

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RADYO FREKANSLI KİMLİK TANIMLAMA (RFID) SİSTEMİ İLE TREN KONUM
TESPİTİ**

MEHMET DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. AKTÜL KAVAS**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RADYO FREKANSLI KİMLİK TANIMLAMA (RFID) SİSTEMİ İLE TREN KONUM
TESPİTİ**

Mehmet DEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 06.11.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Tülay YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Özgür T. KAYMAKÇI
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan, yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS'a teşekkür ederim.

Ayrıca, birlikte çalışmaktan büyük keyif duyduğum İstanbul Ulaşım A.Ş. yönetici ve arkadaşlarıma, bu tez boyunca göstermiş oldukları desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum.

Ve benden fedakârlıklarını, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Kasım, 2014

Mehmet DEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Bulgular	11
BÖLÜM 2	
OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİ	15
2.1 Barkod Sistemleri	16
2.2 Optik Karakter Tanıma Sistemleri (OCR).....	18
2.3 Biyometrik Sistemler	18
2.4 Çipli (Akıllı) Kart Sistemleri.....	18
BÖLÜM 3	
RFID SİSTEMLERİ	20
3.1 RFID Sistemin Sistem Bileşenleri ve Çalışma Yapısı	20
3.1.1 Etiket.....	21
3.1.1.1 Fonksiyonlarına Göre RFID Etiketleri	22
3.1.1.2 Belleklerine Göre RFID Etiketleri.....	23
3.1.2 Anten	23
3.1.3 Okuyucu.....	24
3.2 RFID Frekans Bandları	25

3.3	RFID Standartları	27	
3.4	RFID Uygulamaları.....	27	
3.4.1	Raylı Sistemlerde RFID Sistemi	27	
BÖLÜM 4			
KADIKÖY-KARTAL METROSU RFID UYGULAMA PROJESİ			32
4.1	M4 Kadıköy-Kartal Metrosu.....	32	
4.2	Sistem Mimarisi	34	
4.3	Ekipman Yerleşimleri	36	
4.3.1	Okuyucu Yerleşimi	36	
4.3.2	Anten Yerleşimi.....	36	
4.3.3	Etiket Yerleşimi	37	
4.4	Yazılım Uygulaması	39	
BÖLÜM 5			
ONUÇ VE ÖNERİLER			54
KAYNAKLAR.....			57
EK-A			
RFID OKUYUCU.....			59
EK-B			
RFID ETİKET			61
EK-C			
RFID ANTEN.....			63
ÖZGEÇMİŞ.....			65

