

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

RFID TABANLI YENİ BİR YAKIT TANIMA SİSTEMİ TASARIMI

Fatih MARAŞLI

MART 2016

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

RFID TABANLI YENİ BİR YAKIT TANIMA SİSTEMİ TASARIMI

Hazırlayan  
Fatih MARAŞLI

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK

Jüri Üyeleri  
Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK  
Yrd. Doç. Dr. M. Nuri ALMALI

MART 2016

Fatih MARAŞLI tarafından hazırlanan “**RFID Tabanlı Yeni Bir Yakıt Tanıma Sistemi Tasarımı**” adlı tez çalışması 18/03/2016 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**İmza**

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
(Başkan)



Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK  
(Danışman)

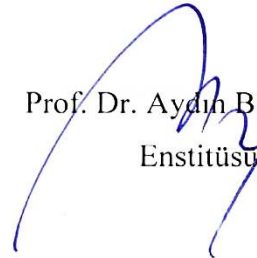


Yrd. Doç. Dr. Nuri ALMALI  
(Üye)



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ~~15.04.2016~~ **13/04** 2016 gün ve **13/01** Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ  
Enstitüsü Müdürü



***Biricik Eşime ve Aileme***



## ÖZET

### RFID TABANLI YENİ BİR YAKIT TANIMA SİSTEMİ TASARIMI

Fatih MARAŞLI

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK

Mart 2016, 76 Sayfa

Bu tez çalışmasında; RFID teknolojisi kullanılarak geliştirilen yeni bir sistemle, özellikle yakıt istasyonlarında, yakıt dolumu esnasında oluşan yanlış yakıt dolumu ve yanlış pompa kullanımı sorunlarına çözüm sağlanması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen sistemde araçların yakıt dolum noktalarına yerleştirilen ve yakıt bilgisini de içeren RFID etiketler kullanılmıştır. Sistemin görsel takibi için C# programlama dili kullanılarak bir arayüz tasarlanmıştır. Geliştirilen arayüz, RFID uygulama geliştirme kiti ile entegre çalışmaktadır. Etiketlere okuma ve yazma işlemi bu kit aracılığı ile yapılmaktadır. Sonuçlar arayüz ekranında gösterilmektedir. Bilgi saklama işlemi, hem etiketin kendi hafızasında hem de sunucu sistem üzerinde oluşturulan bir veritabanı aracılığı ile yapılmaktadır. Yine bu tez çalışması kapsamında yapılan mini anket sonucunda, böyle bir sistemin yakıt istasyonlarındaki maddi kayba ve istasyonun değer kaybına çözüm olacağı görüşüne varılmıştır.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında geliştirilen sistemle yakıt dolum hatalarına karşı pratik ve etkin bir çözüm getirilmiştir. Böylece bu tür hatalar sonucu oluşabilecek trafik ve araç sorunlarının da önüne geçilmiş olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz Teknolojiler, RFID, Kullanım Alanları, Yakıt Kontrol Sistemi

## **ABSTRACT**

### **RFID BASED DESIGN OF A NEW FUEL RECOGNITION SYSTEM**

Fatih MARAŞLI

Master Thesis

Bitlis Eren University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Electrical-Electronic Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Musa ÇIBUK

March 2016, 76 Pages

In this thesis, it has been informed about the structure of the RFID technology and the development and widespread usage. In addition, usage reports has been presented of the sectorally use of RFID components. Finally a system that is developed by using RFID technology especially fuel stations, filling the wrong fuel and the use of incorrect pump that occurs during refuelling is intended to provide a solution to the problems. In line with this, the RFID tags were used that placed to fuel filling points of vehicles and fuel and contains the fuel information in the proposed system. An interface is designed using the C# programming language for Visual tracking of the system. The developed interface is worked with the integrated RFID application development kit. The read and write operations on label are performed via this kit. The results are shown in the interface display. Information storage process is done by means of a database created on both server systems as in its memory of the label. Also in the mini-survey results made under this thesis, it was concluded that would be opinion the solution of that a system to the financial loss at fueling stations and to the depreciation of the station.

As a result, it has been an effective and practically solution in front of the fuel filling fault with system developed in this study. So will be prevented of traffic and vehicle problems that can occur these types of errors as a result.

**Keywords:** Wireless Technologies, RFID, Application Areas, Fuel Control System

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, RFID teknolojisi ve kullanım alanları hakkında detaylı bilgiler verilmiş olup bu bilgilerin devamında, BEBAP tarafından desteklenen bir proje olan “RFID Tabanlı Yeni Bir Yakıt Tanıma Sistemi Tasarımının” mimarisinden ve çalışma yapısından bahsedilmiştir. Çok köklü ve büyük çapta bir teknoloji olan RFID teknolojisinin her bir bileşeni uzmanlık gerektiren ve sürekli gelişim halinde olan bir teknolojidir. Bu sebeple RFID dünyasındaki bilgiyi derlemek ve beraberinde yeni bir projeyle mevcut bir soruna çözüm getirmek büyük zorluk oluşturdu.

Bu tez çalışmasında emeği geçen; başta danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK’a sonrasında eğitim hayatımın her safhasında en büyük desteğim aileme ve eşim Cansu MARAŞLI’ya, tüm iş arkadaşlarıma özellikle dostum Öğr. Gör. Yıldray YİĞİT’e ve son olarak tecrübelerinden faydalandığım hocam Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ’ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışması, Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BEBAP) tarafından BEBAP 2014.14 nolu proje ile desteklenmiştir. Vermiş olduğu katkılardan dolayı BEBAP birimine teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET .....</b>                                               | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                           | <b>ii</b>   |
| <b>ÖNSÖZ .....</b>                                              | <b>iii</b>  |
| <b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....</b>                                  | <b>iv</b>   |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>                                     | <b>v</b>    |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>                                   | <b>vii</b>  |
| <b>KISALTMALAR DİZİNİ.....</b>                                  | <b>viii</b> |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                            | <b>1</b>    |
| <b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>                                | <b>2</b>    |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>                              | <b>9</b>    |
| 3.1. RFID Teknolojisi .....                                     | 9           |
| 3.1.1. RFID Sisteminin Bileşenleri .....                        | 10          |
| 3.1.2. EPC (Electronic Product Code) .....                      | 21          |
| 3.1.3. RFID Sisteminin Çalışma Prensibi .....                   | 26          |
| 3.1.4. RFID Standartları .....                                  | 30          |
| 3.1.5. RFID Güvenlik ve Gizlilik .....                          | 32          |
| 3.1.6. RFID Sisteminin Benzer Teknolojilerle İlişkisi .....     | 35          |
| 3.1.7. RFID Sistemlerinin Pazar Durumu ve Tedarik Zinciri ..... | 39          |
| 3.1.8. RFID Sistemlerin Geleceği .....                          | 42          |
| 3.2. Tasarımda Kullanılan Materyaller .....                     | 42          |
| 3.3. Sistemin Çözüm Yaklaşımı .....                             | 44          |
| <b>4. BULGULAR .....</b>                                        | <b>46</b>   |
| 4.1. Anket Çalışması .....                                      | 46          |
| 4.2. RFID Tabanlı Yeni Bir Yakıt Tanıma Sistemi .....           | 48          |
| 4.2.1. Ana Ekran.....                                           | 48          |
| 4.2.2. Yeni Etiket Tanımlama Ekranı.....                        | 50          |
| 4.2.3. Etiket Okuma Ekranı .....                                | 51          |
| 4.2.4. Etiket Düzenleme Ekranı .....                            | 52          |
| 4.2.5. Saha Uygulaması.....                                     | 53          |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>                               | <b>55</b>   |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                           | <b>57</b>   |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                           | <b>62</b>   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

### Sayfa

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Yakın alanda 100 Mhz'den daha düşük frekanslarda etiketlerin güç/iletişim mekanizması [37] ..... | 9  |
| 3.2. Auto-ID grubu çalışma alanları .....                                                             | 10 |
| 3.3. Etiket iç yapısı [43] .....                                                                      | 11 |
| 3.4. RFID etiket (pasif) mimarisi [44] .....                                                          | 11 |
| 3.5. Etiket örnekleri [45] .....                                                                      | 12 |
| 3.6. Etiket türleri .....                                                                             | 12 |
| 3.7. RFID antenler [52] .....                                                                         | 16 |
| 3.8. RFID okuyucu [44] .....                                                                          | 17 |
| 3.9. RFID okuyucular [54] .....                                                                       | 18 |
| 3.10. RFID sisteminde denetleyici [43] .....                                                          | 19 |
| 3.11. Ara katman yazılımı bileşenleri .....                                                           | 20 |
| 3.12. 96 Bitlik bir EPC içeriği .....                                                                 | 21 |
| 3.13. EPCGlobal ağ bileşenleri [57] .....                                                             | 23 |
| 3.14. EPCGlobal ağında veri akışı [57] .....                                                          | 24 |
| 3.15. EPCGlobal ağ örneği .....                                                                       | 25 |
| 3.16. RFID sisteminin çalışma prensibi .....                                                          | 26 |
| 3.17. UHF bandında RFID standart modülasyonları [63] .....                                            | 28 |
| 3.18. RFID ve WiMAX etkileşimi [43] .....                                                             | 35 |
| 3.19. RFID ve Wi-Fi etkileşimi [43] .....                                                             | 36 |
| 3.20. RFID ve Wi-Fi ile WiMAX [43] .....                                                              | 37 |
| 3.21. RFID ve GSM/GPRS/UMTS etkileşimi [43] .....                                                     | 37 |
| 3.22. US\$ milyar olarak toplam RFID pazar öngörülleri [79] .....                                     | 39 |
| 3.23. RFID pazar durumu ve tedarik zinciri [81] .....                                                 | 40 |
| 3.24. Yatırım önündeki engeller [81] .....                                                            | 41 |
| 3.25. RFID süreç [81] .....                                                                           | 42 |
| 3.26. Alien ALR 9900+ development kit .....                                                           | 43 |
| 3.27. TPS-UHF9ABH model anten .....                                                                   | 43 |
| 3.28. Alien ALN 9662 Short model etiket .....                                                         | 43 |
| 3.29. Sistemin senaryosu .....                                                                        | 44 |
| 3.30. Sistemin mimarisi .....                                                                         | 44 |
| 4.1. Yıl içerisinde yapılan yanlış yakıt dolum sayıları .....                                         | 46 |
| 4.2. Yanlış dolum sonrası araç hareket etmemişse bunun istasyona maliyeti .....                       | 46 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. Yanlış dolum sonrası araç hareket etmişse bunun istasyona maliyeti ..... | 47 |
| 4.4. Hataları ortadan kaldırmak için yapılan sisteme dair talep oranı .....   | 47 |
| 4.5. Program ana formu .....                                                  | 48 |
| 4.6. Yeni etiket tanımlama formu .....                                        | 50 |
| 4.7. Etiket okuma formu .....                                                 | 52 |
| 4.8. Etiket güncelleme formu.....                                             | 52 |
| 4.9. Aracın istasyona gelişi .....                                            | 53 |
| 4.10. Antenin konumu .....                                                    | 53 |
| 4.11. Etiket okuma ekranı .....                                               | 54 |
| 4.12. Program arayüzü .....                                                   | 54 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

### Sayfa

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Enerji elde etme yöntemine göre etiketler [46] ..... | 13 |
| 3.2. Pasif RFID etiket kullanım raporları [93].....       | 40 |
| 3.3. RFID pazar tahminleri .....                          | 40 |



## KISALTMALAR DİZİNİ

|         |                                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| API     | Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface)                                                              |
| ASK     | Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying)                                                                        |
| ASTM    | Amerikan Toplumunda Test İşlemi ve Malzemeler (American Society for Testing and Materials)                                    |
| Auto-ID | Otomatik Tanımlama (Automatic Identification)                                                                                 |
| B2B     | İşletme ile İşletme Arasında (Business to Business)                                                                           |
| C2B     | Tüketici ile İşletme Arasında (Consumer to Business)                                                                          |
| CMOS    | Bütünleyici Yarı İletken Metal Oksit (Complementary Metal Oxide Semiconductor)                                                |
| CRM     | Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)                                                                |
| DNS     | Alan Adı Sistemi (Domain Name System)                                                                                         |
| DS      | Keşif Servisleri (Discovery Services)                                                                                         |
| DSB-ASK | Çift Yan Bant Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Double Side Band ASK)                                                            |
| EAS     | Elektronik Ürün Gözetleme (Electronic Article Surveillance)                                                                   |
| EEPROM  | Elektronik Olarak Silinebilir Programlanabilir Sadece Okunabilir Bellek (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) |
| EM      | Elektromanyetik (Electromagnetic)                                                                                             |
| EPC     | Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code)                                                                                |
| EPCIS   | EPC Bilgi Servisleri (EPC Information Services)                                                                               |
| ERP     | Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning)                                                                       |
| FRAM    | Ferro Elektrik RAM (Ferroelectric RAM)                                                                                        |
| FSK     | Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying)                                                                       |
| GHz     | GigaHertz (GigaHertz)                                                                                                         |
| GPRS    | Radyo Paketi Genel Servisi (General Packet Radio Service)                                                                     |
| GS1     | Bir İşin Küresel Dili/Standardı (The Global Language of Business)                                                             |
| GSM     | Mobil İletişim için Küresel Sistem (Global System For Mobile Communications)                                                  |
| GSMP    | Global Standartları Yönetim İşlemi (Global Standards Management Process)                                                      |

|         |                                                                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| HF      | Yüksek Frekans (High Frequency)                                                              |
| HGS     | Hızlı Geçiş Sistemi                                                                          |
| IFF     | Dost veya Düşman Tanımlama (Identification Friend or Foe)                                    |
| IrDA    | Kızılötesi Veri Birliği (Infrared Data Association)                                          |
| ISO     | Uluslararası Standart Organizasyonu (International Organization of Standardization)          |
| Kbps    | Saniyedeki Kilo Bit (Kilo Bit Per Second)                                                    |
| KGS     | Kartlı Geçiş Sistemi                                                                         |
| kHz     | KiloHertz (KiloHertz)                                                                        |
| LF      | Düşük Frekans (Low Frequency)                                                                |
| MHz     | MegaHertz (MegaHertz)                                                                        |
| MRAM    | Manyetik Rasgele Erişimli Bellek (Magnetic Random Access Memory)                             |
| NFC     | Yakın Alan İletişimi (Near Field Communication)                                              |
| NFCIP   | Yakın Alan İletişimi Arayüzü ve Protokolü (Near Field Communication- Interface and Protocol) |
| OCR     | Optik Karakter Tanımlama (Optical Character Recognition)                                     |
| OGS     | Otomatik Geçiş Sistemi                                                                       |
| ONS     | Nesne Adlandırma Hizmeti (Object Naming Service)                                             |
| PDA     | Cep Bilgisayarı (Personal Digital Assistant)                                                 |
| PIE     | Darbe Aralığı Kodlama (Pulse Interval Encoding)                                              |
| PJM     | Faz Titreşim Modülasyonu (Phase Jitter Modulation)                                           |
| POS     | Satış Noktası (cihaz) (Point Of Sale)                                                        |
| PR-ASK  | Faz Tersleyerek Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Reversal ASK)                           |
| PSK     | Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Shift Keying)                                              |
| RFID    | Radyo Frekans ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)                                 |
| SHF     | Süper Yüksek Frekans (Mikrodalga) (Super High(Micro wave) Frequency)                         |
| SRAM    | Statik Rasgele Erişimli Bellek (Static Random Access Memory)                                 |
| SSB-ASK | Tek Yan Bant Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Single Side Band ASK)                            |
| Tari    | Bir Referans Aralığı Türü (Type A Referance Interval)                                        |

|        |                                                                                                                |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TIRFID | Texas Radyo Frekansı ile Tanımlama Araç Gereçleri (Texas Instruments Radio Frequency Identification)           |
| UHF    | Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Frequency)                                                                    |
| UMTS   | Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System)                           |
| URL    | Tek Düzen Kaynak Konumlayıcı (Uniform Resource Locator)                                                        |
| USPTO  | Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Marka Tescil Ofisi (United State Patent and Trademark Office)            |
| UWB    | Ultra Geniş Bant Frekans (Ultra Wide Band Frequency)                                                           |
| WIFI   | Kablosuz Bağlantı (Wireless Fidelity)                                                                          |
| WiMAX  | Mikrodalga Erişim için Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik (Worldwide Interoperability for Microwave Access) |
| WMS    | Web Harita Hizmeti (Web Map Service)                                                                           |
| WORM   | Birkez Yazılıp Birçok Kez Okunabilen (Write Once Read Many)                                                    |

## 1. GİRİŞ

Kablosuz teknolojiler günlük hayatımızda büyük öneme sahiptir. En temel olarak kablosuz iletişimde WiFi [1], Bluetooth [2], NFC [3], IrDA [4] ve ZigBee [5] gibi teknolojiler birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımı hızla artan akıllı telefonlar sayesinde, bu teknolojiler birçok kullanıcıya ulaştırılmış durumdadır. Dosya gönderimi/alımı, görüntülü konuşma, cihaz paylaşımı ve daha birçok uygulama kablosuz sistemler aracılığıyla kullanımı mümkündür.

Kablosuz sistemlerin bu gelişimi; savaş teknolojileri [6], bilgi gizliliği gerektiren uygulamalar [7], üretim faaliyetleri gibi alanlarda da büyük yer bulmuştur. 20. yüzyıl ortalarında yine savaş teknolojisinde kullanılmak için geliştirilen RFID (Radio Frequency Identification- Radyo Frekansı ile Tanımlama) teknolojisi de kablosuz sistemlerde yerini almıştır. Fiziksel nesneleri tanımlamak için geliştirilen bu teknolojinin hızlı gelişimi üretim faaliyetlerinde de önemli katkılar sağlamıştır. Bugün gelişerek büyüyen RFID sistemleri üretim faaliyetleri ve tedarik zincirlerinde maliyet, üretim süresi gibi önemli kısıtlar açısından tercih edilmektedir. Günümüzde RFID sistemleri özellikle barkod sistemlerine alternatif olarak kullanılabilecek yapıdadırlar.

RFID teknolojisinin geliştirilebilir, birçok alanda kullanılabilir, esnek, güvenilir ve ucuz olmasından dolayı bu teknolojinin kullanım alanları bu tez çalışmasında ayrıntıları ile irdelenerek yakıt istasyonlarında yaşanan soruna çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1887’de, bir Alman fizikçi olan Heinrich Rudolf Hertz, Maxwell’in teorisini doğrulamış ve uzun dalganın ışık gibi yansıtılabileceği, ışık gibi kırılabileceği ve kutuplanabileceği konularında çalışmalar yapmıştır. Hertz ilk radyo dalgalarını gönderip tekrar alabilmiştir. Ayrıca Hertz’in çalışmalarını ve ispatının devamını Rus bilimci Aleksander Popov izlemiştir [8].

1906’da Ernest F.W Alexanderson radyo sinyallerinin dalgalar halinde yayıldığını göstermiştir. Sinyaller üzerindeki bu başarı, modern radyo iletişiminin temellerini oluşturmuştur. 20. yüzyılın başları, radarın doğum tarihidir. Radar 2. Dünya savaşında Manhattan projesi olarak kullanılmış önemli bir gelişmedir. Radar, radyo sinyalleri yollayıp tekrar geri alınması prensibiyle etraftaki nesneleri algılama için kullanılır. Bu yansıma etraftaki nesnenin yakınlığını ve hızını ölçmede yardımcı olur. Radarın askeri amaçlı kullanımının önemi anlaşıldıktan sonra birçok gelişmeler gizlilik içerisinde gerçekleştirilmiştir.

RFID içerikli kilometre taşı sayılabilecek ilk çalışma Harry Stockman tarafından Ekim 1948’de “Communication By Means of Reflected Power” [9] adıyla yayınlanmıştır. Stockman makalesinde, “Bu konuda araştırma ve geliştirme işlemleri yapılmadan önce yansımali güç iletişiminin bazı temel problemleri çözülmelidir” demiştir. Harry’nin bu makalesi 30 yıl sonra daha değerli hale gelmiştir. Bunun yanında transistör, entegre devreler, mikro işlemciler, iletişim ağ araçları gibi gelişmelere de ihtiyaç duyulmuştur.

1930 ve 1940 yıllarındaki radar ve radyo hakkındaki gelişmelerden sonra 1950’li yıllarda RFID için tam bir çağır açılmıştır. Havacılıkta RFID’nin kullanılması ile IFF (Identification Friend or Foe – Dost veya Düşman Tanımlaması) uçakları ayırmaya yarayan uygulamalarıyla birçok teknolojiler keşfedilmeye başlanmıştır [8].

1950’lerdeki F.L.Vernon’un “Mikrodalga Homodyne” uygulaması ve D.B. Harris’in modüleli pasif verici ile “Radyo Verici Sistemleri” gibi çalışmaları RFID teknolojisinin temellerinden bazılarını oluşturur [8].

1958 yılında Jack Kilby Texas Instruments bünyesinde ilk entegre devre sistemlerini geliştirmiştir. Harrington’ın elektromanyetik teorisi ile ilgili yenilikçi çalışmalarını, RFID tabanlı yeni buluşlar izlemiştir. Richardson, radyo frekansı ile uzaktan kontrol edilen cihazlar, Rittenback, radar ışınları ile haberleşme, Vogelmann, pasif veri gönderim teknikleri ile radar ışınlarının kullanımı, Vinding, okuyucu-alıcı tanımlama sistemleri konularında buluşlar gerçekleştirmiştir [10].

1970 yıllarında RFID’ye; araştırmacılar, geliştiriciler ve içlerinde Los Alamos Bilim Laboratuvarı, İsveç Mikrodalga Enstitüsü gibi organizasyonlarında bulunduğu akademik enstitüler

tarafından yoğun ilgi olmuştur. Bu dönem içinde hayvan etiketleme, araç takibi ve fabrika otomasyonu gibi ticari olarak varlığını sürdürebilecek, büyük çalışmalar ve uygulamalar yapılmıştır. 1970'li yılların başında Sensormatic ve Checkpoint şirketleri özellikle hırsızlığa karşı geliştirilen EAS (Electronic Article Surveillance-Elektronik Eşya İzleme) adlı ilk ticari uygulamalarını piyasaya sunmuşlardır [11]. Malzeme ve ürünlerin elektronik olarak izlendiği EAS sistemlerinde, 1 bit etiketler kullanılmakta ve sistem sadece ürün/malzeme üzerinde etiketin var olup olmadığını kontrol ederek uyarı sinyali vermektedir. Özellikle giyim mağazalarında ve kütüphanelerde hırsızlığa karşı kullanılan, pil içermeyen, ucuz ve basit pasif etiketler içeren EAS sistemler, bugünkü RFID uygulamalarının temelini oluşturmuştur.

1980'li yıllarda RFID uygulamaları birçok alana yayılmıştır. Avrupa'da hayvan izleme sistemleri çok yaygınlaşmış, aynı zamanda İtalya, Fransa, Portekiz ve Norveç gibi ülkelerde ücret geçişli yollar RFID ile donatılmıştır [12].

1990'lar RFID için kayda değer bir dönemdir. Oklahoma'da 1991'de açılan ücretli geçiş sistemi araçlara gişelerden duraklamadan hızlıca geçiş imkânını tanımıştır. Benzer tarz sistemler Avrupa'da da kendine yer bulmuştur. Bu tarz uygulamalar zamanla dünya üzerinde yayılmış ve Arjantin, Avustralya, Brezilya, Çin, Güney Afrika, Japonya, Kanada, Yeni Zelanda ve daha birçok ülkede kullanılmıştır. 1991 yılında, elektronik sistemler konusunda dünyanın en büyük şirketlerinden biri olan Texas Instruments, sadece RFID teknolojisine yönelik TIRFID adlı yeni bir şirket kurmuştur. Bu şirket Amerika'da bu teknoloji ile ilgili yeni sistemlerin geliştirilmesine ve uygulamaların oluşmasına öncülük etmiştir [12].

