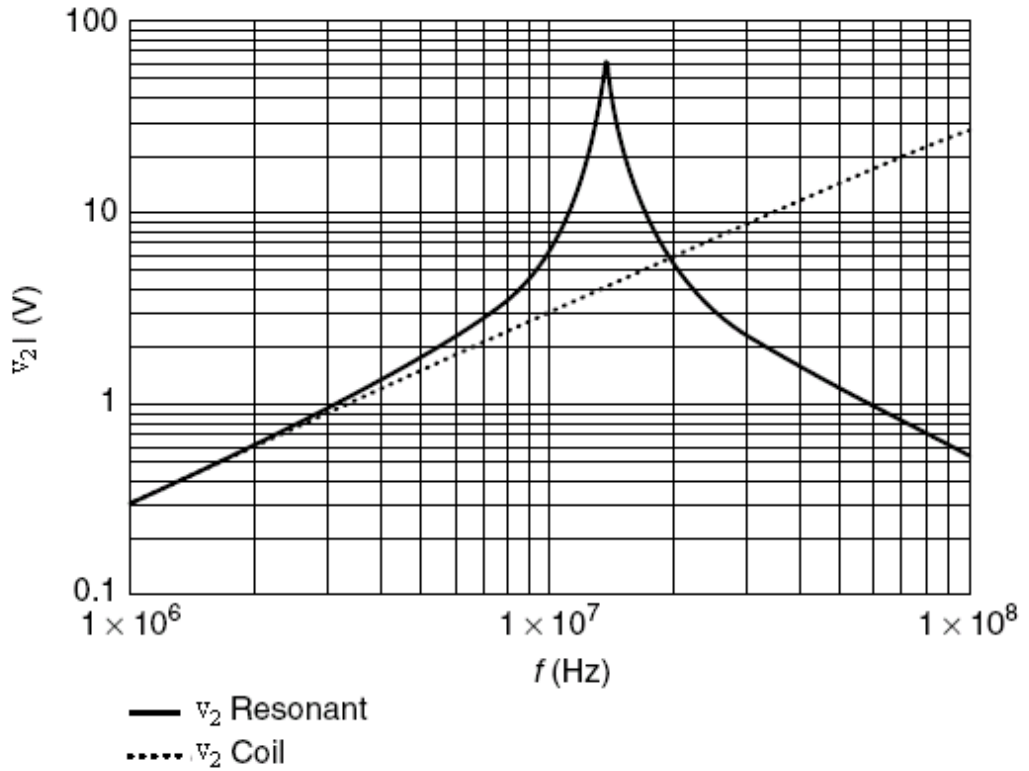
kompleks düzlemde kurtarırsak;

$$v_2 = \frac{\omega k i_1 \sqrt{L_1 L_2}}{\sqrt{\left(\frac{\omega L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2 \right)^2 + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}} \quad (3.24)$$

olacaktır.

Burada $C_2 = C_2' + C_p$ dir.

Şekil 3.9'da paralel rezonans devresinin rezonans frekansından itibaren, antende endüklene gerilim üzerinde nasıl bir etki gösterdiği açıkça görülmektedir.



Şekil 3.9 Elektronik etiket bobininde oluşan rezonansın etkisi

Yukarıdaki grafikte, v_2 geriliminin frekansa göre değişimi görülmektedir. Kesik çizgiler, paralel rezonans uygulanmamış devrenin değişim eğrisini, koyu çizgiler ise paralel rezonans devresinin tatbik edilmesiyle elde edilen değişim eğrisini göstermektedir.

v_2 gerilimindeki değişim karşılaştırmalı olarak ele alındığında, rezonans frekansına kadar, paralel rezonans devresinin uygulandığı ve uygulanmadığı koşullar için paralel bir değişim izlediği görülebilir. Bununla birlikte, rezonans frekansına erişildiği durumda ise, paralel rezonans devresinin uygulandığı anten konfigürasyonunda yalnızca antenden oluşan konfigürasyona nazaran gerilim değerinin birkaç on katı bir sıçrama gerçekleştirdiği görülebilir. Rezonans frekansının üzerinde ise tersi bir durum gözlenecektir.

135 kHz'in altındaki bölgede çalışan elektronik etiketler için, rezonans devresini temin etmek amacıyla anten bobini L_2 ye paralel bir C_2 ' kullanılır. Bu C_2 ' değeri 20 ile 220 pF arasında olabilir. 13.56MHz ve 27.125MHz gibi daha yüksek frekanslarda ise elektronik etikette kullanılan veri taşıyıcısının giriş kapasitesi ile parazitik kapasiteler yeterli olmaktadır.

Bu noktada, rezonans frekanslarında, antenin performansını etkileyen etmenleri daha iyi anlayabilmek için “kalite faktörü” kavramına bir göz atmamız gerekmektedir.

Kalite faktörü, antenin rezonans frekansında gerçekleştirdiği gerilim ve akım sıçramasının bir ölçüsüdür. Şekil 4.13'de verilen eşdeğer devre için kalite faktörü değeri Q hesaplanacak olursa;

$$Q = \frac{1}{R_2 \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} + \frac{1}{R_L} \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} = \frac{1}{\frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{\omega L_2}{R_L}} \quad (3.25)$$

$R_2 \rightarrow \infty$ ve $R_L \rightarrow 0$ olduğu koşulda, kalite faktörü Q'da sıfıra gitme eğiliminde olacaktır. Öte yandan $R_2 \rightarrow 0$ ve $R_L \gg 0$ olduğunda ise Q faktörünün çok yüksek bir değer alması sağlanabilecektir.

Yukarıdaki eşitlikten anlaşılacağı üzere, v_2 voltajı, rezonans devresinin kalitesiyle doğru orantılıdır. O halde $R_2 \rightarrow \infty$ ve $R_L \rightarrow 0$ durumunda tıpkı antenin Q değeri gibi v_2 de sifira yaklaşacaktır. $R_2 \rightarrow 0$ ve $R_L \gg 0$ için ise çok yüksek bir v_2 değeri elde edilebilecektir.

Yukarıdaki eşitliklerden de anlaşılacağı gibi, sabit bir L endüktansı altında, tüm R_2 ve R_L parametreleri için v_2 gerilimini maksimum kılan bir Q değeri mevcuttur. O halde RFID sistemleri için bu etkiyi sistem performansını optimize etmek için kullanabiliriz. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, yüksek Q değerlerinin, rezonans devrelerinin o devreyi oluşturan elemanların değerlerindeki toleransa yüksek duyarlılık göstereceğidir. Özellikle büyük miktarlarda üretim yapıldığında, bu etkinin dikkate alınması gerekliliği daha büyük önem arz edecektir [1].

3.2.8 Pratik Uygulamada Elektronik Etiketlerin Beslenmesi

3.2.8.1 Besleme Üniteleri ve Elektronik Etiketler

Elektronik etiketler, kullandıkları besleme ünitelerine göre aktif ve pasif elektronik etiketler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Aktif elektronik etiketler, veri işlem ünitelerinin çalışması için gerekli olan enerjiyi üzerlerindeki bir üniteye taşırlar. Bu tip elektronik etiketlerde u_2 gerilimi, işlemci ünitenin uyandırılması gerektiğinin algılanmasında kullanılır. Uyarım işareti üretilince, elektronik etiketin üzerinde bulunan besleme ünitesi kullanılarak işlemci ünite beslenmeye başlanır.

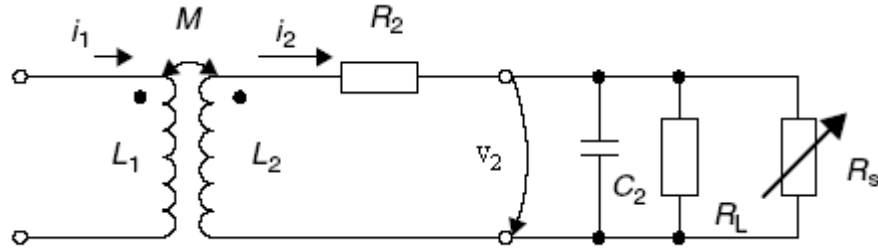
Pasif elektronik etiketler de veri işlem ünitelerinin beslenmesi için v_2 gerilimini kullanılır. Bu amaçla v_2 gerilimi doğrultulur ve süzülür.

3.2.8.2 Gerilim Regülasyonu

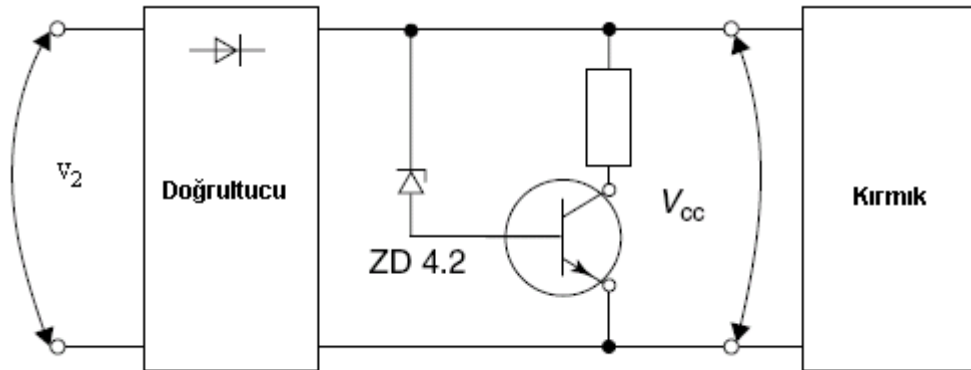
Elektronik etiket bobininde endüklenen v_2 gerilimi, rezonans frekansında hızla yükselir. Eğer okuyucu ile elektronik etiket arasındaki mesafeyi azaltarak kuplaj katsayısını arttırsak ya da bobinin direncini azaltırsak v_2 gerilimi 100V un dahi üzerinde değerlere çıkabilir. Veri işlem ünitesinin çalışması için ise sabit değerde 3-5 V'luk bir gerilim değerine ihtiyaç duyulur.

v_2 gerilimini kuplaj katsayısından bağımsız bir şekilde regüle edebilmek için R_s şönt (paralel) direnci kullanılır.

Anten üzerinde endüklenen gerilim değeri $v_{Q2} = v_i$ artarken şönt direnci R_s 'nin değeri düşer. Böylece antenin kalite faktörü de düşer ve v_2 gerilimi sabit kalır.



Şekil 3.10 Elektronik etiket bobininde oluşan rezonansın etkisi

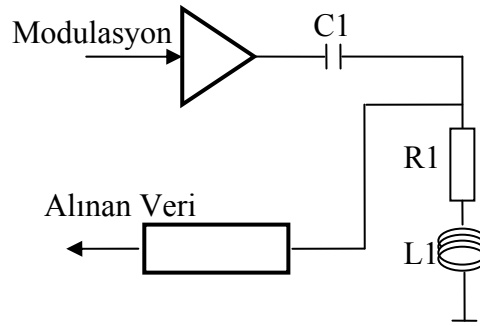


Şekil 3.11 Elektronik etikette şönt direnci kullanılarak gerilim regülasyonunun sağlanması

Şekil 3.11’de zener diyot kullanılarak gerçekleştirilmiş basit bir şönt regülâtörü gösterilmektedir.

3.2.9 RFID Okuyucu Sistemleri

Şu ana kadar, endüktif bağlaşım kavramına elektronik etiket penceresinden yaklaştık. RFID sistemlerini daha iyi anlayabilmek için, okuyucunun elektriksel özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmamız gerekir.



Şekil 3.12 RFID okuyucu eşdeğer devresi

L_1 ile gösterilmiş olan iletken bobin, sistemin çalışması için gerekli olan elektromanyetik alanın üretilmesi için kullanılmaktadır. R_1 seri direnci, L_1 bobinin sarımlarının direncini göstermektedir. Okuyucunun çalışma frekansında, L_1 bobininden maksimum akım geçirebilmek için, seri bir C_1 kapasitörü kullanılarak, rezonans frekansı $f_{RES} = f_{TX}$ olan seri bir rezonans devresi elde edilmiştir. Seri rezonans devresinin rezonans frekansı Thomson eşitliği kullanılarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$f_{TX} = f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad (3.26)$$

Seri konfigürasyondan ötürü, rezonans devresinin toplam empedans değeri Z_1 ;

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1} \quad (3.27)$$

Rezonans frekansında L_1 ve C_1 terimleri birbirini götürüleceğinden, toplam empedans değeri Z_1 , anten direnci R_1 'e eşit olur. Şöyle ki;

$$j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = 0 \quad \Rightarrow \quad Z_1(f_{RES}) = R_1 \quad (3.28)$$

Anten akımı i_1 , rezonans frekansında maksimuma erişir ve değeri;

$$i_1(f_{RES}) = \frac{v_0}{Z_1(f_{RES})} = \frac{v_0}{R_1} \quad (3.29)$$

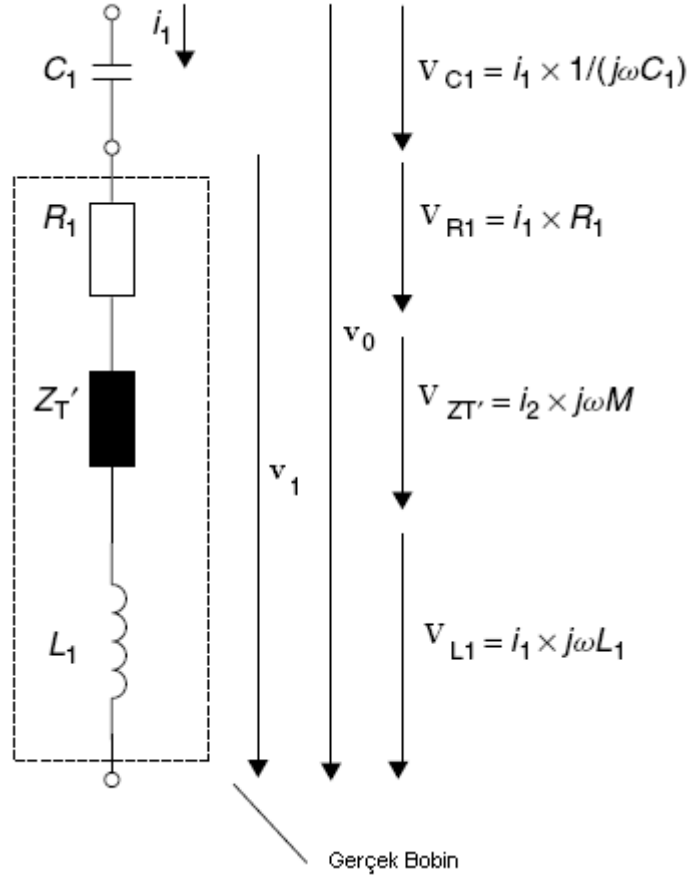
olur.

Düşük kaynak gerilimi değerine rağmen (v_0), anten üzerinden birkaç yüz volt luk gerilim değerleri oluşabilir. Bundan ötürü, anten tasarlanırken, yeterli rezistif değere sahip olmasına önem gösterilmelidir [1].

3.2.9.1 Elektronik Etiket Dönüştürücü Empedansı

L_1 bobininin elektromanyetik alanına bir elektronik etiket girdiği zaman, i_1 akımında bir değişim gözlenecektir. i_1 akımının etkisiyle, elektronik etiket bobinde bir i_2 akımı oluşur. Elektronik etiket üzerinde oluşan bu i_2 akımı da kendisini oluşturan okuyucu antenindeki i_1 akımının elektronik etiket bobinine yaptığı etkinin bir benzerini okuyucu anteni üzerinde oluşturur. Bu olay ortak endüktans oluşması sonucu gerçekleşmektedir.

i_1 üzerinde ortak endüktans M 'nin etkisini anlayabilmek için elektronik etiketin okuyucu anteni üzerinde bir Z_T ' empedansı oluşturduğu varsayılır. Z_T ' değeri reel ve imajiner bileşenleri bulunan karmaşık bir değerdir ve ortak endüktans M mevcut iken değeri $|Z_T| > 0$ olup sonlu bir değerdir. Elektronik etiket alandan çekildiğinde ise M yok olur ve $|Z_T| = 0$ olur.



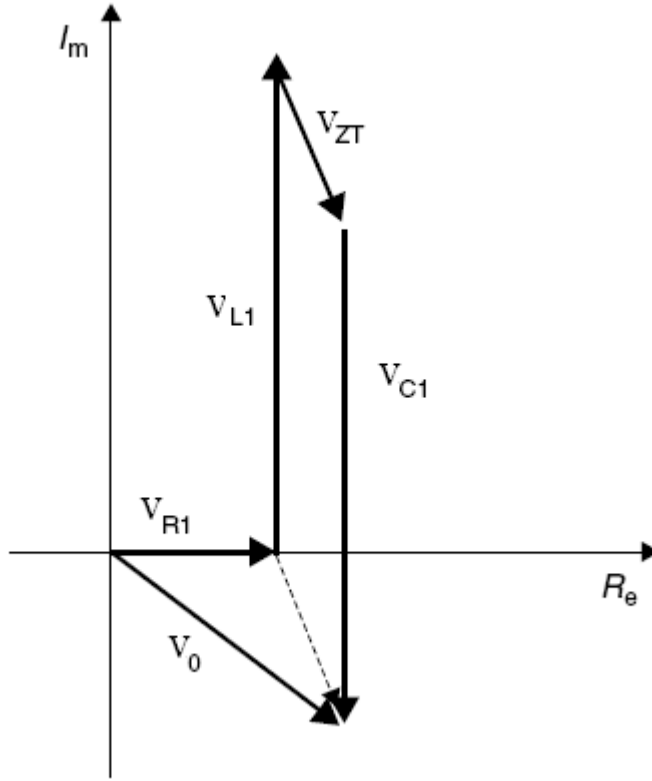
Şekil 3.13 Okuyucu antenindeki seri rezonans devresinin eşdeğeri

Rezonans devresinde i_1 sabit olduğundan, kaynak gerilimi v_0 , seri rezonans devresindeki her bir ayrıık elemanın empedansları nedeniyle i_1 akımıyla birlikte oluşan gerilim düşümleri şeklinde ifade edilebilir. Z_T' empedansı ile i_1 akımından doğan gerilim düşümü, ortak endüktans cinsinden $j\omega M i_2$ şeklinde ifade edilebilir. Şöyle ki;

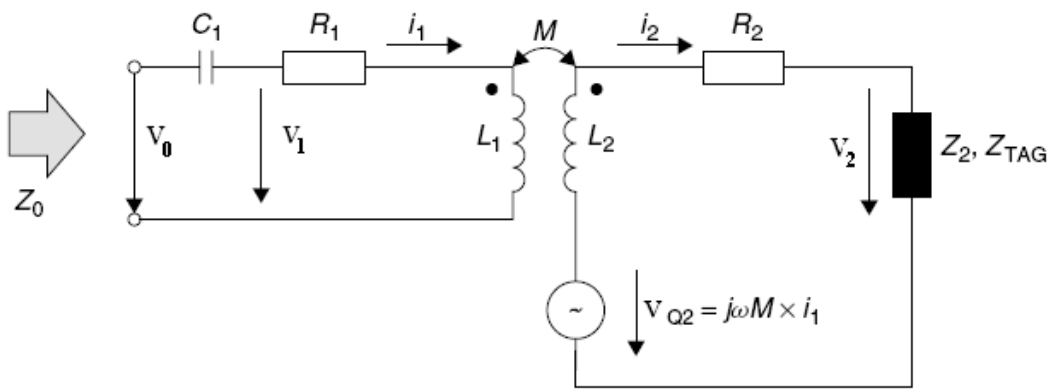
$$v_0 = \frac{1}{j\omega C_1} i_1 + j\omega L_1 i_1 + R_1 i_1 - j\omega M i_2 \quad (3.30)$$

Seri rezonans devresinin rezonans frekansında iken, $(j\omega C_1)^{-1}$ ve $j\omega L_1$ terimleri birbirini karşılayacağından dolayı, v_0 gerilimi, R_1 ve Z_T' üzerinde düşen gerilimlerden ibaret olur. Şöyle ki;

$$v_0 = R_1 i_1 - j\omega M i_2 \quad (4.21)$$



Şekil 3.14 Okuyucu antenindeki seri rezonans devresinde oluşan gerilimlerin vektörel gösterimi



Şekil 3.15 Okuyucunun etkileşim alanına girmiş bir elektronik etikette oluşan gerilimler

Şekil 3.14’de, okuyucu antenin seri rezonans devresinin rezonans frekansı altındaki gerilim bileşenleri vektörel gösterimle verilmiştir. Z_T' değerini bulabilmek için, elektronik etiket bobininde endüklenen i_2 akımının değerini bilmemiz gerekir. Yine Şekil 3.14’te elektronik etiket devresinde oluşan akım ve gerilimler gösterilmektedir.

Ortak endüktans sayesinde, elektronik etiket bobini L_2 üzerinde bir v_{Q2} gerilimi endüklenir. i_2 akımı ise v_2 geriliminin $j\omega L_2, R_2$ ve Z_2 empedanslarından oluşan eşdeğer empedansa bölünmesiyle bulunabilir [1].

$$v_0 = R_1 i_1 - j\omega M \frac{v_{Q2}}{R_2 + j\omega L_2 + Z_2} = R_1 i_1 - j\omega M \frac{j\omega M i_1}{R_2 + j\omega L_2 + Z_2} \quad (3.31)$$

$M = k\sqrt{L_1 L_2}$ ifadesini kullanarak eşitliği yeniden düzenlersek;

$$v_0 = R_1 i_1 + \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2 + j\omega L_2 + Z_2} i_1 \quad (3.32)$$

Eşitliğin her iki tarafını i_1 e bölersek,

$$Z_T' = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2 + j\omega L_2 + Z_2} \quad (3.33)$$

Z_2 empedansı, C_2 ve R_L nin paralel eşdeğeridir. O halde;

$$Z_T' = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2 + j\omega L_2 + \frac{R_L}{1 + j\omega R_L C_2}} \quad (3.34)$$

3.2.9.2 Yük Modülasyonu

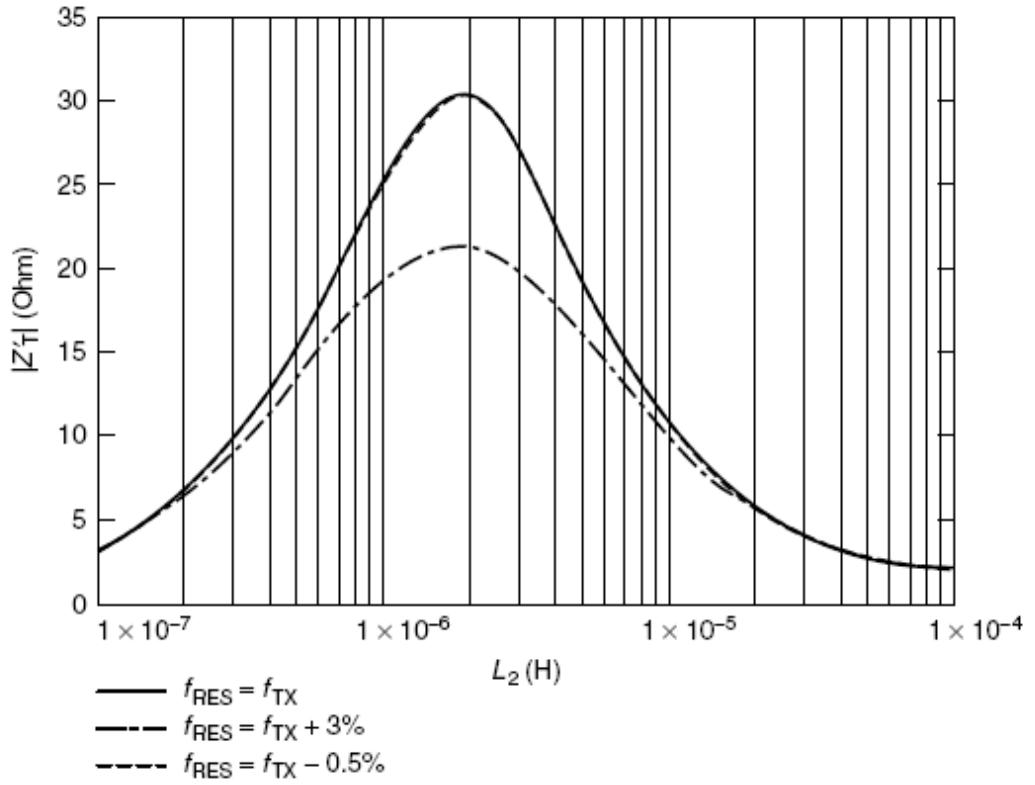
RFID sistemlerinde kullanılan temel işletim prensiplerinden en yaygın olanı yk modülasyonudur. Yük modülasyonu yönteminde, elektronik etiketteki rezonans devresinin devre parametreleri iletilecek veriye göre değiştirilerek modülasyon gerçekleştirilir. Böylece elektronik etiketin empedansının okuyucunun anten devresi üzerine olan etkisinin büyüklüğü ve fazı değişir ve okuyucu anteninde algılanan gerilimin genlik seviyesi de buna paralel bir Şekilde değişeceğinden modüle edilmiş bilginin demodüle edilmesi mümkün olur.