SİMGE LİSTESİ

Ai	Yol Numarası
™	Trademark
∅	Çap Uzunluğu

KISALTMA LİSTESİ

ATO	Automatic Train Operation – Otomatik Tren İşletimi
Auto-ID	Automatic Identification – Otomatik Kimliklendirme
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations – Avrupa Posta ve Telekomünikasyon Birliği
DEP	Depot Area – Depo Alanı
EN	European Standard – Avrupa Standardı
EPC	Electronic Parts Catalogue – Elektronik Ürün Kataloğu
ETCS	European Train Control System – Avrupa Tren Kontrol Sistemi
ETSI	European Telecommunications Standard Institute – Avrupa İletişim Standartları Enstitüsü
EVC	European Vital Computer – Avrupa Hayati Bilgisayarı
FKM	Frequency Shift Modulation – Frekans Kaydırmalı Modülasyon
GEN	Generation - Jenerasyon
HF	High Frequency – Yüksek Frekans
I/O	Input/Output – Giriş/Çıkış
IC	Integrated Circuit – Entegre Devre
IFF	Identification Friend or Foe – Dost veya Düşman Tanımlama
IP	International Protection – Uluslararası Koruma
ISM	Industrial-Scientific-Medical – Endüstriyel-Bilimsel-Tıbbi
ISO	International Organization for Standardization – Uluslararası Standardizasyon Örgütü
KET	Short Range Radio – Kısa Mesafe Telsiz Erişimi
LF	Low Frequency – Alçak Frekans
LLRP	Low Level Reader Protocol – Düşük Seviye Okuyucu Protokolü
MBA	Maltepe Maintenance Area – Maltepe Bakım Alanı
OCR	Optical Character Recognition – Optik Karakter Tanıma
PACS	Personnel Attendance Control Systems – Personel Devam Kontrol Sistemi
RBC	Radio Block Center - Telsiz Kumanda Merkezi
RF	Radio Frequency - Radyo Frekansı
RFID	Radio Frequency Identification – Radyo Frekanslı Kimlik Tanımlama
SDK	Software Development Kit – Yazılım Geliştirme Kiti
TCMS	Train Control and Monitoring System – Tren Kontrol ve İzleme Sistemi
UHF	Ultra High Frequency – Aşırı Yüksek Frekans
VCC	Vehicle Control Center – Araç Kontrol Merkezi
WLAN	Wireless Local Area Network – Kablosuz Yerel Alan Ağı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Araç Kontrol Merkezi (VCC) – Araç haberleşmesi [4]	5
Şekil 1.2 Araç Kontrol Merkezi ile trenlerin haberleşmesini sağlayan lup kablosu [5].....	6
Şekil 1.3 Kadıköy-Kartal Metro’su’nda kullanılan tren antenleri [5]	6
Şekil 1.4 Maltepe Bakım Alanı (MBA) Hat Şeması	7
Şekil 1.5 Kumanda Merkezi gerçek zamanlı tren takibi	8
Şekil 1.6 Kumanda Merkezi manuel tren takibi	9
Şekil 1.7 MBA’da çalışma yapılan alana ait detaylar	10
Şekil 1.8 Tünel kesiti.....	11
Şekil 1.9 Motorola FX7400 okuyucu [8]	12
Şekil 1.10 Confidex Survivor markalı etiket [10].....	13
Şekil 1.11 MT-242021/NV/K anteni [11].....	14
Şekil 2.1 Otomatik Kimlik Tanımlama Sistemleri Auto-ID [1]	15
Şekil 2.2 Tipik barkod örneği [13]	16
Şekil 2.3 Tipik hafıza kartı yapısı ve tipik mikroişlemcili kartı yapısı [1].....	19
Şekil 3.1 RFID sistem bileşenleri ve çalışma yapısı [20].....	21
Şekil 3.2 Kullanım alanlarına göre tasarlanmış farklı RFID etiketleri [1].....	22
Şekil 3.3 Farklı tasarımlarda anten örnekleri [14].....	24
Şekil 3.4 Anten Polarizasyonları	24
Şekil 3.5 RFID okuyucu örnekleri [14]	25
Şekil 3.6 RFID okuyucu yapısı [9]	25
Şekil 3.7 M2 İstanbul Metro’su’nda kullanılan balis anteni.....	30
Şekil 3.8 M2 İstanbul Metro’su’nda kullanılan sabit ve değişken verili balis	30
Şekil 3.9 M2 İstanbul Metro’su hareketli bloklu tren ayırma sistemi	31
Şekil 4.1 Atölye Alanı’nda trenler	34
Şekil 4.2 Uygulama projesi sistem mimarisi	35
Şekil 4.3 Okuyucu montajı	36
Şekil 4.4 Anten montajı.....	37
Şekil 4.5 Etiket montajı	38
Şekil 4.6 Okuma mesafesi - Çalışma frekansı [10]	39
Şekil 4.7 Takip ekranı	40
Şekil 4.8 Sistemin çalışma algoritması	41
Şekil 4.9 Programın çalıştırılma algoritması.....	42
Şekil 4.10 Tren hareketlerinin izlenme algoritması	43
Şekil 4.11 TrainForm	45

Şekil 4.12 ConnectionForm'a geçiş	47
Şekil 4.13 ConnectionForm	48
Şekil 5.1 Maltepe Bakım Alanı (MBA) Hat Şeması	55

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 RFID teknolojisi için onar yıllık gelişim evreleri [3]	3
Çizelge 2.1 RFID sistemi ve barkod sistemi karşılaştırması [9]	17
Çizelge 3.1 RFID ETSI frekansları [18]	26
Çizelge 3.2 RFID frekans bantları ve uygulamaları [18]	26
Çizelge 3.3 Eurobalis teknik özellikleri [1]	29
Çizelge 4.1 Kullanılan ekipmanlar	35
Çizelge 4.2 Muhtemel tren hareketleri	43