Gelişmeler 1990'larda entegre devrelerin geliştirilmesi ile RFID etiketlerinin bir tek entegre devre boyutuna küçültülmesine kadar devam etmiştir. Bununla birlikte frekans spektrum tahsisinde devletlerarası standartlar belirlenmiştir [13].

2000'li yıllarda minyatür boyutlarda RFID'ler üretilmeye başlamıştır. Küçülen RFID'ler birçok sisteme dâhil edilebilir hale gelmiştir. RFID bileşenlerinin maliyeti düşmüştür. Özel anahtarlama ve kodlama sistemleri geliştirilmiştir. Bu yıllarda büyük perakende zincirleri ve DoD (Department of Defense) gibi Amerikan Hükümet kuruluşları, tedarikçilerine RFID sistemlerini kullanmaları için yaptırım kararları almaya başlamıştır. Aynı yıllarda MIT (Massachusetts Institute of Technology) Üniversitesi'nde bulunan Auto-ID Laboratuvarı'nın girişimiyle Elektronik Ürün Kodu (EPC-Electronic Product Code) standartlarının gelişmesi için çalışmalar hızlanmıştır. Tedarik zincirinde uluslararası standartların belirlenmesinde faaliyet gösteren GS1 (Global Standardization) kuruluşu, MIT, Cambridge, St. Gallen Üniversiteleriyle işbirliği yaparak EPCGlobal Organizasyonunu kurmuştur. Kâr amacı gütmeyen bu kuruluş, RFID standartlarının geliştirilmesi için faaliyet göstermektedir. EPC sisteminde her ürün, RFID

etiketinde bulunan tekil bir numara ile izlenebilmekte, internet üzerindeki DNS (Domain Name System) yapısına benzer bir yapı olan ONS (Object Naming Service) ile EPCIS (EPC Information Service) ağ sistemi üzerinden ürün bilgilerine dünyanın her yerinden ulaşılabilir [14].

Tek bir CMOS entegre devre ve bir antenden oluşan daha küçük mikrodalga etiketlere geçiş yapıldıktan sonra etiketler cama veya nesnelere yapışacak şekilde üretilmeye başlanmıştır. RFID ile elektronik ödeme işlemleri Amerika’da yaygınlaşmış ve Federal İletişim Komitesi (FCC) 5,9 Ghz geniş bant aralığını RFID için ayırmıştır. Taşımacılık zinciri ve eşya taşımacılığı 1990’ların sonundaki hızlı gelişim süreciyle RFID uygulamalarının bir alanı haline gelmiştir. MIT’de; RFID hakkında gelişme, üretim standardı, performans araştırmaları ve bilgi paylaşımı için Auto-ID merkezi açılmıştır. EPC Global, RFID uygulama alanlarında standart geliştirme işini kendi üzerine almış ve bununla birlikte ISO tarafından birçok standart ortaya konulmuştur [15].

RFID üzerine yapılan çalışmalarda verilen ilk 10 patent USPTO (United State Patent and Trademark Office) bilgilerine göre aşağıda yer almaktadır [8].

- 1- Şifre çözücü aygıt ve sistem: 1970
- 2- Uzaktan çalıştırılabilen şifre çözücü: 1971
- 3- Dipol antenli uzaktan çalıştırılabilen şifre çözücü: 1973
- 4- Elektronik plakalı motorlu araçlar: 1974
- 5- Pasif şifrelemeli mikrodalga şifre çözücü: 1976
- 6- Pasif şifre çözücüler kullanılan tanımlama sistemleri: 1977
- 7- Interrogator-responder (soru soran-cevaplayan) sistem kullanımı için pasif şifre çözücü aleti: 1978
- 8- Elektronik bulma ve tanımlama sistemi: 1978
- 9- Elektronik tanımlama sistemi: 1980
- 10- Elektronik tanımlama için araç ve metot, hareket ve kaydetme sistemi: 1982

Sonuç olarak RFID’nin radar olarak II. Dünya savaşıyla başlayan asıl serüveni bugün farklı noktalara gelmiş ve günümüzde gelişimini ve değişimini sürdürmeye devam etmektedir.

RFID sistemlerinin hızlı gelişimi, hayatı kolaylaştıran sistemlere sağladığı imkânları ve maliyeti gibi etkenler RFID uygulamalarının sayısını artırmıştır. Bazı yaygın uygulama alanları vardır. Havaalanı bagaj takibi [16], askeri uygulamalar [17], hızlı paketleme, bilet yönetimi, taşıma ve lojistik yönetimi, güvenlik uygulamaları, atık yönetimi, posta takibi, elektronik eşya izleme (EAS), perakende giyim satışı, hırsızlığa karşı değerli eşya koruması, araçlara kontrollü erişim (hız kontrolü [18], yön kontrolü, araç yıkama, yakıt ikmali, sıcaklık kontrolü, kaza önleme

sistemleri, park alanları ve yakıt istasyonları tespiti), akıllı ev sistemleri ev izleme ve yönetimi, araç kilitleme sistemi, aracı hırsızlığa karşı koruma [19], kutulanmış/paketlenmiş yiyecekler, ilaç ve medikal cihazlar, personel takibi, müşteri takibi, demirbaş takibi [20], evrak kayıt ve sahtecilik takibi, hastaneler ve sağlık kurumları, kuyumculuk ve antikacılık, kütüphaneler, otopark sistemleri [20], araç takip sistemleri, otoyol ve köprü ücretli geçiş sistemleri, canlı hayvan takip sistemleri RFID sistemlerinde yapılmış uygulamalara birkaç örnektir [21].

**RFID teknolojisini kullanarak akıllı park uygulamaları:** Bu çalışmada, merkezi veritabanı sistemi kullanılarak üç otoparkın giriş ve çıkış kontrol bilgileri elde edilmiştir. Otoparklar kentin çeşitli yerlerinde bulunmaktadır. Donanım olarak; RFID okuyucu, RFID etiketler, USB kablosu, oyuncak arabalar, USB portundan bağlanan bariyer ve dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Kullanılan RFID okuyucu Phidget markalı, üzerinde bir USB portu, LED ve 5V çıkışı bulunan; 6.9cmx8.1 boyutlarında, EM Marrin Protokolü (EM4102) ile çalışan bir karttır. Bu sistem ile bir aracın; şehir içindeki park hareketlerini kontrol etmek, hangi tarihte, hangi saatte, hangi parka giriş-çıkış yaptığını kontrol etmek ve ne kadarlık bir ücret tahakkuk ettiğini takip etmek mümkündür. Aynı zamanda bağlı bulunan otoparklar arasında aracın giriş çıkış saatleri merkezi sistemde kayıtlı tutulduğu için varılan otoparkta güncel bilgiler üzerinden işlem yapılacaktır. Ayrıca otoparkın doluluk bilgisi de sistemin kayıtlı tuttuğu bir veridir ve doluluk durumunda uyarı veren bir bilgi destek mekanizması da mevcuttur [22].

**Akıllı trafik denetimi ve yönetimi için RFID ile elektronik plaka uygulaması:** Otoyollar ve büyükşehirlerde plakanın elektronik olarak tanınmasıyla trafik denetimi ve yönetimi yapılabilen bir sistemdir. [23].

**RFID teknolojisi ile e-sınav uygulaması:** Bu uygulama ile bir okula ait salon bilgileri merkezi bir veritabanında toplanarak bu bilgilerin yönetilmesi ve raporlanması amaçlanmıştır. RFID okuyucu ve etiketler kullanılarak e-sınav salonlarının giriş çıkış kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu sayede klasik sınav yöntemlerine alternatif olarak, çevrimiçi işletilebilen, kontrol edilebilen ve otomatik öğrenci tanıyabilen e-sınav uygulaması gerçekleştirilmiştir [24].

**Yatarak tedavi gören şizofreni hastalarının negatif belirtilerinin RFID teknolojileri ile ölçülebilirliğinin değerlendirilmesi:** RFID sistemi ile uzaktan tanımlama yaparak şizofreni hastalar üzerinde anlık durum kontrolü ve ilaçların etkilerine dair takip işlemi gerçekleştirilmiştir [8].

**Trafik sinyali kontrol ve yönetimi (ZigBee ve RFID):** Özgün algoritmali RFID/ZigBee trafik kontrol sistemi verimli bir zaman yönetimi şeması ile çoklu yol, çoklu kavşak, çoklu araç için kullanılabilirliğini kanıtlanmıştır [25].

**Aktif RFID kullanarak iç mekanda yer algılaması (LANDMARC) :**GPS sistemi gibi yer tespiti yapan sistemler uydulara bağlı kalmaktadır. Bu projedeki amaç iç mekândaki kablosuz cihazları kullanarak yer tespiti yapmaktır [26].

**Radyo frekans kimlik tanıma sistemleri ile elektronik para uygulamasının gerçekleştirilmesi:** RFID teknolojisi kullanılarak ürünü okutma, kimlik tespiti ve karta tanımlanan şifre ile işlemlerin yapıldığı bir “elektronik para” uygulaması yapılmıştır. Bu çalışma için 13,56 MHz frekansında çalışan pasif mifare kartlar ve SMRFID 1013 demo kiti kullanılmıştır. Yazılımı Visual Studio 2005 .NET platformunda C# programlama dilinde geliştirilmiştir. SMRFID demo kiti kullanılarak ürünler veya kişiler için benzersiz etiketler tanımlanarak, ürüne ait bilgiler ve kredi kartı olarak kullanılmak üzere kimlik ve bakiye bilgileri kartlara yazılmıştır [27].

**Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması:** RFID sistemi sağlık alanında hastaları takip amaçlı kullanılmıştır. İçinde RFID okuyucusu bulunduran bir Cep Bilgisayarı ile RFID etiketi bulunduran bir bileklik kablosuz olarak iletişime geçirilmiştir. Bu hasta takip sistemi tasarlanırken RFID iletişim standartları incelenmiştir [28].

**HGS (Hızlı geçiş sistemi):** Boğaz Köprüleri ve Otoyol geçişlerinde RFID teknolojisi kullanılarak pasif etiketlerle araç geçişlerine dair ödeme işleminin gerçekleştirildiği sistem Türkiye’de 17.09.2012 tarihinde kullanılmaya başlanmıştır. Ödeme işlemi, gişelerde bulunan RFID antenlerin araç üzerindeki etiketi tespit etmesiyle birlikte veritabanı üzerinde ilgili etiketin eşleştirmesi yapılarak etikete ait hesaptan tahsil edilmesiyle gerçekleşir. Böylelikle gişelerde elden nakit ödemede yaşanan aksaklık önlenmiş olur. Sistemde ek olarak gişelerden geçen aracın dört farklı açıdan görüntüsünü çekerek sınıf ve plakasını tespit eden akıllı kameralar kullanılmaktadır. Tüm bu artı özelliklerine rağmen, Hızlı Geçiş Sisteminin yatırım maliyeti, mevcut sisteme göre çok daha düşüktür [29]. Otoyol ve köprülerde ilk çıkan OGS ve KGS uygulamalarında bazı aksaklıklar yaşanmıştır. OGS’lerde cihaz maliyetinin yüksek oluşu ve tüm ihtiyaçları karşılamayı, KGS’lerde köprülerdeki yavaşlamalardan dolayı zaman sarfıyatı ve kart limiti sorunlarından dolayı HGS sistemine geçilmiştir. Şu an itibarıyla çok hızlı geçen araçları okumama gibi sorunları olsa da bir önceki sistemlere göre daha işlevsel ve geliştirilebilir olması bu sistemi kullanmayı cazip kılmaktadır.

**RFID Teknolojisinin Acil Müdahalede Kullanımı:** Bu uygulamada, kazalarda yaralanan kişilere yapılan müdahale türü ve yaralıların nerelere sevk edildikleri gibi bilgiler oluşturulan merkezi bir veritabanında toplanması amaçlanmıştır. Sistem bilgi toplama, PC, internet ve veritabanı olmak üzere 4 katmandan oluşmaktadır. Bilgi toplama katmanında RFID okuyucular, RFID pasif etiketler yer almaktadır. PC katmanında ise mobil bilgisayarlar ve

uygulama yazılımları yer almaktadır. İnternet alt yapısı kullanılarak erişilen KAZAZEDE isimli veritabanı ise ülke çapındaki tüm kaza ve müdahalelere dair bilgileri bulundurmaktadır. Uygulamada donanım olarak, RFID okuyucular ve bunların kablolu ya da kablosuz bağlanabildiği dizüstü bilgisayarlar kullanılmıştır. Yaralılarından gelen bilgiler okuyucu vasıtasıyla taşınabilir bilgisayardaki yerel veritabanına daha sonrasında internet üzerinden KAZAZEDE veritabanına iletilmiştir. Uygulamada yazılım olarak C# programlama dili kullanılmıştır. Veritabanı ise Microsoft SQL Server 2005 Express Edition sürümü vasıtasıyla oluşturulmuş ve yönetilmiştir.

Sistem başlangıcında kaza yerine gidecek olan ambulansda bulunması gereken taşınabilir bilgisayar, bunun içindeki uygulama yazılımı ve RFID mobil okuyucular ile etiketlerin hazırlığı yapılır. İlk olarak RFID etiketler kaza yerinde kazazedelerin bileklerine takılır. Etiketler takıldıktan sonra kazaya ve kazazedeye ait bazı bilgiler uygulama yazılımı sayesinde RFID okuyucular kullanılarak etiketlere kaydedilir. Bu bilgiler; cinsiyeti, kazazede konuşabiliyorsa kimlik bilgileri, kaza yeri ve ilk olarak kimler tarafından müdahale edildiği. Sistem tarih ve saat bilgisini otomatik kayıt eder. Daha sonrasında yaralı aile sağlığı merkezi ya da küçük çapta bir hastaneye götürülürse orada yapılan müdaheler de etiketlere kaydedilir. Son olarak yaralı tam teşekküllü bir hastaneye nakledilirse yapılan müdahaleler ve kazazedeye dair kimlik bilgileri net bir şekilde etiketlere bilgi olarak eklenir.

Sağlık kuruluşuna gelen kazazedede bulunan etiket okuyucular vasıtasıyla okutularak uygulama yazılımı ile internet alt yapısı kullanılarak KAZAZEDE veritabanına aktarılır. KAZAZEDE internet sayfası sayesinde KAZAZEDE veritabanından bilgi sorgulaması yapılarak istenilen kişiyle ilgili bilgi edinilebilir [30].

**NFC:** NFC (Near Field Communication – Yakın Alan İletişimi), yeni nesil bir kablosuz iletişim teknolojisidir. NFC teknolojisi temelde, NFC standartlarına uyumlu elektronik cihazlar arasında yakın mesafeli haberleşmeyi sağlar. RFID tabanlı olup 13.56 MHz frekans bandında çalışır. NFC, 2002 yılının sonlarında Sony ve Philips ortaklığında geliştirilmiş ve ISO/IEC tarafından 08.12.2003 tarihinde standart olarak kabul edilmiştir. NFC teknolojisinin gelişimi ve yaygınlaştırılması için 18.03.2014 tarihinde Nokia, Sony ve NXP firmaları ortaklığında NFC forum kurulmuştur [31]. Günümüzün artan bağlantılı dünyasında, bu basit, sezgisel teknoloji basit bir dokunuşla etrafınızdaki dünya ile güvenli etkileşim sağlar. Hızlı, kesintisiz ve kullanımı kolay, NFC neredeyse her gün gelenakilli telefonlar, tabletler ve diğer tüketici elektroniği gibi yüz milyonlarca yeni cihazlar ile artık kullanılabilir [32].

**Müze Ziyareti Deneyimlerini Artırmak İçin Aktif RFID Teknolojisi Uygulama Önerisi:** Aktif RFID tabanlı bir kulaklık kullanılarak kültürel yerler hakkında ziyaretçiye bilgi vermesi amaçlanmıştır. Hatta bu bilgi geleneksel bir rehberin verdiği bilgiden daha fazlası ve daha doğru bilgiler olabilir. Müzedeki değerli eşyaya tanımlanan bilgilerle ziyaretçi istediği dilde eşya hakkında bilgi alabilir. Bu tasarım önerisi, müze ziyaretçilerini ve yükselen kârlarını artırmayı ve büyük ölçüde müze için bakım maliyetlerini azaltmayı hedeflenmektedir [33].

**RFID ile Araç Bilgisi Depolama Sistemi:** Volkswagen grubunun Uruguaylı ithalatçısı araç bilgisi depolayan bir sistem geliştirmiştir. Şirket; bu sistemdeki amacının, şimdilik kendi ithalat ve satış bilgilerinin yanı sıra tarih, sağlanan tüm bakım dâhil, her aracın yaşam geçmişini kaydetmek için bu teknolojiyi kullanarak bir plan geliştirilmesi olduğunu belirtmektedir [34].

**Coca Cola'dan Başarılı Uygulama:** Coca-Cola firması 2010 yılının yaz aylarında İsrail'de gençlere yönelik bir etkinlik düzenlemiştir. Coca-Cola Village adı verilen etkinlikte eğlence, konserler ve yarışmalar yaparak katılımcılara RFID bileklikler dağıtmıştır. Bu bileklikler sayesinde katılımcıların facebook profillerini tanımlayarak katıldıkları oyunların ve çekilen fotoğrafların anında facebook profillerinde görüntülenmesini sağlamıştır. 1500 adet RFID bilekliğin dağıtıldığı kampanyada günlük 652,700 gönderi görüntülenmiştir [35].

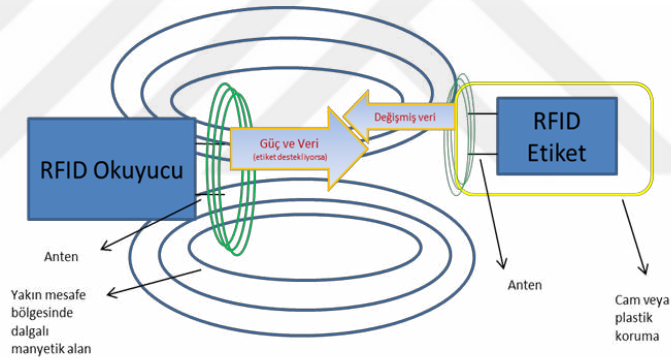
**Mobilya Satışında RFID Uygulaması:** John Lewis müşterilere mobilya seçiminde RFID tabanlı farklı bir sistem sunmaktadır. Minyatür boyutlarda RFID etiketli mobilyalar okuyucu tarafından okutularak mobilya hakkında bilgiler sunmaktadır. Gerçek boyutları, renk seçenekleri, mobilya ile ilgili resimler gibi fabrikasyon haliyle bir izleme ekranında bilgiler sunmaktadır [36].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada RFID teknolojisini kullanarak yakıt istasyonlarında yaşanan bir soruna çözüm getirilmeye çalışılmıştır. Materyal olarak Alien ALR9900+ geliştirme kitiyle bilgisayarın iletişime geçmesi için C# programlama diliyle bir arayüz geliştirilmiştir.

#### 3.1. RFID Teknolojisi

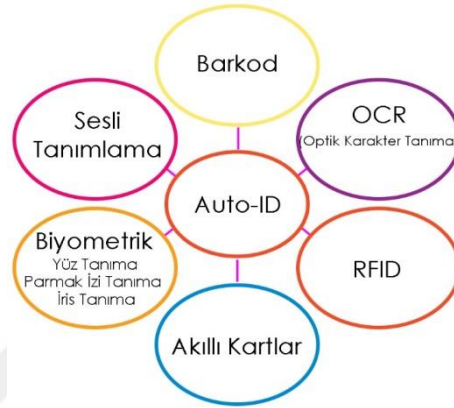
RFID, Radyo Frekansı ile Tanımlama olarak adlandırılır. Yani RFID'yi oluşturan bileşenler radyo frekansı ile haberleşmektedir. RFID; okuyucu, etiket ve anten olmak üzere 3 temel bileşenden oluşur. Okuyucular; nesnelere yerleştirilmiş etiketler sayesinde nesneye ait bilgileri, radyo dalgalarını kullanarak sayısal bir kod şeklinde alan bileşenlerdir. Etiketler, bilgileri saklayan bileşenlerdir. Etiket ve okuyucu arasındaki iletişim antenler aracılığı ile gerçekleşir ve buna “bağlama (coupling)” adı verilir. Okuma mesafesini genişletmek için ekstra antenler kullanılabilir. RFID'nin temel çalışma prensibi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Yakın alanda 100 Mhz'den daha düşük frekanslarda etiketlerin güç/iletişim mekanizması [37]

RFID sistemlerinde bağlama elektromanyetik ve manyetik olmak üzere iki türlü gerçekleşebilir [38]. Hangi yöntemin kullanılacağı; etiket maliyeti, büyüklüğü, okuma hızı ve uzaklığı gibi uygulama gereksinimlerine bağlı olarak belirlenir. Manyetik bağlama, genelde kısa mesafe RFID sistemlerinde giriş kontrol uygulamalarında kullanılır [39]. Elektromanyetik bağlama ise etiket ve okuyucu arasındaki veri iletişimde kullanılan en yaygın bağlama türüdür. Bu yöntemde okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar antenle buluşmakta ve etiket içindeki devreleri harekete geçirmektedir. Etiket içinde yer alan kondansatör, okuyucudan gelen dalgalarındaki enerjiyi alır, mikroçip bu enerjiyi kullanarak dalgaları okuyucuya geri gönderir ve okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürür ve okuma işlemi gerçekleşmiş olur.

RFID, Auto-ID (Automatic Identification-Otomatik Tanımlama) Grubunun bir parçasıdır. Auto-ID genellikle otomatik veri toplama ile birlikte anılır. Diğer bir deyişle; varlıkları tanımlamayı, onlar hakkında bilgi toplamayı ve toplanan bilgileri el ile saymadan bilgi teknolojileri ortamında hızla değerlendirmeyi ifade eder [40]. Auto-ID Grubunun çalışma alanı Şekil 3.2’de gösterildiği gibi barkodlar, sesli tanımlama, optik karakter tanımlama, biyometrik tanıma, akıllı kartlar ve RFID’dir [41].



Şekil 3.2. Auto-ID grubu çalışma alanları

### 3.1.1. RFID Sisteminin Bileşenleri

RFID’yi özetlemek gerekirse; içeriğinde nesneye ait bilgiler bulunduran bir mikroçipe sahip olan, bu mikroçipe bağlı bir antenle takip ve analiz yapabilen ve nesnelere entegre edilebilen bir etiket kullanarak radyo frekansları aracılığıyla veri alışverişi sağlayan otomatik tanımlama ve izleme sistemidir. Bu bilgi alışverişinde rol oynayan 3 temel bileşen vardır. Bunlar; okuyucu, etiket ve antendir. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar etiketin antenine ulaşır. Bu dalgalar etikette bulunan mikroçipi harekete geçirir ve bu dalgalar mikroçip tarafından modüle edilerek anten aracılığı ile tekrar okuyucuya gönderilir. Okuyucuya gelen bilgi dijital bir şekle dönüştürülerek görüntülenir. Sistemde bulunan bilgilerin bilgisayar ortamında saklanması rol oynayan ve ara katman yazılımıyla iletişimde olan denetleyiciler vardır. Buradan yola çıkarak sistemin tamamında işlevi olan birimleri donanımsal olarak; RFID Etiket, RFID Anten ve RFID Okuyucu, yazılımsal olarak; Denetleyici, Ara katman Yazılımı ve EPC Kodu olarak sıralayabiliriz.

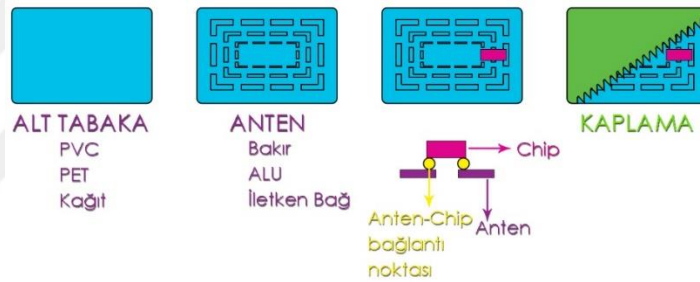
### 3.1.1.1. RFID Etiketler

Etiket, içinde nesneye ait bilgilerin depolandığı bir yonga (çip seti) ve okuyucu ile iletişime geçebilmek için bir anten barındıran bileşenlerdir. Okuyucu ile iletişime geçebilmek için RF sinyallerini kullanırlar. Etiketlerin yüzeyleri farklı türde malzemelerle kaplanabilir. Her etiketin benzersiz bir tanımlayıcı (ID) numarası vardır. Etiketlerin hafıza kapasiteleri 64 bit – 8 MB arasında değişebilir. RFID etiketler okuyucu ile temas etmeden iletişime geçebilirler.