Elektronik etiketlerin rezonans devrelerindeki devre parametrelerinden yalnızca ikisi çalışma anında değiştirilmeye uygundur. Bunlar; yük direnci R_L ve paralel kapasite C_2 dir. Bundan dolayı yk modülasyonu, rezistif yük modülasyonu ve kapasitif yk modülasyonu olmak üzere ikiye ayrılır [1].

3.2.9.2.1 Rezistif Yük Modülasyonu

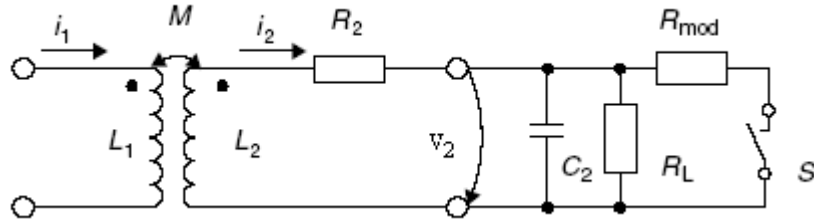
Bu yöntemde, paralel direnç R_{mod} , iletilecek bilgiyle anahtarlanarak modülasyon sağlanır. R_{mod} devredeyken rezonans devresinin toplam direnci azalır ve bundan ötürü elektronik etiketin rezonans devresinin kalitesi Q ve buna bağlı olarak da elektronik etiketin transfer empedansı Z_T 'ye düşecektir. Şekil 3.16'da bu değişim görülebilir.

Grafikten de görüldüğü gibi Z_T 'nin empedansının fazı neredeyse sabit kalmış ve genliğinde bir düşüş meydana gelmiştir.



Şekil 3.15 Sabit bir rezonans frekansı altında, Z_T' 'nin L_2 ile değişimi

Modüle edilen verinin yeniden elde edilebilmesi, diğer bir deyişle demodüle edilebilmesi için, Z_T' üzerinde meydana gelen gerilim düşümünün okuyucunun alıcısına aktarılması gerekmektedir. Okuyucunun alıcı girişinde oluşan toplam gerilim düşümü v_{RX} , v_{L_1} , v_{R_1} ve v_{ZT} gerilim bileşenlerinden oluşur.



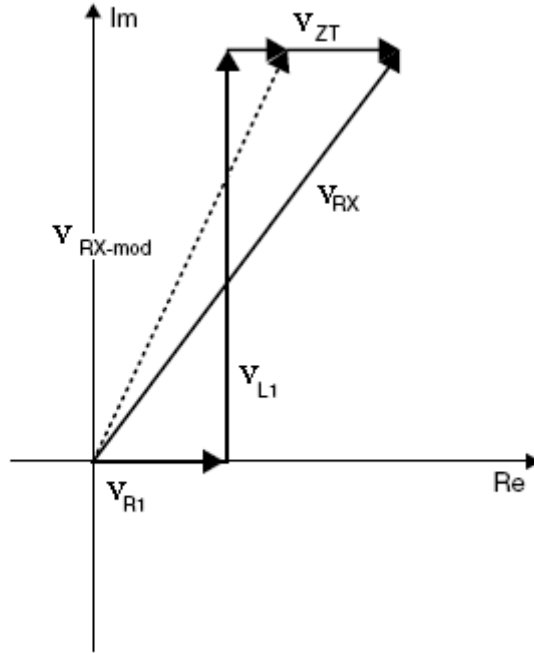
Şekil 3.16 Yük modülatörlü bir elektronik etiketin eşdeğer devresi

Toplam gerilim v_{RX} in genliği ve fazı, elektronik etiket bobinin yük modülatörü yardımıyla v_{ZT} 'ye bağlı olarak değişir. Böylece, elektronik etiketteki yük modülasyonu, okuyucu anten gerilimi v_{RX} üzerinde genlik modülasyonuna neden

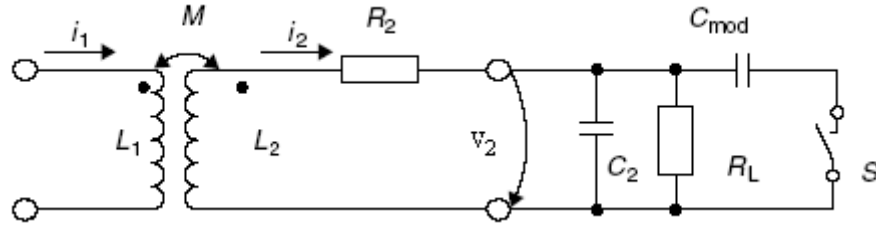
olur. İletilen veriler, temel bantta değil, modülasyon sonucu oluşan yan bantlarda yer alırlar [1].

3.2.9.2.2 Kapasitif Yük Modülasyonu

Kapasitif yük modülasyonunda elektronik etiket antenine paralel bir direnç yerine paralel bir C_{mod} (Şekil 3.16) kapasitesi kullanılır ve modülasyon bu kapasitenin anahtarlanması sonucu oluşur. Paralel kapasitenin anahtarlanması sonucu rezonans frekansı da iki frekans arasında anahtarlanmış olur. Rezonans frekansındaki bu değişimler, elektronik etiketin transfer empedansı Z_T 'nin de değişmesine yol açar.



Şekil 3.17 Kapasitif yük modülasyonu için elektronik etikette oluşan gerilimlerin fazör gösterimi



Şekil 3.18 Kapasitif yük modülasyonu için eşdeğer devre

Kapasitif yük modülasyonu, okuyucu anteninde, genlik modülasyonu ile faz modülasyonunun bir kombinasyonunu oluşturur. İşaret hem genlik olarak hem de faz olarak modüle edilmiştir [1].

3.2.9.3 Okuyucudaki Demodülasyon

$f_{RES} < 135$ kHz frekanslarında çalışan elektronik etiketlerde yük modülatörü genellikle temel bantta kodlanmış (Manchester vs.) seri bir veri dizisiyle doğrudan kontrol edilir. Elektronik etiketteki modülasyon işareti, okuyucu bobinindeki gerilimin doğrultulmasıyla elde edilebilir.

6.78 MHz veya 13.56 MHz gibi daha yüksek frekanslarda çalışan sistemlerde ise elektronik etiketteki modülatör modüle edilmiş alt taşıyıcı işaret ile kontrol edilir. Alt taşıyıcı frekansı f_H olarak genellikle 212 kHz veya 847 kHz frekansları kullanılır.

3.2.9.4 Kalite Faktörünün Etkisi

RFID sistemlerinde, enerji transferinin daha verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi için elektronik etiketin yüksek kalite faktörüne sahip olması arzu edilir. Elektronik etiket ile okuyucu arasında veri alışverişi gerçekleştirebilmek için minimum bir bantgenişliğine ihtiyaç duyulacaktır. Bununla birlikte, elektronik etiketin rezonans devresinin bantgenişliği B , kalite faktörü Q ile ters orantılıdır.

$$B = \frac{f_{RES}}{Q} \quad (3.35)$$

Bantgenişliği B , rezonans frekansı f_{RES} etrafında merkez frekansa göre $3dB$ aşağıda kalan yan bantları kapsayan bir frekans aralığı tanımlar. Eğer elektronik

etiketin kalite faktörü Q çok yüksekse, bantgenişliği azalır ve taşıyıcı yan bantların genliği elektronik etiket ile okuyucu arasındaki veri aktarımının performansını etkileyecek derecede azalır. Bu etki, özellikle alt taşıyıcının modüle edilmesi ile çalışan elektronik etiket sistemlerinde kritik bir öneme haizdir.

Daha yüksek kalite faktörü, daha verimli bir enerji transferi anlamına gelir. Öte yandan, bir elektronik etiketin kalite faktörü, elektronik etiketin modülatöründen ve elektronik etiket ile okuyucu arasındaki uzaklıktan etkilendiği için önceden kestirilmesi oldukça güç bir parametredir. Kalite faktörünün iki devre arasındaki uzaklıkla olan ilişkisi nedeniyle, sistem tasarımında daha yüksek veri hızının mı yoksa etkin çalışma mesafesinin daha fazla olmasının mı arzu edileceğinin bilinmesi gereklidir. Bu iki parametre birbiriyle ters orantılıdır. Daha uzak etkin mesafeler, elektronik etiket bobininde daha yüksek kalite faktörünü beraberinde getirip bantgenişliğinin azalmasına ve dolayısıyla daha düşük veri transfer hızlarına yol açacaktır. Aksi durumda, yani okuyucu ile elektronik etiket arasında daha düşük etkin çalışma mesafeleri istendiğinde bu defa, kalite faktörü azalacak ve buna bağlı olarak bantgenişliği artacağından daha yüksek veri transfer hızlarına ulaşılabilecektir [1].

4. KODLAMA VE MODÜLASYON

RFID sistemlerinde okuyucu ile elektronik etiket arasındaki veri transferi üç ana bloktan oluşur. Okuyucudan elektronik etikete doğru gerçekleşen veri transferi için bu bloklar; okuyucudaki işaret kodlama ve modülatör, iletim ortamı ve alıcıdaki demodülatör ve işaret kod çözümü şeklinde sıralanabilir.

İşaret kodlama sistemi, iletilecek mesajı alır ve mesajı iletim ortamında en uygun bir biçimde ilerleyebileceği bir işaret formuna dönüştürür. İşaret kodlama temel bantta gerçekleştirilen bir işlem olup bir modülasyon türü değildir.

Modülasyon, yüksek frekanslı bir taşıyıcı işaretin; genlik, frekans ve faz gibi parametrelerinin modüle eden işaretin genliğine göre değiştirilmesi işlemidir.

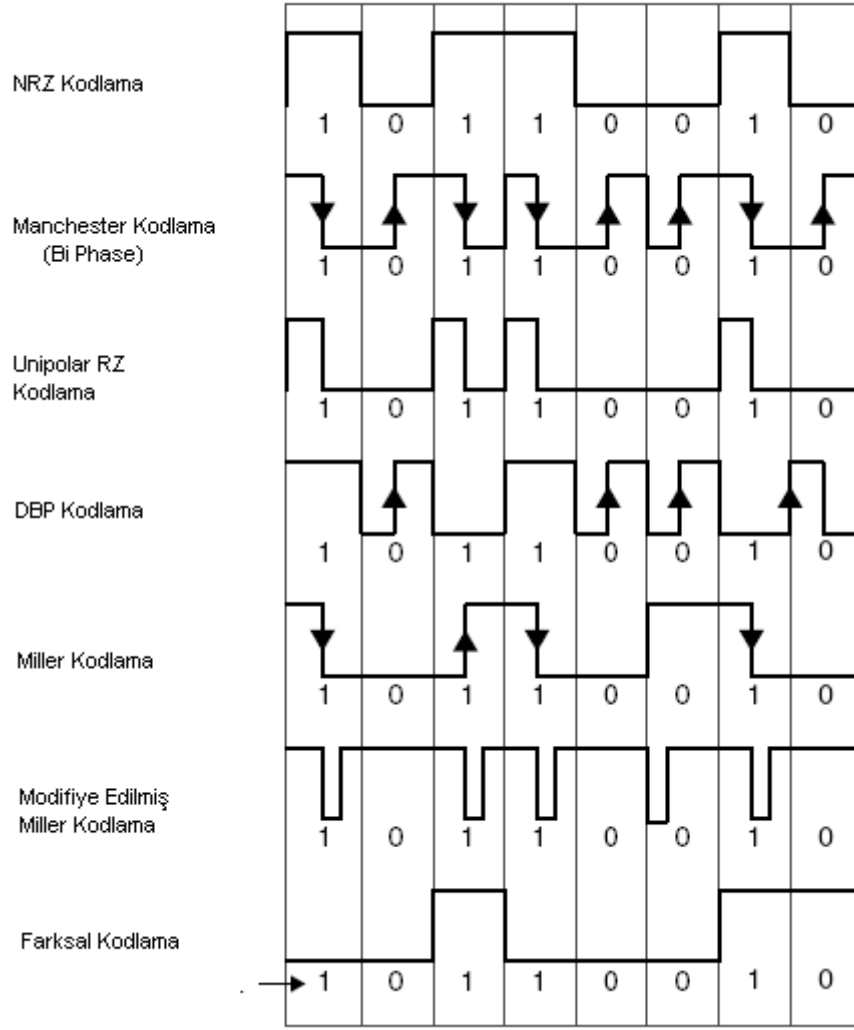
İletim ortamı, mesajı önceden belirlenmiş bir mesafe boyunca iletir. RFID sistemlerde kullanılan iletim ortamı atmosferdir ve işaretler elektromanyetik dalgalarlar ve manyetik alanla taşınırlar.

Demodülasyon, temel bantta ki işareti yeniden elde etme işlemidir. RFID sistemlerde, iletilecek bilginin kaynağı hem elektronik etiket hem de okuyucu olabileceği için sistemin her iki tarafın da yani elektronik etiket ve okuyucuda, hem modülasyon hem de demodülasyon işlemi gerçekleştirilebilmelidir. Modülasyon ve demodülasyon yapabilen sistem bileşeni “modem” olarak adlandırılır.

İşaret kod çözümünün görevi, temel bantta kodlanmış bulunan işarettten orijinal mesajın elde edilmesi ve iletimde gerçekleşebilecek hataların algılanmasıdır.

4.1 Temel Bantta Kodlama

İkili düzendeki birler ve sıfırlar pek çok şekilde kodlanarak ifade edilebilirler. RFID sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan kodlama yöntemleri: NRZ, Manchester, Unipolar RZ, DBP, Miller, Farksal Kodlama ve PP kodlamadır.



Şekil 4.1 RFID sistemlerinde kullanılan kodlama yöntemleri

4.1.1 NRZ kodlama

Bu yöntemde lojik “1” yüksek seviyeli işaretle ve lojik “0” ise düşük seviyeli işaretle ifade edilir. NRZ kodlaması genellikle FSK (frekans kaydırmalı anahtarlama) ve PSK (faz kaydırmalı anahtarlama) modülasyon yöntemleriyle birlikte kullanılır.

4.1.2 Manchester Kodlama

Lojik “1”, yarım bit periyodundaki negatif geçişle (inen kenar), lojik “0” ise pozitif geçişle ifade edilir. Manchester kodlaması bu nedenle bölünmüş faz kodlaması olarak da bilinir.

Manchester kodlaması genellikle elektronik etiketten okuyucuya doğru gerçekleşen alt taşıyıcılı yük modülasyonlu veri iletişimde kullanılır.

4.1.3 Unipolar RZ Kodlama

Lojik “1” ilk yarım bit periyodu boyunca yüksek işaret seviyesi ve diğer yarıda düşük işaret seviyesiyle, lojik “0” ise tüm bit periyodu boyunca düşük seviyeyle ifade edilir.

4.1.4 DBP (Differential Bi-Phase) Kodlama

Lojik “0” yarım bit periyodundaki inen kenardaki ya da çıkan kenardaki geçişle, lojik “1” ise geçişsiz olarak ifade edilir. Her bir bitin başlangıcında, bitleri oluşturan seviyeler terslenir.

4.1.5 Miller Kodlama

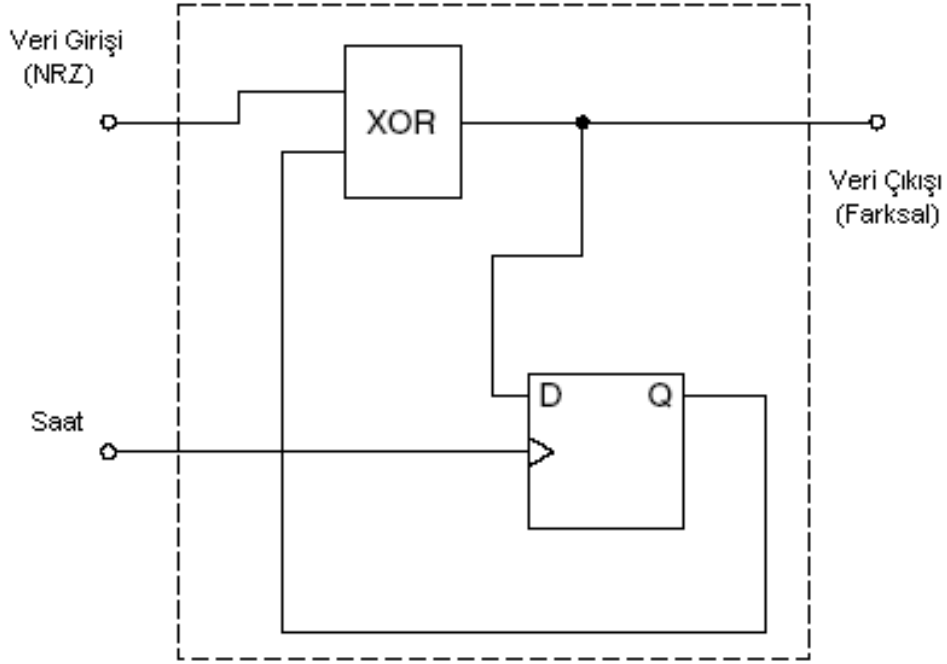
Lojik “1” yarım bit periyodunda meydana gelen her iki geçişle birlikte ifade edilir. Lojik “0” ise tüm bit periyodunu kaplayan düşük işaret seviyesiyle ifade edilmektedir.

4.1.6 Geliştirilmiş Miller Kodlama

Bu yöntemde her bit geçişi negatif bir darbeye ifade edilir. Geliştirilmiş Miller Kodlaması, özellikle okuyucudan elektronik etikete doğru olan veri transferlerinde kullanılmak üzere oldukça elverişli bir yöntemdir. Oldukça kısa süreli darbelerden oluştuğu için elektronik etiketin manyetik alandan sürekli bir şekilde beslenebilmesini kolaylaştırır.

4.1.7 Farksal Kodlama

Bu yöntemde, her bir lojik “1” bilgisi, işaret seviyesinde meydana gelen bir değişim olarak ifade edilir. Farksal kodlama yöntemi, bir XOR kapısı ve D tipi bir flip flop kullanılarak çok basit bir biçimde elde edilebilir.

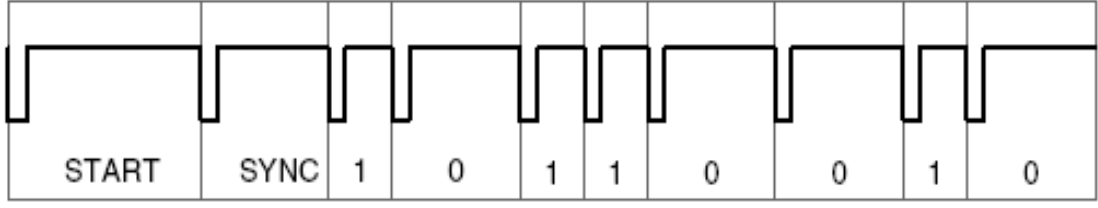


Şekil 4.2 NRZ kodlamadan farksal kodlamanın eldesi

4.1.8 PP (Pulse Pause – Darbe Durdurma) Kodlaması

Bu yöntemde, lojik “1”, bir sonraki darbeden önce gerçekleşen t süreli bir duraksamayla, lojik “0” ise $2t$ süreli bir duraksamayla ifade edilir. Bu kodlama yöntemi, endüktif bağlaşımlı RFID sistemlerinde okuyucudan elektronik etikete doğru olan veri iletiminde yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemde, darbe sürelerinin kısa olmasından dolayı, veri transferi esnasında dahi elektronik etiketi sürekli olarak beslemek mümkün olmaktadır.

Bir RFID sisteminin tasarımı esnasında, hangi kodlama yönteminin kullanılacağı belirlenirken dikkate alınması gereken bir takım özellikler vardır. Bunların en önemlileri, modülasyon sonrası oluşan frekans spektrumu ile sistemin veri bozulmalarına karşı olan bağışıklığıdır.



Şekil 4.3 NRZ kodlamadan farksal kodlamanın eldesi

4.2 Sayısal Modülasyon Yöntemleri

Antenden enerjinin yayılması elektromanyetik dalgalar kullanılarak gerçekleştirilir. Bir elektromanyetik dalganın güç, frekans ve faz gibi üç önemli parametresinden birinin dikkatlice değiştirilmesi sayesinde, bilgi içeren bir mesajın bir noktadan başka bir noktaya boşluk içinde iletilebilmesi mümkündür. Elektromanyetik dalgaların parametrelerinin, iletilmesi istenilen mesaja göre değiştirilmesi işlemi modülasyon olarak adlandırılır. Modüle edilmemiş elektromanyetik dalgaya taşıyıcı adı verilir.

Herhangi bir noktadaki bir elektromanyetik dalgayı analiz ederek, elektromanyetik dalganın gücündeki, frekansındaki ya da fazındaki değişimlerden yararlanarak, iletilen mesaj yeniden elde edilebilir. Bu işleme ise demodülasyon adı verilir.

Klasik radyo teknolojisi, analog modülasyon yöntemlerini kullanır. Bu modülasyon yöntemlerini; genlik modülasyonu, frekans modülasyonu ve faz modülasyonu olarak üç ana bölüme ayırabiliriz. Diğer modülasyon yöntemleri bu üç ana yöntemden türetilmiştir.