RADYO FREKANSLI KİMLİK TANIMLAMA SİSTEMİ (RFID) İLE TREN KONUM TESPİTİ

Mehmet DEMİR

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS

Uzun yıllardır hayatımızda yer alan Radyo Frekanslı Kimlik Tanımlama (RFID-Radio Frequency Identification) sistemleri, en popüler otomatik kimlik tanımlama sistemlerinden biridir. Radyo frekanslı kimlik tanımlama sistemleri, tanımlama uygulamasını radyo dalgalarını kullanarak gerçekleştirdiğinden alıcı ve verici arasında doğrudan temas şartına gerek duymamaktadır. Bu da RFID uygulamalarının kullanımını kolaylaştırdığı gibi popülaritesini de arttırmaktadır.

RFID sistemleri demirbaş ve stok takip sistemlerinde, otomatik geçiş sistemlerinde, kütüphanelerde, lojistik sektöründe, otomotiv sektöründe, askeri ve havacılık alanlarında, perakende alanlarında, personel devam kontrol sistemlerinde (PDKS), hasta takip sisteminde, banka kartlarında ve raylı sistemlerde gibi pek çok farklı sistem ve alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında otomatik kimlik tanımlama sistemleri ele alınıp incelenmiş, otomatik kimlik tanımlama sistemlerinden biri olan RFID sistemi detaylandırılmış ve RFID sistemi kullanılarak örnek bir uygulama olarak tamamı yer altında bulunan Kadıköy-Kartal Metrosu Maltepe Bakım Alanı'nda bulunan Atölye Alanı için trenlerin konumunun Kumanda Merkezi'nden gerçek zamanlı olarak takip edilmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu alanın seçilmesinin nedeni, bu bölgede sinyalizasyon sisteminin kurulu olmamasıdır. Sinyalizasyon sistemi temelde merkez, hatboyu ve araçüstü ekipmanlarından oluşmaktadır. Sinyalizasyon sistemi haberleşme için bu ekipmanları kullanmaktadır. Bu ekipmanlardan en az biri devre dışı kaldığında sinyalizasyon sistemi çalışmamaktadır. Maltepe Bakım Alanı'nda (MBA) bulunan Atölye Alanı, tren bakımlarının ve tren arızalarına müdahalenin yapıldığı yer olarak kullanılmaktadır. Bakım ve arızaların emniyetli bir şekilde yapılması için trenlerin enerjisinin kapatılması gerekmektedir. Böyle bir durumda araçüstü sinyal ekipmanları mecburi olarak devre dışı kalacaktır. Dolayısıyla bu alanda sinyalizasyon sistemi kurulu olsa da devre dışı bırakılmış olunacaktır.

Bu çalışmada Motorola FX7400 okuyucuları, Confidex firmasına ait Class 1 Gen2 UHF özelliğine sahip Confidex Survivor™ RFID etiketleri ve MTI Wireless Edge firmasına ait MT-242021/NV/K markalı lineer dikey polarizasyona sahip antenler kullanılmıştır. Böylece personelin tren bakımlarını rahat yapabilmeleri için hiç bir sinyalizasyon ekipmanının bulunmadığı Atölye Alanı için halihazırda manuel olarak takip edilen trenler için alternatif bir tren konumu takip sistem gerçekleştirilmiş oldu. Dolayısıyla trenlerin Atölye Alanı'nda hangi hatta olduklarının takibi yapılabildiği için manuel tren takibinde oluşabilecek olası riskler de minimize edilmiş ve etkin tren işletmesi yapılmasına katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: RFID, RFID etiket, RFID okuyucu, otomatik kimlik tanımlama sistemleri, metro, raylı sistemler, sinyalizasyon sistemi, konum tespiti

DETERMINING TRAIN LOCATIONS IN RAILWAY SYSTEMS USING RFID TECHNOLOGY

Mehmet DEMİR

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Assoc. Dr. Aktül KAVAS

Radio Frequency Identification system is one of the most popular automatic identification system today. Direct contact and line of sight communication is not required between the receiver and transmitter since radio frequency identification systems performs identification using radio waves. This feature makes it easy to use RFID applications and also it increases their popularity.