RFID etiket seçiminde dikkat edilecek noktalar aşağıdaki gibidir:

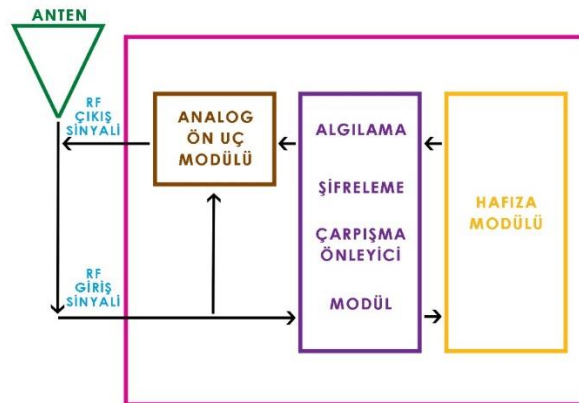
- Etiketleme yapılacak yüzey; metal, plastik, tahta v.b.
- İstenilen okuma mesafesi
- Etiket boyutunun büyüklüğü
- Çevresel koşullardaki aşırılık (aşırı sıcak, soğuk, nem v.b.)

Etiketin eklenme yöntemi (yapıştırarak, perçinleyerek, kablo bağlantıları v.b.) [42]. Etiketin katmamsal yapısı Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Etiket iç yapısı [43]

Pasif bir etiketin mimarisi Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. RFID etiket (pasif) mimarisi [44]

Genel olarak RFID etiketlerinin mimarisi şu birimlerden oluşur;

- Kodlama/Kod çözme
- Hafıza
- Anten
- Güç ünitesi (Aktif Etiketlerde bulunur)
- İletişim Kontrol Birimi [7]

Günümüzde kullanılmakta olan etiketlere örnekler Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Etiket örnekleri [45]

Etiketlerin kategorilere göre dağılımı ise Şekil 3.6'da gösterildiği gibidir.



Şekil 3.6. Etiket türleri

#### 3.1.1.1.1. Enerji Elde Etme Yöntemine Göre Etiketler

Etiketler, okuyucu ile iletişime geçebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu enerjisini ya okuyucudan alırlar ya da kendi üzerlerinde bir güç kaynağı barındırırlar. Bu enerjiyi elde etme metodları etiket seçiminde önemlidir. Çünkü okuma mesafesi, kullanım ömrü, maliyet gibi etkenler bu etiketlerde farklılık gösterir. RFID etiketler enerji elde etme yöntemine göre pasif, yarı pasif ve aktif olmak üzere 3'e ayrılır.

**Pasif RFID etiketler:** Kendilerine ait bir güç kaynakları yoktur. Okuyucu ile ilk iletişime geçme konusunda pasiftirler. Bu yüzden kendi çiplerini harekete geçirme konusunda ve iletişime geçme konusunda tamamıyla okuyucuya bağımlıdırlar. Gerekli enerjiyi radyo sinyalleri aracılığı ile okuyucudan alırlar. Okuyucudan gelen bu enerji etiket anteninde bir gerilim indüklemesi oluşturarak etiketin çipini harekete geçirir. Çip içinde barındırdığı bilgiyi yine anteni aracılığı ile okuyucuya gönderir. Pasif etiketler maliyetleri düşük olduğu ve birçok sektörde yeterli geldiği için kullanım alanı fazladır. Diğer etiketlere göre dezavantajı çevresel koşullardan etkilenme oranı yüksektir.

**Yarı pasif RFID etiketler:** Bu etiketler kendi çiplerine üzerinde barındırdıkları güç kaynağı ile enerji sağlarken, okuyucu ile iletişime geçme konusunda pasif etiket gibi okuyucuya bağımlıdırlar. Okuyucu tarafından sorgulanmadan harekete geçmezler. Pasif etikete göre daha uzak mesafelerde iletişim sağlar ve maliyeti pasif etikete göre yüksektir.

**Aktif RFID etiketler:** Hem kendi çipleri için hem de okuyucu ile iletişime geçmek için enerjilerini kendi güç kaynaklarından sağlarlar. Yani okuyucunun sorgulamasını beklemeden doğrudan okuyucuya sinyal gönderebilir. Okuma mesafeleri uzun ve maliyetleri diğer etiketlere göre yüksektir.

Enerji elde etme yöntemine göre etiketlerin genel özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Enerji elde etme yöntemine göre etiketler [46]

| <b>Etiket Tipleri →</b>  | <b>Pasif</b>                                                                        | <b>Yarı Pasif [47]</b>                                                               | <b>Aktif [48]</b>                                                                     |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Güç Kaynağı</b>       | RF aracılığı ile okuyucudan alır                                                    | Batarya                                                                              | Batarya                                                                               |
| <b>İletişim</b>          | Sadece yanıt verir                                                                  | Sadece yanıt verir                                                                   | Yanıt verir ve ilk iletişime geçebilir                                                |
| <b>Mesafe</b>            | LF, HF : 0,2 m<br>UHF, SHF : 3 m<br>UWB : 10 m                                      | 100 metreden daha uzak mesafelerde                                                   | 100 metreden daha uzak mesafelerde                                                    |
| <b>Maliyet</b>           | Ucuz                                                                                | Pasiften pahalı                                                                      | En pahalısı                                                                           |
| <b>Örnek Uygulamalar</b> | EPC, Yakın mesafe kartları                                                          | Elektronik geçiş, Palet izleme                                                       | Büyük çapta mal izleme, Hayvan takibi                                                 |
| <b>Etiket Örnekleri</b>  |  |  |  |

### 3.1.1.1.2. Hafıza Yapısına Göre Etiketler

Hafıza yapısına göre etiketler sadece okunabilen, hem okunup hem yazılabilen ve birkez yazılıp birçok kez okunabilen olmak üzere 3'e ayrılırlar.

**Sadece okunabilen etiketler:** Bu etiketlerin hafızası üretim esnasında programlanır, üretimden sonra değiştirilemez. Verileri depolama kapasitesi kısıtlıdır. Maliyetleri düşüktür. Ağırlıklı olarak pasif tipte olurlar [49].

**Hem okunup hem yazılabilen etiketler:** Bu tip etiketlerde okuyucunun kapsama alanındayken hem bilgi okunabilir hem de yazılabilir. 32 KB ile 128 KB aralığında değişebilen hafızaya sahiptirler. Maliyeti sadece okunabilen etiketlere göre yüksektir. Bu yüzden ucuz maliyet gerektiren sistemlerde kullanılmaz. Hem aktif hem pasif etiketlerde bulunabilir. Bu etiketlerde EEPROM, FRAM, SRAM gibi hafıza türleri kullanılır.

**Birkez yazılıp birçok kez okunabilen (worm) etiketler:** Normal şartlarda sadece okunabilen etiketlere benzerdir. Asıl fark, sadece okunabilen etiketler rastgele ID'ler verilerek üretilirken, worm etiketlere tüketicinin talebine göre bilgi yüklemesi yapılır. Yine üretimden sonra bilgiler değiştirilemez. 128 bit – 1 Kb aralığında hafızaya sahiptirler.

### 3.1.1.1.3. Frekanslarına Göre Etiketler

RFID etiketler okunma mesafeleri, güç ihtiyaçları, bilgi gönderim kapasitesine göre farklı frekanslarda çalışabilirler. Çalışma frekansı RF sinyallerinin hangi materyalden yayılacağını belirler. Uygulamada metaller ve sıvılar büyük problem oluşturmaktadır. RFID etiketlerde yüksek frekansın kullanılması düşük frekansa göre daha hızlı veri iletimi ve daha uzun mesafelerden iletim sağlamaktadır. Sıvı ve metal bulunan ortamlarda, yüksek frekanslı etiketlere göre düşük frekanslı etiketler daha iyi çalışmaktadır. Çünkü etiket ve okuyucu mesafesi kısa olduğundan ortamdan etkilenme oranı düşecektir [50]. Frekanslarına göre etiketler; düşük frekanslı, yüksek frekanslı, çok yüksek frekanslı, süper yüksek frekanslı ve ultra geniş bant frekanslı olmak üzere 5'e ayrılmaktadır.

**Düşük frekanslı (Low Frequency-LF) etiketler:** Bu etiketler genellikle 120-140 kHz frekans aralığında çalışır. Genellikle pasif etiketler düşük frekanslarda çalışır. Okunma mesafesi 1 cm ile 2 metre arasındadır. Metal ve sıvı gibi zorlu ortamlarda yakın mesafeden çalışabilmektedir. Bundan dolayı implant yapılarak evcil hayvan takibinde kullanılmaktadır. LF etiketler genellikle araba immobilizeer sistemlerinde de kullanılmaktadır. Anahtarda bulunan LF etiketi, kontağa yaklaştığı anda çalışır. LF etiketlerin veri okunma oranları düşüktür [46].

**Yüksek frekanslı (High Frequency-HF) etiketler:** Bu etiketler 13.56 MHz frekansında çalışmaktadır. 20 cm ile 1 metre arasında okunabilirler. Akıllı kartlarda (MIFARE, ISO/IES 1443), kredi kartlarında, nesne etiketlemede, ID kartlarında, havaalanlarında bagaj izlemede, bina giriş kontrollerinde kullanılmaktadır. LF etiketlerine göre daha yüksek oranda veri okunmaktadır fakat LF gibi sıvı ve metal ortamlarda güvenli okunma yapılamamaktadır. HF etiketleri dar bir frekans bandında çalıştığı için yüksek güvenlik gerektiren uygulamalarda kullanılamamaktadır.

**Çok yüksek frekanslı (Ultra High Frequency-UHF) etiketler:** Bu etiketler 860-928 MHz frekans aralığında çalışır. Avrupa’da etiketler 868-870 MHz frekans bandında çalışırken, Amerika ve Kanada’da 902-928 MHz ve Türkiye’de 865.6-867.6 MHz frekans bandında çalışmaktadır. 60 cm ile 12 metre mesafelerinden okunabilir. Nesne izleme, ürün tedarik ve yönetiminde, palet etiketlemede ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. HF ve LF etiketlerine göre sıvı veya metal içerikli ortamlarda okunması oldukça zayıftır. Bunu önlemek için bazı materyaller geliştirseler de verim alınamamıştır [46].

**Süper yüksek frekanslı (Super High Frequency-SHF) etiketler:** Bu etiketler 2.45 GHz ya da 5.8 GHz frekanslarında çalışır. Mikro dalga frekanslı etiketler olarak da bilinir. 30 metreye kadar okunma yapılabilir. Bu teknoloji son zamanlarda hızla gelişmektedir. Ağırlıklı olarak yarı-pasif ve aktif etiketlerde kullanılmakla birlikte pasif etiketlerde de kullanım imkânı vardır. Yarı pasif mikrodalga etiketleri genellikle filo tanımlamalarında ve ücretli geçiş sistemlerinde kullanılmaktadır. Okunma oranları UHF etiketlere göre daha yüksek olmasına rağmen maliyetleri pahalıdır. Ayrıca düşük frekanslı etiketlere göre daha fazla enerji harcamaktadırlar. Diğer önemli problem ise 802.11 b/g wi-fi ağıyla karışma durumudur.

**Ultra geniş bant frekanslı (Ultra Wide Band Frequency-UWB) etiketler:** Bu etiketler 3.1-10.6 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. Oldukça yeni bir etiket teknolojisidir. Belirli frekanstan oldukça güçlü bir sinyal göndermekten UWB ile geniş bir bant üzerinden düşük güçte sinyal gönderilebilmektedir. Ayrıca sinyalin iletimi daha sağlıklıdır. 200 metrelere kadar okunma yapılabilir. Metal ve sıvı ortamlardan etkilenmez. Hassas okumalarda çevre koşullarından etkilenmez. Bu yüzden sağlık sektöründe, hastane uygulamalarında tercih edilebilir [46].

### 3.1.1.2. RFID Antenler

RFID antenler, elektromanyetik dalga yayan ya da ortamdaki elektromanyetik dalgaları alıp bu dalgalardaki işaretleri bir sisteme ileten bileşenlerdir.

Okuyucu-okuyucu veya okuyucu-etiket arasında haberleşmeyi sağlar. Birçok durumda etiket okuma menzilleri çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Konsept olarak basit olmasına rağmen, antenlerin düşük güçlerde en iyi sinyal alımlarını gerçekleştirmeleri ve özel koşullara uyum sağlamaları gerekir. Antenler uygulamaların çalışacağı ortamın özelliklerine ve uygulamanın gerektirdiği mesafelere bağlı olarak, en iyi performansı sağlamak için farklı boy, şekil ve frekans aralıklarında tasarlanmalıdır [51-53].

Antenler, düzlem yayın yapan ve dairesel yayın yapan anten olmak üzere iki çeşittir. Düzlem yayın yapan anten, olası en uzun okuma mesafesinde, maksimum kazanç için tek bir ekseninde yoğunlaşır. Dairesel yayın yapan anten ise üretilen UHF enerjiyi daha uzun mesafelere eşit bir şekilde dağıtır. Böylece dairesel yönlü yayılım ile o çevrede bulunan bütün etiketlerin okunması sağlanır [54,55].

Antenlerin bu spesifik özellikleri anten seçimi konusunda önemli olduğu için bu anlamda farklı tasarımlar mevcuttur [56]. Anten seçimi ve tasarımında, okumanın uygun bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak, eksenel oran (AR), ışıma huzmesinin ön-arka oranı (Front-to-Back Ratio), kenar kulakçık seviyeleri (SLL), yönlendirme ve kazanç ön plana çıkan tasarım parametreleridir. Genellikle RFID uygulamalarında, dairesel polarizasyona sahip anten elemanlar kullanılır. Bu tercihin temel sebebi, herhangi bir doğrultuda yerleştirilmiş etiket ile okuyucu arasındaki haberleşmenin güvenilirliğini sağlamaktır [56].

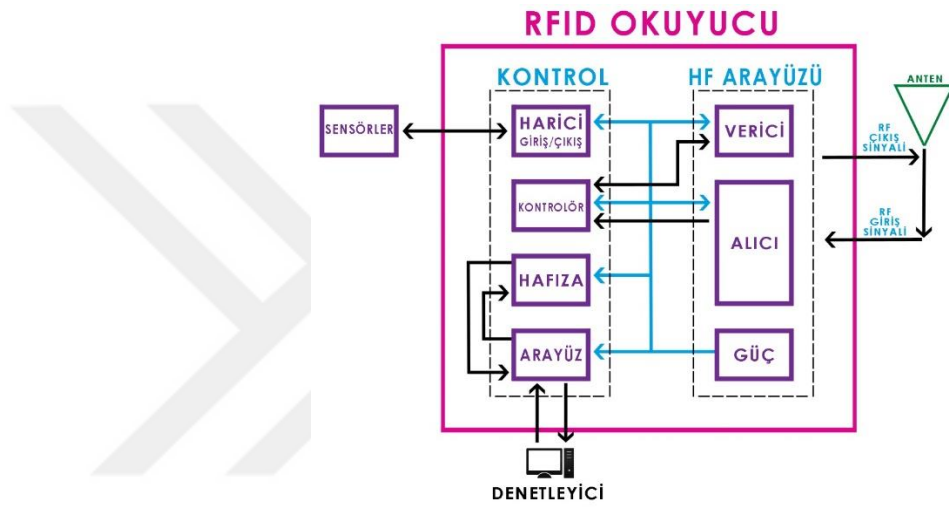
Ayrıca bir okuyucuya birden fazla anten bağlanabilir. Şekil 3.7’de anten örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.7. RFID antenler [52]

### 3.1.1.3. RFID Okuyucular

Mikrodenetleyici tabanlı olup anten, tepe dedektörü (etiket tespiti için) ve karşılaştırmacılarla tasarlanmıştır. Sahip oldukları anteni kullanarak radyo frekansı aracılığıyla sinyal yayabilen ve geri dönen sinyali (Backscatter – Geri Saçılım) kullanarak etiketle enerji ve bilgi alışverişinde bulunan sistemlerdir. Bazı etiketler enerjisini, okuyucunun gönderdiği sinyallerden antenleri aracılığıyla alırlar. Etiket bu enerjiyi kendi mikroçipini harekete geçirmek için kullanır. Bu enerji ile etiket, antende direnci yükseltip düşürerek bilgiyi okuyucuya gönderir. Okuyucular günümüzde 125 kHz – 2.4 GHz frekans aralığında LF, HF, UHF ve SHF ve UWB frekans bantlarında çalışır. Şekil 3.8’de RFID okuyucu iç yapısı görülmektedir.



Şekil 3.8. RFID okuyucu [44]

Genel olarak frekans bant aralıklarını inceleyecek olursak;

**Düşük frekans (LF) :** 125 kHz – 500 kHz frekans bandında, kısa ve orta okuma mesafesinde, düşük okuma hızıyla çalışır. Bluetooth okuyucular, okuyucu/yazıcılar, ID doğrulayıcılar, taşınabilir okuyucu/yazıcılar. Kullanıldığı sistemler; geçiş kontrol sistemleri, hayvan takip sistemleri, envanter kontrol sistemleri.

**Yüksek frekans (HF) :** 10 MHz – 15 MHz frekans bandında, kısa ve orta okuma mesafesinde, orta okuma hızında çalışır. Sabit okuyucu/yazıcılar, POS okuyucu yazıcılar, ID doğrulayıcılar ve taşınabilir okuyucu/yazıcılar. Kullanıldığı sistemler; geçiş kontrol sistemleri, akıllı kartlar.

**Ultra yüksek frekans (UHF) :** 850 MHz – 960 MHz frekans bantlarında, uzak okuma mesafesinde, yüksek okuma hızında çalışır. Elle taşınabilir okuyucu/yazıcılar, araca monte edilenler. Kullanıldığı sistemler; otoyol araç izleme, ücretli geçiş sistemleri (OGS) [58].

**Süper yüksek frekans (SHF) :** 2.4 GHz – 8 GHz SHF bandından çalışırlar; Sabit ve endüstriyel uygulamalarda kullanılırlar.

**Ultra geniş bant frekans (UWB) :** 3.1 GHz – 10.6 GHz bandında çalışır. Üst düzey güvenlik gerektiren uygulamalarda çalışır. 200 metreye kadar okuma yapabilirler.

Genel anlamda tüm etiketlerden bilgi okuma ve etiketlere bilgi yazma gibi özelliklere sahiptirler. Okuyucular ana bilgisayarla iletişim kurmak için RS-232, Ethernet ve USB gibi bağlantı türlerini kullanır. Okuyucular konumlandırmalarına göre, sabit, portatif ve mobil olmak üzere 3 farklı şekilde sınıflandırılırlar;

Sabit okuyucular, bir yere sabitlenmiş olup içinden etiketlerin geçişine imkân sağlayan sistemlerdir. Mağaza girişlerinde ürün hırsızlığına karşı ya da fabrikada depo girişlerinde forkliftlerin hızlı geçişinde ürün kontrolünde kullanılır. Okuma mesafesi 10 m civarındadır.

Portatif okuyucular, RF etiketlerle kablosuz olarak 1-3 m mesafelerinden iletişim kurabilen okuyuculardır.

Mobil okuyucular, okunma koşulları zor olan durumlarda mobil araçlara yerleştirilerek kapsama alanında okuma yapabilen okuyuculardır.

RFID okuyucular hafıza tipine göre iki çeşittir. Sadece okuyabilen ve hem okuyup hem yazabilen cihazlar. Bu cihazların hafızaları EEPROM (Electronically Erasable Programmable Read Only Memory), FRAM (Ferroelectric Random Access Memory) ve SRAM (Static Random Access Memory) ile yapılmıştır. EEPROM, CMOS silikon tabanlıdır. FRAM ise Ferro-Elektrik hafızası tabanlıdır. SRAM mikro dalga sistemlerindeki hafıza türüdür [58].

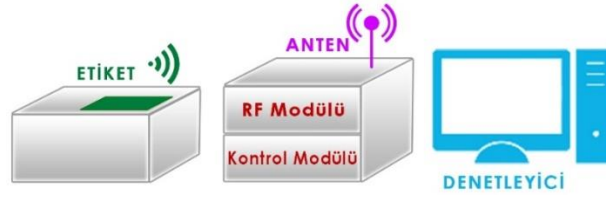
Şekil 3.9'da genel olarak kullanılan sabit ve mobil RFID okuyucu örnekleri görülmektedir.



**Şekil 3.9.** RFID okuyucular [54]

#### 3.1.1.4. Denetleyici

Denetleyici, üzerinde veritabanı yazılımı ya da uygulama yazılımı çalışan bir bilgisayar ya da sunucudur. Denetleyiciler, RFID sistemlerinin beyinleridir ve ara katman yazılımını kontrol ederler. Çoklu okuyucuları ağ ortamında birbirine bağlamak, merkezi olarak bilgileri işlemek için kullanılır. Denetleyici, okuyucular tarafından toplanan bir alandaki bilgileri kullanır. RFID sisteminde denetleyicinin yeri Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. RFID sisteminde denetleyici [43]

Denetleyici özellikleri:

- Ürün stokunu tutma ve yeni ürün stokuna ihtiyaç duyulduğunda sistemi uyarma,
- Sistem boyunca nesnelerin hareketlerini izleme, imkânlar dâhilinde bunları düzenli olarak yeniden yönlendirme ve yönetme,
- Kimlik denetimi, doğrulama, yetkilendirme,
- Hesap oluşturma (POS uygulamaları),
- Web servisleri ve hizmetleri [43].

#### 3.1.1.5. Ara Katman Yazılımı (Middleware)

Bir etiket, nesne üzerindeki işlemler zinciri içerisinde farklı noktalarda aynı ya da farklı okuyucular tarafından birçok defa okunabilir. Bu şekilde her bir okuma okuyucu tarafında ve dolayısıyla RFID sistem ağında etiket verisi üretir. Sonuç olarak, etiketlerin okunması neticesinde RFID sistem ağında çok büyük miktarda veri üretilir. Bu verinin büyük bir kısmı sıkıştırılmış olabilir. Çünkü bunlar aynı ya da farklı çoklu okumalardan oluşabilir. Diğer okumalar ile birleştirilmiş okumalar, firma/kurum mantığı açısından önemli olmayan okumalar, vs. olabilir. Eğer bu veriler olduğu gibi depolanmış ve taşınmışsa, çoğu depolama sistemi ve ağ çökme durumuyla karşılaşabilecektir. Bu verileri verimli bir şekilde tutmak ve gerçek zamanlı olarak yönetebilmek için verilerin sıralanması, filtrelenmesi ve işlenmesi gereklidir. İşte bu noktada, ara katman yazılımı devreye girer. Ara katman yazılımı; RFID sisteminin, RFID sistem ağındaki hizmetlerin, RFID sistemleri arasında dolaşan ilgili bilgi hareketinin ve RFID bilgi sistemleri arasındaki iletişimin yönetilmesinden sorumlu bir yazılım teknolojisidir. Ara katman

yazılımı sayesinde veri etkili ve faydalı kullanılır, veri hacmi küçültülür ve veri ağ içerisinde seçilerek iletilir [43].

Savant, WinRFID, WebSphere, Sun Java ve FlexRFID gibi ara katman yazılımları bulunmaktadır.