RFID sistemlerinde kullanılan başlıca modülasyon yöntemleri: ASK (Amplitude Shift Keying - Genlik Kaydırmalı Anahtarlama), FSK (Frequency Shift Keying – Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) ve PSK (Phase Shift Keying – Faz Kaydırmalı Anahtarlama) olarak sıralanabilir [1].

4.2.1 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK)

Genlik Kaydırmalı Anahtarlama yönteminde taşıyıcı işaret, mesaj işareti kullanılarak v_0 ve v_1 genlik seviyeleri arasında anahtarlanır. v_1 , v_0 ile 0 arasında değerler alabilir. v_0 'ın v_1 'e oranına “doluluk boşluk oranı - m” denir [4].

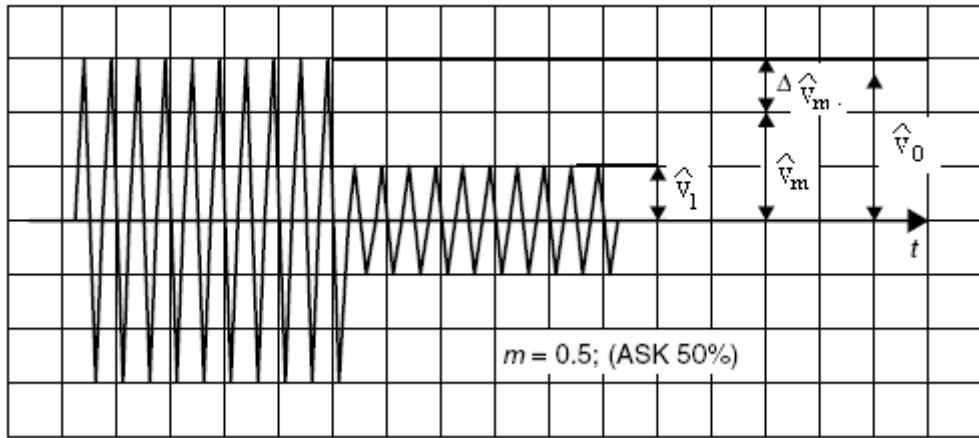
m değerini hesaplayabilmek taşıyıcı işaretin anahtarlanmış ve anahtarlanmamış genliklerinin aritmetik ortalamalarını alırsak,

$$\hat{v}_m = \frac{\hat{v}_0 + \hat{v}_1}{2} \quad (4.1)$$

olur.

Aritmetik ortalamaya göre genlik değişiminin aritmetik ortalamaya oranı bize m'yi, verecektir. Şöyle ki,

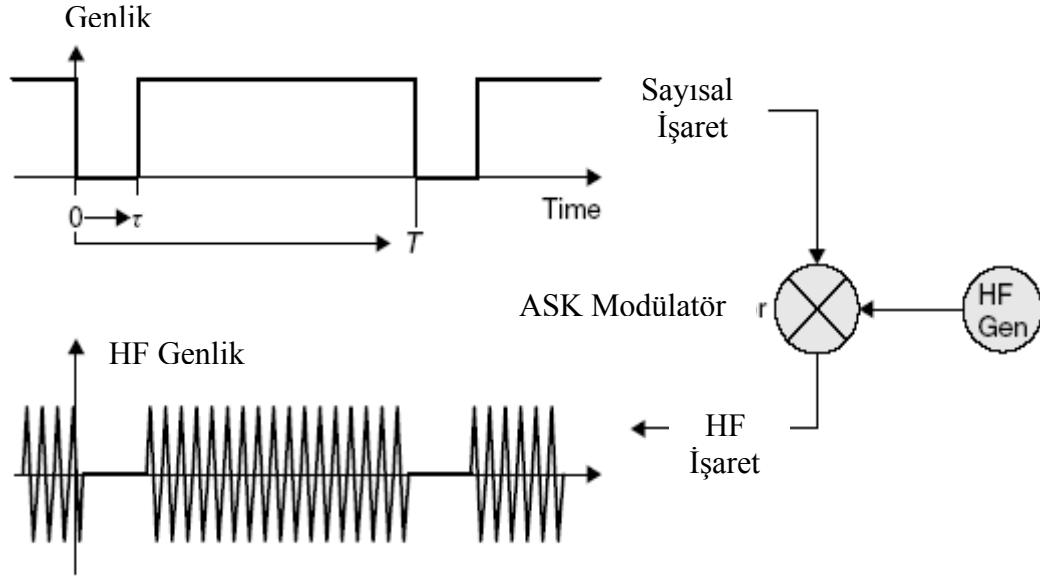
$$m = \frac{\Delta \hat{v}_m}{\hat{v}_m} = \frac{\hat{v}_0 - \hat{v}_m}{\hat{v}_m} = \frac{\hat{v}_0 - \hat{v}_1}{\hat{v}_0 + \hat{v}_1} \quad (4.2)$$



Şekil 4.4 NRZ kodlamalı işareten farksal kodlamanın eldesi

100% genlik modülasyonu için, taşıyıcı genliğinin $2\hat{v}_m$ ve 0 arasında anahtarlanmasıyla elde edilir. Genlik modülasyonunda analog bir işaret kullanıldığında modülasyon faktörü $m = 1$ olur.

Analog işaretler kullanılarak gerçekleştirilen modülasyonun modülasyon faktörünün hesaplanması tıpkı m değerinin hesaplanması gibidir. Bununla birlikte, anahtarlama ile analog modülasyon arasında önemli bir fark vardır. Anahtarlama yönteminde taşıyıcı işaret modüle edilmemişken \hat{v}_0 genliğine sahiptir. Öte yandan analog modülasyonda ise taşıyıcı işaret modüle edilmemişken \hat{v}_m genliğine sahiptir [4].



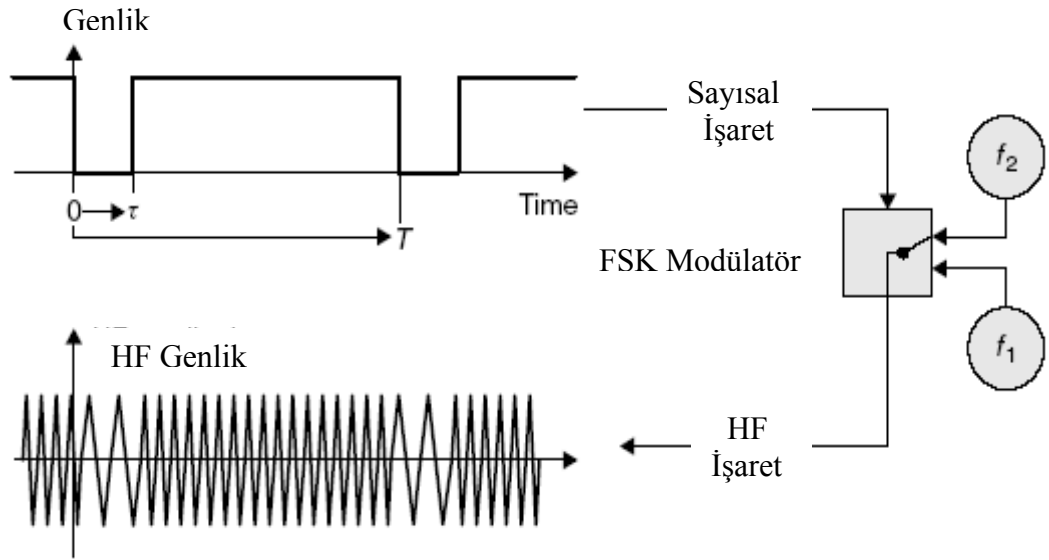
Şekil 4.5 %100 genlik modülasyonunun eldesi

4.2.2 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK)

Bu yöntemde, taşıyıcı işaretin frekansı mesaj işareti kullanılarak f_1 ve f_2 gibi iki frekans arasında anahtarlanır.

Taşıyıcı frekansı f_{CR} iki karakteristik frekansın aritmetik ortalamasıdır. Taşıyıcı frekansla karakteristik frekanslar arasındaki fark frekans sapması olarak adlandırılır ve Δf_{CR} olarak değiştirilir.

$$f_{CR} = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad \text{ve} \quad \Delta f_{CR} = \frac{|f_1 - f_2|}{2} \quad (6.5)$$



Şekil 4.6 FSK modülasyonunun eldesi

4.2.3 Faz Kaydırmalı Anahtarlama (PSK)

Faz kaydırmalı anahtarlama yönteminde, lojik "0" lar ve lojik "1" taşıyıcı işaretin iki farklı fazıyla ifade edilirler. İki fazla yapılan faz kaydırma yönteminde, işaret 0° ile 180° arasında kaydırılır.

Taşıyıcı işaretin fazının 0° ile 180° arasında kaydırılması, işaretin 1 ve -1 ile çarpılması ile elde edilir.

İki fazlı PSK'nın güç spektrumu 50% lik bir işaret boşluk oranı için şu şekilde hesaplanır.

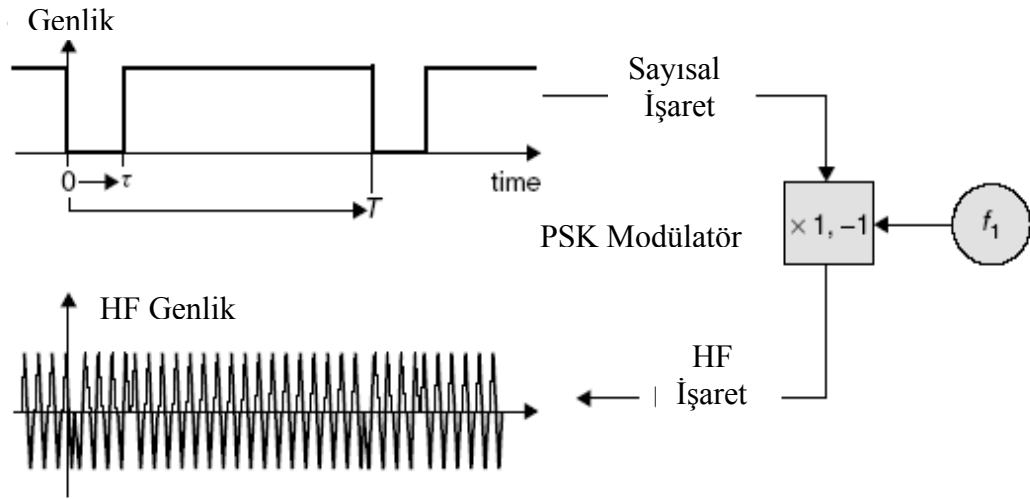
$$P(f) = \left(\frac{PT_s}{2} \right) \left[\sin^2 \pi(f - f_0)T_s + \sin^2 \pi(f + f_0)T_s \right]$$

P = İletim gücü.

T_s = Bit süresi = τ

f_0 = Merkez frekansı.

$$\sin c(x) = \frac{\sin(x)}{x}$$

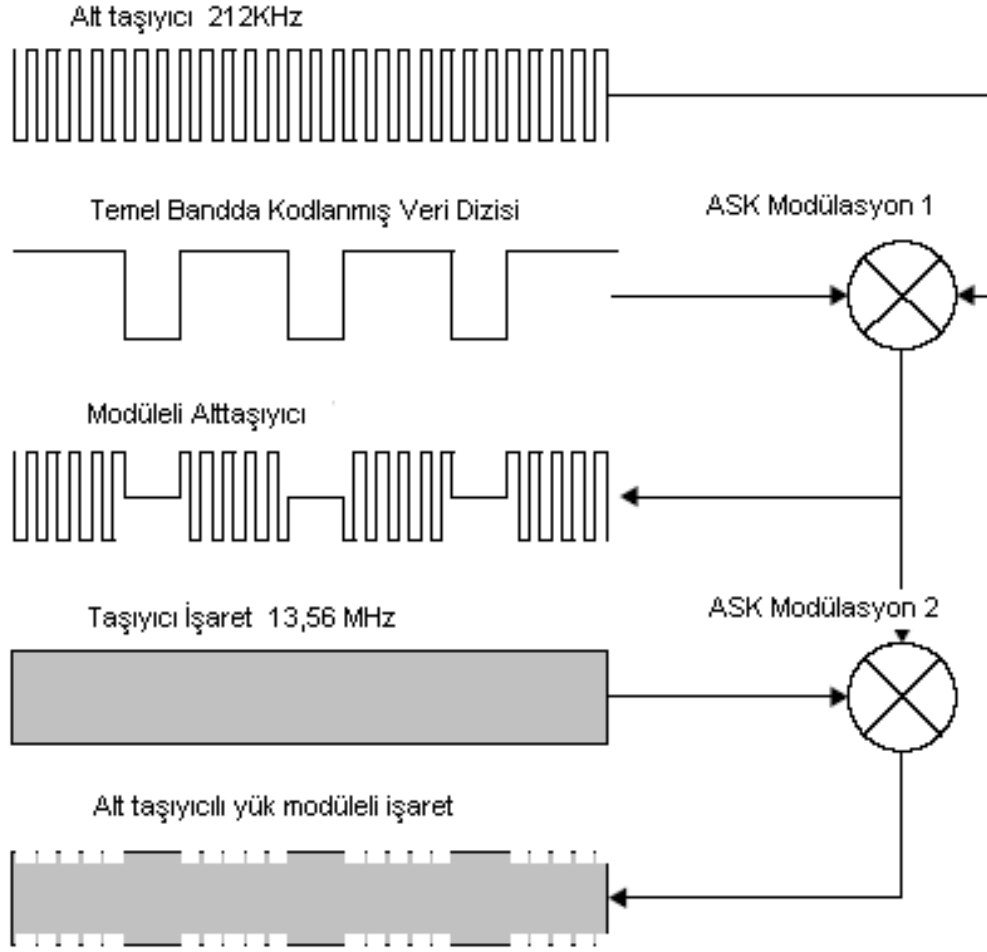


Şekil 4.7 PSK modülasyonunun eldesi

4.2.4 Alt Taşıyıcı Modülasyon Yöntemleri

Modüle edilmiş alttaşıyıcı kullanımı, radyo teknolojisinde oldukça yaygındır. Örneğin VHF yayınında, 38 kHz'lik stereo alttaşıyıcısı temel bant ton kanıyla birlikte iletilir. Temel bant ton işareti sadece mono ton işaretini içerir. "L-R" fark işareti de "L" ve "R" ton kanallarını elde edebilmek için stereo alttaşıyıcı modülasyonu kullanılarak iletilir. Bu örnek için alttaşıyıcı öncelikle fark işareti ile modüle edilir.

Alt taşıyıcı kullanılarak gerçekleştirilen modülasyon yöntemleri çoğunlukla 6.78MHz, 13.56MHz veya 27.125 MHz frekanslarında çalışan endüktif bağlaşımlı RFID sistemlerinde yük modülasyonu ile birlikte tercih edilir. Yük direncinin temel bantta kodlanmış olan veri işaretine göre anahtarlanması yerine ilk olarak temel bant kodlanmış veri işareti, düşük bir alt taşıyıcı frekansı kullanılarak modüle edilir. Alt taşıyıcının modülasyonu için ASK, FSK ya da PSK yöntemi tercih edilebilir. Alt taşıyıcı frekansı, işletim frekansının ikili bölünü kullanılarak elde edilebilir. Örneğin 13.56MHz sistemlerde kullanılan alt taşıyıcı frekansları 847 kHz (13.56MHz / 16), 424 kHz (13.56 MHz/32) ve 212 kHz (13.56MHz/64)'dir [1].



Şekil 4.7 Yük modüleli alt taşıyıcılı ASK modülasyonun eldesi

4.3 Veri Bütünlüğü

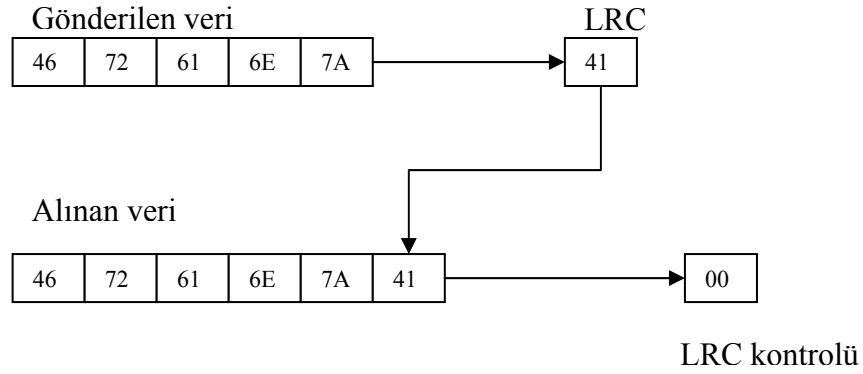
Verinin taşınması noktasında veri kaybının oluşması durumunu anlamak için çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Hata kontrolü (Checksum) veri taşınmasında oluşabilecek hataları bulmak için kullanılmaktadır. Bu metodla veri paketi tekrar yollama imkânı dogmaktadır. Çok kullanılan hata kontrolü yöntemleri eşlik hata kontrolü (parity checksum), XOR ve CRC'dir.

4.3.1 Eşlik (Parity) Kontrolü

Eşlik (Parity) kontrolü yöntemi çok basit bir yapıya sahiptir ve kullanımı çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir tane eşlik biti gönderilecek her bir byte'a eklenir. Tek veya çift eşlik mi kullanacağı önceden belirlenir. Kullanım şu şekildedir: E5h sayısı için ikilik düzende tek eşlik için gösterimi 1110 0101 ve $p = 0$ 'dır.

4.3.2 LRC Kontrolü

XOR hata kontrolü (checksum) LRC olarak bilinmekte ve hesaplanması çok kolay ve hızlıdır. Sırayla byte'ların XOR alınır ve bir sonraki byte ile XORlanır. Şekil 4.8'de ayrıntılı olarak görülür.



Şekil 4.8 LRC hesaplaması

LRC algoritması çok güvenilir bir algoritma değildir. Birden fazla oluşabilecek hatanın doğru sonuç verme olasılığı mevcuttur. Genelde uzun olmayan verilerin kontrolünde kullanılır.

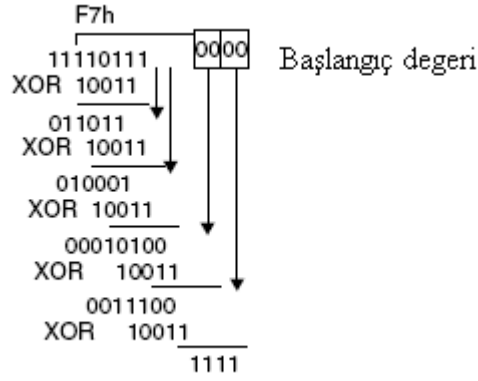
4.3.3 CRC Kontrolü

CRC (cyclic redundancy check) işlemi ilk önceleri disklerde büyük verilerin hata kontrollerinde (checksum) kullanılmıştır. Telli hatlarda, kablosuz sistemlerde (radio, RFID) hatayı ortaya çıkarmak içinde kullanılacak mükemmel bir algoritma sistemine sahiptir. Buna rağmen hatayı düzeltme özelliği yoktur.

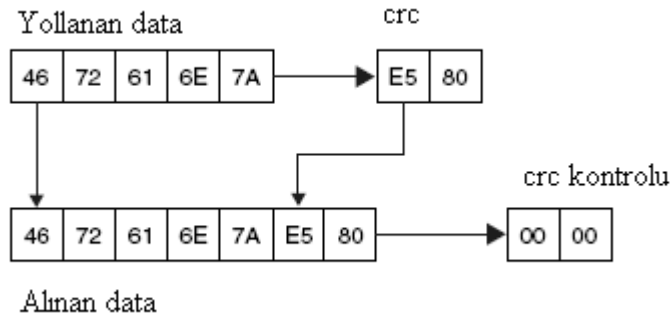
İsminden de anlaşılacağı gibi, CRC nin hesaplanması periodik bir prosedüre sahiptir. CRC değerinin hesaplanmasında CRC nin değeri ve CRC den önceki verilerin

birleşmesinden oluşur. Her bir veri elamanı (byte) tüm pakette CRC değerini veriyor mu diye kontrol edilir.

Matematiksel olarak olayın ifade edilmesi Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.9 CRC hesaplaması



Şekil 4.10 CRC hesaplaması

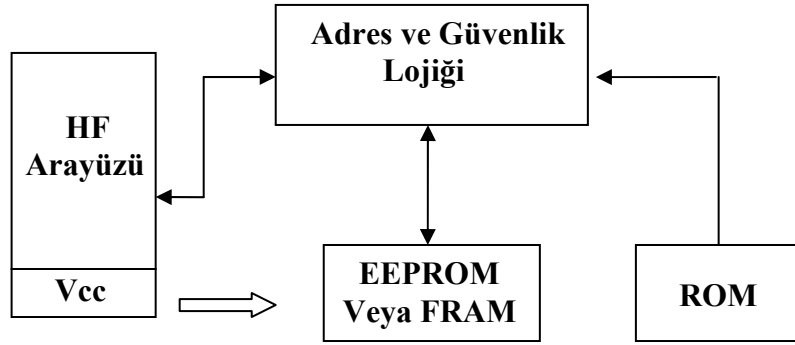
5. ELEKTRONİK ETİKET (TRANSPONDER) MİMARİSİ

RFID Sistemlerinde kullanılan elektronik veri taşıyıcıları ya da diğer bir deyişle elektronik etiketler, işlevselliklerine göre ikiye ayrılırlar: mikroişlemcili elektronik etiketler ve veri depolamasında fiziksel etkileri kullanan elektronik etiketler.

5.1 Bellekli Elektronik Etiket

Bellekli elektronik etiketler, yalnızca okunabilen modellerden bünyesinde akıllı şifreleme algoritmaları barındıranlara kadar geniş bir çeşitliliğe sahiptirler.

Bellekli elektronik etiketler veri ünitesi olarak, RAM, ROM, EEPROM ya da FRAM kullanırlar ve ihtiyaç duydukları enerjiyi sağladıkları ve okuyucu ile haberleşebildikleri bir HF arayüzüne sahiptirler.