RFID systems are widely used in many different systems and areas such as inventory tracking systems, automatic toll collection systems, libraries, logistics industry, automotive industry, military and aviation, retail, personnel attendance control systems (PACS), patient follow-up system, bank cards and rail systems.

Within the scope of this thesis, automatic identification systems were examined, RFID system, being one of the automatic identification systems was elaborated and an example application was performed by using RFID system in Workshop Area located in Kadıköy-Kartal Subway Maltepe Maintenance Area which is totally underground in order to track the position of trains real time at Control Center.

The reason for selecting this area is that signaling system is already installed in this area. Signaling system basically comprises of center, wayside and vehicle onboard equipments. Signaling system uses these equipments for communication. Signaling

system does not run when any of these equipments is deactivated. The Workshop Area in Maltepe Maintenance Area is used as a location for performing train maintenance and repairing the breakdowns in trains. It is required to shut down the power of trains in order to perform the maintenance and repairs in a safe manner. In this case, vehicle onboard signaling equipments will have to be deactivated. Therefore, signaling system in this area will be deactivated as well even if it is installed.

In this study, Motorola FX7400 readers, Confidex Survivor™ RFID tags with Class 1 Gen2 UHF feature of Confidex company and MT-242021/NV/K branded linear polarization antennas of MTI Wireless Edge company were used. Thus, an alternative train tracking system was formed for the trains tracked manually for Workshop Area where no signaling equipment is present so that staff could perform train maintenance easily. Therefore, the risks that may arise in connection with manual train tracking are minimized and effective train operation will be provided since it is possible to track on which line the trains are within the Workshop Area.

Keywords: RFID, RFID tags, RFID reader, automatic identification systems, metro, railway systems, signalling system, position detection

1.1 Literatür Özeti

Geçtiğimiz yıllarda, otomatik kimlik tanımlama sistemleri (Auto-ID) bir çok hizmet sektöründe, satın alma ve dağıtım sektöründe, lojistik sektöründe, üretim şirketlerinde ve malzeme akış sistemlerinde çok popüler hâle gelmiştir.

Tanımlama sistemlerinde bir devrimi tetikleyen ve bir çok yerde kullanılan barkod etiketleri çeşitli noktalarda yetersiz bulunmaya başlanmıştır. Barkodlar son derece ucuz olmasına rağmen, bunların dezavantajı düşük saklama kapasitesine sahip olmaları ve yeniden programlanamamalarından kaynaklanmaktadır [1]. Bu durum, tanımlama uygulamasını radyo dalgalarını kullanarak gerçekleştiren, alıcı ve verici arasında doğrudan temas ve doğrudan görüş şartına gerek duymadan çalışabilen RFID radyo frekanslı kimlik tanımlama sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasını ve RFID sistemlerinin popülaritesinin artmasına neden olmuştur.

Radyo frekanslı kimlik tanımlama teknolojisinin kökleri 2. Dünya Savaşı'na dayanmaktadır. Almanlar, Japonlar, Amerikalılar ve İngilizler kilometrelerce uzaktan yaklaşan uçaklarla ilgili uyarı vermek için İskoç fizikçi Sir Robert Alexander Watson-Watt tarafından 1935 yılında keşfedilen radarı kullanmışlardır. Sorun hangi uçakların düşmana hangi uçakların görevden dönen kendi pilotlarına ait olduğunu belirlemenin bir yolunun olmamasıydı. İlk aktif dost-düşman tanıma (IFF) sistemini gizli bir projeyi yöneten Watson-Watt liderliğinde İngilizler geliştirmişlerdir. Her bir İngiliz uçağına bir verici yerleştirilmiştir. Verici, karadaki radar istasyonlarından sinyali alınca, uçağı dost uçağı olarak tanımlayan bir sinyal yayınlamaya başlar. RFID sistemi de bu temel kavram üzerine çalışmaktadır. Alıcı, verici cihaza bir sinyal gönderir, bu cihaz tetiklenir veya tekrar bir sinyal yansıtır (pasif sistem) ya da bir sinyal yayınlamaya başlar (aktif sistem).