Ara katman yazılımı, RFID donanımı ile RFID uygulamaları arasında bir arayüz olup bir takım avantajlar sağlar :

- RFID uygulamalardan donanım detaylarını gizler.
- Uygulamaların toplanmış olayları geçmeden önce ham RFID verisini işler.
- RFID veri kuyruğunu ve RFID okuyucularını yönetmek için uygulama seviyesinde bir arayüz sağlar.
- RFID ara katman yazılımının bir katmanı farklı donanımların sürücülerini birleştirir ve bu donanıma erişim için standart uygulama arayüzü sunar. Eğer bu imkân olmasaydı her okuyucu için farklı arayüze ihtiyaç vardı.

RFID ara katman yazılımı genel olarak 4 bileşenden oluşur. Bu bileşenler Şekil 3.11’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 3.11.** Ara katman yazılımı bileşenleri

**Okuyucu arayüzü:** RFID donanım ile etkileşim sağlayan, RFID ara katman yazılımının en alt katmanıdır. Sistemin desteklediği tüm aygıtların sürücülerini içerir ve kablosuz yayın, ana bilgisayar tarafıyla iletişim ve okuyucu protokolleri gibi donanımla ilişkili tüm parametrelerin yönetiminden sorumludur.

**Veri işleme ve saklama:** Bu katman okuyucudan gelen ham verileri işleme ve saklamadan sorumludur. Bu katman tarafından taşınan mantık işleme örnekleri; veri filtreleme, toplama ve dönüşümdür. Bu katman aynı zamanda kullanılan uygulamaya ilişkin veri seviyesi olaylarını işler.

**Uygulama arayüzü:** RFID ara katman yazılımını konfigüre etmek, iletişim kurmak ve erişmek için bir API (Application Programming Interface-Uygulama Program Arayüzü)’ye ihtiyaç vardır. Bu katman, düşük seviye ara katman yazılımı komutları ile uygulama isteklerini çevirerek, RFID ara katman yazılımı ile kurumsal uygulamaları entegre eder.

**Ara katman yazılımı yönetimi:** RFID ara katman yazılımının konfigüre yönetiminde yardımcı olur ve şu imkânları sağlar:

- RFID okuyuculara bağlantı ekler, konfigüre eder ve değiştirir.
- Filtreler gibi uygulama seviyesi parametrelerini değiştirir ve zamanlama penceresini temizleme işini yineler.
- RFID ara katman yazılımı tarafından desteklenen hizmetleri ekler ve siler [60].

### 3.1.2. EPC (Electronic Product Code)

Elektronik Ürün Kodu, nesneleri tanımlayarak birbirinden ayırt etmek için oluşturulmuş bir standarttır. RFID sistemi, firmalar tarafından barkod sistemi yerine kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte ürün tanımlamada EPC yapısı kullanılmıştır.

EPC etiketler farklı alanlarda tercih edilmektedir. Bir mağazada bir ürünün ödeme yapılmadan dışarı çıkarılmasını önlemede, çamaşır makinesinde yıkanan çamaşırın çeşidini öğrenmede kullanılabilir [61].

EPC'nin hafızası, ürünün üreticisi, ürünün kategorisi ve ürüne ait özel bilgiler olmak üzere 3'e ayrılmıştır. EPC kodu 3 veri bölümünden oluşur. Bunlar; başlık (header-8 bit), EPC Yönetici Numarası (Manager Number-28 bit), Nesne Sınıfı (Object Class-24 bit) ve Seri Numarasıdır (Serial Number-36 bit). EPC hafızası, 64 bit – 512 bit arasında değişen boyutlara sahiptir. Başlık; EPC'nin tipini, sürümünü, uzunluğunu yapısını, numaranın ikinci kısmı EPC Yöneticisi; sonraki bölümlerin korunmasını, üçüncü kısım olan Nesne Sınıfı; nesnenin hangi kategoride olduğunu, son kısım ise ürünün seri numarasını belirtir. Günümüzde tedarik zinciri uygulamalarında en çok kullan elektronik ürün kodu 96-bit EPC'dir [62,63]. Örnek bir EPC kod içeriği Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.12.** 96 Bitlik bir EPC içeriği

### **3.1.2.1. EPC Bilgi Hizmetleri**

EPCIS (EPC Information Service - EPC Bilgi Hizmetleri ), tedarik zinciri boyunca EPCGlobal ağı üzerinden ürünlerin fiziksel hareket ve durumlarını işletmeler arası (üretici, dağıtıcı, satıcı v.b.) ya da tüketiciyle paylaşılmasını sağlar. Ne, nerede, ne zaman ve niçin sorularına cevap verir. Bu çalışma sistemi işletmeler arası bilgilerde farklılığı azaltarak daha net veri sorgulaması ve birlikte çalışabilirlik sağlar.

EPCIS, Güvenlik ve Keşif gibi iki ayrı servise sahiptir. Güvenlik servisi; EPC bilgisini depolama ve EPC bilgisine erişim için kimlik denetimi ve yetkilendirmeden sorumludur. Keşif servisi ise EPCIS sunucularının keşfini ve bu sunucuların adresleme yaparak gruplanmasını sağlar [64].

### **3.1.2.2. EPC Keşif Hizmetleri ve Adlandırma Servisi (DS, ONS)**

DS (Discovery Service-Keşif Hizmetleri), kullanıcıların belirli bir EPC'ye göre bilgi sahibi olmalarını ve bu bilgiye erişim izni istemelerini sağlar. Keşif hizmetlerinin bir parçası olan ONS (Object Naming Service-Nesne Adlandırma Servisi) ise ürünle ilgili bilgiyi sağlayan EPCIS sunucularını bulmaya yarar. ONS, EPC ile EPC bilgisini sağlayan sunucu arasında adresleme yaparak eşleşme sağlar. Bu nedenle, ONS, ortak hostları bulan DNS'ye benzer. ONS servisi, kendisine gelen çok fazla sayıda isteği hızlı ve güvenilir bir şekilde sonuçlandırmak zorundadır [62,65,66].

ONS, küresel çapta arama yapmak için bir EPC'ye bir veya daha fazla adresleme (URL) yapar. Bu adresler EPCIS ile ilişkilendirilir. Bunun haricinde ONS EPC'leri kullanarak ürüne ait internet sayfalarıyla ilişkilendirir. ONS statik veya dinamik olarak hizmet verir. Statik ONS, ürünün üreticisine özel veri için adres sağlarken, dinamik ONS ise tedarik zinciri boyunca ürünün her farklı hareket noktasında sorumlu olanlarla ilgili sıra bilgisini tutar [64].

### **3.1.2.3. EPCGlobal ve RFID Ağı**

EPCGlobal, bir ürünün tedarik zinciri boyunca otomatik tanımlanmasını ve takibini sağlayan RFID sistemler için küresel standartlar geliştiren bir ağ sistemidir. Bu tanımlama ve takip sürecinde RFID teknolojisini, iletişim sağlanan ağın alt yapısını ve EPC'yi birleştirir. Tedarik zinciri boyunca gelişmiş etkinlikler ve görünürlük sunar. EPCGlobal, EPC'nin belli bir standarda ulaşmasını ve küresel olarak benimsenmesini hedefleyen ticari kuruluşlar ile akademik kuruluşlardan oluşan bir topluluktur. EPCGlobal'ın amacı, tedarik zinciri boyunca ürüne dair görünürlük, ürünün etkinliği ve yönetilebilirliğini artırarak ticari kuruluşlar ve akademik kuruluşlar arasında kaliteli veri transferi sağlamaktır [53,63,65].

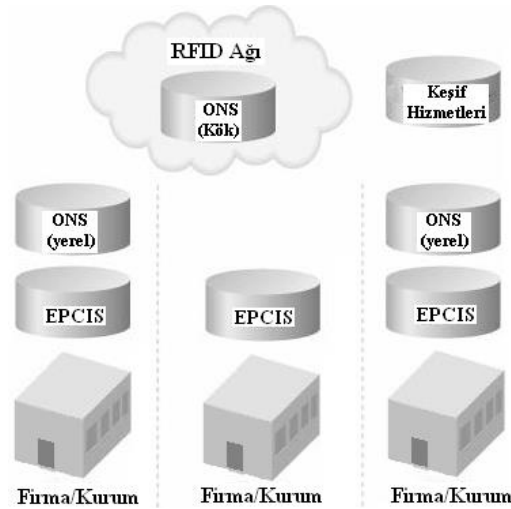
EPCGlobal'ın Türkiye temsilcisi TOBB bünyesindeki GS1 Türkiye'dir [67]. EPCGlobal ağını oluşturan bileşenler aşağıdaki gibidir.

- Elektronik Ürün Kodu (EPC)
- EPC/RFID etiketleri ve okuyucuları veri toplamada kullanılan ID sistemidir.
- EPCGlobal ağı arakatman yazılımı.
- Keşif Servisleri (DS).
- Nesne adlandırma servisi (ONS.)
- EPC Bilgi Servisleri (EPCIS).

EPCGlobal Ağı = EPC + Etiket ve Okuyucu (ID sistemi) + Ara katman yazılımı + DS + ONS + EPCIS parçalarından oluşmaktadır. EPCGlobal belli hizmetler sağlar. Bunlar;

- Ürünlere farklı kimlikler verme,
- Ürünleri tespit ve kimliklendirme,
- Olayları aşama aşama toplama ve filtreleme,
- Olayları depolama ve kuyruklama,
- EPC bilgisini konumlandırma.
- Ağ için bir referans mimari sağlama [64].

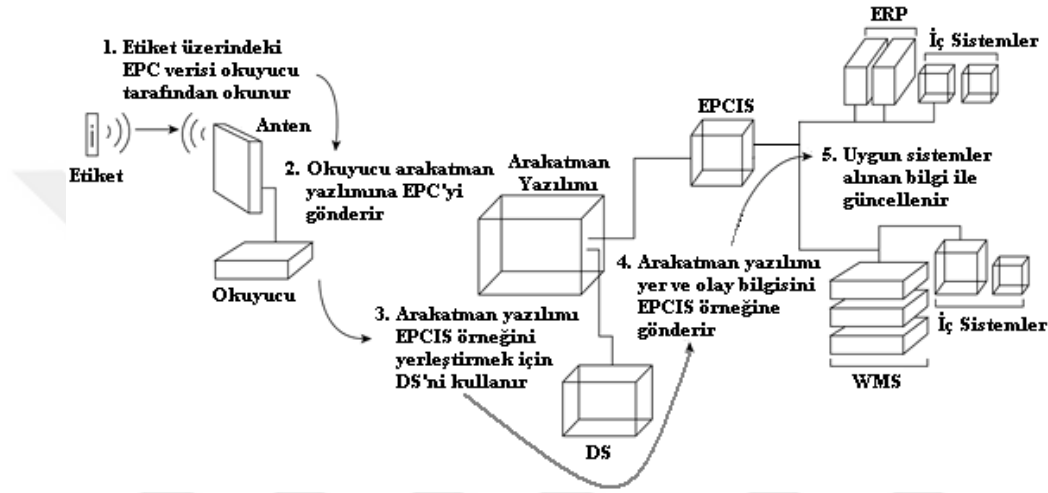
Şekil 3.13'de EPCGlobal ağının bileşenleri görülmektedir.



Şekil 3.13. EPCGlobal ağ bileşenleri [57]

Tedarik zinciri boyunca RFID okuyucular, RFID etiketi bulunduran nesneler üzerindeki hareketleri tespit eder. Okuyucular bu tespitleri filtreleme yaparak ara katman yazılımına aktarır. Ara katman yazılımı, bu bilgiyi filtreler ve gruplara ayırır. Olay yöneticisi bu filtrelenmiş tespitlere adres bilgisi ekler [68].

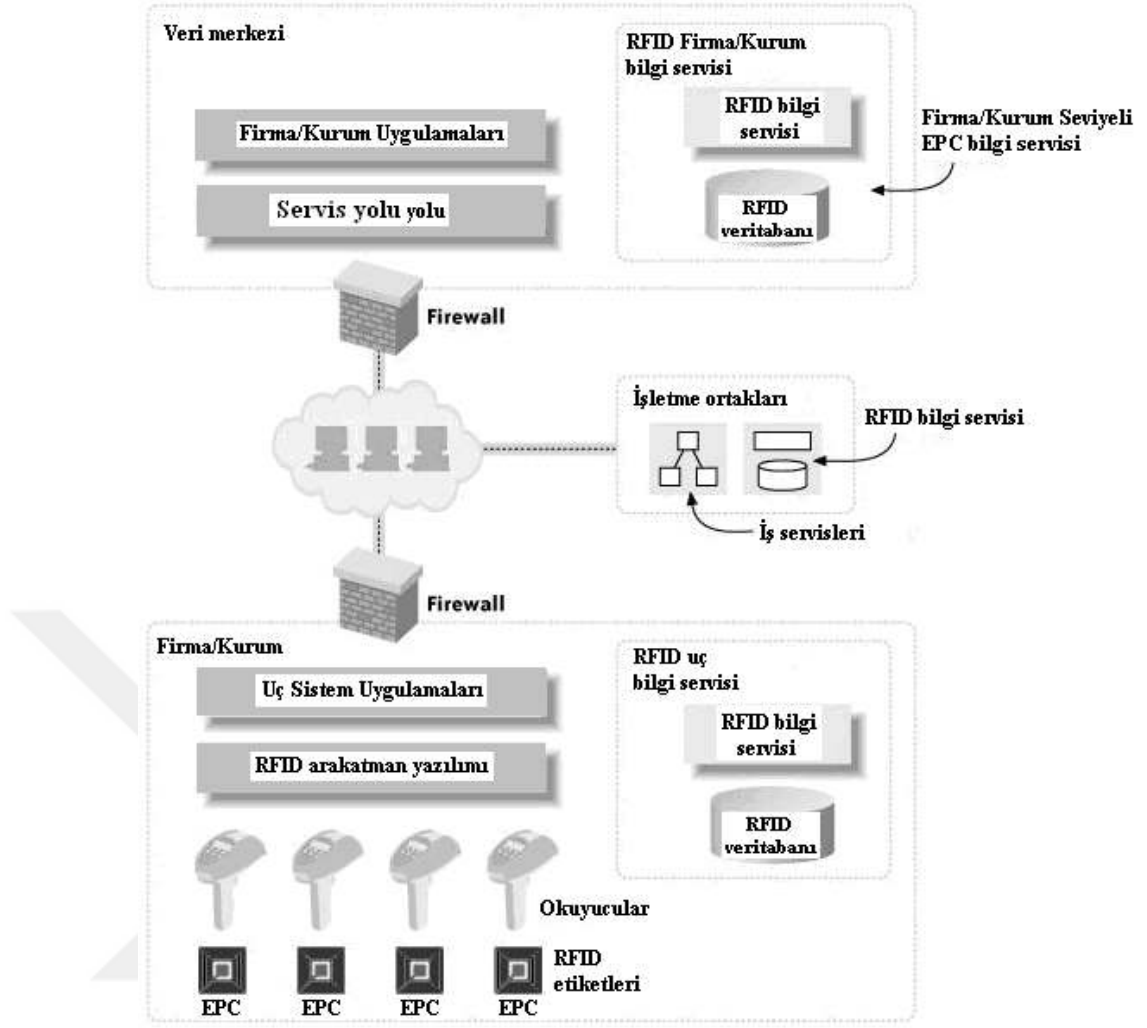
Bilgiler daha sonra EPCIS sunucusuna aktarılır. EPCIS sunucusu daha sonra kullanılmak üzere EPC tespitlerini kayıt eder. Tespit edilen bu veriler tedarik zincirindeki kuruluşlarla paylaşılabilir. ONS, EPC ile EPC tespitlerini tutan EPCIS sunucusu arasında adresleme yapar [62,63,65]. EPC global ağında veri akışı Şekil 3.14'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.14. EPCGlobal ağında veri akışı [57]

Tedarik zincirindeki kuruluşlar, ağ üzerinde tespit edilen bu bilgileri kendi EPCIS sunucularında saklayabilirler. EPC ile ürünleri kimliklendirme yapılır ve kimlik dışındaki ürün tipi, üreticiye ait bilgiler EPC'ye dahil değildir. Bir ürünün yer tespiti (IP adresi ve port) ya da ürüne ait ek bilgiler için ONS Server üzerinde sorgulama yapılır. EPCIS Server aranan bilgiyi sağlarsa ONS kendisinde bulunan yer bilgisiyle geri dönüş sağlayacaktır. Aksi durumda ilgili bilgiyi bulmak için küresel ağ sisteminde bilgiyi sağlayabilecek ilgili EPCIS server aranacaktır [62-65].

EPCGlobal ağ örneği, Şekil 3.15'te görüldüğü gibidir.



**Şekil 3.15.** EPCGlobal ağ örneği

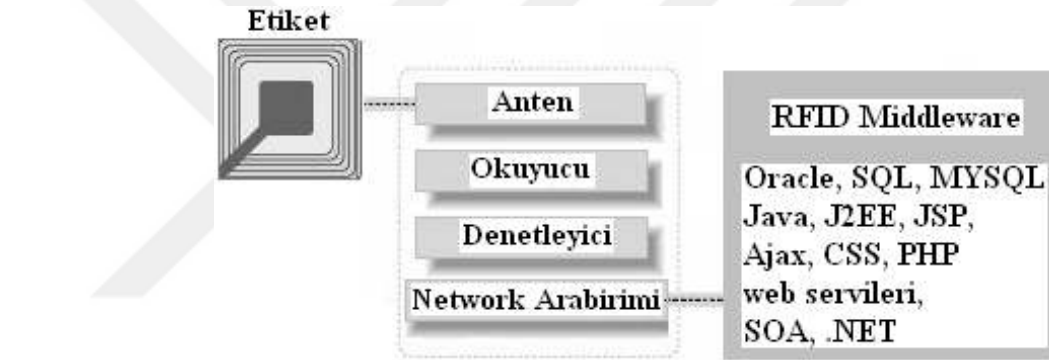
EPCGlobal ağındaki birimler bir ürüne ait bilginin elde edilmesini ve ağ üzerinde paylaşılmasına imkân sağlar. Benzersiz EPC kimliklerden oluşan etiketler; konteynır, palet, kasa v.b. ürünlerin üzerine monte edilir. Daha sonra, tedarik zinciri boyunca kuruluşların geçiş kapılarına yerleştirilmiş olan RFID okuyucular sayesinde etiketler okunur. Sonra bu etiket verileri (EPC, yer bilgisi, zaman v.b.) yönetim sürecinde kullanılmak üzere ara katman yazılımına aktarılır. Keşif Servisleri ara katman yazılımına yer bilgisini temin eder. Middleware bu etiket verisine yer ve durum bilgisi ekleyerek depolama ve dağıtım için uygun EPCIS örneklerine aktarır. Tüm bilgi elde edildikten sonra tedarik zinciri boyunca tüm kuruluşlarla bilgi paylaşımı için EPCGlobal ağında dağıtılmış olur. EPC yazılımı, ağdaki tüm birimleri (etiket, okuyucu, ağ alt yapısı) etkileşimli bir şekilde çalışmasını sağlar [69,70].

### 3.1.3. RFID Sisteminin Çalışma Prensibi

RFID sisteminin çalışma şeklini özetleyecek olursak:

- Etiket, okuyucu ve buna bağlı antenin oluşturduğu radyo frekans alanından geçiş yaptığı anda aktif hale gelir.
- Etiket, bu radyo frekans alanından geçtiğinde enerji alır ve bu enerjiyle sinyal üretir. Ürettiği sinyal ile içerisindeki bilgiyi gönderir.
- Anten etiketin gönderdiği bilgiyi alarak okuyucuya aktarır.
- Okuyucu antenden aldığı bilgiyi denetleyiciye aktarır.
- Denetleyici ilgili veriyi ağ üzerinden arakatman yazılımına (middleware) aktarır.
- Arakatman yazılımı (middleware) etiketlerden elde edilen bu bilgiyi işlenmek veya kullanılmak üzere RFID sistemi üzerinde istenilen birime aktarır.

Genel hatları ile RFID sisteminin çalışma prensibi Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. RFID sisteminin çalışma prensibi

**Sinyal işleme arayüzü:** Bir etiket ve okuyucu arasındaki sinyal alım-gönderim işini fiziksel katmanda yapar. Bu sinyal işleme arayüzü, RF iletişim için gerekli frekans, modülasyon, veri kodlama, veri oranları ve diğer parametreleri tanımlar.

**Etiket-Okuyucu bağlantısı:** Etiket ile okuyucu girişlerine aynı frekansta bulunan bir işareti alabilmeleri için her ikisine de bir rezonans devresi eklenir. Bu şekilde başka frekanslardan gelen istenmeyen işaretler engellenmiş olur. Etiket aktif ise okuyucudan gelen işaret; etiketi uyarıp etiketten bilgi dönüşü sağlarken, etiketin yarı aktif veya pasif olması durumunda ise etiketten dönecek olan bilginin geri-saçılım yöntemiyle iletilmesini sağlayacaktır [41].

**Veri kodlama:** Okuyucu ile etiket arasındaki iletişimde veriyi kodlayarak göndermek verinin iletim kanalında uyumlu bir şekilde iletilmesini sağlayacaktır. Bu şekilde verinin enterferans (iletilmek istenen bilginin dışında fazlalık bilgilerin de ulaşması) ve başka etiketlerin işaretleriyle çarpışma gibi durumları engellenmiş olacaktır.

Veri kodlaması yapılırken göz önünde bulundurulması gereken kurallar; kodlanan işaretle birlikte etikete taşınan güç miktarı, işaretin sahip olduğu band genişliği ve diğer etiketlerin çarpışmalarına karşı olan bağışıklığıdır [71].

Bu kurallar ayrı ayrı göz önünde bulundurulursa, etikete taşınan güç maksimum seviyede olmalıdır. İkinci kural için ise kodlanmış işaretin bant genişliğini minimum seviyede kullanması gerekir ki bu sayede RFID uygulaması için tahsis edilmiş olan sınırlı frekans bandında birden fazla işarete yer ayrılabilinsin. Son kuralda ise çok sayıda etiketin bulunduğu ortamlarda ilgili etiketin rahat çalışabilmesi için çarpışmaya karşı bağışıklı olması gerekmektedir. Genel olarak son iki kural çok sayıda etiketin bulunduğu ortamlarda geçerli olduğu düşünülebilir [71].

**Modülasyon:** Veri üzerinde bozulmalara sebep olan ve güvensiz olduğu bilinen bir iletim ortamı olan, hava yoluyla iletim gerçekleştirilmek istendiğin de veriyi modüle etmek gerekir. Etiket pasif bir etiket ise okuyucudan etikete giden işaret, etiketten okuyucuya geri dönen işareten çok daha güçlü olacağından bu işareti bastırma ihtimali vardır. Bu durumu önlemek amacıyla etiketten okuyucuya dönecek olan işaretin, gelen taşıyıcı dalganın frekansının bir oranı olan farklı bir taşıyıcı dalga frekansında döndürülmesi sağlanır. Bunu yapabilmek için etikette bir frekans bölücü devresi kullanılır. Etiketden okuyucuya geri dönen dalganın taşıyıcısına alt taşıyıcı adı verilir [72].

Modülasyonun amacı, bir alçak frekanslı sinyali daha uzak mesafelere göndermek için yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal üzerine bindirmektir. Modülasyon analog ve sayısal olmak üzere iki farklı yöntemle yapılır. RFID sistemler ağırlıklı olarak sayısal yöntemleri kullanır. PSK (Phase Shift Keying-Faz Kaydırmalı Anahtarlama), ASK (Amplitude Shift Keying-Genlik Kaydırmalı Anahtarlama), FSK (Frequency Shift Keying – Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) ağırlıklı olarak kullanılan modülasyon yöntemleridir. Son yıllarda Japonyada çıkarılan PJM (Phase Jitter Modulation- Faz Titremeli Modülasyon) ise en son çıkarılan modülasyon tekniklerinden birisidir. PJM sistemi ISO/IEC 18000-3 Mode 2’de belirtilir ve bilindik RFID veri iletim hızlarından 100-400 kata kadar daha hızlı iletim sağlar. Aslında 13.56 MHz HF bandında PJM Mode 2’nin veri hızı diğer HF ve gerçekteki UHF teknolojilerinden daha yüksek hız gösterebilmektedir. Mode 2, sorgulama alanının küçük faz kaymalarını kullanarak bir etikete sorgulayıcıdan veri iletiminin bir yöntemini kullanır. PJM sinyali, zayıflatılmış ve filtrelenmiş modüleli dördül bir taşıyıcı sinyal ile modüle edilmemiş bir taşıyıcı sinyalin toplamı olarak kabul

edilir. Zayıflatılmış dördöl bileşen, sorgulama alanının küçük bir faz titremesi olarak görünür [73]. Bu modülasyonlar arasında seçim; güç tüketimi, güvenilirlik ve bant genişliği gereksinimlerine göredir.