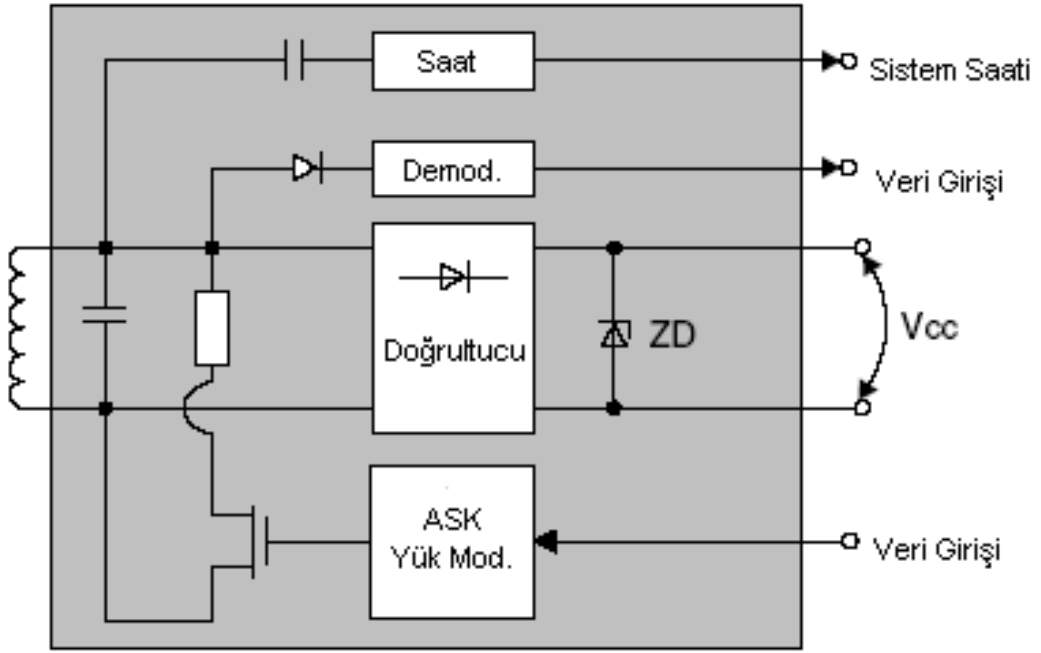
Şekil 5.1 Bellekli elektronik etiket blok şeması

5.1.1 HF Arayüzü

HF arayüzü, okuyucudan elektronik etikete olan yüksek frekanslı iletim kanalını betimler. Bu arayüz, klasik telefon hatlarında analog veri iletişimi için kullanılan modemlerle benzer işlevleri yerine getirir.

Okuyucu tarafından modüle edilmiş yüksek frekanslı işaret bu arayüz kullanılarak demodüle edilir.

Pasif elektronik etiketler üzerlerinde kendi güç kaynaklarını barındırmazlar. İhtiyaç duydukları enerjiyi okuyucunun manyetik alanından sağlarlar. HF arayüzü, elektronik etikete bobininde endüklenen akımı doğrultarak ihtiyaç duyulan enerjiyi temin eder [1].



Şekil 5.2 Bellekli elektronik etiket blok şeması

5.1.2 Adres ve Güvenlik Lojik Devresi

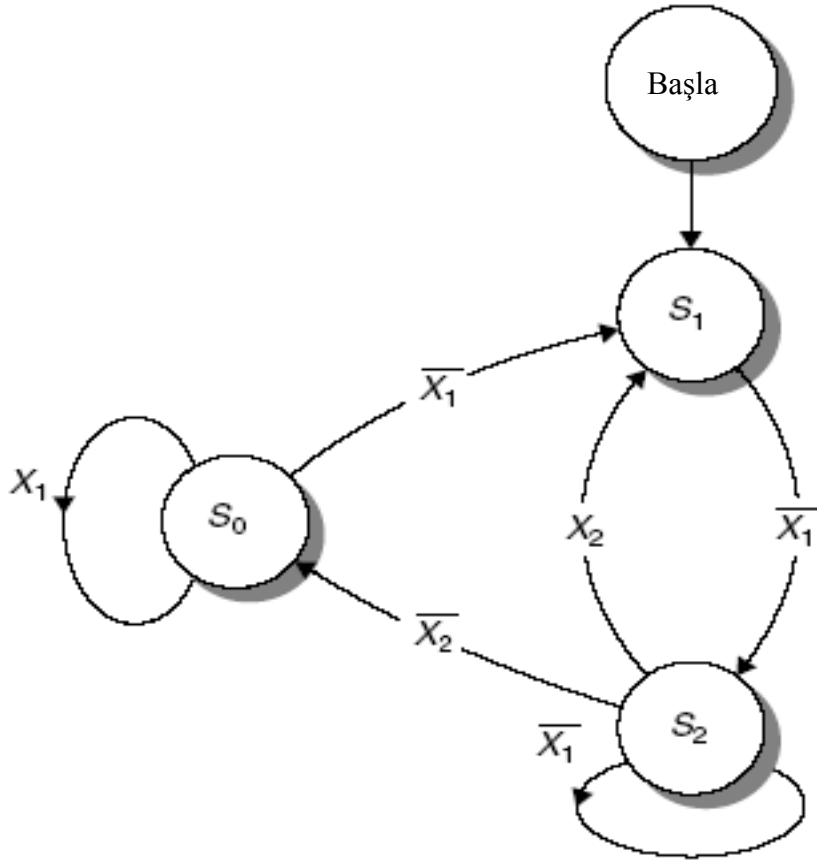
Adres ve güvenlik lojigi, veri taşıyıcısının kalbidir. Bu ünite çipteki tüm işlemleri kontrol eden ünedir.

Veri taşıyıcısı manyetik alana girer girmez lojik üniteler enerjilenir ve veri taşıyıcısını belirli bir mantıksal duruma sokar. Lojik devredeki özel giriş çıkış yazmaçları yardımıyla, okuyucu ile olan veri alışverişi sağlanır. Yetki kontrolü, veri şifrelemesi gibi bir takım özel fonksiyonlar için opsiyonel olarak bir şifreli yazı ünitesi kullanılabilir. Elektronik etiketin veri hafızası, seri numara gibi değişmez verilerin tutulduğu ROM, EEPROM veya FRAM den oluşur ve doğrudan adres ve güvenlik lojik devresine bağlıdır. Duruma bağlı tüm kontrol işlemleri “durum makinesi” tarafından gerçekleştirilirler. Durum makinesi kullanılarak mikroişlemcilerin yapabildiği kadar karmaşık işlemlerin altından kalkılabilir. Bununla birlikte, program sıraları ve işlevsellikleri çip tasarımı esnasında belirlendiği için ancak tasarım sırasında değiştirilebilirler [1].

5.1.2.1 Durum Makinesi

Bir durum makinesi, lojik işlemleri yürüten ve bir takım değişkenleri tutabilen işlem yapısıdır. Şekil 5.3'te durum makinesinin işleyişi açıklanmaktadır.

Hangi koşulun gerçekleşeceği, giriş değişkeni x 'e bağlı olarak değişebilir. Eğer sistem belirli bir S_z durumundaysa ve bu durumun sona ermesi için gerekli koşullar oluşmamışsa, sistem bulunduğu koşulda kalacaktır.



Şekil 5.3 Bellekli elektronik etiketin durum blok şeması

Durum makineleri, giriş koşullarına bağlı farklı durumlar arasında geçişler yapabilirler. Bu geçişler, durum diyagramları ile kolayca gösterilebilir. Durum diyagramında yer alan olası her S_z durumu bir daireyle ifade edilmiştir. Durumlar arası geçiş oklarla gösterilir. Oklar üzerinde yer alan başlık bilgisi, söz konusu durum

geçişinin hangi şart altında gerçekleşeceğini bildirir. Başlık bilgisi bulunmayan bir ok ise geçiş koşulunun belirsiz olduğu anlamına gelir. (power on $\rightarrow S_1$). Herhangi bir andaki $S_z(t+1)$ durumu, birincil olarak bir önceki duruma göre ikincil olarak ta giriş değişkenine göre belirlenir [1].

5.1.3 Bellek Mimarisi

5.1.3.1 Yalnızca Okunabilen Elektronik Etiketler

Bu tip elektronik etiketler, genellikle düşük maliyet gerektiren ve fazla karmaşıklık gerektirmeyen RFID uygulamaları için tercih edilirler. Yalnızca okunabilen bir okuyucu alana girdiğinde, sürekli olarak kimlik bilgilerini göndermeye başlar. Bu kimlik bilgisi çoğunlukla, sonuna bir takım kontrol bilgileri iliştirilmiş birkaç veri baytından oluşur. Genellikle, üreticiler tarafından bu kimlik numarasının benzersiz olduğu garanti edilmektedir. Bu benzersiz kimlik numarası yarıiletken tüm devreye üretim işlemi esnasında tek seferlik olarak yazılır ve bir daha değiştirilemez. Bu elektronik etiketler kullanıldığında, okuyucu ile tek yönlü bir haberleşme gerçekleşir. Okuyucudan elektronik etikete veri transferi mümkün değildir. Bununla birlikte, veri taşıyıcısının basit yapısından ötürü, yalnızca okunabilen elektronik etiketler oldukça düşük maliyetlerle üretilebilmektedirler.

5.1.3.2 Yazılabilir Elektronik Etiketler

Farklı boyutlarda hafıza elemanlarına sahip pek çok çeşit yazılabilir elektronik etiket mevcuttur. Elektronik etiketlere okuma ve yazma işlemi genellikle bloklar halinde gerçekleşir. Herhangi bir bloğun içerisindeki verilerin değiştirilebilmesi için öncelikle blok tamamen okunmalı ve bundan sonra içeriği düzenlenerek geriye yazılmalıdır. Hafızanın bloklar halinde düzenlenmiş olması adreslemeyi kolaylaştırmaktadır.

5.1.3.3 Şifreleme Kabiliyetine Sahip Bulunan Elektronik Etiketler

Eğer yazılabilir bir elektronik etiket, herhangi bir yöntemle korunmuyorsa, herhangi bir okuyucu tarafından içeriği okunabilir ve değiştirilebilir. Bu durum özellikle toplu taşımacılık uygulamalarında hiç istenmeyen bir durumdur.

Yazılabilir elektronik etiketlere onaysız erişimi önlemek için birkaç yöntem mevcuttur. En basit yöntem okuma ve yazma işlemlerini gerçekleştirmek için şifre kullanmaktır. Bu yöntemde, elektronik etiket, veri ile birlikte iletilen şifreyi kontrol eder ve daha önceden kendisine verilmiş olan şifre bilgisiyle karşılaştırır. Eğer şifre tutuyorsa, hafıza bölgesine erişime izin verir. Bununla birlikte, aynı uygulama için birden fazla elektronik etiketin birden aynı okuyucu tarafından kullanımı gerekebilir. Bu durumda, ortak bir yetkilendirme prosedürüne ihtiyaç duyulacaktır. Temel olarak bir onay mekanizması iki anahtar bilgisinin karşılaştırılması ilkesine dayanır.

Bu tip elektronik etiketlerde, hafıza için tahsis edilmiş hafıza alanlarından başka bir de şifreleme işlevini yerine getiren bir blok mevcuttur. Şifreleme özelliğine sahip elektronik etiketler, üretim esnasında üzerlerine varsayılan şifreleri girilerek üretilirler. Bu varsayılan şifreler, kart kullanıcılarına ilk kullanımdan önce bildirilirler.

Bazı sistemler, farklı erişim haklarına sahip iki ayrı anahtar kullanırlar. Elektronik etiket ile okuyucu arasındaki yetkilendirme bu iki anahtardan birinin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu tip bir hiyerarşik yetki seviyesinin tanımlanmış olması, farklı yetkilendirme seviyelerine ihtiyaç duyulan pek çok alanda oldukça faydalı olmuştur.

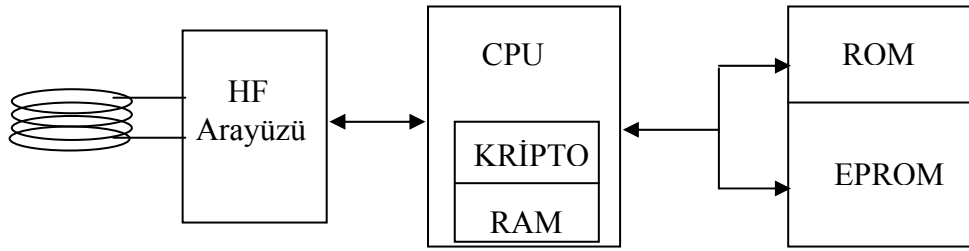
Yukarıdaki şekilde, elektronik etiketin iki ayrı anahtarla kullanımı gösterilmektedir. Bir no' lu okuyucu, anahtar A ile yetkilendirilmiş ve anahtar A'yı tanımlayan yetki seviyesi gereği yalnızca okuma işlemi gerçekleştirebilmektedir. Diğer okuyucu ise anahtar B ile yetkilendirilmiş ve bu sayede elektronik etiket üzerinde hem okuma hem de yazma işlemi gerçekleştirebilmektedir.

Özellikle toplu taşımacılık uygulamalarında, sahteciliğin önüne geçebilmek için, sistemdeki uç birimler olan okuyucular yalnızca anahtar A ile yetkilendirilirler. Bu sayede sistemde kullanılan elektronik etiketlerin hafıza ünitelerindeki veriler, sahadaki okuyuculardan herhangi biri kullanılarak arttırılamazlar [1].

5.2 Mikroişlemciler

RFID teknolojilerinde, gün geçtikçe, esnek olmayan durum makineleri yerine mikroşlemci içeren elektronik etiketler yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yeni nesil temassız kartlarda yani diğer bir deyişle elektronik etiketlerde, çipin içerisine artık endüstriyel birer standart haline gelmiş olan 8051 veya 6805 mimarili bir mikroşlemci çekirdeği konumlandırılmaktadır.



Şekil 5.4 Mikroşlemcili bir elektronik etiketin blok diyagramı

Bazı elektronik etiket üreticileri tarafından, mikroşlemci ünitesine ilaveten, birtakım şifreleme algoritmalarını çalıştıran ilave işlem üniteleri de kullanılmaktadır.

Mikro işlemcili temassız kartlar, üzerlerinde bir takım işlevleri yerine getirmede kolaylık sağlayan bir işletim sistemi barındırırlar. Bu işletim sistemi, okuyucu ile olan veri transferi, komut diziliminin kontrolü, dosya yönetimi ve şifreleme algoritmalarının işletilmesi gibi birtakım görevleri yerine getirirler.

Program modülleri, üretim esnasında çipin ROM belleğine gömülürler.

İşletim sistemi ile idare edilen tipik bir elektronik etiket için, tipik bir komut işlem dizisi şöyledir:

Okuyucudan elektronik etikete gönderilen komutlar, elektronik etiketteki HF arayüzü yoluyla alınırlar. Hata algılama ve düzeltme algoritmaları devreye sokulur ve veriler daha sonraki işlem basamakları için hazır hale getirilirler. Hatadan arındırılmış komutlar, güvenli mesajlaşma yöneticisine iletilirler ve veri bütünlüğü için şifre

çözme işlemine tabi tutulurlar. Şifre çözme işleminin ardından kod çözücüyeye gönderilen komutlar burada değerlendirilirler. Eğer alınan komut geçerli bir komut ise, bu komuta ilişkin verilecek cevabı ve gerekli işlemleri tanımlayan program kodu çalıştırılır. Komut geçersiz ise buna göre uygun bir cevap oluşturulur ve okuyucuya iletilir [1].

5.3 Bellek Teknolojisi

Mikroişlemci veya durum makinesinden sonra bir veri taşıyıcısının en önemli bileşeni, kullanıcı verisinin okunup yazıldığı bellek alanıdır. Yalnızca okunabilen veriler, elektronik etiketin üretim işlemi sırasında ROM belleğe lazerle kazınırlar. Böylelikle, elektronik etiketlere benzersiz ve değiştirilemeyen kimlik numaraları vermek mümkün olmaktadır.

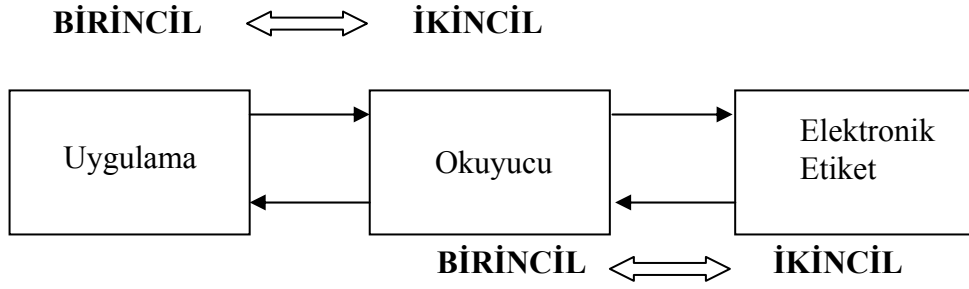
Eğer elektronik etiket içerisine veri yazılacaksa, RAM, EEPROM veya FRAM türü bir bellek hücresinin kullanılması gerekir. Bununla birlikte, yalnızca EEPROM veya FRAM kullanılırsa yazılan veriler uzun süre muhafaza edilebilirler.

6. OKUYUCU MİMARİSİ

Okuyucu mimarisini meydana getiren yapılar bu bölümde detaylı bir şekilde incelenecektir. Okuyucuyu meydana getiren bileşenler ve çalışma şeklide yine ayrıntılı olarak bulunabilir.

6.1 Uygulamadaki İşlem Akışı

Temassız bir veri taşıyıcısından ya da diğer bir deyişle bir elektronik etiket veri okumak veya yazmak için temassız bir okuyucu arayüze ihtiyaç duyulur. Yazılım uygulamaları açısından, veri taşıyıcısına erişimin, temaslı veri taşıyıcılarıyla olabildiği kadar benzer olması beklenilir.

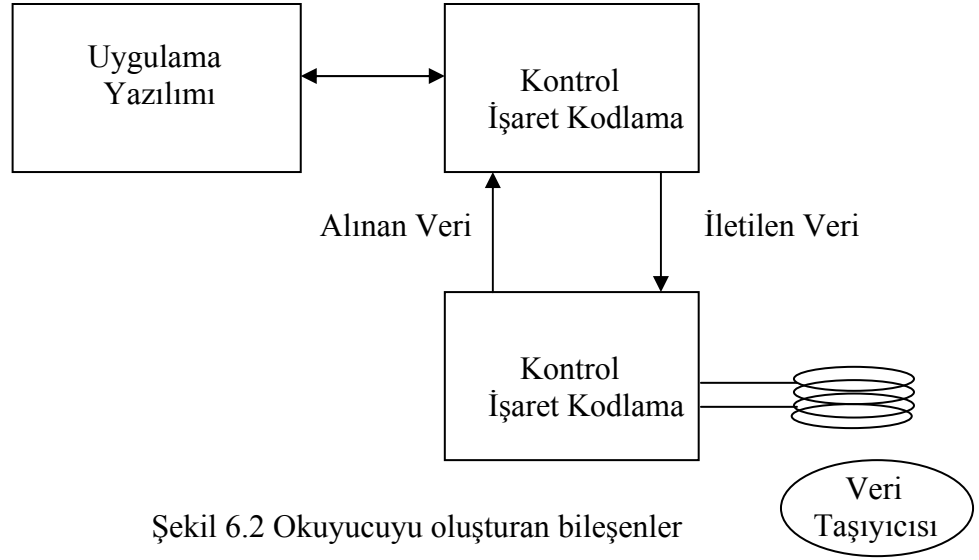


Şekil 6.1 Uygulama yazılımı, okuyucu ve elektronik etiket arasındaki Birincil-İkincil (Master-Slave) ilişkisi

Temassız veri taşıyıcılarına yazma ve okuma işlemleri Birincil-İkincil prensibine göre yürütülür. Tüm okuyucu ve elektronik etiket işlemleri uygulama yazılımı tarafından gerçekleştirilir. Uygulama yazılımından bir komut çalıştırmak için, okuyucu ilk olarak elektronik etiket ile haberleşmeyi kurar. Elektronik etiketler sadece okuyucudan gelen komutlara cevap verir ve kendi başlarına aktif hale geçemezler (yalnızca okunabilen elektronik etiketler hariç). Uygulama yazılımından okuyucuya gönderilen basit bit okuma komutu okuyucu ile elektronik etiket arasında gerçekleşen pek çok iletişim aşamasından geçildikten sonra gerçekleşir [1].

6.2 Okuyucuyu Oluşturan Bileşenler

Çok çeşitli okuyucular arasında kullandıkları bağlaşım yöntemleri farklı olsalar dahi (endüktif bağlaşım, elektromanyetik bağlaşım) haberleşme yöntemleri, veri iletişim yöntemleri ve kullandıkları frekans bölgeleri açısından bir takım benzerlikler görülür. Tüm okuyucular, temel işletim prensipleri açısından benzerdirler.



Şekil 6.2 Okuyucuyu oluşturan bileşenler

Bir okuyucu, iki ana bileşenden oluşur; alıcı ve vericiden oluşan HF arayüzü ve kontrol sistemi [1].

6.2.1 HF (Yüksek Frekans) Arayüzü

Bu ara yüz şu işlevleri yerine getirir:

- Yüksek frekanslı işareti üretir.
- İletilen işaretin elektronik etikete gönderilmesi için modüle edilmesini sağlar.
- Okuyucudan gelen yüksek frekanslı işaretleri demodüle eder.

Yüksek frekans ara yüzü iki kısımdan oluşur: Gönderici ve alıcı.

6.2.1.1 Endüktif Bağlı Sistemler

İlk olarak kullanılacak iletişim frekansı gönderici katında kararlı bir osilatör yardımıyla üretilir. Okuyucudan alınacak zayıf işaretlerin gürültü ile bastırılmaması için osilatörün yan bant gürültüsünün az olması ve faz açısından istikrarlı olması önem taşımaktadır. Osilatörde üretilen işaret, işaret kodlama sisteminin temel bant işareti ile birlikte modülasyon katına verilir. Temel bant işareti, ikili bir veri ile TTL

seviyede anahtarlanmış bir dc gerilimdir. Modülatörün türüne bağlı olarak, osilatör işareti ASK ya da PSK modülasyonuna uğratılır.

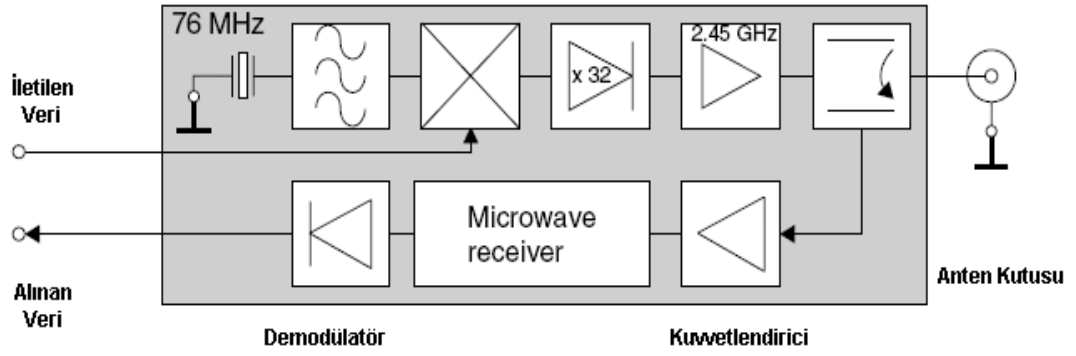
Temel bant işaretinin doğrudan frekans üreticini beslemesi ile FSK modülasyonu da gerçekleştirilebilir. Modüle edilmiş işaret çıkış güç katı tarafından yükseltilerek, anten katına ulaştırılır.

Alıcı katı anten kutusu ile başlar. Antenin hemen girişinde bant geçiren bir filtre yer alır. Tam Çift Yönlü / Yarım Çift Yönlü sistemlerde bu filtrenin görevi büyük ölçüde, iletişim çıkış katından gelen güçlü işaretleri bastırmak ve elektronik etiketten alınan işaretlerin filtrelenerek alınmasını sağlamaktır. Alt harmoniklerle çalışan sistemlerde iletişim ve alış frekansları birbirinden birkaç oktav farklı olduğundan iletim ve alış kanallarını filtrelerle ayırmak çok basit bir işlemdir. Alt taşıyıcı kullanan yük modülasyonlu sistemlerde ise alış ve gönderme frekansları birbirine çok yakın olduğundan bu iki kanalı ayırmak için gereksinim duyulan filtrenin gerçekleşmesi oldukça zordur.