1960-1970 yılları da RFID sistemlerine yönelik teorik çalışmaların yapıldığı bir dönem olmuştur. RFID sistemlerine yönelik ilk ticari uygulama denemeleri yine bu dönemde olmuştur. İlk ticari uygulama mağazalarda hırsızlığa karşı ürünlere RFID etiketin yerleştirilmesiyle yapılmıştır [2], [3].

Mario W. Cardullo 23 Ocak 1973'te yeniden yazılabilir belleğe sahip aktif bir RFID etiketi için Amerika'da ilk patenti alan kişi olmuştur. Aynı yıl, Kaliforniyalı bir girişimci olan Charles Walton kapıyı anahtarsız açmak için kullanılan pasif bir alıcı verici cihaz için bir patent almış ve bir kilit üreticisi olan Schlage ve diğer şirketlere teknolojinin lisansını vermiştir. Aynı dönemlerde ABD Enerji Bakanlığı, Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'ndan nükleer materyallerin izlenmesi için bir sistem geliştirmesini istemiştir. Bir grup bilim adamı bir kamyonu ve güvenli tesislerin girişlerindeki okuyuculara bir alıcı-verici cihaz yerleştirme fikrini ortaya atmışlardır. Kapıdaki anten, kamyondaki alıcı-verici cihazı tetiklemekte, cihaz bir kimlik numarası ve sürücünün kimliği gibi diğer potansiyel verilerle cevap vermektedir. Daha sonra proje üzerinde çalışan Los Alamoslu bilim adamları buradan ayrılıp otomatik otoyol geçiş ücreti ödeme sistemleri geliştirmek üzere bir şirket kurmaya karar verince bu sistem 1980'lerin ortasında ticarileştirilmiştir. Bu sistemler dünya genelinde yollarda, köprülerde ve tünellerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2].

1980'ler RFID teknolojisinin bütün uygulamalarının geliştirildiği dönem olmuştur. ABD'de en çok ilgi ulaşım, personel erişimi ve hayvancılık alanlarında olurken Avrupa'da ise en çok ilgi hayvancılık, endüstri ve iş uygulamaları ile ücretli otoyol sistemleri olmuştur. 1987 yılında Norveç'te gişelerden ücret toplamak için dünyanın ilk ticari uygulaması ve sonrasında da 1989 yılında ABD'de kurulan uygulamada RFID teknolojisi kullanılmıştır [3].

1990'ların başında, IBM mühendisleri ultra yüksek frekans (UHF) RFID sistemini geliştirip patentini almışlardır. UHF daha uzun bir okuma menzili ve daha hızlı veri aktarımı sunmuştur. IBM Wall-Mart ile ilk pilot çalışmaları yürütmüş, ancak bu teknolojiyi o yıllarda ticarileştirmemişlerdir. 1999'da Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble and Gillette şirketleri Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde Auto-ID Merkezi'ni kurarak UHF RFID teknolojisini tekrar

canlandırmışlardır. Buradaki profesörler, David Brock ve Sanjay Sarma RFID'yi nesnelere etiket vasıtasıyla internete bağlamak suretiyle bir ağ teknolojisine dönüştürmüşlerdir. Böylece artık üretici sevkiyat, üretim tesisinden veya depodan çıktığı anda iş ortağının otomatik olarak haberdar olmasını sağlayabiliyor, perakendeci otomatik olarak ürünlerin varlığını üreticiye haber verebiliyordu.

Auto-ID Merkezi 1999 ile 2003 yılları arasında, 100'den fazla büyük nihai kullanıcı şirketin ve ABD Savunma Bakanlığı ve bir çok RFID satıcısının desteğini almıştır. Avustralya, İngiltere, İsviçre, Japonya ve Çin'de araştırma laboratuvarları açılmıştır. Sınıf 1 ve Sınıf 0 protokolleri geliştirilmiş, Elektronik Ürün Kodu (EPC) numaralandırma şeması ve internette RFID etiketine bağlı verilerin aranabilmesi için bir ağ mimarisi geliştirilmiştir. Teknoloji 2003 yılında Uniform Code Council'e lisanslanmış, Uniform Code Council ise EPC teknolojisini ticarileştirmek için EAN International ortak girişimi ile EPCglobal'i kurmuştur. Auto-ID Center Ekim 2003'te kapılarını kapatmış ve araştırma sorumluluklarını Auto-ID Laboratuvarları'na devretmiştir [2].