EPCGlobal Class1 Gen2 standartlarına göre; okuyucudan etiket yönündeki (Forward Link) modülasyon DSB-ASK (Double Side Band Amplitude Shift Keying-Çift Yanbant Genlik Kaydırmalı Modülasyon), SSB-ASK (Single Side Band Amplitude Shift Keying-Tek Yanbant Genlik Kaydırmalı Modülasyon), PR-ASK (Phase Reversal Amplitude Shift Keying). Okuyucu PIE (Pulse Interval Encoding-Darbe/Genlik aralık kodlaması) veya Manchester kodlaması yapar.

ASK kullanımının sebebi ise genel olarak pasif etiketlerde güç sağlayacağı ve etiket tarafından tespit edilebilmesi için ASK modülasyonunu kullanır.

Yine EPCGlobal Class1 Gen2 standartlarına göre; etiketten okuyucu yönündeki (BackScatter link) modülasyon ASK (Amplitude Shift Keying) veya PSK (Phase Shift Keying) şeklinde olur. Etiket FM0 veya Miller kodlaması yapar. Bu kodlamada veri oranı 5 kbps ile 640 kbps arasındadır. UHF bandında RFID standartlarının modülasyonları Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

| Standard                                      | Direction | Modulation               | Bit Rate       | Tari            | Line Coding  |
|-----------------------------------------------|-----------|--------------------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>EPCglobal C1 Gen2 (ISO 18000-6 Type C)</b> | Forward   | DSB-ASK, SSB-ASK, PR-ASK |                | 6.25/12.5/25 us | PIE          |
|                                               | Return    |                          | 40/80/120 kbps |                 | FM0 / Miller |
| <b>ISO 18000-6 Type A</b>                     | Forward   | DSB-ASK                  | 33 kbps        |                 | PIE          |
|                                               | Return    |                          | 40/160 kbps    |                 | FM0          |
| <b>ISO 18000-6 Type B</b>                     | Forward   | DSB-ASK                  | 10/40 kbps     |                 | Manchester   |
|                                               | Return    |                          | 40/160 kbps    |                 | FM0          |

**Şekil 3.17.** UHF bandında RFID standart modülasyonları [63]

**Çarpışma:** RFID sistemlerinde ortaya çıkan diğer bir sorun ise etiketin okuyucu menziline bulunmasına rağmen okuma yapılamamasıdır. Bu sorunlar genelde fazla etiketin bulunduğu ortamlarda ortaya çıkabilmektedir. Ortamda fazla sayıda etiketin bulunmasıyla etiketler aynı anda veri gönderdiklerinde verilerin karışması veya veri kayıpları meydana gelmektedir. Bu durumlarda en önemli nokta etiketin sorunsuz okunmasıdır. Çarpışmaya sebep olan başka durumlar da mevcuttur. Çarpışma durumlarını;

- Tek okuyucu ve çok sayıda etiketin bulunduğu ortamda oluşan çarpışma
- Çok sayıda okuyucu ve tek etiketin bulunduğu ortamda oluşan çarpışma

- İki veya daha fazla sayıda okuyucunun aynı frekans aralığını kullanmaları durumunda ortaya çıkan çarpışma

şeklinde 3' ayrabiliriz.

Yeni nesil RFID sistemlerinde aynı ortamda çalışan etiket sayıları artmaktadır. Bunlara örnek olarak, depo takip sistemleri, mağaza sistemleri, havaalanı bagaj takibi, kütüphane sistemi gibi uygulamalar verilebilir [75].

Bahsedilen örnek uygulamalardaki okuyucular, ortamda bulunan fazla sayıda etiketi tespit edecek şekilde tasarlanmalıdırlar. Bu etiketler ayrı ayrı tespit edilemezse okuyucu aynı anda birden fazla etiketi okumaya çalışacağı için çarpışma olayı oluşacaktır.

Bu çarpışmanın önlenmesi için okuyucu ile etiket arasındaki iletişimde bazı kurallar belirlenmelidir. Bu belirlenen kuralların tamamına “Çarpışma Önleme Protokolü” denir [75]. Pasif etiketler kendi enerjilerine sahip olmadıkları ve kendi aralarında iletişim kuramadıkları için pasif etiketlerin bulunduğu sistemde çarpışma sorunlarından sorumlu olan okuyucudur. Genelde okuyucu bu sorunun üstesinden gelmek için ortamda bulunan tüm etiketlerin tespit edilmesi ve bu etiketlerin ayrı ayrı tanımlanması gerekir. Etiketleri ayrı ayrı tespit edip adresleyerek tanımlama işine “Tekilleme” denir. Tekilleme yöntemi kullanılarak ortamdaki tüm etiketleri ayrı ayrı tanımlayan okuyucu bundan sonrasında istediği etikete, etiket adresi veya tanımlama numarasıyla ulaşır çarpışma yaşanmadan bilgi alabilir. Okuyucu ile etiket arasındaki haberleşmede kullanılan çarpışma önleme protokolleri kullanılan frekansa ve uygulamaya göre standart hale getirilmeye çalışılmaktadır [72].

### 3.1.3.1. RFID Okuma Mesafesini Etkileyen Faktörler

**Anten kazancı:** Okuma aralığı uzaklaştıkça daha yüksek kazançlı antenler kullanılması gerekir. Yüksek kazançlı anten okuyucudan güç alımını artırır. Kazanç birimi olarak dBi, dBic veya dBiL birimleri kullanılır. Bir antenin kazancı 1-15 dBi/dBic/dBiL arasında değişmektedir. Doğrusal antenler doğru konumlandırılıp tek yönlü okuma yaparsa, dairesel antenlere göre daha fazla kazanç sağlar [76].

**Anten polarizasyonu:** Eğer etiketler antenin polarizasyonuna göre hizalanmışsa, doğrusal polarizasyonlu antenler dairesel polarizasyonlu antenlere göre daha uzağı okuyacaktır. Ya da tam tersi etiket ile antenin görüş açısı uygun değilse dairesel polarizasyonlu antenler daha işlevsel olacaktır. Dairesel antenlerde sadece sol bölge ya da çift yönlü bölge çalışma özellikleri vardır [76].

**Etiket boyutu/yönlendirmesi/açısı/yerleştirilmesi:** Pasif RFID etiketler, 3 cm'den 1,5 m mesafeye kadar okunabilir. Bu mesafeyi artırmak için büyük kazançlı büyük yapıda antenlere ihtiyaç olacağı için etiketin boyutu büyümelidir. Kullanılan anten polarizasyonuna göre etiketin açısı ve yönlendirmesi ona göre yapılmalıdır. Dairesel polarizasyonlu antenlerde açı ve yönlendirme pek sorun olmazken, doğrusal antenlerde açığı tutturmak için yönlendirmeyi doğru yapmak gerekir. Antenin metal, su v.b. çevresel etkenlerden etkilenebileceğini düşünerek ona göre yerleştirme yapılmalıdır [76].

**Okuyucu ayarları:** Güç ayarlarının yüksek olması okumanın daha güçlü yapılacağını gösterir. Okuma aralığını maksimize etmek için okuyucunun daha yüksek alım yapacak şekilde duyarlılığı ona göre ayarlanmalıdır [76].

**Kablo uzunluğu, çoklayıcılar ve adaptörler:** Uzun kablo daha fazla kayıp demektir. Bunun için de çoklayıcılar ve adaptörler kullanmak gerekir. Bu yüzden okuyucudan antene daha kısa kablolar kullanmak gerekir [76].

**Çevresel faktörler:** Birçok çevresel faktör okuma mesafesini etkiler. Sistemi oluştururken defalarca test ederek farklı varyasyonları hesaba katmak gerekir. Su, metal, florasan ışığı, büyük makineler, diğer radyo dalgaları UHF RFID okuma aralığını etkileyebilir [76].

### 3.1.4. RFID Standartları

RFID için ISO organizasyonuna ait bazı standartlar ve EPCGlobal standardizasyonuna ait olan EPCGlobal UHF Class1 Generation2 standartları mevcuttur. Bunların haricinde ASTM (American Society for Testing and Materials) [77], International ve DASH7 [78] standardizasyonları da kullanılmaktadır [79].

#### 3.1.4.1. ISO Standartlar

RFID alanında birçok ISO Standardı mevcuttur. Bunlara birkaç örnek verecek olursak;

- ISO 14223: RF ile hayvan tanımlama
- ISO/IEC 14443: HF standardında yakın mesafeden okuma yapan RFID okuyucu/etiketler
- ISO/IEC 15693: HF standardında akıllı ödeme, kredi kartları
- ISO/IEC 18000: Bilgi Teknolojisi – Nesne yönetimi için RFID
  - Part1: Genel standartlar
  - Part2: LF (120-140 kHz) standartları
  - Part3: HF (13.56 MHz) standartları
  - Part4: Mikrodalga (2.45 GHz) standartları
  - Part5: Mikrodalga (5.8 GHz) Standartları

- Part6: UHF (868-928 MHz) standartları
- Part7: 433 MHz standartları [46]
- ISO/IEC 18092: Bilgi teknolojisi – NFCIP-1 ( Near Field Communication- Interface and Protocol)
- ISO 18185: 433 MHz ve 2.4 GHz bantlarının kullanan kargo konteynırlarını izlemek için e-mühür uygulamaları
- ISO/IEC 21481: Bilgi teknolojisi – NFCIP-2 ( NearFieldCommunication-Interface and Protocol)
- ASTM D7434: Paletli veya birimlere ayrılan yükler üzerindeki pasif RFID etiketlerin performans tespitinde standart test yöntemi
- ASTM D7435: Yüklü konteynır üzerindeki pasif RFID etiketlerin performans tespitinde standart test yöntemi
- ASTM D7580: Homojen olarak paletli veya birimlere ayrılan yükler üzerindeki pasif RFID etiketlerin okunabilirlik performansının tespitinde döner streçlisarmalayıcı için standart test yöntemi
- ISO 28560-2: Kütüphanelerde kullanılmak için veri modeli ve şifreleme standartlarını belirlemek için kullanılırlar [79].

### 3.1.4.2. EPCGlobal Standartlar

EPCGlobal GS1 ve GS1 ABD' nin ortak girişimi ile oluşturulmuştur. Diğer ülkelerde dâhil olmuştur. GS1 Türkiye olarak sorumlusu TOBB'dur. EPCGlobal Class1 Gen2 standardı 2004 yılında ISO 18000 serisinin bir parçası olarak geliştirilmeye başlandı. 2006 yılında yapılan küçük değişikliklerle ISO 18000-6 (A-B-C sınıfları) olarak kabul edildi. Gen2 standardı Gen1 standardına göre birçok aşamada gelişme katetmiştir. Daha hızlı ve daha esnek okuma ve yazma, yüksek güvenilirlik, birçok okuyucu ile erişim ve gelişmiş güvenlik gibi avantajları bulunmaktadır [80].

Son olarak Standart Geliştirme Takımı - GSMP (Global Standarts Management Process) üzerinde geliştirmeler yapmaktadır. Hala bazı çalışma grupları GSMP Version1.5 üzerinde çalışmaktadır [80].

- **EPC Class 0 Gen1:** 64 bit veya 96 bit EPC verisi depolayabilen pasif etiketlerdir. Class 0'da 3 farklı veri işareti (0,1,NULL) bulunur. Class 0 UHF (900 MHz) bandı için tanımlıdır. UHF olarak çalışabilen ve sadece okunabilen pasif etiketlerdir. Önceden programlanırlar.
- **EPC Class 1 Gen 1:** 64 bit ya da 96 bit EPC verisi depolayabilen pasif etiketlerdir. Veri işareti Class 1'de 2 farklı bitle (0 ve 1) temsil edilir. Kullanım esnasında verilerin etiket sahibi tarafından yazılmasına imkân veren WORM etiketler olarak bilinir. Class 1 UHF (860-930 MHz) ve HF (13.56 MHz) bantlarının her ikisinde de çalışabilmektedir [81,82].
- **EPC Class 1 Gen 2 (ID etiketler):** Pasif Geri Saçılım etiketleridir. Bir EPC ID, bir etiket ID, isteğe bağlı olarak etiketi boşa çıkarmak ya da yeniden görevlendirmek, isteğe bağlı olarak şifre korumalı erişim kontrolü ve isteğe bağlı kullanıcı hafızası gibi özelliklere sahiptir [82,83].
- **EPC Class 2 Gen 2 (Daha yüksek işlevsellikte etiketler):** Bu etiket hem kullanıcı verisini hem de EPC'yi depolayabilen pasif okunabilir ve yazılabilir etikettir. Daha uzun Etiket ID, daha büyük kullanıcı hafızası, kimlik doğrulamalı erişim kontrolü gibi ekstra özelliklere sahiptir. Tedarik zincirinin herhangi bir noktasında yazılabilen okunur-yazılır pasif etiketlerdir [83].
- **EPC Class 3 Gen 2 (Batarya destekli pasif etiketler-Yarı pasif):** Bir güç kaynağı ile etiketler veya sensörler için güç desteği ve sıcaklık, hareket, basınç gibi değerleri kayıt eden sensörler barındırabilir. Yarı-Pasif veya aktif olarak çalışabilirler [83].
- **EPC Class 4 Gen 2 (Aktif etiketler):** Bir EPC ID, daha uzun etiket ID, kimlik doğrulamalı erişim kontrolü, kendisine ait bir güç kaynağı, bağımsız bir verici üzerinden iletişim, isteğe bağlı kullanıcı hafızası, isteğe bağlı veri kaydı yapan ya da yapmayan sensörler gibi özelliklere sahiptir [83].
- **EPC Class 5 Gen 2:** Class 4 etiketlere benzerdiler. Ekstra olarak, kendisine enerji sağladığı gibi başka etiketlere de enerji sağlar ve okuyuculardan başka aygıtlarla da iletişime geçebilirler [83].

### 3.1.5. RFID Güvenlik ve Gizlilik

Auto-ID sistemleri içinde RFID teknolojisi, birçok imkân sunmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden farklı noktalarda saldırılara maruz kalmaktadır [84]. Kablosuz sistemlerdeki en büyük tehditlerden birisi verinin güvenliği ve gizliliğidir. RFID sistemlerde ağırlıklı olarak kişisel ve nesneye ait bilgiler taşındığı için bu bilgiler bazı tehditlere maruz kalabilir. Bu tehditler aşağıda listelenmiştir.

- İzinsiz okuma (unauthorise dreading)
- Veri karışması (data tampering)
- Etiket taklidi (tag spoofing)
- Etiketlerin pasif edilmesi (deactivation of tags)
- Etiketlerin nesneler üzerinden sökülmesi (removal of tags)
- Etiket ile okuyucu arasındaki frekansın bozulması (jamming)
- Blockertag kullanımı ile okuyucunun bloke edilmesi (blocking)
- Okuyucuya özel verilerin taklidi (reader spoofing)
- Etiket ve okuyucu arasındaki iletişimin izinsiz dinlenmesi (eaves dropping)
- İzleme (tracking)
- Yönlendirme saldırıları (relay attacks)
- RFID – kötücül yazılımları (RFID-Malware) [85]
- Virüsler
- Hizmet Reddi (denial of service)

#### **3.1.5.1. RFID Güvenlik Açıkları**

Yeni nesil pasif RFID (pRFID) sistemlerde, maliyetin düşürülmesi sebebiyle, akıllı kartlar gibi gelişmiş bir kriptografi (DES, 3DES, AES, ECC) teknolojisini barındıracak bellek ve enerji mevcut değildir. Fakat bu kriptolama yöntemleri RFID etiketleri üzerinde denenmektedir. Bu anlamda ECC tabanlı etkin bir RFID kimlik doğrulama şeması üzerine çalışma yapılmıştır [86]. Ayrıca 13.56 MHz pasif RFID etiket üzerinde güç ve EM (elektromanyetik) saldırılara karşı bazı şifreleme ve mikro denetleyici çözümleri denenmiştir [87]. Güvenli bir pRFID sistem tasarımı için, mevcut sistem güvenlik açıkları ihtiyaca yönelik olarak incelenmelidir [88].

#### **3.1.5.2. Güvenlik Önlemleri**

- Kimlik doğrulama (authentication)
- Kod saklama (cover-coding)
- Transfer edilen verinin şifrelenmesi (encryption of data in transit)
- Etikette kayıtlı verilerin şifrelenmesi (encryption of data stored on a tag)
- Kalkanlama (electromagnetic shielding)
- Press-to-activate anahtarının (press-to-activate switch) kullanımı
- “Kill” komutu kullanımı
- Kıvrılır etiketler (clipped tags) kullanımı

- Blockertag kullanımı
- Aktif sinyal bozma yaklaşımı (active jamming)
- “Lock” komutu kullanımı
- Arka uçtaki veri bankasında (backend database) veri saklama
- Takma ad (pseudonym) kullanımı
- Dedektör kullanımı
- Frekans sekmesi (frequency hopping)
- Tekrar adlandırma yaklaşımı (renaming approach)
- RF sistemi kullanıcısı tarafından taşınan özel cihazlar
- Nizami önlemler (regulative counter measures) [85]

Veri gizliliğinin temini için bazı nizami önlemler de öngörülebilir. Bu tarz önlemlere önemli bir örnek Garfinkel’in “RFID Bill of Rights” adlı bildirisi [89]. Bu bildiriye göre RFID etiketli ürünleri satın alan tüketicilerin aşağıdaki haklara sahip olmaları gerekir [90].

- Tüketiciler bir ürünün RFID etiketi olup olmadığını bilmek hakkına sahiptir.
- RFID etiketli ürünü satın alan tüketici etiketin sökülmesini veya etkisiz hale getirilmesini isteme hakkına sahiptir.
- Tüketici RFID etiketli ürünü almamayı tercih etse de ya da “kill” komutunun kullanımı ile etiketi etkisiz hale getirtse de ürün ile ilgili diğer haklarını (örn. ürünü iade etmek gibi) kaybetmemelidir.
- Tüketici aldığı ürünün etiketi üstünde hangi bilgilerin kaydedildiğini bilmek hakkına sahiptir.
- Tüketici RFID etiketinin ne zaman, nerde ve ne için okunduğunu bilmek hakkına sahiptir.

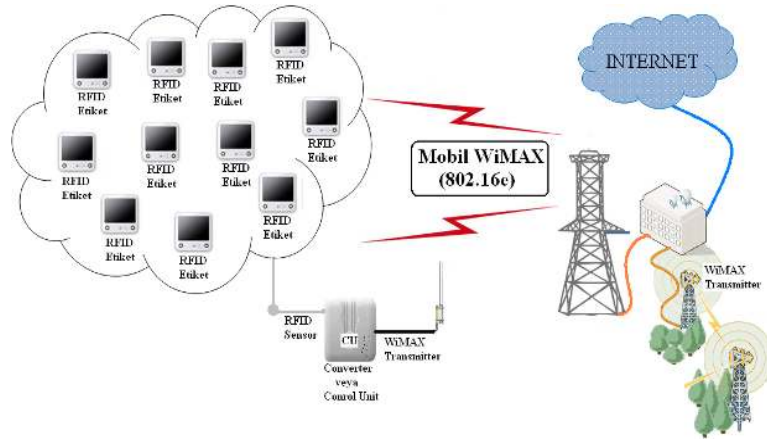
### 3.1.6. RFID Sisteminin Benzer Teknolojilerle İlişkisi

Gelecekte kablosuz sistemlerin gelişimine dayalı olarak bu sistemlerin bir bütünlük içerisinde çalışması bilgi güvenliği, taşınması, işlevselliği, uygulanabilirliği gibi birçok avantajı da beraberinde getirecektir. Nesne tanımlama üzerine oluşturulmuş bir sistem olan RFID; daha hızlı erişim, daha güvenli saklanma, bilgilerin ağ içerisinde paylaşımı gibi birçok noktada diğer kablosuz sistemlerle entegre edilerek daha büyük sistemler oluşturulabilir.