Alt taşıyıcı kullanmayan bazı alçak frekans sistemlerde (< 135 kHz), modülasyon derinliğini arttırmak için çentik filtrelerin kullanımı tercih edilmektedir [1].

6.2.1.2 Mikrodalga Sistemler

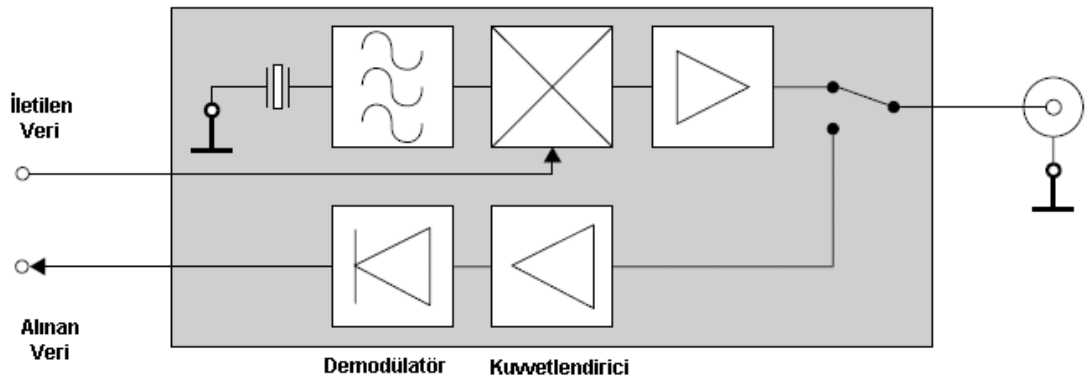
Mikrodalga sistemler ile alçak frekanslı endüktif sistemler arasındaki başlıca fark, frekans sentezlemesidir. Mikrodalga sistemlerde tipik olarak 2.45GHz gibi yüksek frekansların doğrudan kuvars osilatörlerden sentezlenmesi mümkün olmayacağından, ihtiyaç duyulan yüksek frekanslar daha düşük frekansların katlanması yoluyla elde edilirler.



Şekil 6.3 Bir mikro dalga sisteminde yer alan HF arayüzünün blok şeması

6.2.1.3 Ardışıl Sistemler

Ardışıl sistemlerde, elektronik etiket ile okuyucu arasındaki haberleşme sıra ile gerçekleşir. Elektronik etiket, okuyucu veri göndermiyorken verilerini gönderir. Böylece, okuyucudaki alıcı ve verici tıpkı bir telsiz cihazında olduğu gibi sıra ile çalışır.



Şekil 6.4 Ardışıl bir okuyucu sisteminin HF arayüzü

Okuyucu, anteni gönderme ve alma sırasına göre seçmek için bir anahtar kullanır. Ardışıl sistemlerde, alış esnasında perdelenmesi gereken bir iletim işareti bulunmayacağından, bu sistemler yüksek bir alış duyarlılığına sahip olacak şekilde tasarlanabilirler. Bu sayede, sistemin çalışma aralığı, elektronik etiketin çalışması için yeterli enerjinin endüklenebildiği mesafeye kadar çıkabilmektedir.

6.2.2 Kontrol Ünitesi

Bir okuyucunun kontrol ünitesi temelde şu işlevleri yerine getirir:

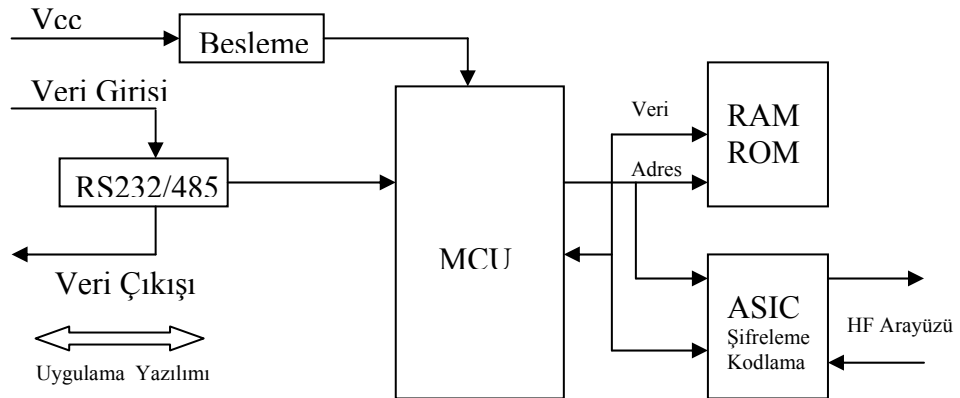
- Uygulama yazılımı ile haberleşme ve uygulama yazılımından gelen komutların çalıştırılması.
- Elektronik etiket ile olan haberleşmenin kontrolü.
- İşaret kodlama ve kod çözme.

Daha gelişmiş yapılarda birtakım ekstra özelliklerde bulunur. Bunlar:

- Çakışma önleme algoritmalarının çalıştırılması.
- Şifreleme ve şifre çözme.
- Okuyucu ile elektronik etiket arasındaki yetkilendirme prosedürünün uygulanması.

gibi bir takım özelliklerdir.

Kontrol üniteleri, genellikle mikroişlemci tabanlı olarak tasarlanırlar. İşlemcinin yükünü hafifletmek için özellikle şifreleme ve şifre çözme gibi yoğun işlemleri gerçekleştirmek üzere ilave bir ASIC modül de eklenebilmektedir.



Şekil 6.5 Bir okuyucuya ait kontrol sisteminin blok diyagramı

Uygulama yazılımı ile okuyucu arasındaki veri alışverişi RS232 veya RS485 üzerinden gerçekleştirilebilir [1].

6.3 Anten Bağlantısı

6.3.1 Endüktif Sistemler İçin Antenler

Endüktif bağlaşımlı okuyucularda, elektronik etiketi enerjilemek ve haberleşme arayüzünde kullanılmak üzere kullanılan Φ manyetik akısı anten tarafından üretilmektedir. Anten tasarımında dikkat edilecek en önemli özellikler:

- Maksimum manyetik akıyı üretebilmek için gerekli maksimum akım değeri.
- Manyetik akının oluşturulmasında kullanılmak üzere en yüksek enerjiyi üretebilmek için güç eşleme.
- Veri ile modüle edilmiş taşıyıcı işaretin bozulmadan iletilebilmesi için yeterli bantgenişliği.

Kullanılan frekans aralığına bağlı olarak, anten bobinini vericinin çıkışına bağlamak için farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Anten çıkışa direk bağlanabildiği gibi bir empedans uydurma devresinden geçirilerek koaksiyel bir kablo üzerinden geçirilerek de bağlanabilir [1].

6.3.1.1 Akım Eşlemesi Yoluyla Bağlantı

135 kHz'in altındaki sistemlerde, HF arayüzü ve anten bobini baskılı devre üzerinden birbirine doğrudan bağlanırlar. Antenin besleme hattının uzunluğunun çalışılan dalga boyundan çok küçük olması nedeniyle, işaret baskılı devre üzerindeki yolların uzunluklarına çok duyarlı değildir. Bu nedenle, akımdaki yüksek frekans karakteristiği ihmal edilebilir. Düşük frekanslarda çalışan bir RFID sisteminde anten devresinin sisteme bağlanması, herhangi bir ses sisteminin hoparlörlere bağlanması işleminden devre tekniği açısından çok farklı değildir.

Antenden akan akımı en yüksek noktaya getirmek için anten bobini L_s 'ye seri bir kapasite C_s bağlanır. f_o rezonans frekansını verecek bobin ve kapasite değerleri şu formül uyarınca verilebilirler.

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}} \quad (6.1)$$

Anten akımı harici olarak seri bir R_s direnci yardımıyla sınırlandırılabilir [1].

6.3.1.2 Koaksiyel Kablo Üzerinden Bağlantı

1MHz'nin üzerindeki frekanslarda, antene yapılan bağlantı kabloları yada baskılı devre yolları uzun tutulursa, kablo üzerindeki yüksek frekanslı gerilim işareti stabil kalmaz ve bir elektromanyetik dalga gibi davranmaya başlar. Anteni uzun, korunaksız bir kabloyla bağladığımızda, güç dalgalanmaları, parazitik güç salınımları ve empedans aktarımı gibi istenmeyen etkiler gerçekleşebilir. Bu etkilerin önüne geçmek için koaksiyel kablom gibi ekranlı bir kablo kullanmak gerekmektedir. Radyo teknolojisinde kullanılan soketler, kablolar ve çeşitli bağlantı elemanları 50 Ω luk bir empedansla üretilirler. RFID sistemleri de genel olarak 50 Ω teknolojisine sahiptir. Aşağıdaki blok gösterimde, 50 Ω teknolojisini kullanan bir RFID sisteminin pek çok yüksek frekans arayüz bileşeni verilmektedir [1].

6.3.1.3 Q Faktörünün Etkisi

Endüktif bağlaşımlı RFID sistemi için uygun bir okuyucunun anteni, rezonans frekansı ve kalite faktörüyle karakterize edilir. Yüksek kalite faktörü, anten bobininde yüksek akım elde edilmesini sağlayarak elektronik etikete aktarılan gücü arttıracaktır. Bununla birlikte, antenin bantgenişliği, kalite faktörüyle ters orantılıdır. Yüksek bir kalite faktörü nedeniyle bantgenişliğinin azalması, elektronik etiketten alınan işaretin yan bantlarının zayıflamasına neden olacaktır. Endüktif bir okuyucu antenin kalite faktörü, anten bobininin endüktif direnci ile rezistif direncinin oranıyla bulunur. Şöyle ki;

$$Q = \frac{2\pi f_0 L_{coil}}{R_{total}} \quad (6.2)$$

Antenin bantgenişliği ise;

$$B = \frac{f_0}{Q} \quad (6.3)$$

Okuyucunun modülasyon yan bantları için gerekli olan bantgenişliği, ASK modülasyonlu bir sistem için;

$$BT = 1$$

olur.

Burada T; modülasyon tarafından kullanılan taşıyıcı işaretin devrede olma zamanıdır. Pek çok sistemde, kalite faktörü değeri, 10 ila 30 arasında bir değer alınarak seğilmektedir. Bu değer, tasarım yapılan sistemin karakteristiğine ve ihtiyaç duyulan bantgenişliğine bağlı olarak değiştiğinden belirli bir değer üzerinden genelleme yapılamaz [1].

7. RFID SİSTEM STANDARTLARI

RFID sistemler barkod sistemlerinde, çalışanı tanıma, araba anahtarı gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yakın bir gelecekte hayatın birçok alanına da yayılması düşünülmektedir. Bu büyüme güvenli verinin taşınması konusunda beraberinde getirmektedir. Kaçınılmaz olan durum ise bazı standartların oluşturulması gerekliliğidir.

7.1.1 RFID'de Güvenlik

RFID sistemler yoğun olarak yüksek güvenlik gerektiren alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Ödeme sistemlerinde, bilet yerine kullanmada, giriş çıkış işlemleri gibi.

Yoğun kullanım beraberinde istenmeyen okunmaları engelleme, elektronik etiket kopyalamasına karşı güvenli bir yapıyı geliştirme ihtiyacı doğurmuştur.

Yüksek seviye güvenlik isteyen RFID sistemler aşağıda belirtilen durumlara karşı koruma yöntemleri geliştirilmiştir.

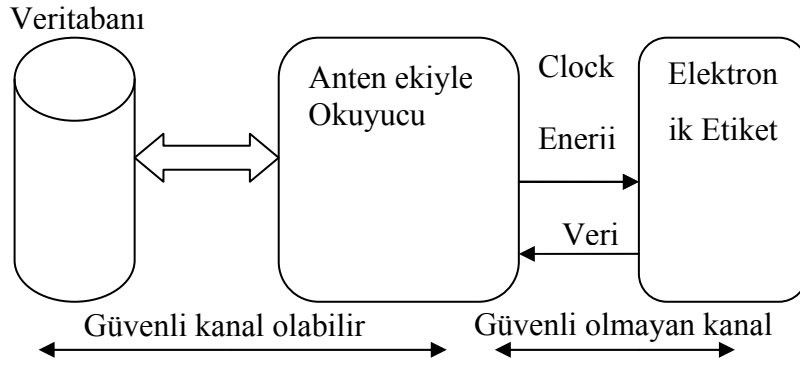
- Yetkili kişi olmayanların veri taşıyıcı sinyalin değiştirilmesini veya kopyalamasının engellenmesi
- Mevcut okuma sistemi içine yabancı veri taşıyıcı sinyallerinin sokulmasının engellenmesi
- Tekrarlama (Replay) ve Dolandırıcılığın (Fraud) engellenmesi

7.1.2 RFID Güvenlik Algoritmaları

Şu ana kadar belirttiğimiz gibi Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemler 3 unsurdan meydana gelmektedir:

1. Tanımlama bilgisini içeren RFID elektronik etiket.
2. Veri bilgisini okuyan ve yazan RFID Okuyucu.
3. Elektronik etiket bilgileriyle ilgili ayrıntılı bilgilerin bulunduğu, back-office veritabanı.

Back office sistemine bağı olan okuyucu elektronik etiketten gerekli bilgiyi alarak karşılaştırma yapar. Okuyucu ile backoffice sistemi güvenli bir kanal üzerinden haberleşme işlemini yapar. Şekil 7.1’de ayrıntılı şekli görülebilir.



Şekil 7.1 Okuyucu elektronik etiket haberleşmesi

Elektronik etiket ve okuyucu arasındaki iletişim belirlenmiş radyo frekansı ve protokolüne göre yapılır. Okuyucu sorgulama yaptığında elektronik etiket bilgisini radyo dalgalarını kullanarak okuyucuya yollar. Eğer güvenli bir sistem kurulmuş ise bilgi güvenli olmayan bir yöntemle okuyucuya iletilir. Bu durumda haberleşmeyi dinleyen kişi sinyalleri izleyerek elektronik etiket hakkında bilgi sahibi olabilir. Bilindiği gibi RFID haberleşmede sinyal seviyesi gücü asimetriktir. Bunun nedeni elektronik etiketlerin okuyucudan gelen taşıyıcı sinyalleri pasif olarak module etmesidir. Bu yüzden okuyucudan elektronik etikete gelen sinyalleri çözmek elektronik etiketten okuyucuya giden sinyallere nazaran daha kolaydır.

RFID’de güvenli bir yapı oluşturmak için birçok çözüm üretilmiştir. Bunları iki grupta toplanabilir. Elektronik etiketlerin öldürülmesi veya sınırlandırılması, bir diğeri ise HashLock yöntemiyle elektronik etiketlerin okunması.

7.1.2.1 Elektronik Etiketlerin Sınırlandırılması veya Öldürülmesi

Kullanıcı gizliliğinin sağlanabilmesi için seri numarasının silinmesi ve ürün kodunun sadece elektronik etikette bırakılması başvurulan çözümlerden biridir. Hatta elektronik etiketin öldürülmesi yani kullanılamaz hale getirilmesi de seçilen bir yöntem olabilir. Elektronik etiketlerin öl komutunu işleyip işlemediğinden emin olmak oldukça zordur; ayrıca tekrar aktif edilmesinin olanaksız olması, uygulama işleyişi açısından bu yöntemin pekte uygun olmayacağı söylenebilir.

7.1.2.2 Okuma İzninin Kontrol Edilmesi

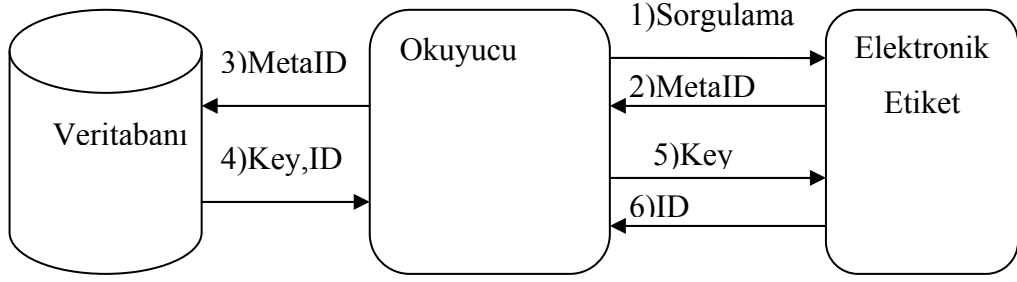
Eğer okuma izni kontrolü konulursa, elektronik etiket sadece yetkili okuyucuya cevap verir. Kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür. Elektronik etiket, hash dan doğru key le geçirilmemiş istek komutlarına cevap vermeyecek şekilde üretilir. Bu yöntemle ilgili çeşitli çözümler sunulmuştur. Bunları tanıyacak olursak.

7.1.2.2.1 “Hash Locking” Yaklaşımı

“Hash lock” tasarımı hash fonksiyon tanımlama, elektronik etiket üzerinde metaID tutma ve back office sisteminde keylerin yönetimini içermektedir. Her hash yapısını destekleyen elektronik etiket, lock ve unlock durumlarda çalışabilir. Elektronik etiketi lock durumu getirmek için elektronik etiketin sahibi elektronik etiketin metaID’si olarak rastgele bir sayının hash ni tutar.

$$\text{metaID} \leftarrow \text{hash}(\text{key})$$

Elektronik etiketi unlock duruma getirmek için, elektronik etiket sahibi metaID’yi elektronik etiketten alır. Mevcut metaID’ye ait keyi veritabanından bulur ve elektronik etikete yollar. Elektronik etiket gelen keyi hash fonksiyonundan geçirerek metaID ile karşılaştırır. Eğer hesaplanan değer kendi metaID’si ile tutuyorsa kendisini unlock duruma getirir. Bu akış 7.2’de ayrıntılı olarak görülebilir [5].

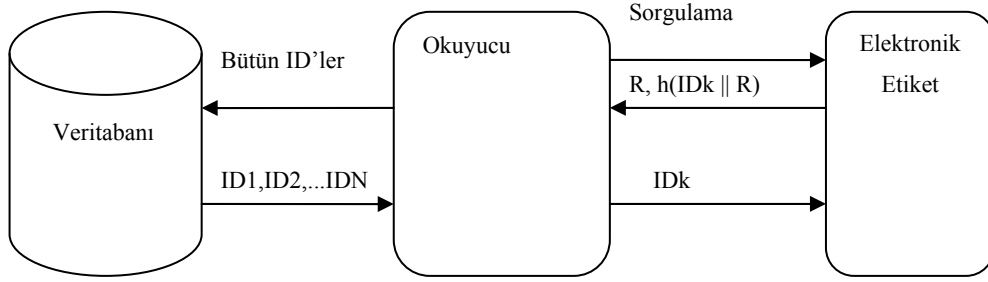


Şekil 7.2 “Hash-lock” işlemi

MetaID elektronik etiketler için belirleyicidir. Sistemi izleyen birisi kolaylıkla MetaID bilgisini çalabilir. Key’inde elde edilmesi çok kolaydır. Forward kanalı kullanılması bunun en önemli nedenidir.

7.1.2.2.2 “Randomized Hash Locking” Yaklaşımı

Bir önceki sistemin geliştirmiş haline “Randomized Hash Locking” denir. Tek yönlü hash metodu rastgele sayıyla kullanılmaktadır. Elektronik etikette rastgele sayı üretici bulunması gerekmektedir. Çalışma şu şekilde olmaktadır. Elektronik etiket, okuyucu sorgulamasına ürettiği rastgele sayıyla birlikte, ID’sinin rastgele sayı ile birleştirip hash den geçirilmiş halini yollar. Bu protokolü Şekil 7.3’te görebilirsiniz [5].



Şekil 7.3 “Randomized Hash-lock” işlemi

Bu şema yer bazlı güvenliği sağlar fakat çok fazla sayıda elektronik etiket var ise back end sistemde çok fazla operasyonel işlem olacağından pek kullanışlı olmayacaktır. Yer bazlı güvenlik sağlamasında ayrı bir sorundur. Elektronik etiketlerin yerleri değiştiğinde back end sisteminde bütün elektronik etiketler için taşımak gerektirir [5].

7.1.2.2.3 Hash Tabanlı ID Değişimi

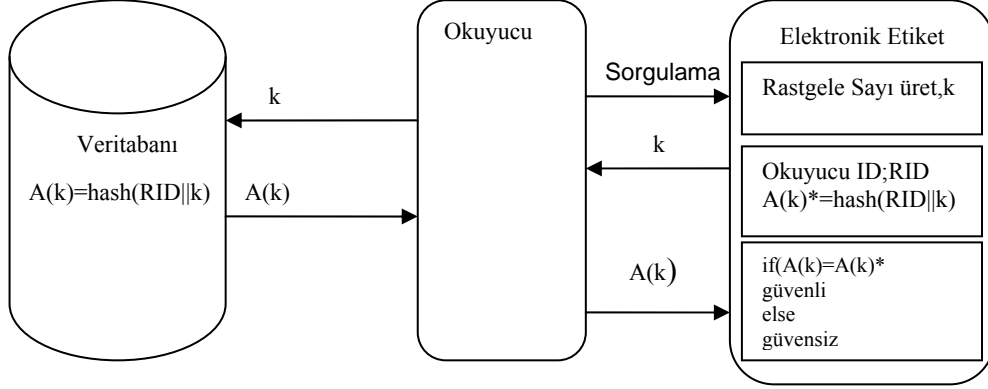
Bu metotta elektronik etiketlerin ID’si her okumada değiştirilir. Rastgele sayı bu amaçla back-end sistemde her seferinde elektronik etiketler için üretilir.

7.1.2.2.4 Güvenli Okuyucunun Hash Tabanlı Sistemle Tanımlanması

Güvenli olan okuyucuların ID’leri elektronik etiketlerin hafızasında saklanır. Okuyucularda bu bilgi mevcuttur. Şekil 7.4’te bu tanımlama yapısı görülebilir.

Elektronik etiket, ID’sini hash fonksiyonundan geçirip okuyucuya yollar. Okuyucu bu elektronik etiket ID’yi alır. Bu kontrol sistemi güvenli bir yapıya sahip değildir. Hash tabanlı elektronik etiket ID rastgele olarak üretilmediği için, sistemi izleyen biri bu veriyi alarak elektronik etiketin başka bir taklidini yapabilir. Okuyucular bu yöntemle çok kolay şekilde yanıltması mümkündür. Bu sorunu çözmek için metodu geliştirmek mümkündür. Eğer rastgele sayı ve elektronik etiket ID beraber hashden geçirilir ise, elektronik etiketin kopyalanması mümkün olmaz. Okuyucu açısından

elektronik etiket ID'si elde etmesi ise hash fonksiyonu kullanıldığı için mümkün değildir [5].