RFID teknolojisinin onar yıllık periyotlar hâlinde gelişimi Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 RFID teknolojisi için onar yıllık gelişim evreleri [3]

Tarih	Olay
1940 - 1950	Radar geliştirildi ve kullanılmaya başlandı. Özellikle 2. Dünya Savaşı'nda radarı geliştirmeye yönelik çalışmalar yapıldı.
	1948 RFID'nin keşfi
1950 - 1960	İlk RFID teknolojisi araştırmaları
	Laboratuvar deneyleri
1960 - 1970	RFID teorisinin geliştirilmesi
	Uygulamalara, saha testlerine başlama (Mağazalarda hırsızlığa karşı ürünlere RFID etiket yerleştirilmesi)

Çizelge 1.1 RFID teknolojisi için onar yıllık gelişim evreleri(devamı)

Tarih	Olay
1970 - 1980	RFID gelişiminde patlama
	RFID testlerinin hızlanması
	İlk RFID uygulamaları
1980 - 1990	Ticari RFID uygulamaları başladı. <ul style="list-style-type: none">- Amerika'da ulaşım, personel erişim- Avrupa'da ulaşım, hayvan izleme, endüstri
1990 - 2000	Standartların ortaya çıkışı
	RFID'nin geniş bir şekilde kullanımı
	RFID'nin günlük yaşamın bir parçası olması
2000 -	RFID gelişimi devam etmekte