#### 3.1.6.1. RFID ve WiMAX Etkileşimi

Günümüzde genişbant kablosuz teknolojilerinden olan WiMAX ile RFID sistemini ortak çalıştırabilen bir kontrol birimi tasarlanarak RFID sistemin yeni nesil teknolojilere entegre edilebilirliği amaçlanmıştır. Şekil 3.18’de RFID ve WiMAX etkileşimi gösterilmektedir. Böyle etkileşimli bir sistemde kullanılabilecek yazılım ve donanımlar gösterilecek olursa; [43]

- Nesne Dinamik Bilgi Kodu
- Dinamik RFID etiketler
- Anten Sistemleri
- Kontrol Üniteleri
- WiMAX Sistem Ağı ve Ağ Servisleri
- Olay Yöneticisi (Yazılım arabirimi)

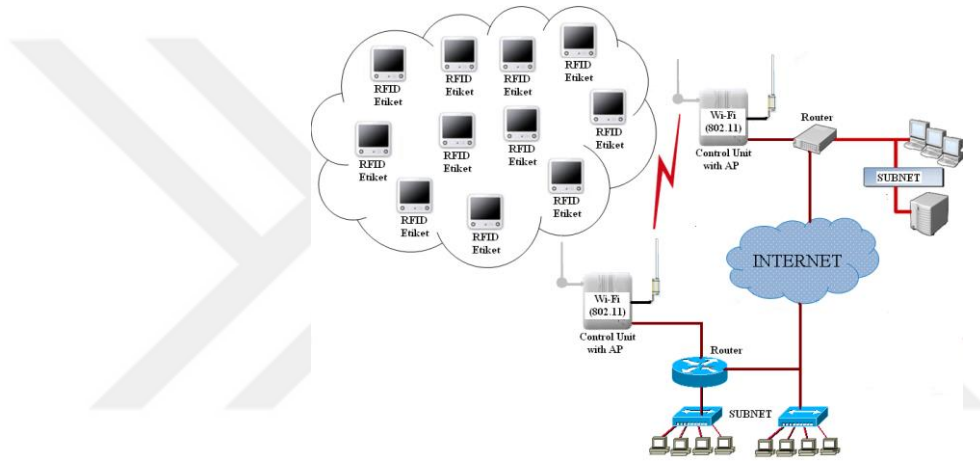


Şekil 3.18. RFID ve WiMAX etkileşimi [43]

### 3.1.6.2. RFID ve Wi-Fi Etkileşimi

Günümüzde kablosuz teknolojilerinden olan Wi-Fi ağları ile RFID sistemini ortak çalıştırabilen bir kontrol birimi tasarlanarak RFID sistemin Wi-Fi kablosuz iletişim teknolojilerine entegre edilebilirliği amaçlanmıştır. Şekil 3.19’da RFID ve Wi-Fi etkileşimi gösterilmektedir. Böyle etkileşimli bir sistemde kullanılabilecek yazılım ve donanımlar gösterilecek olursa; [43]

- Nesne Dinamik Bilgi Kodu
- Dinamik RFID etiketler
- Anten Sistemleri
- Wi-Fi Kontrol Üniteleri ya da ağı
- Olay Yöneticisi ve arayüzler

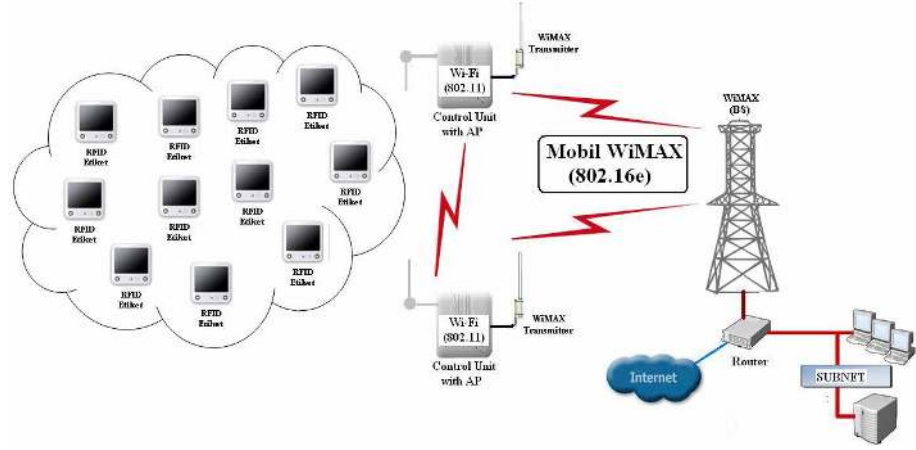


Şekil 3.19. RFID ve Wi-Fi etkileşimi [43]

### 3.1.6.3. RFID Ağına Wi-Fi ve WiMAX Alternatifi

Wi-Fi-WiMAX kontrol modülleri içeren RFID sistemleri bu kablosuz iletişim teknolojileri ile birlikte kullanılabilir. Bu bütünleşik yapı Şekil 3.20’de gösterilmektedir. Bu sistemde kullanılabilecek yapılar 5 temel bileşen olarak gösterilecek olursa; [91]

- Nesne Dinamik Bilgi Kodu
- Dinamik RFID etiketler
- Anten Sistemleri
- Wi-Fi Kontrol Üniteleri
- WiMAX Sistem Ağı ve Ağ Servisleri
- Olay Yöneticisi (Yazılım arabirimi)

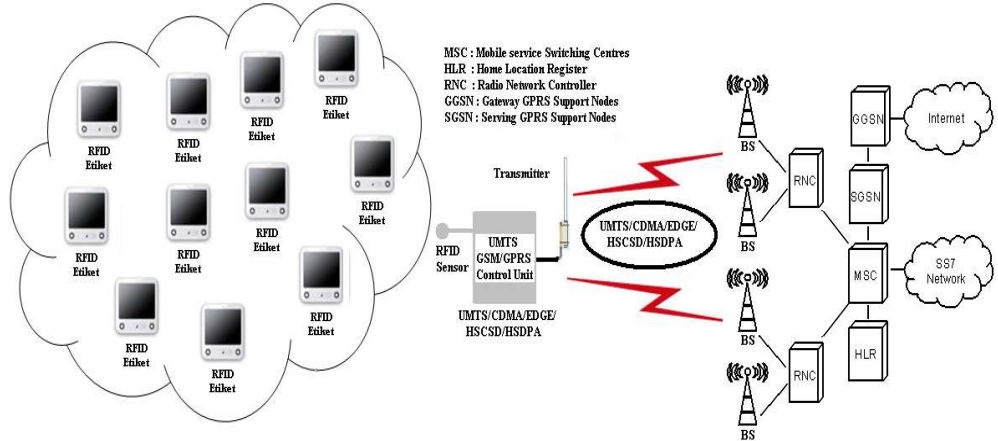


Şekil 3.20. RFID ve Wi-Fi ile WiMAX [43]

### 3.1.6.4. RFID ve GSM/GPRS/UMTS ile Etkileşimi

Diğer kablosuz teknolojilerde olduğu gibi RFID sistemi GSM/GPRS ve UMTS gibi telefon ile iletişimde kullanılan kablosuz sistemlerle de etkileşimli çalışabilirliği Şekil 3.21’de gösterilmektedir. Bunlar; [43]

- Nesne Dinamik Bilgi Kodu
- Dinamik RFID etiketler
- Anten Sistemi
- UMTS/CDMA/EDGE/GSM/GPRS kontrol Ünitesi
- GSM/GPRS Servisleri
- Olay Yöneticisi (Yazılım arabirimi)



Şekil 3.21. RFID ve GSM/GPRS/UMTS etkileşimi [43]

RFID ile etkileşim içinde çalışan bu yapılarda bahsedilen bileşenler;

**Nesne dinamik bilgi kodu:** Herhangi bir nesneye ait bilgiler ve yine nesneye ait dinamik bilgiler nesne üzerine yerleştirilmiş RFID etikete yazılır. RFID etiketi içinde bulunan nesne kodu görüş açısında olmasa bile RF sinyalleri veya kablosuz sistemlerin kontrol üniteleri aracılığıyla tespit edilebilir olmalıdır. Bu nesne kodları benzersiz olmalıdır. Böylelikle nesne nerede olursa olsun benzersiz kimlikler sayesinde sorgulama yapılabilir [43].

**Dinamik ve gezgin RF etiketler:** Nesneye ait dinamik bilgilerin saklanmış olduğu mikroçip ve bu mikroçipe bağlı bir antenden oluşan cihazlardır. Etiketler hafıza boyutu, okuma aralığı ve taşınan dinamik bilginin özelliğine göre farklılık gösterebilir. Etiket , seri numarası başta olmak üzere bir nesneye ait geçmiş bilgileri de barındırabilmelidir [43].

**Kontrol üniteleri:** Kontrol üniteleri, radyo frekansı ya da sensörler aracılığıyla RFID etiketler üzerinden sinyal olarak etiket bilgisini kablosuz iletişim sistemlerine aktaran, etiketlere yeni bilgilerin yazılmasını sağlayan, ağ içerisinde dinamik bilgi paylaşımını sağlayan birimlerdir. Kontrol ünitesi, güvenli veri iletişimini sağlayacak protokolleri sunabilen bir uygulama yazılımını barındıran bir donanım olmalıdır. Güvenli veri iletişimi için, merkezi olarak bilgileri işleme, kimlik denetimi, doğrulama ve yetkilendirme gibi işlemleri gerçekleştirebilmelidir [43].

**Olay yöneticisi:** Olay yöneticisi, etiketlerden gelen dinamik verileri yönetir ve bu verileri veritabanına aktarır. Bu yazılım dinamik etiketler, kablosuz ağ sistemi ve arka uç (backend) sistemler arasında gerçekleşen veri akışının ortasında durarak veri akışını yönetir. Filtreleme, cihaz entegrasyonu ve kontrolü, veri yönetimi, şifreleme, güvenlik, gerekli protokol tanımları gibi fonksiyonları da yerine getirmelidir. Backend sistemi SQL, My SQL, Oracle, Postgres, DB2 ya da bunlara benzer ürünler gibi standart veritabanı yönetim sistemleri olabilir [43].

Olay yöneticisi temelde şu özellikleri içermelidir:

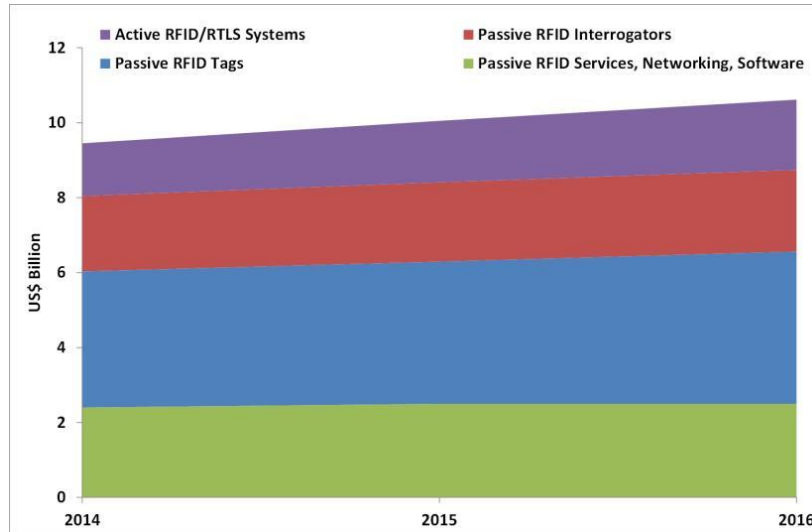
- **Etiket ve cihaz yönetimi:** Kullanıcılara; cihazların ayarlarını yapabilme, nesneleri ve verileri izleme ve cihazları konumlandırma imkânları sunar. Genel arabirimler yoluyla kablosuz ağdan etiketlere komutlar yayımlar.
- **Veri yönetimi:** Etiketten gelen nesneye ait dinamik verileri ya da diğer verileri yakalayıp filtreleme yaptıktan sonra uygun hedeflere yönlendirebilir.
- **Uygulama entegrasyonu:** Uygun çözümleri paylaşma, verileri yönlendirme ve tedarik zinciri yönetimi için ERP (Kurumsal Kaynak Planlama), WMS (Depo Yönetim Sistemi), CRM (Müşteri İlişkileri Yönetimi) sistemleri içerisinde dinamik RFID verisini dahil ederek bütünleşik bir sistem oluşturmayı amaçlar.

- **İş ortağı entegrasyonu:** İş ortakları arasında B2B (Şirketler Arası) ya da C2B (Müşteri ile Şirket Arası) entegrasyonu gibi işbirliği ile oluşturulan çözümler sağlayabilir.

### 3.1.7. RFID Sistemlerinin Pazar Durumu ve Tedarik Zinciri

RFID sistemlerin başta gelen üreticileri; Thing Magic, Alien Technology, Motorola, Venture Research, Arcadian, Kirk-Rudy, SMARTRAC, Zebra Technologies, Fujitsu, Metal Craftfirmalarıdır. Her yıl pazar durumunda yerini sağlamlaştırarak ilerleyen RFID sistemlerin mimarileri, RFID geliştiricilerinin fikirlerinden yola çıkarak daha ucuz daha kullanışlı ve diğer teknolojilerle bütünleşik RFID sistemleri üretme yarışındalar. Her yıl düzenlenen Uluslararası RFID Kongresinde firmalar ürettikleri okuyucu, etiket, anten gibi bileşenleri tanıtmaya amacındadırlar. Bunun yanında RFID sistemi ile yeni çözümler bulan araştırmacıların projeleri sunulmaktadır.

IDTechEx (2015) raporuna göre toplam RFID Pazar değeri 10.1 milyar dolardır. 2013 yılında 8.8 milyar dolar, 2014 yılında 9.5 milyar dolar olan pazar değerinde büyük bir artış görülmüştür. Bunun içinde etiketler, okuyucular, yazılımlar v.b. diğer bütün maliyetler bulunmaktadır. IDTechEx'in tahminine göre 2020 yılında bu rakam 13.2 milyar doları bulacaktır. 2016 yılında geçiş için kullanılan bilet biçiminde 800 milyon etiket talep edileceği tahmin edilmektedir. UHF pasif etiket satışları HF etiket satışlarının %11'i kadardır [92]. RFID Pazar öngürleri Şekil 3.22'de gösterilmektedir.



**Şekil 3.22.** US\$ milyar olarak toplam RFID pazar öngörülleri [79]

RFID etiket pazarındaki son 5 yıllık artış muazzam boyutlardadır. Moda üreticilerinin mimarı olan Zara şirketi 2000 mağazasında RFID sistemini kullanarak en büyük paya sahip olmuştur. RFID etiketlere dair pazar oranları ise Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Pasif RFID etiket kullanım raporları [93]

| Pasif UHF (milyon)              |             |             | Pasif HF (milyon)                 |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Uygulama                        | 2013        | 2014        | Uygulama                          | 2013        | 2014        |
| Perakende giyim ve ayakkabı     | 2250        | 3000        | Temassız kartlar ve anahtarlıklar | 1250        | 1400        |
| Diğer perakendeler              | 25          | 50          | Akıllı etiketler                  | 600         | 700         |
| Lojistik-taşıma                 | 125         | 125         | Kitaplar                          | 90          | 95          |
| Portföy yönetimi ve envanteri   | 450         | 475         | Medikal                           | 22          | 28          |
| Medikal/sağlık bakımı           | 18          | 23          | Portföyler ve araçlar             | 105         | 110         |
| Havaalanı bagaj ve kargo takibi | 72          | 74          | Pasaportlar                       | 75          | 80          |
| Erişim kontrolü ve bilet takibi | 1.5         | 2           | İnsanlar                          | 5           | 6           |
| Gömülü sistemler                | 0.1         | 2           | NFC uygulamaları                  | 10          | 30          |
| İnsanlar                        | 22          | 24          | Diğer                             | 25          | 30          |
| Diğer                           | 65          | 70          |                                   |             |             |
| <b>Toplam</b>                   | <b>3029</b> | <b>3845</b> | <b>Toplam</b>                     | <b>2182</b> | <b>2479</b> |

Araştırmalar ve olaylar üzerinde çalışan IDTechEx gelecek 10 yılda RFID kullanımına ilişkin öngörülerini Çizelge 3.3'te gösterilmiştir [92].

**Çizelge 3.3.** RFID pazar tahminleri

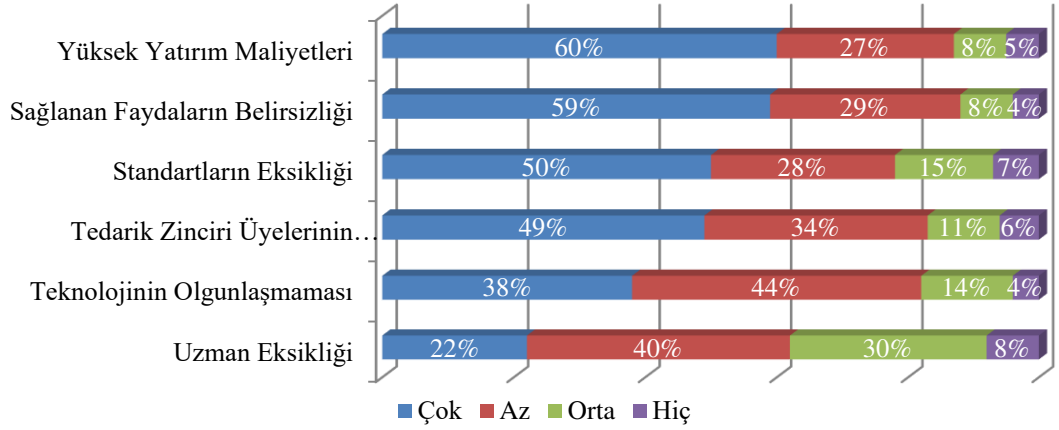
| Pasif UHF RFID Pazar Verileri – 10 yıllık tahmin | Pasif HF RFID Pazar Verileri – 10 yıllık tahmin | Pasif LF RFID Pazar Verileri – 10 yıllık tahmin |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Perakende giyim ve ayakkabı                      | Temassız kartlar ve anahtarlıklar               | Canlı stok ve evcil hayvanlar                   |
| Diğer perakendeler                               | Akıllı etiketler                                | Erişim kontrolü                                 |
| Lojistik-taşıma                                  | Kitaplar                                        | Araç anahtar tanıma sistemi                     |
| Portföy yönetimi ve envanteri                    | Medikal                                         | Medikal                                         |
| Medikal/sağlık bakımı                            | Portföyler ve araçlar                           | İnsanlar                                        |
| Havaalanı bagaj ve kargo takibi                  | Pasaportlar                                     | Diğer                                           |
| Erişim kontrolü ve bilet takibi                  | İnsanlar                                        |                                                 |
| Gömülü sistemler                                 | NFC uygulamaları                                |                                                 |
| İnsanlar                                         | Diğer                                           |                                                 |
| Diğer                                            |                                                 |                                                 |

RFID çözümlerin oluşturulmasında entegre çalışan çip üreticisinden okuyucu üreticisine kadar bir bütünlük içerisinde her birimin bir tedarikçisi bulunmaktadır. Bu tedarikçiler Şekil 3.23'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.23.** RFID pazar durumu ve tedarik zinciri [81]

Pazar durumunda bazı engeller bulunmaktadır. Şekil 3.24'te gösterildiği gibi RFID çözümlerin oluşturulmasında her birimde belli oranda engeller vardır.

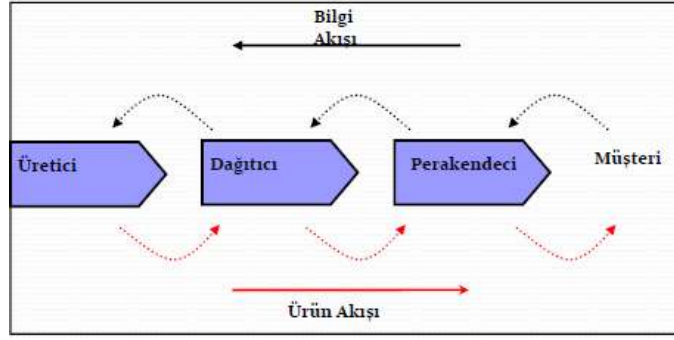


Şekil 3.24. Yatırım önündeki engeller [81]

RFID sistemlerin pazar durumunu sıralayacak olursak; [94]

- Lojistik
- Depo yönetimi
- Üretim ve Otomasyon
- Güvenlik sistemleri
- Ekoloji ve hayvancılık
- Geçiş kontrol sistemleri, otomatik köprü geçiş sistemleri
- Temassız ödeme Sistemleri
- Zararlı atık takibi
- Döküman Yönetimi
- Otomatik akaryakıt dolum, taşıt tanıma sistemleri
- Kıymetli eşya yönetimi
- Demirbaş yönetimi
- Havaalanı bagaj takibi
- Kütüphane yönetimi

RFID sistemi, senkron çalışan ve verimliliği, güvenilirliği, doğruluğu ortaya çıkaran bir süreçten geçmektedir. Bu süreç Şekil 3.25'te gösterilmektedir.



Şekil 3.25. RFID süreç [81]

### 3.1.8. RFID Sistemlerin Geleceği

Kablosuz sistemler geliştikçe, birçok soruna çözüm buldukça kullanım sahası gittikçe artmaktadır. Bu sahada esnek, güvenilir, uygulanabilir ve ucuz maliyetli olan birçok kablosuz sistemle entegre edilebilen RFID sistemlerin payı da büyük olacaktır.

RFID kapasitesinin artırılması konusunda çok geniş çapta bir çalışma yapılmaktadır. Manyetik RAM ya da MRAM denilen sistem üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Pasif UHF pazarı veri bölümlerinin 10 yıllık tahmini; perakende giyim ve ayakkabı, diğer perakendeler, lojistik-taşıma, portföy yönetimi ve envanteri, medikal/sağlık bakımı, havaalanı bagaj ve kargo takibi, erişim kontrolü ve bilet takibi, gömülü sistemler, insanlar ve diğer bölümler.

Pasif HF pazarı veri bölümlerinin 10 yıllık tahmini; temassız kartlar ve anahtarlıklar, akıllı etiketler, kitaplar, medikal, portföyler ve araçlar, pasaportlar, insanlar, NFC uygulamaları ve diğer bölümler.

Pasif LF pazarı veri bölümlerinin 10 yıllık tahmini; canlı stok ve evcil hayvanlar, erişim kontrolü, araç anahtar tanıma sistemi, medikal, insanlar ve diğer bölümler.

### 3.2. Tasarımda Kullanılan Materyaller

Yakıt tanıma sisteminin tasarımında kullanılan RFID geliştirme seti Alien ALR 9900+'tır. Set; bir adet okuyucu, 2 adet dairesel polarizasyonlu anten, yazılım geliştirme kiti (SDK-Software Developers Kit), güç kablosu, RS-232 kablo, kros bağlantılı ethernet kablosu, birkaç örnek etiketten oluşmaktadır.

Okuyucu, EPC Gen 2 ve ISO 18000-6C etiket standartlarını desteklemektedir. Xscale işlemcisine sahip, Linux işletim sistemi barındıran, 64 MB RAM ve 64 MB Flash'a sahip olan bir okuyucudur. 902-928 MHz frekans bantlarında çalışmaktadır. 50 adet iletim kanalı, 500 kHz kanal aralığı bulunmaktadır. Bağlantıyı LAN TCPI/IP (RJ-45) ve RS-232 (DB-9 F) girişleri ile sağlamaktadır. Dairesel veya doğrusal polarizasyonlu anten takılabilen 4 portu bulunmaktadır.

Modülasyon yöntemi olarak PR-ASK (Faz Dönüşümlü (Phase Reversal) – Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying)) kullanılmaktadır. 4 giriş ve 8 çıkışlı bir serial port bulunmaktadır. Bu geliştirme setiyle birlikte Java, .NET ve Ruby APIs dillerinde uygulamalar geliştirilebilir [95]. Okuyucu Şekil 3.26’da gösterilmektedir.



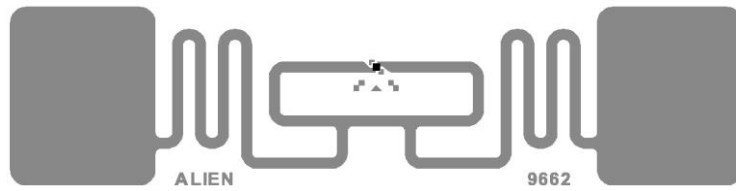
Şekil 3.26. Alien ALR 9900+ development kit

Yakıt tanıma sisteminin tasarımında kullanılan anten, Şekil 3.27’de gösterildiği gibi TPS-UHF9ABH model 9dbi Lineer (doğrusal) antendir. 12 metreye kadar okuma yapabilmektedir.



Şekil 3.27. TPS-UHF9ABH model anten

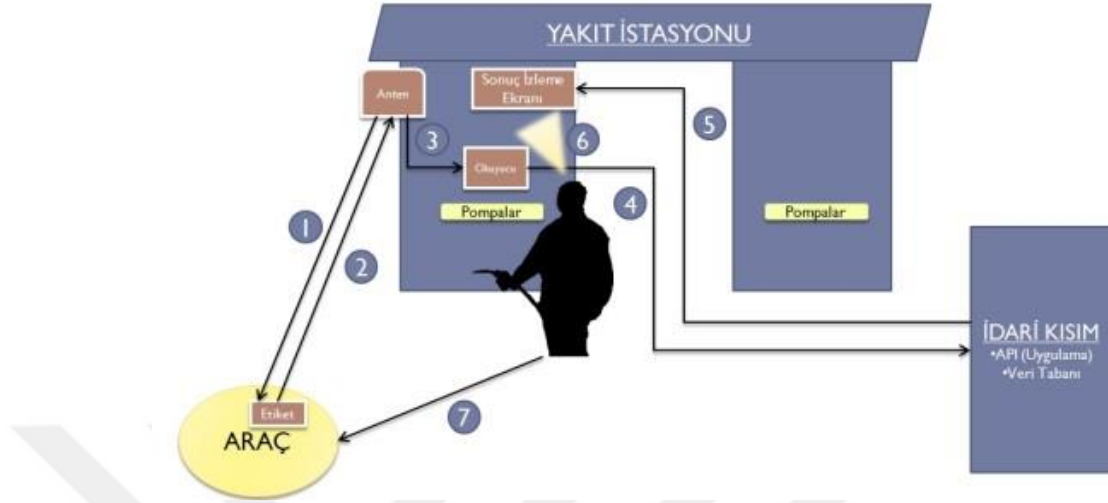
Yakıt tanıma sisteminin tasarımında örnek olarak kullanılan etiket, Şekil 3.28’de gösterildiği gibi Alien ALN-9662 Short model etikettir. Etiket, EPC Gen 2 ve ISO/IEC 18000-6C standartlarını desteklemektedir. Etiketın frekans aralığı 840- 960 MHz’dir. Etiketın toplam hafızası 800 bittir. Bunun 32 biti TID (Tag Identification), 62 biti özgün TID, 96 biti EPC, 512 biti kullanıcı hafızası, 32 biti erişim şifresi ve 32 biti etiket yok etme şifresi için tahsis edilmiştir [96].