Şekil 7.4 Güvenli okuyucu seçimi

7.2.1 RFID'de Çarpışma (RFID Collision)

Okuyucularla elektronik etiketler arasında haberleşme için birçok yol vardır; fakat farklı olan bu metodlar İlk elektronik etiket Konuşması (TTF) veya İlk okuyucu konuşması (RTF) diye kategorize edilebilir. Lojik olarak bakıldığında bir elektronik etiket için varlığını okuyuculara duyurması çok basit olarak gözükabilir. Pratikte, elektronik etiketin diğerlerinden sıyrılarak ilk olarak konuşmasını ayarlamak zordur. Bazı büyük aktif elektronik etiketli sistemler TTF haberleşme protokolünü kullanmaktadır. Günümüzde pahalı olmayan akıllı etiketler ve pasif elektronik etiketler RTF protokolünü kullanır. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan bu protokollerden RFID Dilimli Aloha, Uyarlanırlık ikili ağaç, Slotted Terminal Adaptive spesifikasyonunu incelenecek.

7.2.1.1 Dilimli Aloha

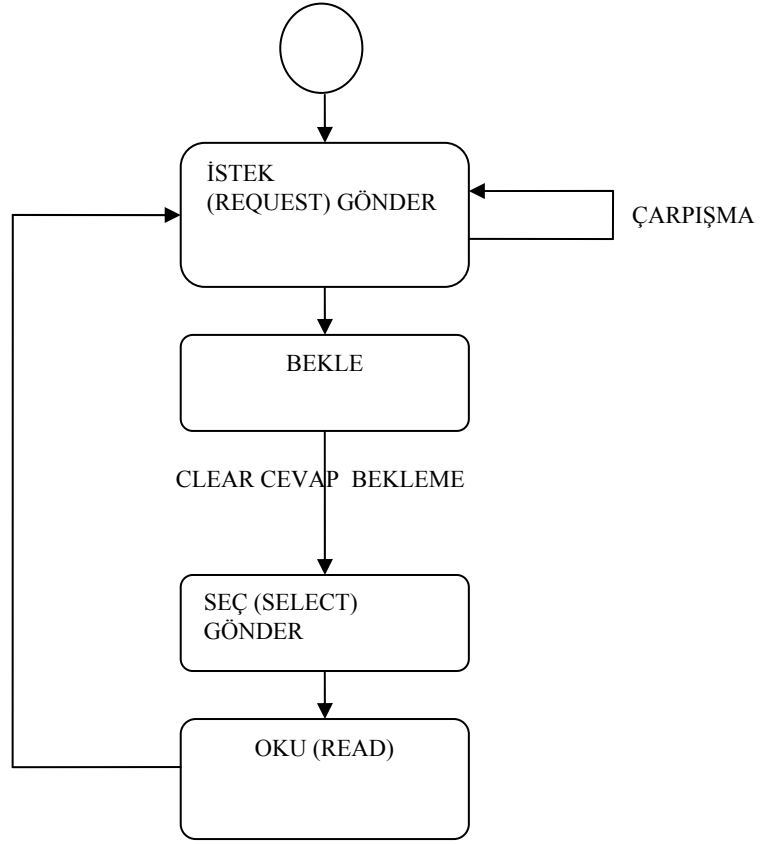
Dilimli Aloha, kısaca Aloha diye bilinen protokolden türemiştir. 1970 yılında Norman Abramson tarafından hawaii de paket radio haberleşmesi için geliştirilmiştir. Ethernet protokolünün esin kaynağı Alohadır. Günümüzde uydu haberleşmesinde iso 18000-6 Type B ve EPC Gen2 elektronik etiketleri bu metodun versiyonu kullanılmaktadır.

Aloha'nın basit yapısı çarpışmayı engelleyici bir protokol olarak kullanılmasında önemli bir neden olmuştur. Bu yöntemle, elektronik etiketler kendi ID'lerini okuyucudan enerji alır almaz bildirir. Her bir elektronik etiket kendi ID'sini yollar yollamaz, rastgele bir zaman birimi kadar bekler ve ID sini tekrar yollar. Okuyucu şansa bağlı olarak elektronik etiket ID'lerinden birini yakalar. Okuyucu elektronik etikete hiç bir şekilde cevap vermez. Bu yöntemin avantajı hız ve basit olmasıdır. Elektronik etiket lojisinin minimum olması basit protokol yapısı anlamına gelmektedir. Eğer bir kaç elektronik etiket mevcut ise performansı en iyi protokoldür denilebilir.

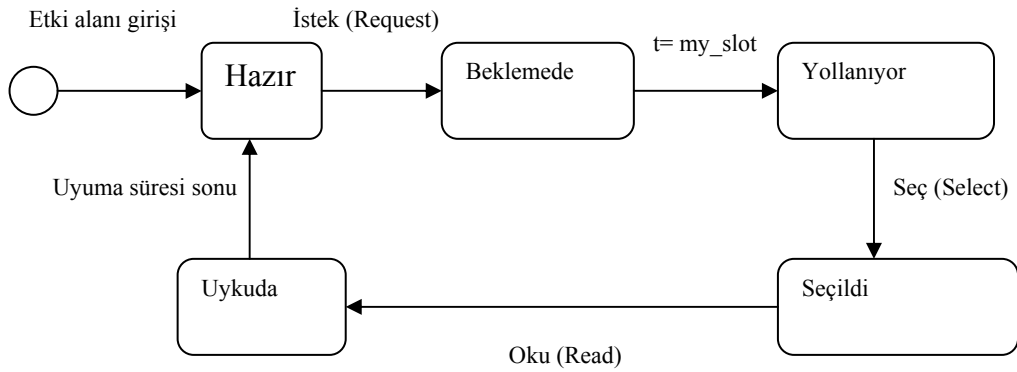
Her ne kadar, elektronik etiket sayısının artırılması bilgi gönderecek elektronik etiketin diğer elektronik etiketlerin uyuma süresinde gönderme olasılığını azaltacaktır. Bu da 8-10 tane elektronik etiketin olduğu ortamlarda temiz bir haberleşme gerçekleştirme şansını azaltmaktadır.

Dilimli Aloha İSTEK (REQUEST), SEÇME (SELECT) ve OKU (READ) isiminde 3 komutu kullanmaktadır. İlk komut olan İSTEK (REQUEST) elektronik etiketler için kaç tane slot olduğunu bildirir, ayrıca alan içindeki elektronik etiketler için zaman işareti verir. Her bir elektronik etiket kendisi için İSTEK(REQUEST) geldiğinde okuyucu etkisiyle belirlenen bir zaman dilimi (timeslot) seçer. Her bir elektronik etiket seçmiş olduğu zaman diliminde ID lerini yollar. Okuyucu eğer temiz bir ID bilgisi alırsa ise SEÇME (SELECT) komutunu yollar. Elektronik etiketler içinde ID'si gönderilen ID'ye eşit olan elektronik etiket cevap verir. Okuyucu OKU (READ) komutuyla elektronik etiketten göndermesini istediği veriyi alır. Güvenli olmayan sistemlerde yukarıda belirtildiği gibi ekstra komutlarda yollanmaktadır.

Dilimlerin az olması hızlı okuma anlamına gelmektedir, fakat çok elektronik etiket olduğu takdirde fazla dilim az çarpışma anlamına gelmektedir. Dilimli Aloha'nın çeşitli versiyonlarıyla dilim sayısını optimize edilebilmektedir. Okuyucu dilim sayısını İSTEK (REQUEST) komut gönderme aşamasında temiz bir ID okuyana kadar yükseltebilir. Okuyucu ARAVERME (BREAK) komutu göndererek bekleyen elektronik etiketlerin gönderme sıralamasını tekrar değiştirebilir. Bazı versiyonlarda elektronik etiketler UYU (SLEEP) durumuna girmeside mümkündür.



Şekil 7.5 Dilimli Aloha okuyucu durum diyagramı



Şekil 7.6 Dilimli Aloha elektronik etiket diyagramı

Dilimli Aloha protokolünün çalışma şeklini ayrıntılı olarak aşağıdaki şekilde de ifade edebilir. Burada bir tane okuyucu ve üç tane elektronik etiket vardır. Protokol ARA VER (BREAK) ve UYU (SLEEP) komutlarını da kullanır. Konunun daha iyi açıklanabilmesi için drama yönteminden yararlanılacaktır. 4 tane aktörün olduğunu düşünelim. Bunlardan biri okuyucuyu, diğer 3 tanesi ise elektronik etiket1, elektronik etiket 2 ve elektronik etiket 5'i oynamaktadır.

Boş bir odada, duvarda bir saat asılıdır. Zamanı mili saniye cinsinden göstermektedir. Okuyucu podyumda ve elektronik etiket bir kapıdan içeri girmektedir. Tablo 7.1'de durum benzetimi (simulation) görülebilir [6].

Tablo 7.1 Elektronik etiket-okuyucu haberleşmesi

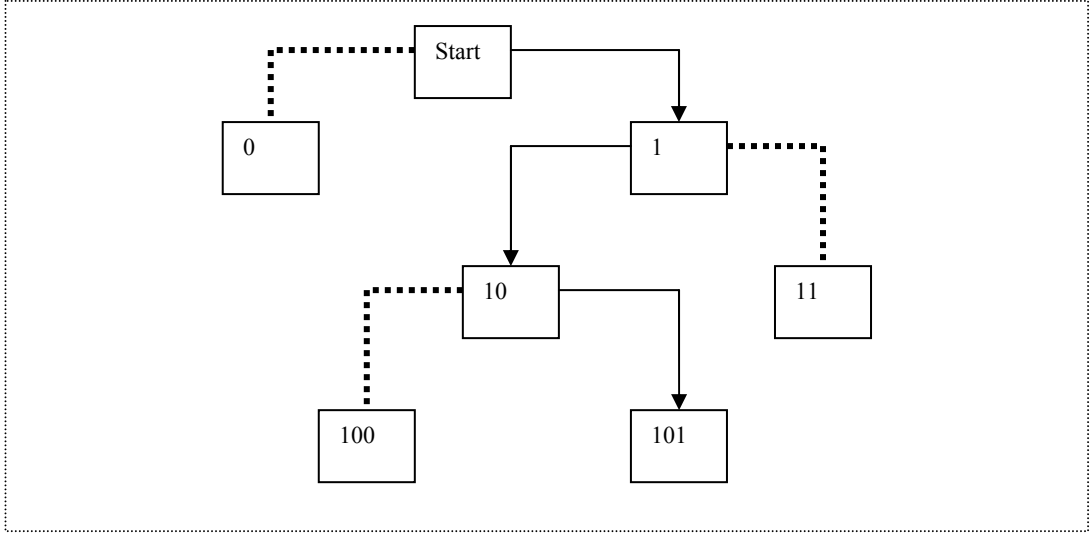
1	Okuyucu	Orada herhangi bir okuyucu var mı?. Şu an zaman t dir. t+10, t+20, t+30,t+40,t+50 slotlarım var. Lütfen cevap verin. (Elektronik etiket 1, Elektronik etiket 2 ve Elektronik etiket 5 içeri girer).
2	Okuyucu	Orada herhangi bir okuyucu var mı? Şu an zaman t dir. t+10, t+20, t+30,t+40,t+50 dilimlerim var. Lütfen cevap verin. (Elektronik etiket 1, Elektronik etiket 2 ve Elektronik etiket 5 içeri girer).
3	Elektronik Etiket 1:	Rastgele bir zaman t+40 seçer.
	Elektronik Etiket 2:	Rastgele bir zaman t+20 seçer.
	Elektronik Etiket 5:	Rastgele bir zaman t+10 seçer.
4		Saat t+10'u gösterir.
5	Okuyucu	Okuyucu: Herkes sessiz olsun. Ben 5'i seçiyorum. (Butün Elektronik etiketler 5 hariç başları sallayarak sessiz olurlar).

6	Elektronik Etiket 5	Ben seçildim. Ben 5'im.
7	Okuyucu	5 Herhangi bir verin var mı bizle paylaşacağın?
8	Elektronik Etiket 5	FF13034324234234, Ben 5'im.
9	Okuyucu	Tamam, artık sus. Orada başka biri var mı? Şu an zaman t ve dilimlerim: t+10, t+20, t+30, t+40, t+50. Lütfen cevap verin.

7.2.1.2 Uyarlanır İkili Ağaç (Adaptive Binary Tree)

EPC Class 0 ve Class I sürüm 1.0 UHF Elektronik etiketler çarpışmayı engellemek için daha karışık bir algortima olan uyarlanır ikili ağaç yöntemini kullanırlar. İsminden anlaşıldığı gibi bir elektronik etiketi diğerleri arasından bulmak için binary arama metodunu kullanır. Dilimli Aloha'dan farklı tarafı elektronik etiket hemen cevap vermesidir. EPC, UHF spesifikasyonunda iki tane taşıyıcı (1 ve 0) elektronik etiket cevabında kullanır. Bu protokol kaç tane elektronik etiketin 1 veya 0 döndürdüğü ile ilgilenmez. Önemli olan elektronik etiket veya elektronik etiketlerin cevap vermesidir. Bu protokolda tek bir okuyucunun olması önemlidir. Bu yüzden okuyucuların dikkatli bir şekilde konfigre edilmesi gerekmektedir.

İkili ağaçta (Binary tree) dolaşmak bir sayının her bir digitindeki 1 ve 0'ları tahmin etmek gibidir. İlk başlamada elde hiç bir bilgi yok iken şu soru sorulur: İlk digit 1 mi? Eğer cevap 1 ise string dizisine eklenir. Sonraki digit 1 mi diye sorulur. Eğer cevap hayır ise 0 string dizisine eklenir. Bu soru ve cevap her bir digit için tekrar eder ta ki sayıyı bilene kadar. Şekil 7.7'de gösterilmiştir. Oklar her bir digitte doğru cevabı gösterir.



Şekil 7.7 İkili ağaç

Bu yöntemde birçok elektronik etiketin içinden istenilen elektronik etiketi seçilmesi ise şu şekilde olmaktadır. İlk başlangıç durumunda elde hiç bir bilgi yoktur. Okuyucu MSB’i bir olan ID’li elektronik etiket var mı sorusunu sorar. Bu soruya hayır cevabını veren elektronik etiketler cevap verme işini durdurur. Evet, cevabını veren elektronik etiketlere benzer sorular sorulmaya devam eder. Bütün sorulara bir elektronik etiket cevap verene kadar aralık daraltılır. En kötü olasılıkla LSB’e kadar soru sorma işlemi devam eder [6].

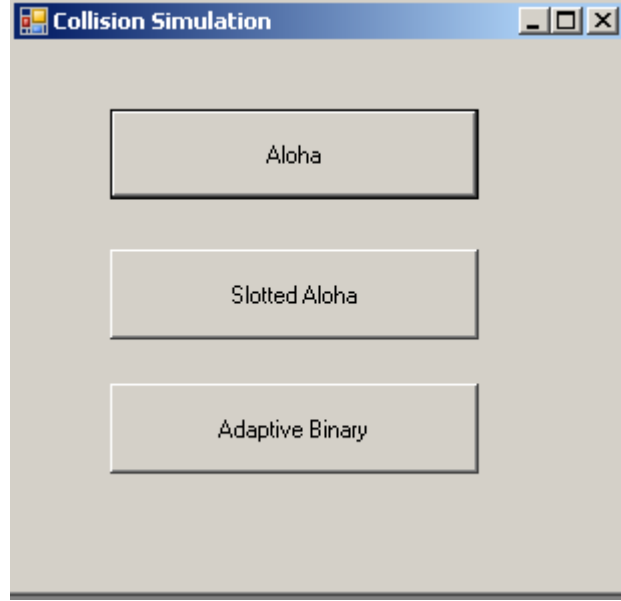
7.2.1.3 Çarpışma Protokollerinin Benzetimli Karşılaştırılması

Kullanılacak çarpışma protokol şekli maliyet, hız, kurulacak yapı şekline göre farklılık gösterebilmektedir. Tablo 7.2’de protokollerin karşılaştırması görülebilir.

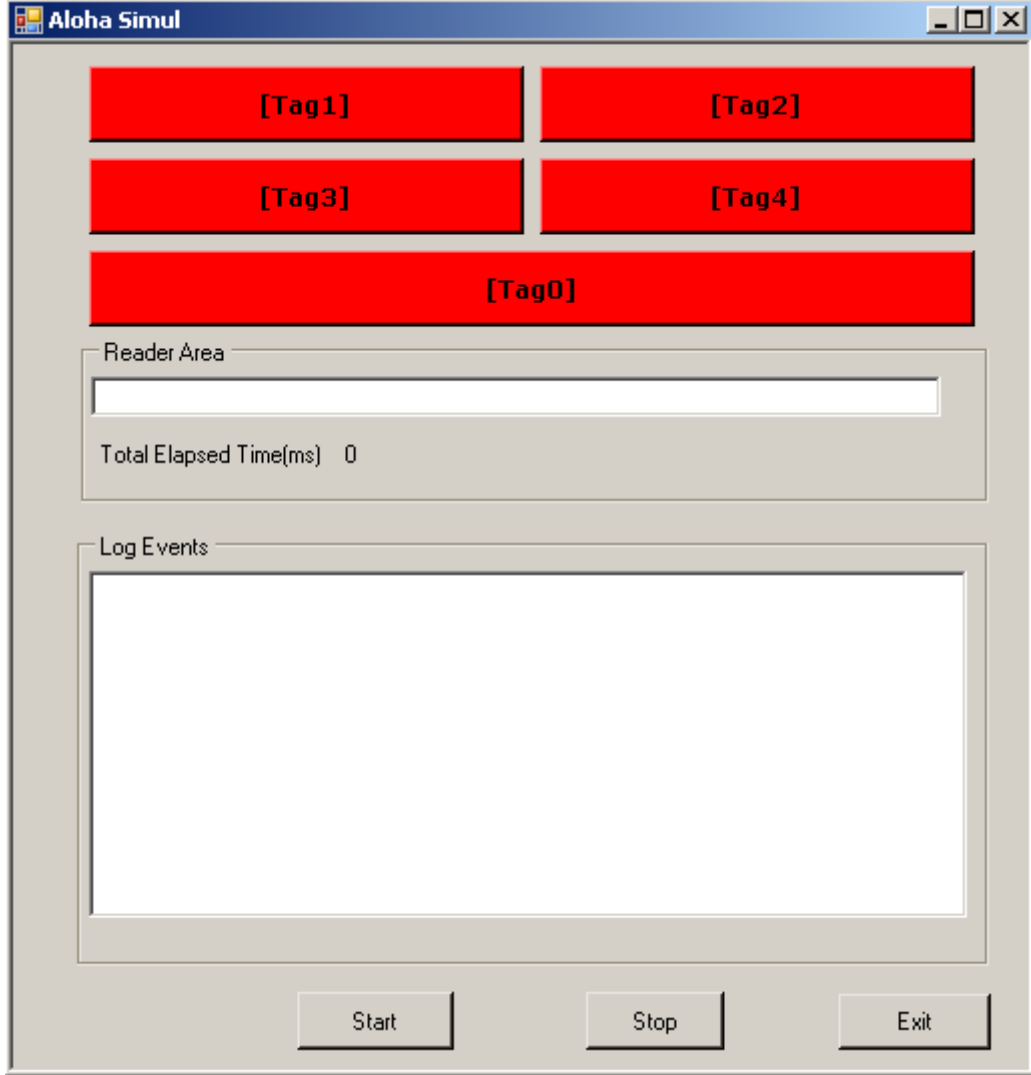
Tablo 7.2 Çarpışma algoritmaları karşılaştırılması

	Hız	Maliyet	Donanım
Aloha	Elektronik etiket sayısı 1-10 arası hızlı.	Diğer protokollere göre ucuz	Basit
Dilimli Aloha	Elektronik etiket sayısı 1-10 arası hızlı.	Ucuz	Basit
Uyarlanırlık ikili ağaç	Elektronik etiket sayısının fazla olması durumunda diğer protokollere nazaran performansı en iyi.	Karışık yapısı yüzünden dolayı donanım maliyeti yüksek.	Karışık

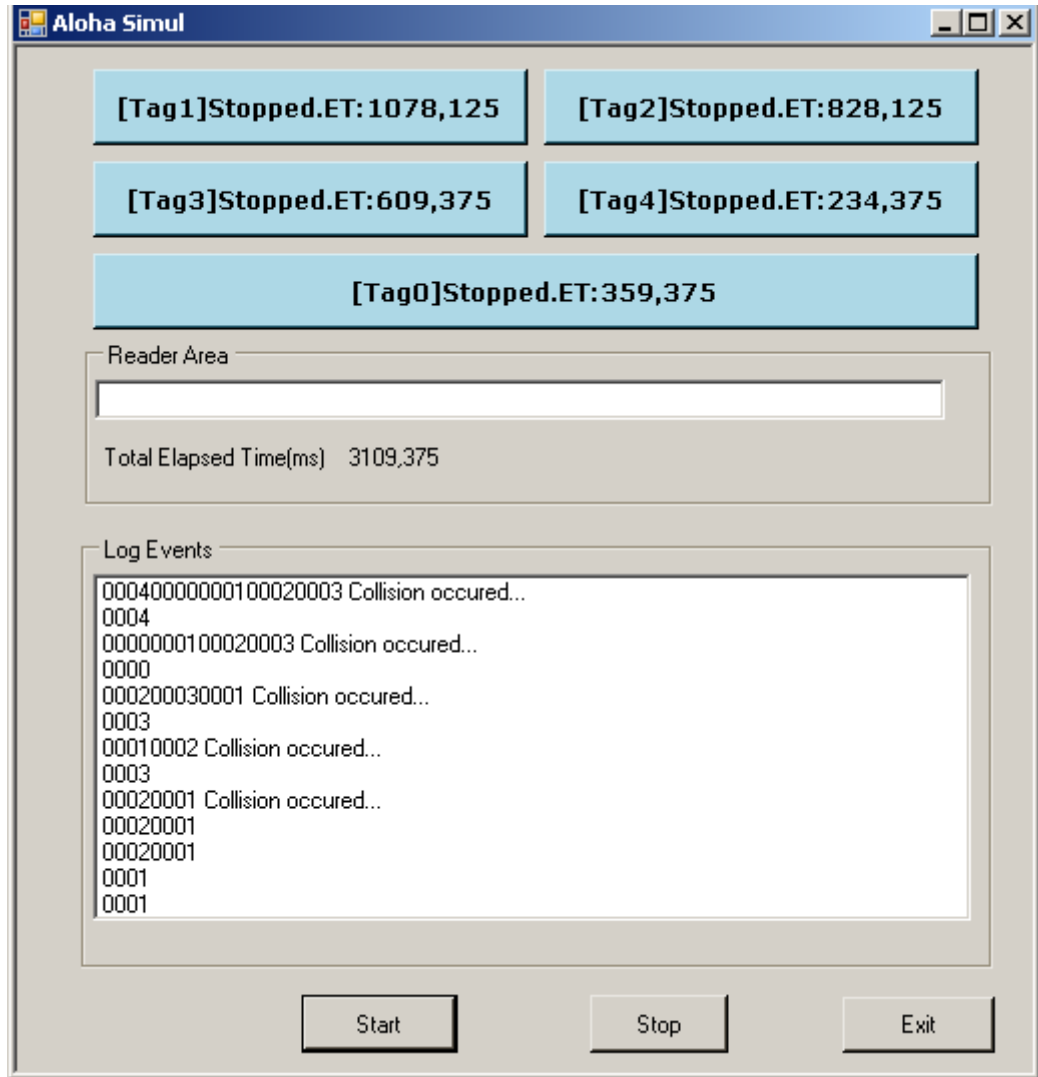
Aloha, Dilimli Aloha ve Uyarlanırlık ikili ağaç nin hız performansı karşılaştırması yapılan bir programla simülasyonu çıkarılmıştır. Program arayüzünde butonlar elektronik etiketler olarak değerlendirilerek elektronik etiketleri algılanma süresi hesaplanmıştır.



Şekil 7.8 Çarpışma protokolü benzetim programı



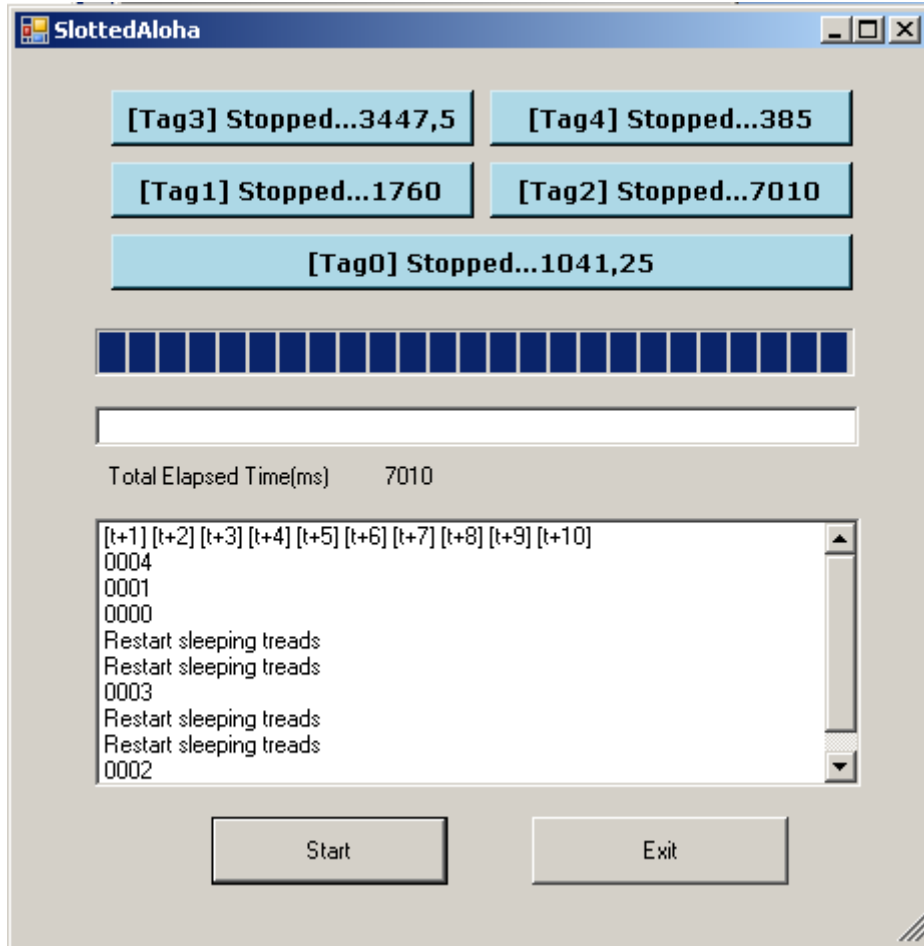
Şekil 7.9 Aloha protokolü 1



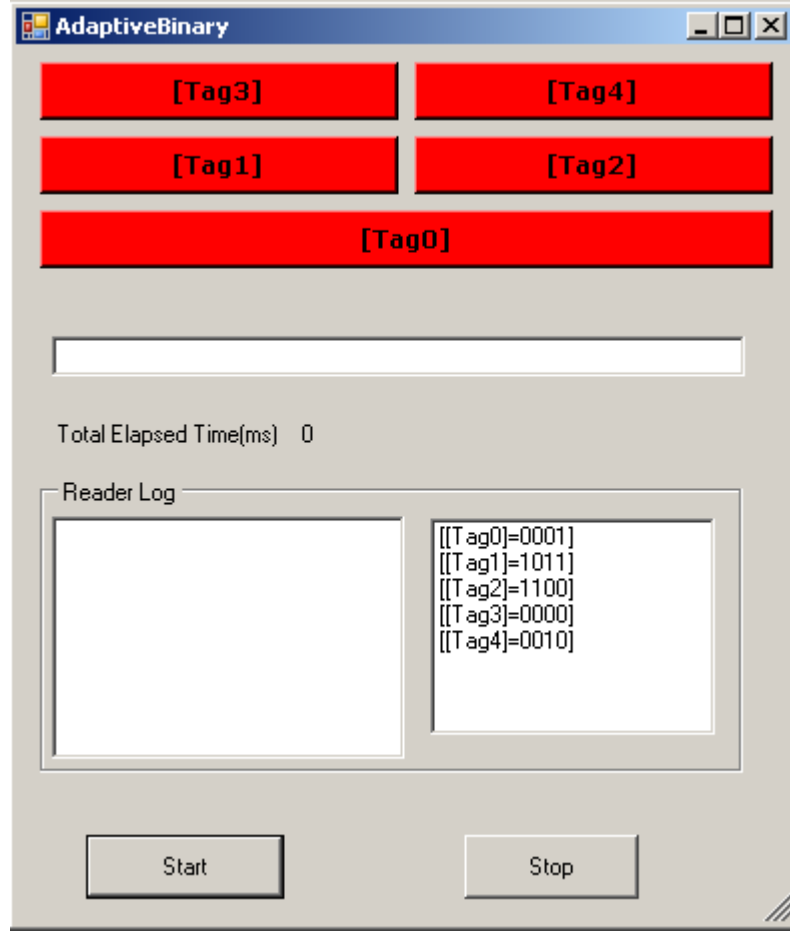
Şekil 7.10 Aloha protokolü 2



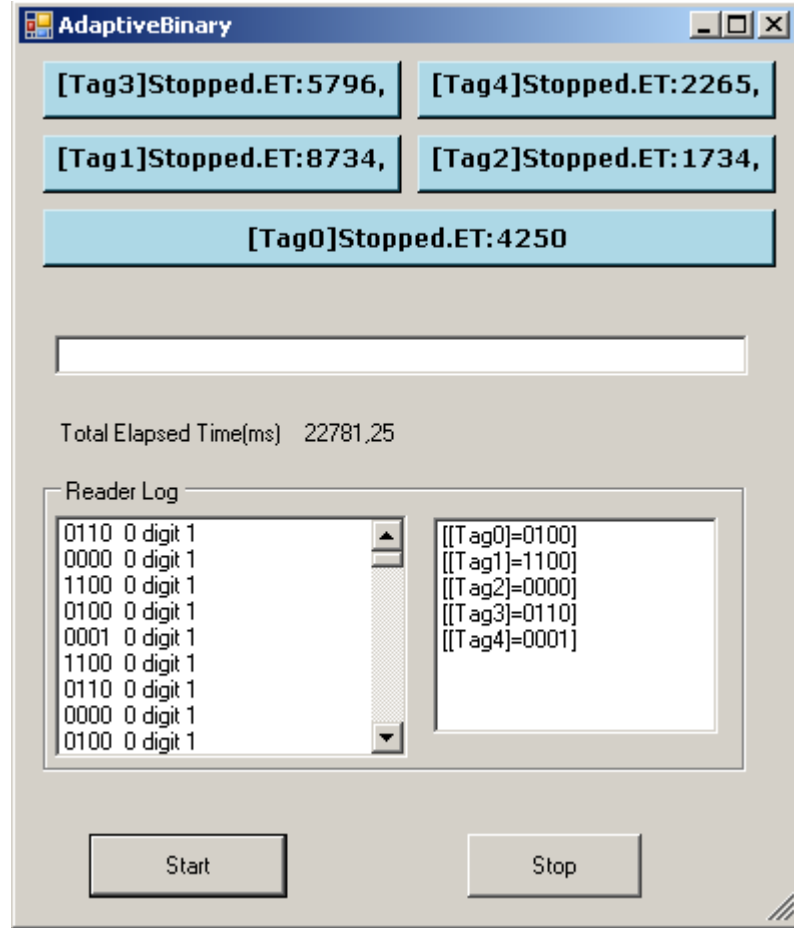
Şekil 7.11 Dilimli Aloha protokolü 1



Şekil 7.12 Dilimli Aloha protokolü 2



Şekil 7.13 Uyarlanırlı ikili ağaç 1



Şekil 7.14 Uyarlanırlı ikili ağaç 2

Çarpışma protokollerinin benzetiminde (simulation) C# programlama dili kullanılmıştır. Her bir elektronik etiket ve okuyucu bir OKU (READ) olarak değerlendirilmiştir. Çarpışma durumunu anlamak için ekrandaki textbox'lar kullanılmıştır. Belirtilen uzunluktan büyük verinin olduğu duruma bakılarak çarpışma olup olmadığı anlaşılmasına çalışılmıştır. Ekranlar üzerinde belirlenen elektronik etiket sayına göre bütün elektronik etiketlerin okunma süresi mili saniye cinsinden program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. Tablo 7.3'te elektronik etiket sayısına göre okuma süresi çıkartılmıştır.

Tablo 7.3 Elektronik etiketleri tanıma performans karşılaştırması

Çarpışma Engelleme Metodu	Elektronik Etiket Sayısı	Süre (milisaniye)
Aloha	5	359,375
Dilimli Aloha	5	1041,25
Uyarlanabilir İkili Ağaç	5	4250

7.3.1 Okuyucu Protokolleri

Modern okuyucu protokolleri üretim ortamında bazı özelliklikleri üzerinde taşınmalıdır. Bu özellikler bir yapı içinde tanıtıldığı takdirde sonraki nesil okuyucuların takip etmesi açısından yol gösterici olmaktadır.

7.3.1.1 Alien Protokolü

Alein teknoloji interaktif mod ve özel (autonomous) terminolojisini senkron ve asenkron yerine kullanmayı tercih etmektedir. Alien okuyucuları seri port üzerinden veya TCP üzerinden telnet oturumu ile komutları kabul etmektedir. Bazı komutlar HTTP üzerinden GET ve POST ile yollamakta mümkündür. SMTP ile email protokolü bile destekleyen modelleri bulunmaktadır. Birazdan gösterilecek örnekte XML formatıyla socket (TCP) habereşmesiyle uyarı yapılmaktadır. Ana makina

konfigre edilebilen bir socket'i dinlemektedir. Okuyucu bu socketi uyararak XML formatında bilgi gönderebilir. Şekil 7.15'te görülebilir [6].

```
<Alien-RFID-Reader-Auto-Notification>
  <ReaderName>Dock Reader</ReaderName>
  <ReaderType>Alien RFID Tag Reader (Class 1 / 915Mhz) </ReaderType>
  <IPAddress>192.168.0.3</IPAddress>
  <CommandPort>23</CommandPort>
  <Time>2005/01/03 01:48:00</Time>
  <Reason>EXAMPLE MESSAGE </Reason>
  <Alien-RFID-Tag-List>
    <Alien-RFID-Tag>
      <TagID>0102 0304 0506 0709</TagID>
      <CRC>87B4</CRC>
      <DiscoveryTime>2005/01/02 23:40:03</DiscoveryTime>
      <Antenna>0</Antenna>
      <ReadCount>837</ReadCount>
    </Alien-RFID-Tag>
    <Alien-RFID-Tag>
      <TagID>2283 1668 ADC3 E804</TagID>
      <CRC>9FD0</CRC>
      <DiscoveryTime>2003/01/03 01:48:00</DiscoveryTime>
      <Antenna>0</Antenna>
      <ReadCount>1</ReadCount>
    </Alien-RFID-Tag>
  </Alien-RFID-Tag-List>
</Alien-RFID-Reader-Auto-Notification>
```

Şekil 7.15 Alien protokolü

7.3.1.2 “Symbol” Protokolü

Symbol teknoloji ürünü AR-400 komutları XML olarak HTTP, TCP Socket ve port üzerinden kabul etmektedir. Firma bazlı protokolüde ayrıca TCP veya seri port üzerinden kabul edebilmektedir. AR-400 SNMP le alarm ve konfigrasyon komutları göndermek mümkündür. Ethernet ve seri port gönderimide ayrıca desteklenmektedir.

AR-400 gömülü bir HTTP sunucu a sahiptir. Uyarı göndermek için <http://host.localdomain/cgi-bin/listener.cgi> linki çağrılmalıdır. Bu linkte sunucu oper argumanını beklenmektedir. Test veya notify olabilir. Yeni link <http://host.localdomain/cgi-bin/listener.cgi?oper=test> şeklinde olur. Host scripti:

```
<Metrics>
```

```
<Hostk/>
```

```
</Metrics>
```

cevabını döner.

Eğer okuyucu bir olay olduğu bilgisini göndermek isterse:

<http://host.localdomain/cgi-bin/listener.cgi?oper=notify> .

Host cevap olarak:

<Matrics>

<HostAck/>

</Matrics>

Bilgisini döner ve olay listesi için okuyucuya şu komut gönderilir:

<http://host.localdomain/cgi-bin/dataproxy?oper=queryEvents>

Okuyucudan dönen cevap ise:

<Matrics>

<EventList>

<Elektronik Etiket Event =”0” id=”305000181CB000001070” type=”10000303900D432”
uid=”CCC” time=”41D8E1BE” RPL =”1,2”/>

</EventList>

</Matrics>

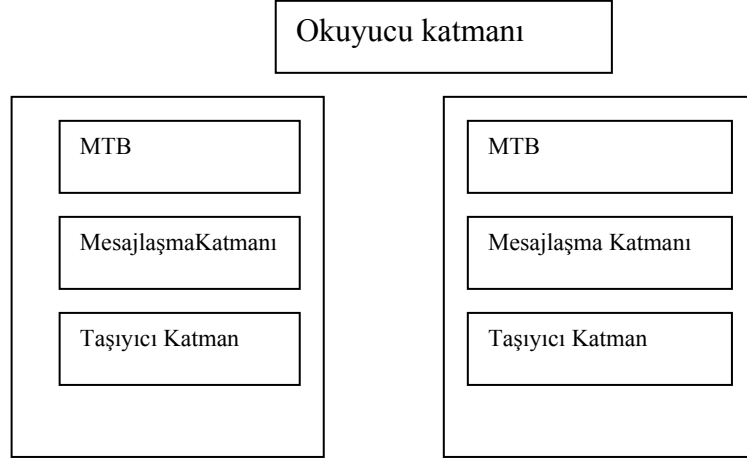
Yukarıdaki XML elektronik etiketlerin açıklaması Tablo 7.4’te açıklanmıştır [6].

Tablo 7.4 Symbol protokol yapısı

Event	0 = Yeni elektronik etiket 1 = Elektronik etiket görünür değil 2 = Elektronik etiket görünürlüğü değişti 3 =ThReshold olayı
ID	Hex olarak elektronik etiketin değeri
Type	Elektronik etiketin EPC veya Matrics tipindemi olduğunu belirten HEX değeri
Uid	Bir elektronik etiket veya elektronik etiket seti için kullanıcı tarafından tanımlan ID
Time	Ocak 1,1970 saat 00.00'tan bu zamana geçen saniye süresi
RPL	Okuma Noktasi listesi

7.3.1.2 EPC Evrensel Protokol

Bütün firma protokolleri birbirine benzemekle beraber aralarında farklar mevcuttur. Bu durumda client programların dönüştürücü bir adaptör program olmadan her bir ürünle konuşmasının olamayacağı anlamına gelmektedir. EPC Evrensel bu sorunu çözmek amacıyla okuyucu protokolleri için yeni bir standart geliştirmiştir. Şekil 7.16'da katmanlar şeklinde protokol çizilmiştir.



Şekil 7.16 EPC Evrensel okuyucu katmanı

Okuyucu katmanı:

Okuyucu ve Host arasında yollanacak mesaj formatının içeriğini ve formatının tanımlandığı katmandır. Bu katman OSI (Open System Interconnection Presentation) ve uygulama katmanlarından oluşmaktadır. Çift MTB (Message Transport Bindings) içermektedir. Sadece 1 tanesi aynı anda kullanılmaktadır [6].

Mesajlaşma Katmanı:

Taşıyıcı katmanın üzerinde yer alır. Bağlantıların yönetilmesi, güvenliğin kontrolü, host komutların ve okuyucu cevaplarının paket haline getirilmesi işlevlerini yapar. Şifreleme, kontrol ve oturum yönetilmesi yine bu katmanın işlevidir. OSI de Session Katmanının görevini yapmaktadır [6].

Taşıyıcı katman:

En düşük katmandır. OS veya donanımın bağlantı için vermiş olduğu servisleri tanımlar. OSI de fiziksel katman, Data, Network katmanının görevini yapar. Okuyucu ile host arasındaki fiziksel katmandır. Ethernet üzerinde TCP Cat 5 kablosu, twisted kablo üzerinde RS485 ve kablosuz Bluetooth bu katman bileşenidir [6].

7.4.1 Elektronik Etiket Tipleri

RFID uygulamaları genelde sadece bir firma ürünleriyle çalışmaktadır. Yapılacak uygulamanın fiziksel karakteristiğine göre kullanılan elektronik etiketler değişebilmektedir. Firma bazlı bağımlılığı ortadan kaldırmak için çeşitli standartlar geliştirilmiştir.

7.4.1.1 EPC Evrensel Elektronik Etiket Tipi

EPC Evrensel GS1 ile endüstri firmaları arasında işbirliği yaparak elektronik etiketleri frekans, coupling metodları, key in işlemi, depolama kapasitesi gibi maddelere göre sınıflandırma işlemi yapmaktadır. Örneğin EPC elektronik etiketleri EPC'nosu taşıyacak şekilde tasarlanmıştır. Tablo7.5'te EPC tarafından sınıflandırılan elektronik etiketler görülebilir [6].

Tablo 7.5 EPC Elektronik etiket sınıfları

Sınıf	Tanımı
Sınıf 0	Pasif, Okuma amaçlı
Sınıf 0+	Pasif, Bir yazımlık Sınıf 0 protokolü desteği
Sınıf I	Pasif, Bir yazımlık
Sınıf II	Pasif, Bir yazımlık şifreleme özelliğiyle
Sınıf III	Birden fazla yazımlık, yarı pasif (pili yonga, okuyucu gücüyle habeleşme)
Sınıf IV	Birden fazla yazımlık, aktif elektronik etiket. Kendi piliyle çalışabilme
Sınıf V	Sınıf I,II,III elektronik etiketleri güç vererek okuyabilme. Sınıf IV ve V okuyabilme ayrıca Sınıf IV elektronik etiketi gibi davranabilme

860930MHZ UHF bantından itibaren desteklenmektedir. HF de ise 13,56 MHZ dir. EPC HF elektronik etiketler 1 metreye kadar FDX olarak çalışabilir. Biphas

okuyucu elektronik etiket arasında, RZ ise elektronik etiket ile okuyucu arasında kullanılır. Slotted Terminal Adaptive Collection protokolü kullanılır.

EPC UHF Gen2 backscatter coupling kullanılır. Haberleşme protokolü HDX'tir. 10 metreye kadar okuma yapmak mümkündür. Okuyucu elektronik etiket arası ASK, elektronik etiket ile okuyucu arasında ise FSK biphas veya Miller encode işlemi kullanılmaktadır.

7.4.1.2 ISO/IEC 18000 Elektronik Etiketleri

Geçmişte EPC standartlarıyla elektronik etiket, GS1 tarafından desteklenen elektronik etiketlerdir. Elektronik etiket UHF için 18000-6 standartlarını desteklemektedir. Bu standart EPC UHF spesifikasyonu ile EPC UHF Generation 2 spesifikasyonu ile uyumsuzdur. 18000 komut yapısı ve haberleşme protokolü daha karışık olduğu söylenebilir. Bu elektronik etiketler daha pahalıdır. Tablo 7.6 protokole ait spesifikasyonlar görülebilir [6].

Tablo 7. 6 18000 Elektronik etiket standartları

Standart	Başlık	Tanım
18000-1	Hava arayüzü için genel parametreler	RFID Standartı için mimari ve prensipler
18000-2	135 kHz den düşük hava arayüzü için parametreler	LF, İki elektronik etiket tipi, opsiyonel anti-collision Elektronik etiket Tipi A:FDX 125 kHz Elektronik etiket Tipi B:HDX 134. 2 kHz Pasif, Edüktif kublaj (inductive coupling)
18000-3	13.56 kHz hava arayüzü için parametreler	HF, İki mode Mode1: 105.94kbps elektronik etiketten okuyucuya Mode2: 423.75kbps elektronik etiketten okuyucuya
18000-4	2.45 GHz hava arayüzü için parametreler	Mikrodalga, iki mode Mode 1: Pasif

		Mode 2: Yarı pasif, elektronik etiket önce konuşur Pasif, HDX
18000-5	Üretilmiyor	
18000-6	860 tan 930GHz a kadar hava arayüzü için parametreler	UHF, iki tane elektronik etiket tipi Tip A: Pulse interval encode, Aloha anticollison Type B: Manchester kodlama, Binary Tree anticollison Pasif, BackScatter, HDX Okuyucudan elektronik etikete biphas space kodlaması kullanılır
18000-7	433Mhz hava arayüzü için parametreler	UHF, uzun mesefe Okuma, yazma, aktif, HDX

8. HASTA TAKİBİNDE RFID'İN KULLANILMASI

RFID sistemlerin basit, pahalı olmaması yaygınlaşmanın en önemli nedenlerinden bir kaçıdır. Birçok kullanım alanı olmasıyla birlikte sağlık sektöründe kullanılması yeni denilebilecek bir kullanım alanıdır. Tez çalışmasıyla geliştirilen sistem RFID nin sağlık sektöründe uygulama geliştirilmesine güzel bir örnek teşkil etmektedir. Bu kullanım doktorların ve hemşirelerin dolayısıyla hastaların hayatlarını önemli ölçüde kolaylaştırmaktır.

8.1.1 RFID'nin Hasta Takibinde Kullanılması

RFID sistemler yoğun olarak yüksek güvenlik gerektiren alanlarda, ödeme sistemlerinde, bilet yerine kullanmada ve stok takibi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Geliştirilen projede RFID teknolojisinin kullanıldığı yeni alanlardan birdir. PDA cihazlar üzerinde bir yazılım geliştirilecektir. PDA cihazına takılı RFID okuyucusu hastanede yatmakta olan hastalarla ilgili bilgileri otomatik olarak doktorun PDA ekranına getirilecektir. Hastalarla ilgili ID bilgileri hastanın koluna takılı olan veya

yatağında takılı bulunan elektronik etiketlerden okuyucu vasıtasıyla alınacaktır. Sistemin çalışması Şekil 8.1’de ana hatlarıyla görülebilir.