Şekil 3.28. Alien ALN 9662 Short model etiket

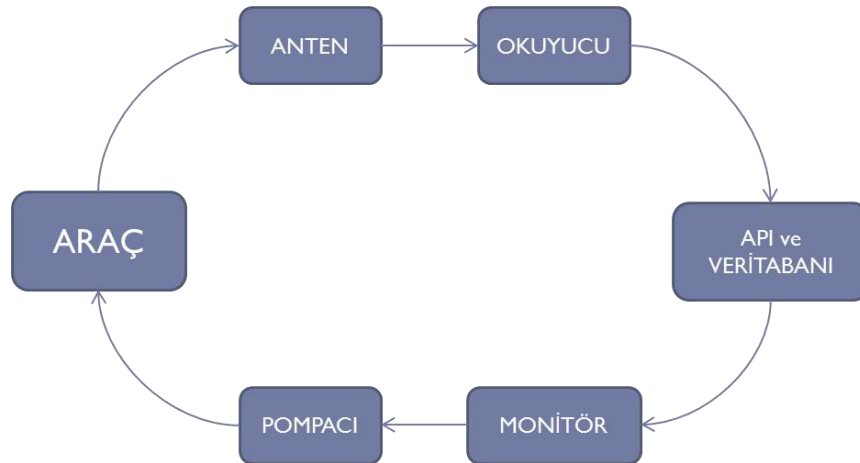
### 3.3. Sistemin Çözüm Yaklaşımı

Bu tez çalışmasında geliştirilen yakıt tanıma sistemin senaryosu Şekil 3.29’da görüldüğü gibi olup;



Şekil 3.29. Sistemin senaryosu

İlk olarak antenin yaydığı elektromanyetik dalgalar etiketi harekete geçirir. Bilgiyi bitsel olarak alır (1). Daha sonra etiket antenden aldığı uyarımla bilgiyi bitsel olarak geri gönderir (2). Okuyucu, bağlı olduğu anten sayesinde bilgiyi bitsel olarak okur. Veri dönüşümü gerçekleşir (3). Etiketden okuyucuya gelen bilgiler middleware aracılığı ile uygulama yazılımı kullanılarak veri tabanına aktarılır (4). Daha sonra veri tabanındaki bilgi uygulama yazılımı sayesinde liste halinde görüntülenir ve monitörlere aktarılır (5). Son olarak istasyon çalışanı, etiketten gelmiş olan bilgileri (yakıt türü, plaka gibi) monitörde görür (6). Böylece istasyon çalışanı monitörde gördüğü bilgilerle, araca yakıt dolm işlemini daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde yapabilir (7). Geliştirilen sistemin mimarisi Şekil 3.30’da gösterilmektedir.



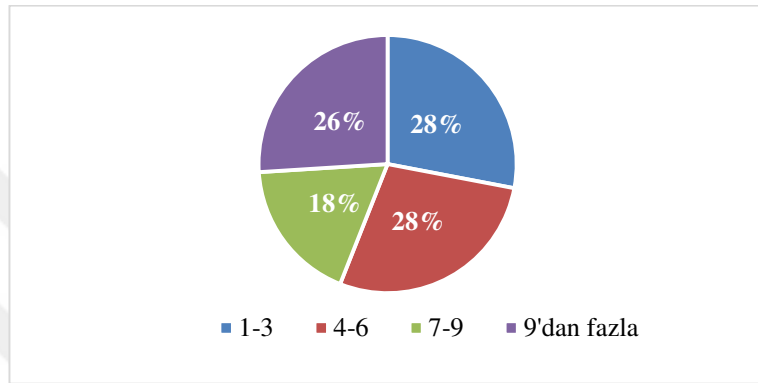
Şekil 3.30. Sistemin mimarisi



## 4. BULGULAR

### 4.1. Anket Çalışması

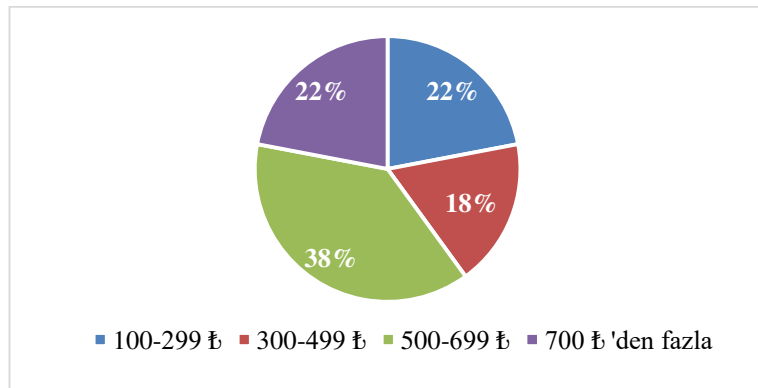
Bu tez çalışmasında, tez konusuyla ilgili olarak bir mini anket çalışması yapılmış olup, mini ankette öncelikle yıl içerisinde kaç kere yanlış dolum yapıldığı sorusu sorulmuştur. Verilen cevaplara ilişkin grafik Şekil 4.1’de gösterilmiştir. 50 istasyon üzerinden yakıt dolumunun hata sayısı 1-3 arasında diyen 14, 4-6 arasında diyen 14, 7-9 arasında diyen 9 ve 9’dan fazla diyen 13 istasyon bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Yıl içerisinde yapılan yanlış yakıt dolum sayıları

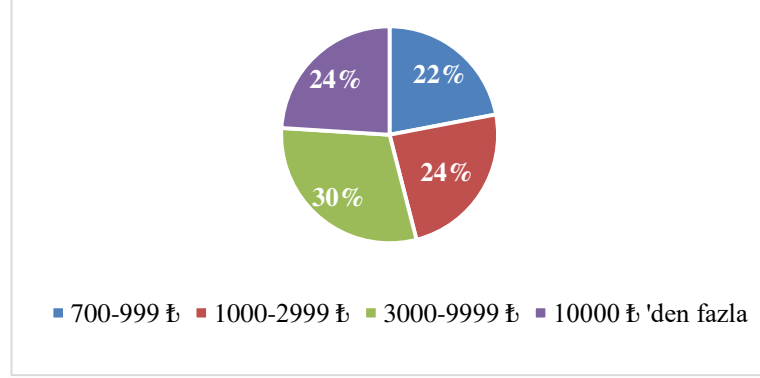
Bu tip hatalara karşı nasıl bir çözüm getiriliyor diye sorulduğunda ise verilen iki cevap olmuştur. Eğer araç hareket etmemişse bir usta vasıtasıyla depo boşaltılıp yeniden dolum yapılmaktadır. Eğer araç hareket etmişse servise yönlendirilir.

Aracın hareket etmeyip depodaki yakıtın yenilenmesinde oluşan maliyet Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Burada görülüyor ki 50 istasyon üzerinden 19 istasyon genel olarak 500-699 tı cevabı vermiştir. En düşük ihtimal göz önünde bulundurulsa bile en düşük hata sayıları ile ağırlıklı cevap verilen en düşük maliyet çarpılınca bir istasyonun yılda yaklaşık 500- 1500 tı arasında kaybı olmaktadır.



Şekil 4.2. Yanlış dolum sonrası araç hareket etmemişse bunun istasyona maliyeti

Tam tersi durumda araç hareket etmişse servise yönlendirme sonrası oluşan maliyet Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Bu anket sonucu da gösteriyor ki hatanın büyük olmasında ağırlıklı cevaba göre en düşük maliyet en az hata sayısı ile çarpıldığında yaklaşık 3000-15000 tl arasında olmaktadır.



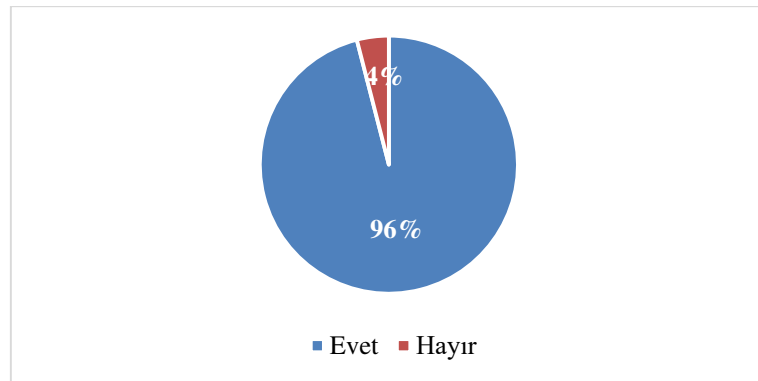
**Şekil 4.3.** Yanlış dolun sonrası araç hareket etmişse bunun istasyona maliyeti

Bu hataların istasyonlara verdiği zararlar sorulduğunda genel olarak aynı cevaplar verilmiştir. Bunlar;

- İstasyonun imaj kaybı
- Maddi kayıp
- İstasyonun bağlı olduğu sigorta şirketine yaptığı ödeme limitinin artması

Bu hataları ortadan kaldırmak için bir sistem yapılırsa ve bu sistem araca ait bilgiler verirse (plaka, renk, marka, model, yakıt türü v.b.) en çok hangi bilgiye ihtiyaç duyarsınız diye sorulduğunda verilen cevaplar ağırlıklı olarak; plaka, marka ve yakıt türü olmuştur.

İstasyonlara son olarak “ Bu bilgileri veren bir sistem olsa almayı düşünür müsünüz?” denildiğinde büyük oranda (%96) evet yanıtı alınmıştır. Verilen cevaplara ilişkin grafik Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Hataları ortadan kaldırmak için yapılan sisteme dair talep oranı

## 4.2. RFID Tabanlı Yeni Bir Yakıt Tanıma Sistemi

Yakıt istasyonlarında karşılaşılan temel sorunlardan biri; araca yanlış yakıt doldurulmasıdır. Bunun yanı sıra pompa görevlisinin araçla ilgili bilgileri edinirken vakit kaybetme durumu da söz konusudur. Bu bilgiler ışığında, bu tez çalışmasında RFID tabanlı yeni bir yakıt tanıma sistemi geliştirilmiştir.

Bu temel sorunun varlığını netleştirmek amaçlı bölüm 3'te bahsedildiği gibi mini bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmasındaki sonuçlar gösteriyor ki;

Araçlara yanlış yakıt dolumu, genel olarak istasyona gelen yeni personel tarafından ya da mesai değişimi yaklaşmış olan personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Yıl içinde ortalama 3 kere hatalı dolum yapan istasyon, eğer araç hareket etmeden farkedildiği düşünülürse en düşük 500-1500 tl arasında olmaktadır. Eğer araç hareket etmişse ortalama 3000-15000 tl arasında olmaktadır. Tasarlanacak bir önleme sistemini, 50 istasyonun %96'lık bir kısmı faydalı görmekte ve istasyonda bulunması gerektiğini ifade etmektedirler.

Ayrıca istasyonlarda yaşanan diğer bir sorun ise dolum yaparken orada bulunan aracın değil de başka bir aracın plakasına fiş kesilmesidir. Bu sorunu önlemek adına, sistemimizin tuttuğu kayıtlar dışında fiş kesilmiş ise sistem bunu da tespit etmeye uygun hale gelebilir. Bu şekilde vergi kaçakçılığı önlenmiş olmaktadır.

C# programlama diliyle tasarlanan uygulama arayüzü (API) Şekil 4.5'te gösterildiği gibidir.

### 4.2.1. Ana Ekran



Şekil 4.5. Program ana formu

Tüm formlarda okuyucuya bağlantı işlemi rFuelConnect ismiyle oluşturulan bir sınıf içindeki okuyucuBaglanti() fonksiyonuyla gerçekleştirilmektedir. Bu sınıf ve fonksiyon;

```
public partial class rFuelConnect {  
    public static clsReader mReader = new clsReader();  
    public static CAlienServer mServer = new CAlienServer();  
    private delegate void showMsg();  
    public static void okuyucuBaglanti(){  
  
    }  
}
```

Tüm form pencerelerinin kapatılması işleminde okuyucunun otomatik okuma modu kapatılmaktadır. Okuyucu ön belleğindeki bilgiler sıfırlanmaktadır.

```
rFuelConnect.mReader.AutoMode = "OFF";  
rFuelConnect.mReader.Dispose();
```

Arayüzde 3 adet Buton, 1 adet GroupBox, 1 adet Label ve 2 adet toolStripStatusLabel bulunmaktadır. Arayüzdeki temel nesneler GroupBox içinde toplanmıştır. “Okuyucu Yeniden Başlat” Label’ı ile okuyucu da sorun oluşması durumunda okuyucu yeniden başlatılmaktadır. Bunun işlem için kullanılan fonksiyon;

```
private void readerRestart_Click(object sender, EventArgs e) {  
    rFuelConnect.okuyucuBaglanti();  
    rFuelConnect.mReader.Reboot();  
}
```

Anaform altında bulunan tarih ve saat bilgisini görüntülemek için kullanılan komut satırları;

```
toolStripStatusLabel1.Text = DateTime.Now.ToLongDateString();  
toolStripStatusLabel2.Text = DateTime.Now.ToLongTimeString() + "    ";
```

Arayüzde bulunan yeni etiket tanımla butonuna tıklanarak açılan formda yeni etikete kayıt edilecek bilgiler girilir. Yeni etiket tanımlama formunu görüntüleyen fonksiyon;

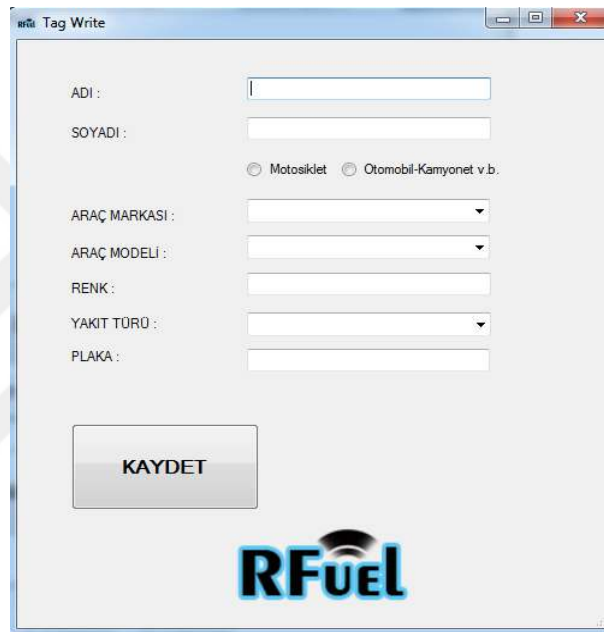
```
private void newTagButton_Click(object sender, EventArgs e) {  
    writeRFuel wRfuel = new writeRFuel();  
    wRfuel.ShowDialog();  
}
```

Araçlarda bulunan etiketleri okumak için arayüzde bulunan etiket oku butonu kullanılır. Oku butonuna bir kere tıklandıktan sonra açılan etiket okuma formu, yeni etiket bilgisi geldikçe yenilenmektedir. İstasyona gelen araçta bulunan etiket uzaktan okunarak ekranda gerekli bilgileri gösterilmektedir. Pompa görevlisi tarafından ekrandaki etiket bilgisine göre araca dolum yapılır.

Etiket düzenleme işlemleri için arayüzde bulunan etiket düzenle butonu kullanılmaktadır. Butona bir kere tıkladıktan sonra açılan pencerede etiket önce okunur sonra gerekli düzeltmeler yapılarak güncelleme işlemi gerçekleştirilir.

#### 4.2.2. Yeni Etiket Tanımlama Ekranı

Yeni etiket tanımlama formu Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Yeni etiket tanımlama formu

Yeni etiket tanımlama ekranındaki bilgiler adı, soyadı, araç türü, markası, modeli, rengi, yakıt türü ve plakadan oluşmaktadır. Bu bilgiler ayrıca bir veritabanında tutulmaktadır. Etiketlere bilgiler kayıt edildikten sonra araçlara monte edilmektedir. Etikete ve veritabanına bilgi kaydetmek için kullanılan fonksiyon;

```
private void tagSaveButton_Click(object sender, EventArgs e) {}
```

Etiket tanımlama formuna girilen plaka ve yakıt bilgisi metinleri, etikete kayıt edilebilecek hexadecimal formata dönüştürme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemi yapan fonksiyonlar;

```
public string ikiliBolme(String ascii) {}

public string ConvertStringToHex(String ascii) {}
```

Yeni etiket formunun yüklenmesi esnasında okuyucu ile bağlantı kurularak, etiket yazma işlemi 0 numaralı anten üzerinden gerçekleştirilmektedir.

#### 4.2.3. Etiket Okuma Ekranı

Etiket okuma işlemi “göster()” isimli bir fonksiyonun timer fonksiyonu ile çağırılmasıyla gerçekleşir. Fonksiyon, okuyucunun belleğinde birikmiş olan etiket listesini alıp bir diziye atmaktadır. Diziye alınan etiket bilgileri belli fonksiyonlarla ikili basamaklara dönüştürülmektedir. Başka RFID etiketlerle karışmaması için belirlenmiş kod kontrolü yapılmaktadır. Etikete ait tüm bilgiler veri tabanından çekilmektedir. Son olarak görüntüleme ekranı her yeni etiket geldiğinde temizlenmektedir.

Etiket okuma işleminde yakıt ve plaka bilgileri, yazma işlemindeki metinsel ifadenin hexadecimal ifadeye dönüştürme işleminin tam tersi olarak etiketten gelen hexadecimal bilginin metinsel ifade dönüştürülmesiyle elde edilir. Bu dönüşümü gerçekleştiren fonksiyon;

```
public string ConvertHexToString(String HexValue) {
    string donus2 = null;
    string hexValues = HexValue;
    string[] hexValuesSplit = hexValues.Split(' ');
    foreach (String hex in hexValuesSplit)
    {
        int value = Convert.ToInt32(hex, 16);

        string stringValue = Char.ConvertFromUtf32(value);
        char charValue = (char)value;
        if (donus2 == null)
            donus2 = charValue.ToString();
        else
            donus2 = donus2 + ' ' + charValue;
    }
    return donus2;
}
```

Etiket okuma formunun yüklenmesi esnasında okuyucu ile bağlantı kurularak 1,2 ve 3 numaraları antenler üzerinden gelen bilgiler okunur.

```
rFuelConnect.okuyucuBaglanti();
rFuelConnect.mReader.AntennaSequence = "1,2,3";
rFuelConnect.mReader.ClearTagList();
```

Etiket okuma formu Şekil 4.7’de gösterilmektedir.

| RFUEL                        |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| Seat<br>Leon<br>Beyaz        | Aprilia<br>Area 51<br>Kırmızı    |
| 34UH0277<br>Benzin           | 55FCM5538<br>Benzin              |
| 2015/11/07 13:06:05.848      | 2015/11/07 13:06:05.875          |
| Anten :1                     | Anten :1                         |
| RFUEL                        |                                  |
| Aprilia<br>Capanord<br>SİYAH | Anadol<br>Model seçiniz<br>Beyaz |
| 38FCM3855<br>Benzin          | 44YGT4444<br>Dizel               |
| 2015/11/07 13:06:05.901      | 2015/11/07 13:06:05.935          |
| Anten :1                     | Anten :1                         |

Şekil 4.7. Etiket okuma formu

#### 4.2.4. Etiket Düzenleme Ekranı

Açılan formda öncelikle oku butonuna tıklanarak etiketin içinde var olan bilgiler görüntülenir. Okuma işlemi etiket okuma formunda olduğu gibi gerçekleşir ve bilgiler Etiket Bilgileri grubundaki Label'larda gösterilir. Gerekli düzeltmeler yaptıktan sonra güncelle butonuna tıklanır. Güncelleme işlemi yazma işlemine benzerdir. Farklı olan sadece veritabanı komutudur.

Etiket güncelleme formu yüklendiği esnada okuyucu ile bağlantı kurularak, etiket güncelleme işlemi 0 numaralı anten üzerinden gerçekleştirilmektedir.

```
rFuelConnect.okuyucuBaglanti();
rFuelConnect.mReader.AntennaSequence = "0";
```

Etiket güncelleme formu Şekil 4.8'de gösterilmektedir.

| updateRFuel                                                                |                    |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ADI :                                                                      |                    |
| SOYADI :                                                                   |                    |
| ARAÇ MARKASI :                                                             | Marka seçiniz      |
| ARAÇ MODELİ :                                                              | Model seçiniz      |
| RENK :                                                                     |                    |
| YAKIT TÜRÜ :                                                               | Yakıt Türü Seçiniz |
| PLAKA :                                                                    |                    |
| <input type="button" value="OKU"/> <input type="button" value="GÜNCELLE"/> |                    |



Şekil 4.8. Etiket güncelleme formu

#### 4.2.5. Saha Uygulaması

Projenin saha çalışmasında, yakıt tanıma sisteminde kullanılan ekipmanlar Bitlis ilinin Ahlat ilçesinde 03.11.2015 tarihinde bir benzin istasyonuna test amaçlı yerleştirilmiştir. Aracın istasyona geliş anı Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



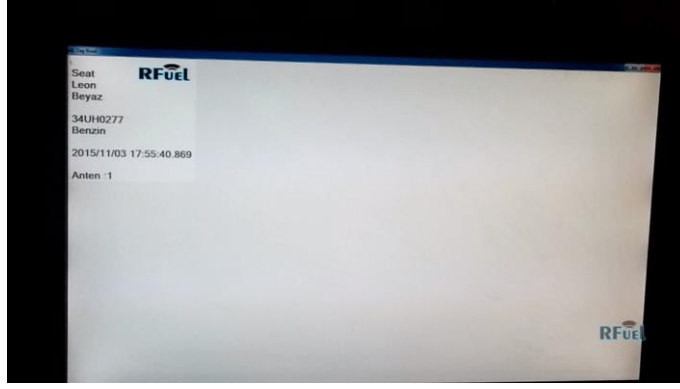
Şekil 4.9. Aracın istasyona gelişi

Aracın istasyona gelişiyle birlikte anten etikete sinyal göndererek etiketi harekete geçirir. Etiket antene kendisinde var olan bilgiyi gönderir. Şekil 4.10’da gösterildiği gibi anten istasyonda aracı görebilecek bir noktaya yerleştirilmiştir.



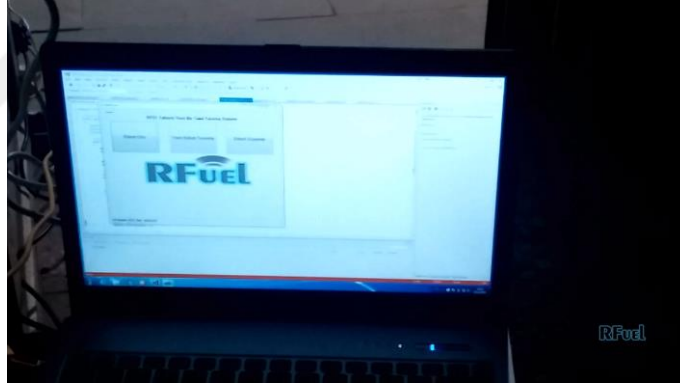
Şekil 4.10. Antenin konumu

Anten aracılığı ile okunan bilgi okuyucuya gönderilir ve okuyucudan alınan bilgi gerekli taban dönüşümleri yapılarak program arayüzünde gösterilir. Okuma arayüzündeki sonuçlar Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.11.** Etiket okuma ekranı

Etiket okuma ekranı farklı bir monitörde görüntülenirken aynı anda programın ana arayüzü bilgisayar üzerinde açık durumdadır. Çift ekranla çalışılan sistemde bir ekranda okuma arayüzü bulunurken diğer ekranda Şekil 4.12’de gösterildiği gibi programın ana arayüzü bulunmaktadır. Bu şekilde içeride ana bilgisayardaki ekranda, belirlenen bir antenle etiket düzeltmeleri ve yeni etiket tanımlamaları gerçekleştirilebilirken aynı anda diğer antenlerden yapılan okumalar dışarıda bulunan monitörlerde gösterilebilmektedir. Bu sayede her işlem için ayrı bir okuyucuya ihtiyaç duyulmamaktadır.



**Şekil 4.12.** Program arayüzü

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kablosuz sistemler geliştikçe, birçok soruna çözüm bulunmakta ve kullanım alanları gittikçe artmaktadır. Bunda esnek, güvenilir, uygulanabilir ve ucuz maliyetli ve birçok kablosuz sistemle entegre edilebilen RFID sistemlerinin payı da büyük olacaktır.

RFID kapasitesinin artırılması konusunda çok geniş çapta çalışmalar yapılmaktadır. Manyetik RAM ya da MRAM [97] denilen sistemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. MRAM, nano boyutlardaki manyetik bit dizileri ile bilgiyi saklar. MRAM'in üzerine yazma, her bir bit'in manyetik kutuplarını değiştirerek yapıyor olması ve bu değerın elektrik gereksinimi duymadan saklanabiliyor olması demektir. Gelecekteki nano teknoloji uygulamaları, mürekkep tabanlı RFID devrelerini mümkün kılarak silikon çip gereksinimi ortadan kaldıracaktır. Bunun en iyi örneği tamamen mürekkepten geliştirilen bir prototip olan Organik ID'dir [98] ve maliyeti 0.01 doların altındadır. Organik ID'nin 5-10 yıl arasında yaygınlaşması beklenmektedir [58].

Yapılan araştırmalara göre gün geçtikçe RFID sistemlerin pazardaki konumu ve yükselen grafiği gösteriyor ki RFID sistemler daha birçok probleme çözüm olacaktır. Bu süreçte geliştiricilerin farklı alanlarda RFID kullanmaya başlaması ve ihtiyaca yönelik olarak sistemin optimize edilmesi, küçük bir sistemle büyük işlerin yapılabileceğini göstermektedir. Fakat yapılan projelerde bilgi akışı fazlaştıkça güvenlik sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bununla ilgili olarak da farklı güvenlik algoritmaları geliştirilmektedir [99].

Bu tez çalışmasının gerekliliğine dair yapılan mini anket sonucuna göre, yakıt istasyonlarında yanlış dolum sonucu yıl içinde ortaya çıkan maddi kaybın ve değer kaybının farklı boyutlarda olduğu kanaatine varılmıştır. Bu maddi kayıp minimum olarak bir depo benzinin fiyatı olabilirken, maksimum olarak aracın motorunun yenilenme maliyeti de olabilmektedir. Bunun yanında istasyonun müşteri kaybı da büyük zararlar vermektedir. Anket sonucu ortaya çıkan grafiklere bakılacak olursa; yıl içerisinde yapılan yanlış dolum sayılarının maliyetlerle çarpılması sonucu ortaya çıkan zarar, bir kereye mahsus sisteme verilecek olan ücretten fazlaca büyük olacağı kanaatine varılmıştır. İstasyonların bu sisteme talebi ise %96'lık bir oran olarak görülmektedir.

Çalışmanın gelişme durumuna bakılırsa, yazar kasa ile bütünleştirildiği zaman pompa görevlisinin plaka bilgilerini girmesine gerek kalmayıp farklı plaka girişleri de önlenmiş olacaktır. Çalışmada elde edilen bilgiler veri tabanında tutularak istenildiği takdirde bir araca ait yer bilgisi elde edilerek bazı uygulamalara altlık olarak kullanılabilir. Çalışmanın

yaygınlaşması durumunda, elde edilecek bu bilgilerle ülke genelinde yanlış yakıt dolumuna ait istatistikî bilgilere sahip olma imkânına ulaşılabilir.

Tez çalışmasının önemli faydalarından bir diğeri de pompa görevlisinin araca ait bilgileri edinmede yaşadığı zaman kaybının önlenmesidir. Böylece istasyonlardaki yakıt dolum personeli çalışma verimine katkıları kaçınılmaz olacaktır.



## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2014. 15 Years of Wi-Fi, Discover Wi-Fi. <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/15-years-of-wi-fi>. (Erişim Tarihi: 19.04.2015).
- [2] Xydis TG, Blake-Wilson S, 2001. Security Comparison: Bluetooth<sup>TM</sup> Communications vs. 802.11. Technical Report, Bluetooth Security Experts Group
- [3] Anonim, 2015. NFC and Contactless Technologies. NFC Forum. <http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>. (Erişim Tarihi: 19.04.2015).
- [4] Knutson CD, 1997. Infrared Data Communications with IrDA. IrDA Test and Interoperability Committee. Counterpoint Systems Foundary. Oregon
- [5] Franklin LP, 2009. ZigBee Overview. Marcom Task Group. ZigBee Alliance. <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09/docs-09-4818-00-0mcg-zigbee-overview-tutorial-ppt.pdf>. (Erişim Tarihi : 20.04.2015).
- [6] Lord Bowden of Chesterfield, M.A., Ph.D., M.Sc.Tech., D.S., L.L.D., C.Eng., Fel.I.E.E.E., F.I.C.E., F.I.E.E. 1985. The story of IFF (identification friend or foe). Washington. IEE Proceedings, 132 : 435-437.
- [7] řahin OE, 2010. RFID Teknolojisinde İnsan Bilgisayar Etkileşimi. Ajit-e Bilişim Teknolojileri Akademik Dergisi, 1(1): 1-7.
- [8] Kocamaz AF, 2008. Yatarak Tedavi Goren şizofreni Hastalarının Negatif Belirtilerinin RFID Teknolojilerle Olçülebilirlięinin Denetlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne. 115s
- [9] Stockman H, 1948. Communication by Means of Reflected Power. New York. Proceedings of the I.R.E. 36v.
- [10] Landt J, 2005. The History of RFID. IEEE Potentials, 24(4): 8-11.
- [11] Dilonardo RL, 2014. EAS Source Tagging 20-Plus Years of Inoovation. Loss Prevention Magazine, 13(1).
- [12] Bazaatı S, 2012. İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID). Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 96s.
- [13] Anonim, 2014. AIM. Radio Frequency Identification (RFID) Frequently Asked Questions. [http://www.aimglobal.org/page/rfid\\_faq](http://www.aimglobal.org/page/rfid_faq). (Erişim Tarihi: 10.10.2014).
- [14] Üstündağ A, Tanyař M, 2009. Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri. İstanbul. İTÜ Dergisi, 8(4): 83-94.
- [15] Chiesa M, Genz R, Heubler F, Mingo K, Noessel C, Sopiaeva N ve Slocombe D, 2002. RFID Background and Research. Interaction Design Institute Ivrea. 3.
- [16] Anonim, 2015. Havaalanı ve Hava Yolları. Boer Bilişim A.ř. <http://boer.com.tr/tr/cozum-155-0-havaalani-ve-hava-yollari.asp>. (Erişim Tarihi: 24.04.2015).
- [17] Anonim, 2015. Gerçek Zamanlı Yer Belirleme. Aybil Bilişim. <http://www.aybilbilisim.com.tr/asp/index.asp?frmkod=urun.asp?bno=35!dil=Tr!Sayfa=Ger%20Zamanl%20Yer%20Belirleme>. (Erişim Tarihi: 24.04.2015).
- [18] Leena T, Swetha A J, Seril J, Arya K, Tedik N, Obang P, 2014. Automatic Speed Control of Vehicles Using RFID, Kothamangalam. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 3(11): 118-120.
- [19] Li Z, Rajit G, Prabhu B, 2004. Applications of RFID Technology And Smart Parts In Manufacturing. ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 28 Eylül-2 Ekim 2004, Salt Lake City-Utah, s: 123-129.
- [20] Anonim, 2015. Çözümler. Oylum Tekstil Elektronik Ltd. şti. <http://www.teknopalas.com.tr/cozumler/>. (Erişim Tarihi: 23.10.2015).

- [21] Akın A, 2014. İş Süreçlerinde RFID Uygulamaları. [www.bits.com.tr](http://www.bits.com.tr). (Erişim Tarihi: 22.05.2014).
- [22] Pala Z, İnanç N, 2007. Smart Parking Applications Using RFID Technology. 1st Annual RFID Eurasia 2007, 5-6 Eylül, İstanbul, s: 1-3.
- [23] Özpınar A, Kazasker E, Öz Ö, 2010. Akıllı Trafik Denetimi ve Yönetimi için RFID ile Elektronik Plaka Uygulaması. Akademik Bilişim Konferansı 2010, 10-12 Şubat 2010, Muğla Üniversitesi-Muğla.
- [24] Pala Z, 2008. RFID Teknolojisi ile E-Sınav Uygulaması. Akademik Bilişim Konferansı 2008, 30 Ocak-1 Şubat 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-Çanakkale, s: 145-151.
- [25] Aalam ZM, Mishra P, Gandhi D, Dadhwal A, 2013. Traffic Signal: Control & Management (ZigBee/RFID). ResearchGate. <http://www.researchgate.net/publication/235939622>. (Erişim Tarihi: 23.10.2015)
- [26] Ni LM, Liu Y, Lau YC, Patil AP, 2004. LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. 701-710, in: Wireless Networks. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- [27] Tuğaç B, Kavas A, 2007. Radyo Frekans Kimlik Tanıma Sistemleri ile Elektronik Para Uygulamasının Gerçeklenmesi. III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, 18-19 Ekim 2007, Çukurova Üniversitesi-Adana.
- [28] Tan O, Korkmaz İ, Gidiş O, Uygun S, 2009. Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması. XI. Akademik Bilişim Konferansı, 11-13 Şubat 2009, Harran Üniversitesi-Şanlıurfa, s: 99-105.
- [29] Anonim, 2012. Hızlı Geçiş Sistemi. Vikipedi. [https://tr.wikipedia.org/wiki/H%C4%B1zl%C4%B1\\_Ge%C3%A7i%C5%9F\\_Sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/H%C4%B1zl%C4%B1_Ge%C3%A7i%C5%9F_Sistemi) (Erişim Tarihi: 25.10.2014).
- [30] Pala Z, 2009. RFID Teknolojisinin Acil Müdahalede Kullanımı. XI. Akademik Bilişim Konferansı, 11-13 Şubat 2009, Harran Üniversitesi-Şanlıurfa, s: 95-98.
- [31] Anonim, 2002. NFC. Vikipedi. <http://tr.wikipedia.org/wiki/NFC>. (Erişim Tarihi: 26.10.2014).
- [32] Anonim, 2002. NFC Everywhere. <http://www.nxp.com/techzones/nfc-zone/overview.html>. (Erişim Tarihi: 26.10.2014).
- [33] Souvik S, Subhashis R, Subir KS, 2014. A Proposal for Enhancing Museum Visiting Experience Implementing Active RFID Technology. 2014 Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications, 27-29 August 2014, s: Cochin, 295-298.
- [34] Swedberg C, 2013. Motorola Sled Reader Adds Low-Cost RFID. RFID Journal. s: 1-4
- [35] Ünal U, 2011. RFID ile Gerçek Yaşam Bağlantısı. [http://www.halklailiskiler.com.tr/RFID\\_ile\\_gercek\\_yasam\\_baglantis.php](http://www.halklailiskiler.com.tr/RFID_ile_gercek_yasam_baglantis.php). (Erişim Tarihi: 28.10.2014).
- [36] Vary J, 2014. John Lewis Store to Furnish Its Customers. RFID Journal. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12283>. (Erişim Tarihi: 28.10.2014)
- [37] Want R, 2006. An Introduction to RFID Technology. IEEE Pervasive Computing, 5(1): 25-33
- [38] Bhuptani M, Moradpour S, 2005. RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems. Sun Microsystems/Prentice Hall PTR Press. New Jersey.
- [39] Pala Z, 2007. RFID Teknolojisi İle Otomasyon Bir Uygulama Olarak: Otopark Takibi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [40] Demirel F, 2007. Tedarik ve Lojistik Yönetiminde RFID Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 44s.
- [41] Finkenzeller K, 2010. RFID Handbook. 3rd ed. Wiley Press. Germany.
- [42] Anonim, 2014. The Basics of an RFID System. Atlas RFID Solutions. <http://rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647-pdf/Content/basics-of-an-rfid-system-atlasrfidstore.pdf>. (Erişim Tarihi: 01.11.2014).

- [43] Yüksel ME, Zaim AH, 2009. RFID'nin Kablosuz İletişim Teknolojileri İle Etkileşimi. Akademik Bilişim 2009, 11-13 Şubat 2009, Harran Üniversitesi-Şanlıurfa. s:111-120.
- [44] Repanovici A, Cristea L, 2011. Designing and Deploying RFID Applications. 363-384, in: RFID- Application in Info-Documentary Systems (edited by Dr. Turcu C). Intech, Romania.
- [45] Anonim, 2014. RFID Tag. Shenzhen Meihe Induction Technology. [http://www.rfidcardfactory.com/RFID-Tag\\_c7](http://www.rfidcardfactory.com/RFID-Tag_c7). (Erişim Tarihi: 14.05.2014).
- [46] Weis SA, 2007. RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. <http://www.eecs.harvard.edu/cs199r/readings/rfid-article.pdf>. (Erişim Tarihi: 14.05.2014)
- [47] Anonim, 2015. Vanch VT-3004 semi passive rfid tag uhf. [http://www.alibaba.com/product-detail/Vanch-VT-3004-semi-passive-rfid\\_1866113106.html?s=p](http://www.alibaba.com/product-detail/Vanch-VT-3004-semi-passive-rfid_1866113106.html?s=p). (Erişim Tarihi: 23.04.2015).
- [48] Anonim, 2008. Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide. 155-192, chapter 6(1-38), in: RFID Tag Considerations. OL-11612-01, USA.
- [49] Yılmaz H, 2013. RFID Akıllı Etiketler, Uygulama Alanlarının İncelenmesi ve Öneriler. Teknik Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Samsun
- [50] Ergen E, 2008. İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama Teknolojisi Uygulamaları. Türkiye Mühendislik Haberleri, 451(5): 44-48.
- [51] Ranasinghe DC, Ng ML, Leong KS, Cole PH, 2006. Small UHF RFID label antenna design and limitations. Australia. IEEE International Workshop on Antenna technology.
- [52] Kraus JD, Marhefka RJ, 2002. Antennas For All Applications. 3rd ed. Tata McGraw-Hill. New York.
- [53] Lahiri S, 2005. RFID Sourcebook. 1st ed. IBM Press. New Jersey.
- [54] Hossain SS, Karmakar N, 2006. An Overview On RFID Frequency Regulations And Antennas. 4th International Conference on Electrical and Computer Engineering ICECE 2006, 19-21 Aralık, Dhaka, Bangladesh, s: 424-427.
- [55] Ahson S, Ilyas M, 2008. RFID Handbook, Applications, Technology, Security, and Privacy. CRC Press. New York.
- [56] Uçar MH, Sondaş A, Erdemli YE, 2010. Çevrimiçi RF Veri Toplama Sistemi için UHF-RFID Okuyucu Anten Tasarımı. V. URSI-TÜRKİYE 2010 Bilimsel Kongresi, 25-27 Ağustos 2010, Orta Doğu Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü-Güzelyurt, s: 105-108
- [57] Anonim, 2014. RFID Antenler. <http://www.boer.com.tr/tr/b-80-0-rfid-antenler.asp>. (Erişim Tarihi: 14.05.2014)
- [58] Önal M, 2013. Gömülü Sistemler İle RFID Mimarisi ve Programlama. 1. Baskı cilt I. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım ve Eğitim Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.
- [59] Anonim, 2014. ALR-9650 Cost Effective Smart Antenna, Alien Technology LLC. <http://www.alientechnology.com/readers/smart-antenna/>. (Erişim Tarihi: 22.10.2014).
- [60] El Khaddar MA, Boulmalf M, Harroud H, Elkoutbi M, 2011. Design and Deploying RFID Applications. 305-326, in: RFID Middleware Design and Architecture (Edited by Turcu C). InTech. Morocco,UAE.
- [61] Castelluccia C, Soos M, 2007. Secret Shuffling: A Novel Approach to RFID Private Identification. Conference on RFID security 07, 11-13 Temmuz, Malaga.
- [62] Finkenzeller K, 2003. RFID Handbook. 2nd ed. Wiley Press. Germany.
- [63] Bhatt H, Glover B, 2006. RFID Essentials.O'Reilly Media. Sebastopol.
- [64] Yüksel ME, Durukan Odabaşı Ş, 2009. Nesneler İzlenebilir ve Yönetilebilir mi? Çözüm : RFID. Akademik Bilişim 2009, 11-13 Şubat 2009, Harran Üniversitesi-Şanlıurfa. s:127-135.
- [65] Brown DE, 2006. RFID Implementation. 1st ed. McGraw Hill Education. 466s.

- [66] Cantero JJ, Guijarro MA, Arrebola G, Garcia E, Banos J, Harrison M, Kelepouris T, 2008. Traceability Applications Based on Discovery Services. Emerging Technologies and Factory Automation, IEEE International Conference 2008, 15-18 Eylül 2008, IEEE-Hamburg, s: 1332-1337.
- [67] Anonim, 2012. GS1 Sistemi Tanıtım Kitapçığı. TOBB-Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Ankara.
- [68] Fummi F, Perbellini G, 2007. Embedded Design Exploration of EPCGlobal Architecture. IEEE International Conference on RFID, 26-28 Mart, USA, s:220-227.
- [69] Li T, Deng R, 2008. Scalable RFID authentication and discovery in EPCGlobal network. Third International Communications and Networking Conference in China 2008, 25-27 Ağustos 2008, IEEE-Hangzhou, s: 1138-1142.
- [70] Weinstein R, 2005. RFID: a technical overview and its application to the enterprise. IT Professional, 7(3): 27-33
- [71] Weis SA, 2003. Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices. Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- [72] Bulut K, Örs B, İlker Y, 2008. RFID Sistemlerinin İncelenmesi ve Mikroişlemci üzerinde Güvenli Olacak Şekilde Gerçeklenmesi. 3. Uluslararası Katılımlı Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, 25-27 Aralık 2008, Ankara, s: 225-230.
- [73] Anonim, 2010. Phase Jitter Modulation (PJM) used by ISO/IEC 18000-3 Mode 2. Magellan Technology. Australia.
- [74] Canestri F, Matsuoka H, 2007. RFID Application Overview and Testing Requirements. Agilent Technologies. Böblingen Germany.
- [75] Lehpamer H, 2008. RFID Design Principles. 2nd ed. Artech House. USA.
- [76] Armstrong S, 2013. 6 Factors that Affect RFID Read Range. <http://blog.atlasrfidstore.com/improve-rfid-read-range>. (Erişim Tarihi: 01.11.2014).
- [77] Anonim, 2015. Detailed Overview. ASTM International. [http://www.astm.org/ABOUT/full\\_overview.html](http://www.astm.org/ABOUT/full_overview.html). (Erişim Tarihi: 24.04.2015).
- [78] Andre M, 2014. DASH7 Alliance Introduction. [http://www.dash7-alliance.org/?page\\_id=28](http://www.dash7-alliance.org/?page_id=28). (Erişim Tarihi: 24.04.2015).
- [79] Anonim, 2014. Radio-frequency identification. [http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency\\_identification](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification). (Erişim Tarihi: 25.10.2014 ).
- [80] Anonim, 2014. EPC Tag Data Standart. [http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/TDS\\_1\\_9\\_Standard.pdf](http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/TDS_1_9_Standard.pdf) (Erişim Tarihi: 21.05.2014).
- [81] Barber G, Tsibertopolous E, 2005. An analysis of using EPCGlobal class-1 generation-2 RFID technology for wireless asset management. Military Communications Conference MILCOM 2005-IEEE, 17-20 Ekim 2005, Atlantic City, NJ, s: 245-251.
- [82] Park J, Na J, Kim M, 2007. A Practical Approach for Enhancing Security of EPCGlobal RFID Gen2 Tag. Future Generation Communication and Networking (FGCN 2007), 6-8 Aralık 2007, Jeju, s: 436-441.
- [83] Anonim, 2007. Tag Class Definitions. EPCGlobal Inc. [http://www.gs1.org/docs/EPCGlobal/TagClassDefinitions\\_1\\_0-whitepaper-20071101.pdf](http://www.gs1.org/docs/EPCGlobal/TagClassDefinitions_1_0-whitepaper-20071101.pdf). (Erişim Tarihi: 22.05.2014).
- [84] Pala Z, 2008. RFID Teknolojisi ve Güvenlik Tehditleri, Ağ ve Bilgi Güvenliği Sempozyumu 2008 16-18 Mayıs 2008, Girne-KKTC, s: 135-137.
- [85] Bayrak Meydanoğlu ES, 2008. RFID Sistemleri ve Veri Güvenliği. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 1(3): 33-42.
- [86] Chou JS, 2013. An efficient mutual authentication RFID scheme based on elliptic curve cryptography. The Journal of Supercomputing-Springer, 66(3).

- [87] Hutter M, Mangard S, Feldhofer M, 2007. Power and EM Attacks on Passive 13.56 MHz RFID Devices. Cryptographic Hardware and Embedded Systems - CHES 2007, Lecture Notes in Computer Science, 4727: 320-333.
- [88] Çiftçibaş E, 2009. RFID Sistemlerde Güvenlik Açıkları ve Çözüm Yolları. TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi Aralık 2009, 437: 91-92.
- [89] Garfinkel S, 2002. An RFID Bill of Rights. MIT Technology Review.  
<http://www.technologyreview.com/article/401660/an-rfid-bill-of-rights/>. (Erişim Tarihi: 24.04.2015).
- [90] Korkmaz E, Üstündağ A, Tanyas M, 2006. Standards, Security & Privacy Issues about Radio Frequency Identification (RFID). 4 th International Logistics and Supply Chain Congress, 29-30 Kasım ve 1 Aralık, İzmir University of Economics Publication-İzmir, s:353-360.
- [91] Yüksel ME, Zaim AH, 2009. Yeni Nesil Teknoloji Olarak RFID, RFID Sistem Yapıları ve Bir RFID Sistem Tasarımı Yaklaşımı. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük-Türkiye, s: 715-721.
- [92] Das R, Harrop P, 2015. RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026. IDTechEx.  
<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026-000451.asp>. (Erişim Tarihi: 25.10.2015).
- [93] Das R, 2014. Passive RFID grows by 1.12 billion tags in 2014 to 6.9 billion. IDTechEx.  
<http://www.idtechex.com/research/articles/passive-rfid-grows-by-1-12-billion-tags-in-2014-to-6-9-billion-00007031.asp>. (Erişim Tarihi: 31.10.2014).
- [94] Üstündağ A, 2008. Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [95] Anonim, 2013. ALR-9900+ EMA Enterprise RFID Reader. Alien Technology Corporation. <http://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Alien-Technology-ALR-9900+EMA-Enterprise-RFID-Reader.pdf>. (Erişim Tarihi: 21.12.2015)
- [96] Anonim, 2014. ALN 9662 Short Inlay. Alien Technology Corporation.  
<http://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Alien-Technology-Higgs-3-ALN-9662-Short.pdf>. (Erişim Tarihi 21.12.2015)
- [97] Anonim, 2015. Magnetoresistive random-access memory. Wikipedi.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistive\\_random-access\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistive_random-access_memory). (Erişim Tarihi : 23.10.2015)
- [98] O'Connor MC, 2006. Weyerhaeuser Acquires Tag Innovator Organic ID. RFID Journal.  
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?2628>. (Erişim Tarihi : 21.12.2015)
- [99] Abdelhalim MB, El-Mahallawy M, Elhennawy A, 2012. Design & Implementation of an Encryption Algorithm for use in RFID System. International Journal of RFID Security and Cryptography (IJRFIDSC)-Infonomics Society, 1(1-4): 51-57.

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Kayseri’de doğdum. İlkokulu Şehit Doktor Ulucan Dayan İlköğretim Okulu’nda, ortaokulu Turgut Özal İlköğretim Okulu’nda ve liseyi Aydınlikevler Lisesi’nde tamamladım. 2005 yılında kazandığım Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü’nden 2009 yılında derece ile mezun oldum. 2009-2010 ve 2010-2011 Eğitim-Öğretim dönemlerinde Milli Eğitim’e bağlı liselerde Bilgisayar Öğretmeni olarak görev yaptım. 2012-2013’de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladım. Yabancı dilim İngilizce’dir. Evliyim. 10.01.2012 tarihinden itibaren Bitlis Eren Üniversitesi Ahlat Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojileri Bölümü’nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktayım.

Fatih MARAŞLI