1) Doktor kendisini sisteme tanıtır



ID doktorun yakasındaki elektronik etiketten alınır

2) Hasta sisteme tanıtlır



ID yataktaki elektronik etiketten okunur

3) Hasta bilgileri cep bilgisayarına (Pocket PC) getirilir



Veritabanıyla bağlantı kurulur

4) Doktor teşhisleri ve yapılacakları cep bilgisayarına (Pocket PC) girer

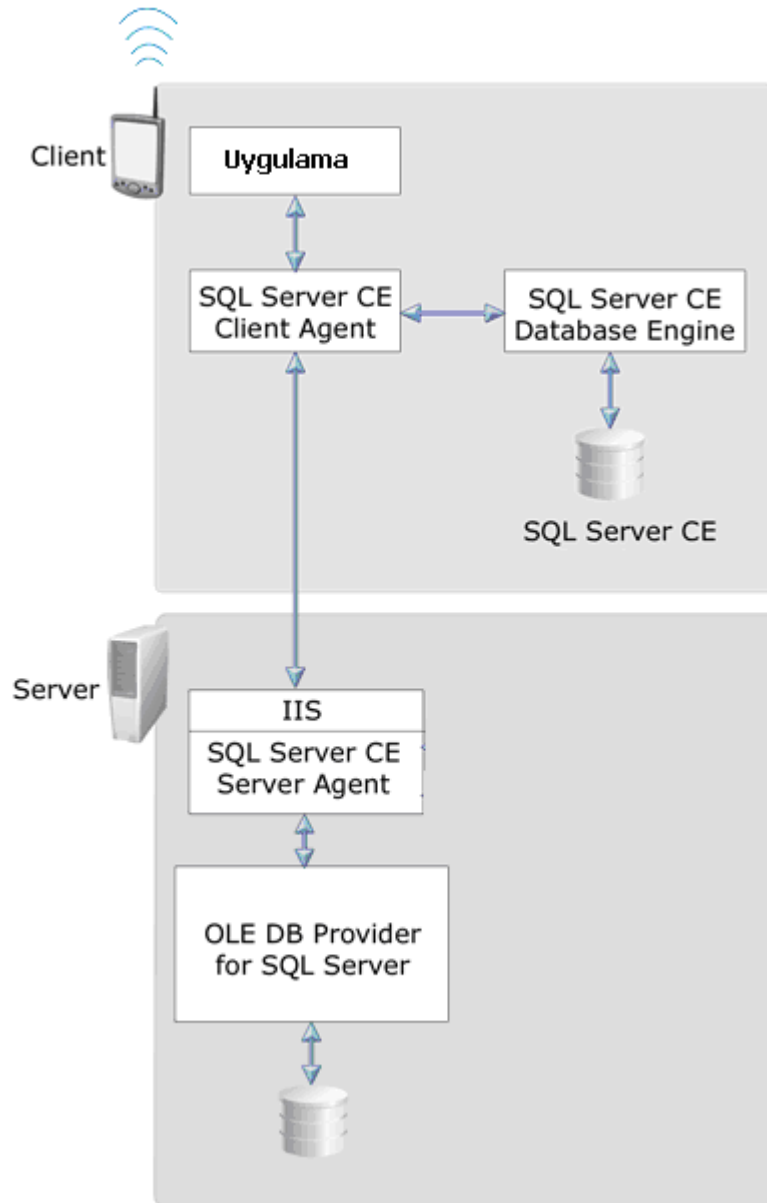


Lokal ve/veya uzak veritabanına veri yazılır

Şekil 8.1 Hasta takibi için kurulacak sistem

8.1.2 Hasta Takibi Modülleri

RFIDAuth programı cep bilgisayarı (pocket pc) üzerinde çalışan RFIDAuth c# . net programı ve Microsoft Windows Server CE 2. 0 programlarından oluşmaktadır. Server tarafında Microsoft SQL Server 2000 kurulu bulunmaktadır. Veriler ISS üzerinden güvenli bir şekilde sunucu veritabanına ulaştırılmakta veya pda ya veri transferi yapılacaktır. Şekil 8.2’de devre şeması görülebilir.



Şekil 8.2 Proje modülleri

8.1.2.1 PDA RFID Auth C# Programı

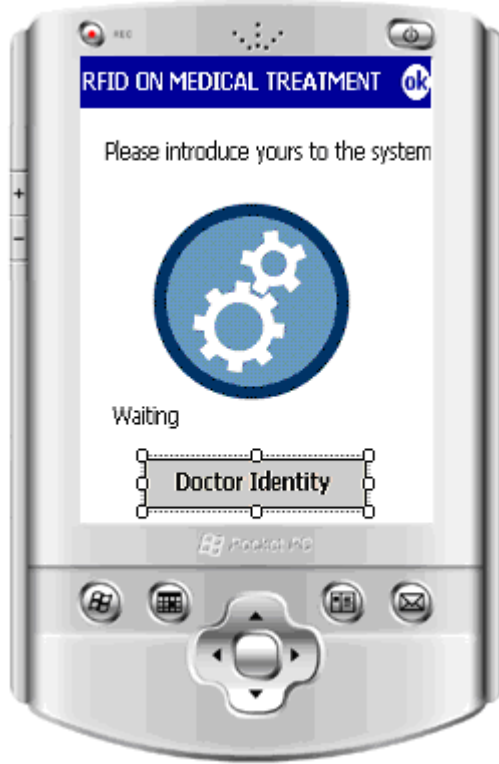
Doktorlar hasta takibini cep bilgisayarından gerçekleştirecektir. Bunun için üzerinde Windows Mobile 2003 Second edition olan HP cep bilgisayarına .NET mobile edition kurulmuştur. Proje Microsoft Visual Studio.Net 2005 C# dili kullanılarak yazıldı. Cep bilgisayarlarında .NET ortamının kullanılması geliştirilme süreci açısından büyük kolaylık sağlayacağı için seçildi.

Cep bilgisayarına ye ayrıca Windows Server CE 2.0 yüklenmiştir. Veriler cihazda ga.sdf veritabımında tutulacaktır. Program ilk açıldığında Şekil 8.3'teki arayüz görülür.



Şekil 8.3 Uygulama açılış ekranı

Uygulama açıldığında doktorun kendisini sisteme tanıtmasını beklemektedir. Doktor üzerindeki elektronik etiketi cep bilgisayarına takılı buluna okuyucuya okutulur. Geliştirilen sistem de cep bilgisayarına bağlı bir RFID okuyucu vardı. Mevcut okuyucu seri porttan çalıştığı için Compact Flash'tan seri porta dönüştürücü kullanılmıştır. Compact Flash'a direk takılan okuyucular da mevcuttur. Şekil 8.4'te doktor bilgisinin araştırıldığı ekran görülebilir.



Şekil 8.4 Doktor tanıma ekranı

Doctor Identity butonuna basıldığı takdirde, yakında bulunan elektronik etiket bilgisi alınır ve mevcut ga.sdf veritabındaki Employees tablosu araştırılarak ID bilgisinin hangi doktora ait olduğu bulunur. Eğer tabloda bulunmazsa uzak bağlantı yapılarak merkezdeki SQL Server üzerinden çalışan doktor bilgileri cep bilgisayarına çekilir. Mevcut veritabanı tabloları Şekil 8.5'de görülebilir.

Employees:

	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
▶	EmployeeID	char	8	✓
	LastName	char	15	✓
	FirstName	char	15	✓
	Title	char	10	✓
	PhotoPath	char	20	✓

Patient:

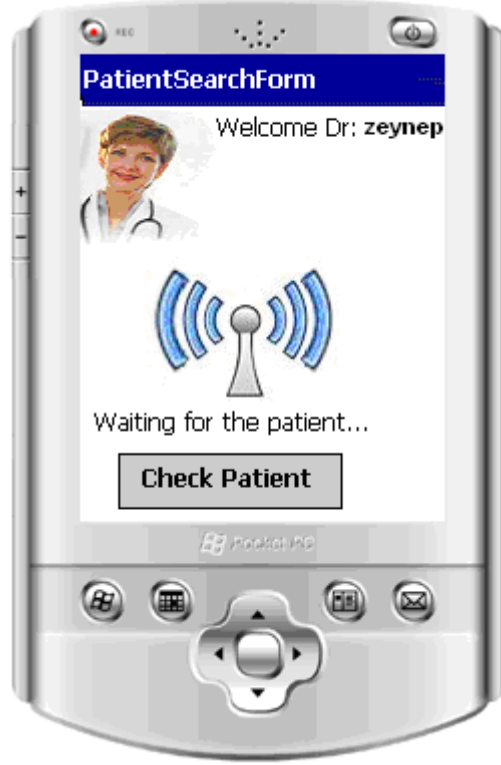
	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
▶	Id	int	4	
	PatientId	char	8	
	TreatmentId	int	4	
	EmployerId	char	8	
	Explanation	char	50	

Treatments:

	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
▶	PatientId	char	8	
	LastName	char	20	
	FirstName	char	20	
	Phone	char	15	
	Address	char	40	
	ContactName	char	20	
	ContactPhone	char	15	
	PhotoPath	char	50	

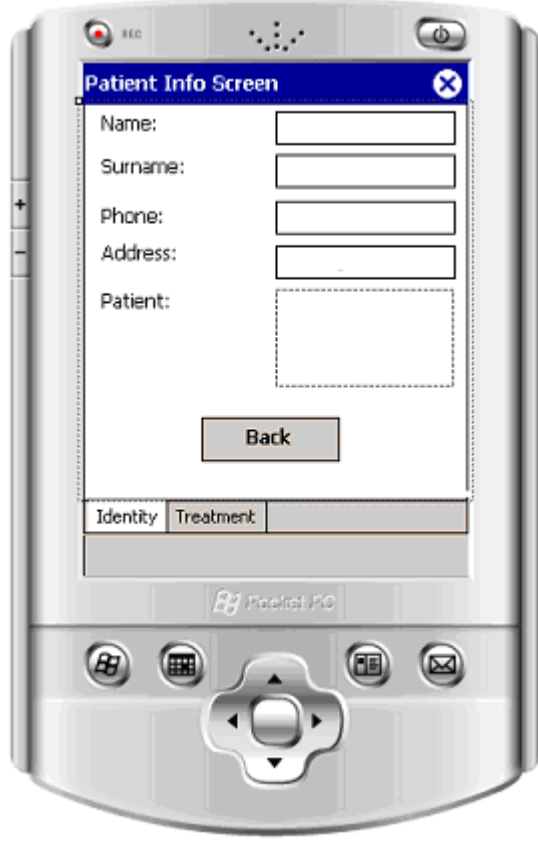
Şekil 8.5 Veritabanı tabloları

Doktor elektronik etiketi tanımlandığında bilgilerini gösteren bir ekran gelir ve hasta kontrolü için program hazır durumdadır. Şekil 8.6'da görülebilir.

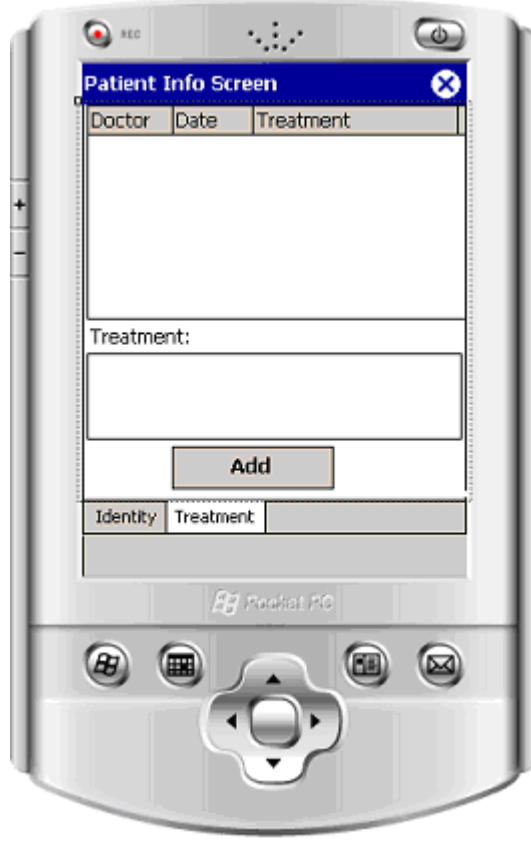


Şekil 8.6 Hasta bekleme ekranı

Hasta bekleme ekranı hasta bilgisi elektronik etiketini okumak için geliştirilmiştir. Bu ekranda doktor okumasını istediği hastanın elektronik etiketini yansıttığı takdirde hasta ilgili bilgiler otomatik olarak cep bilgisayarını ekranına gelir. Burada kişilik bilgilerini görebilir. Bugüne kadar yapılmış olan tedavileri görebildiği gibi yeni tedavi bilgileri de girebilir. Şekil 8.7 ve 8.8’de görülebilir.



Şekil 8.7 Hasta bilgileri

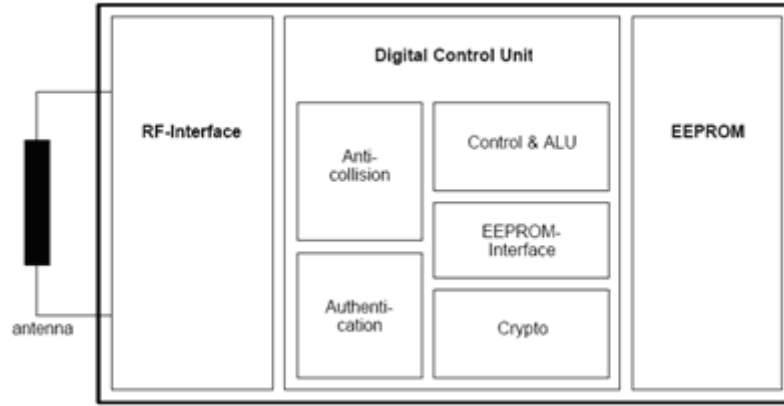


Şekil 8.8 Tedavi ekleme ekranı

Şekil 8.8 ekranında hastaya ait bugüne kadar yapılmış olan tedavilerin hepsini görmek mümkündür.

8.1.2.2 Kullanılan Elektronik Etiket Yapısı

Elektronik etiket olarak philips firmasının temassız pasif elektronik etiketi kullanılmıştır. Bu elektronik etiket iso/iec 14443A spesifikasyonunu desteklemektedir. 13.56 MHz de çalışmaktadır. Blok diyagramı Şekil 8.9'da görülebilir.



Şekil 8.9 Elektronik etiket blok şeması

Bu elektronik etiketler 1-4 KB'lık olabilir. 1 KB'lık olanlar 16 sektör, 4 KB'lık olanlar ise 40 sektör içermektedir. 32 sektörlük bölümler 4 block olarak (her blok 16 byte uzunluğundadır) ayrılmaktadır. İlk sektörün ilk blokunda silinmeyen fabrika üterimi bilgiler mevcuttur. RFID Auth programında da bu alandaki seri numara ID olarak kullanılmıştır [7]. Elektronik etiketin hafıza yapısı Tablo 8.1'de ayrıntılı olarak çizilmiştir.

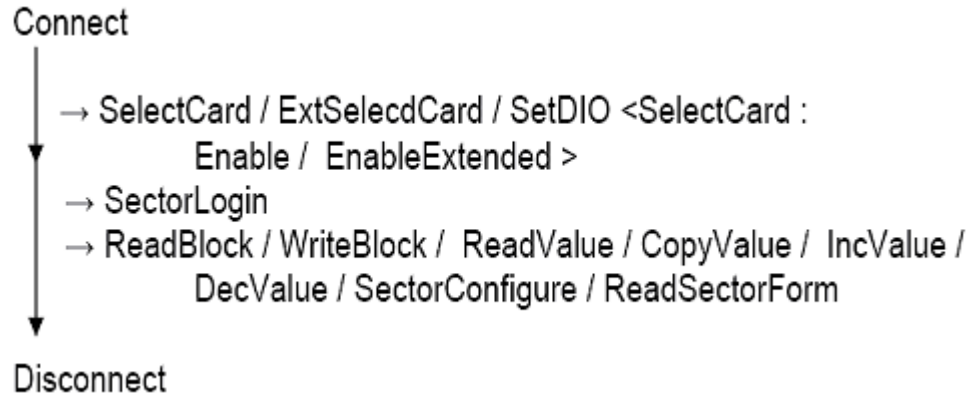
Tablo 8.1 Elektronik etiket hafıza yapısı

Sektör No	Blok No	B 0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
0	0 0	Kart Seri No				C B	Üretim bilgisi										
	1 1	16 byte veri veya 4 byte değer															
	2 2	16 byte veri veya 4 byte değer															
	3 3	Key A					Erişim bilgisi					Key B					
1	0 4	16 byte veri veya 4 byte değer															
	1 5	16 byte veri veya 4 byte değer															
	2 6	16 byte veri veya 4 byte değer															
	3 7	Key A					Erişim bilgisi					Key B					

.
.
.
.
15	0 60																
	1 61																
	2 62																
	3 63																

8.1.2.3 Okuyucu Elektronik Etiket Haberleşmesi

Elektronik etiket okuyucu alanına girdiğinde, gerekli enerjiyi depolamaya başlar. Depolama sonunda okuyucu ile haberleşmeye hazırdır. Elektronik etiket okuyucudan komut beklemeye başlar. Kart Seç (Select card) komutu elektronik etiket ile paket haberleşmesini başlatır. Kart Seç (Select Card) komutundan sonra Sektöre Gir (**Sector login**) komutu A veya B key ile gönderilir. Hangi Key'in kullanacağı erişim verisi bilgisiyle belirlenir. İstenilen sektöre login olunduktan sonra ReadBlock/WriteBlock/ReadValue gibi komutları göndermek mümkündür. Şekil 8.10'da gönderilen komutlar görünmektedir. Projede Kart Seç komutu seri numarası almamız açısından yeterli olmuştur.



Şekil 8.10 Elektronik etiket komut setleri

Herhangi bir aşamada bir hata oluştuğu takdirde, kart ilk duruma döndüğünden dolayı komutları sırayla tekrar göndermek gerekmektedir. Bu komutların okuyucuya gönderilmesinde oluşturulacak komut setinden iki tanesinin formatı ise Tablo 8.2, 8.3 ve 8.4, 8.5’de Kart Seç (Select Card) ve Sektöre Gir (Sector Login) için açıklanmıştır.

Tablo 8. 2 Kart Seç (Select Card) komut seti (okuyucuya gönderilen)

Stx	Adres	Uzunluk	Veri	Csum	Etx
02H	...	01H	's'(73H)	...	03H

Tablo 8. 3 Kart Seç (Select Card) komut seti (okuyucu cevabı)

Stx	Adres	Uzunluk	Veri	Csum	Etx
02H	00H	04H	S1,S2,S3,S4	...	03H

Tablo 8. 4 Sektöre Gir (Sector login) komut seti (okuyucuya gönderilen)

Stx	Adres	Uzunluk	Veri	Csum	Etx
02H	...	04H	'I'(6CH),Sector N,FFH,0DH	...	03H

Tablo 8. 5 Sektöre Gir (Sector login) komut seti (okuyucu cevabı)

Stx	Adres	Uzunluk	Veri	Csum	Etx
02H	00H	01H	'L'	4DH	03H

9. SONUÇ

RFID radyo frekansından yararlanarak nesnelere kimlik bilgilerini okumak amacıyla geliştirilen bir teknolojidir. Temel olarak elektronik etiket ve okuyucudan meydana gelmektedir. Otomatik veri toplama özelliği, birden fazla nesnenin aynı anda okunması gibi özellikleri yaygınlaşmasında diğer rakiplerine oranla büyük avantajlar sağlamaktadır. Yonga teknolojisindeki gelişmeler ve maliyetlerin düşmesi, RFID uygulamalarının hayatımızın farklı alanlarına girmesine neden olmuştur. Otomatik köprü geçişlerinde, nesne veya hayvan takibinde, geçiş kontrol sistemlerinde RFID yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir.

Bu tezde RFID sistemini oluşturan bileşenler detaylarıyla incelenmeye çalışılmıştır. Kuramsal olarak verilen konuların bazıları benzetim yoluyla çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmayla, RFID'nin kullanım alanlarına farklı bir yaklaşım getirilerek sağlık sektöründe kullanımı için cep bilgisayarı üzerinde bir uygulama geliştirilmiştir. Tezde işaret edilmeye çalışıldığı gibi, RFID'nin sağlık sektöründe kullanılması doktor, hemşire gibi personelin hastalara daha hızlı ve hatasız yardım etmesini kolaylaştırmaktadır. Hastayla ilgili bilgilerin gerçek zamanlı olarak hastane veritabanında tutulması, hastane birimleri tarafından bu bilginin anında kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, hastanelerin verdiği hizmet kalitesinin artacağı öngörülmektedir. Hazırlanan uygulama ileride geliştirilecek daha kapsamlı uygulamalar için örnek teşkil edecek yapıdadır.

Bu tez çalışmasında RFID çarpışma algoritmalarının karşılaştırılması da detaylı olarak incelenmiştir. Geliştirilen uygulamalarla çarpışma algoritmalarının benzetimi gerçekleştirilmiştir. Elektronik etiket sayısının artmasıyla Aloha, dilimli Aloha, uyarlanabilir ikili ağaç çarpışma algoritmalarının elektronik etiketleri algılama süreleri hesaplanmıştır. Aloha algoritmasının elektronik etiket sayısının en az olduğu durumda en iyi çarpışma önleyici algoritma olduğu tespit edilmiştir. Elektronik etiket sayısının yüksek olduğu yerlerde ise uyarlanabilir ikili ağaç algoritmasının en iyi performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu karşılaştırmada okuyucu ile elektronik etiketin haberleşmesinde şifreleme yordamları kullanılmamıştır. Şifreleme

metodlarının okuyucu ve elektronik etiket arasındaki çarpışmaya etkisinin de incelenmesi bir başka çalışma olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

1. İlker Kiraz, “RFID Teknolojisi”, Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşmesi Y.L.T, Mayıs 2005
2. Frank Thornton, Brand Haines, Anand M. Das, “RFID Security”, Syngress, ISBN: 1-59749-047-4, Canada
3. V.Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, “RFID-A guide to radio frequency identification ”, Wiley, ISBN: 978-0-470-10764-5, USA, 2007
4. K.Finkenzeller, “RFID Handbook ”, Wiley, ISBN:0-470-84402-7, England
5. Lan Zhang, Fan Yang, “An improved Approach to Security and Privacy of RFID Application system paper”, 0-7803-9335-X/05, 2005 IEEE
6. Himanshu Bhatt, Bill Glover, “RFID Essentials”, O’Reilly, ISBN:0-596-00944-5, January 2006
7. Programmer’s manual, Philips-Semiconductors, <http://www.semiconductors.philips.com/>

ÖZGEÇMİŞ

Turgut Kılınç, 1978 yılında Giresun / Bulancak'da doğdu. Öğrenimlerini sırasıyla Hasköy İlköğretim Okulu, Gebze Ortaokulu ve Gebze Teknik Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisli bölümünde lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında Trakya Üniversitesi'nden Yıldız Teknik Üniversitesi'ne yatay geçiş yaptı. 2005 yılında, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine başladı. Okul yılları boyunca çeşitli firmalarda çalıştı. Çalıştığı firmalar akıllı kart, pos ve bankacılık yazılımları konusunda özgün yazılımlar gerçekleştiren firmalardır. Özellikle Türkiye'de akıllı kartlarda EMV geçişinin olduğu dönemde banka kartların EMV'li kişiselleştirilmesi noktasında önemli çalışmalarda yer aldı. Halen Verifone firmasında yazılım mühendisi olarak çalışmaktadır.