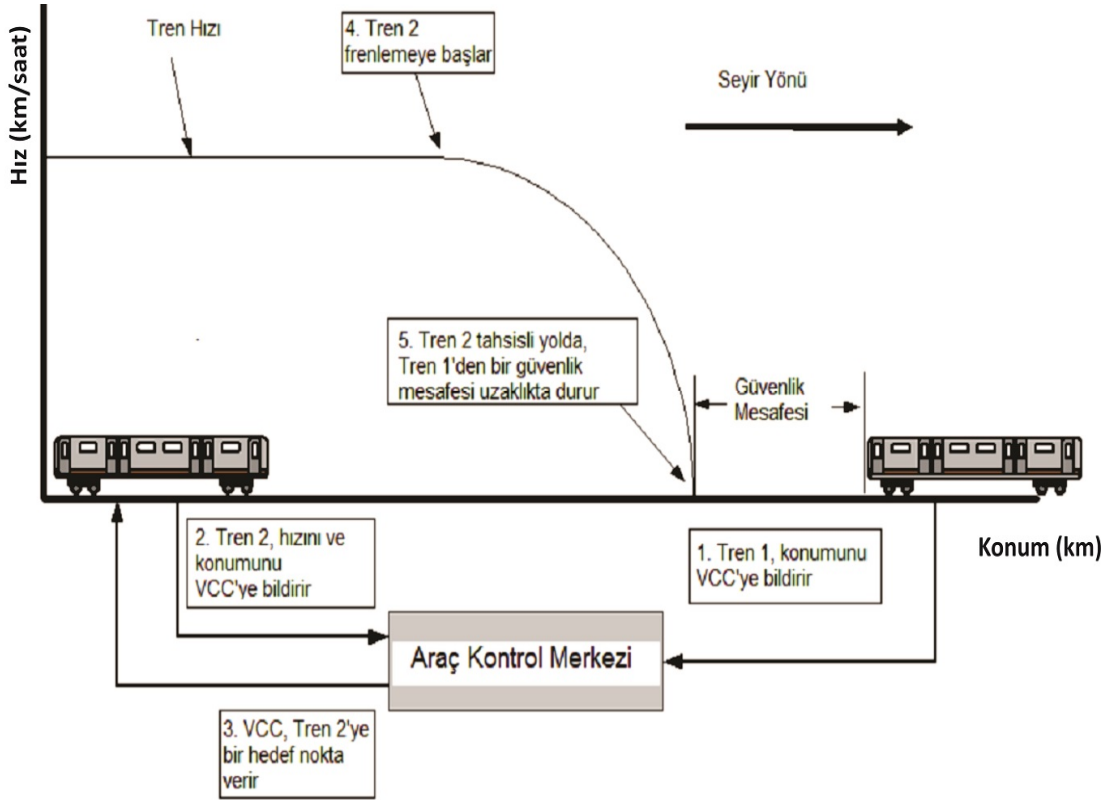
1.2 Tezin Amacı

Raylı sistemlerde tren işletimi, güvenli tren ayırımı yapmaya yarayan sinyalizasyon sistemleri kullanılarak yapılmaktadır. Sinyalizasyon sisteminin bulunmadığı bir sistemde sorumluluk tümüyle makinist ve kumanda merkezi operatöründe olmaktadır. İnsan hatalarını minimize etmek için ticari işletmelerde sinyalizasyon sistemlerinin kullanılması zaruri olmaktadır.

Sinyalizasyon sistemi altında bulunan trenlerin pozisyonları, hatta daha önceden tanımlanmış ekipmanlar ve tren üzerinde bulunan araçüstü sinyal ekipmanları yardımıyla gerçek zamanlı olarak tespit edilmektedir. Ticari işletmelerde kurulu bulunan sinyalizasyon sistemleri, trenlerin rutin bakımlarının yapıldığı ve/veya arızalarına müdahalenin gerçekleştirildiği tren bakım alanlarında tanımlanmamaktadır. Tanımlı olması durumunda bakım/arıza giderimi için trenin gücü kesilmek zorunda

olacağından araçüstü sinyal ekipmanları devre dışı kalacak, sinyal sistemi çalışmayacaktır. Dolayısıyla sinyal sisteminin kurulmasının bir anlamı olmayacaktır.

Kadıköy-Kartal Metrosu'nun sinyalizasyon sisteminin çalışma prensibi hareketli blok ilkesine dayanmaktadır. Sistemin çalışması Şekil 1.1 'de gösterilmiştir.



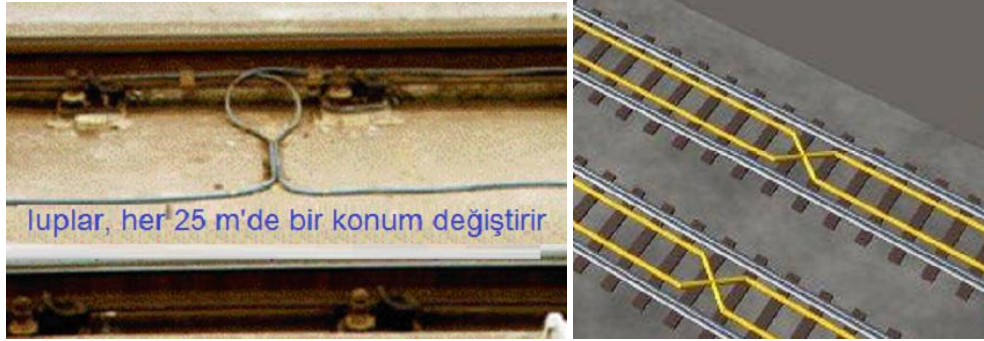
Şekil 1.1 Araç Kontrol Merkezi (VCC) – Araç haberleşmesi [4]

Şekil 1.1'de ilk olarak Tren1, konum ve hız bilgisini Araç Kontrol Merkezi'ne (VCC) gönderir. Sonrasında Tren2, konum ve hız bilgisini VCC'ye gönderir. VCC, trenlerden gelen bilgileri işledikten sonra Tren2'ye bir hedef noktası verir. Tren2, VCC'den aldığı bu komut doğrultusunda ilgili alana geldiğinde yavaşlamaya başlar ve kendisine verilen hedef noktasında, bir güvenlik mesafesi boyunca durur. Güvenlik mesafesi; gerçek işletme hızlarına, frenleme eğrilerine ve trenlerin tahsisli yoldaki yerlerine göre dinamik olarak hesaplanır.

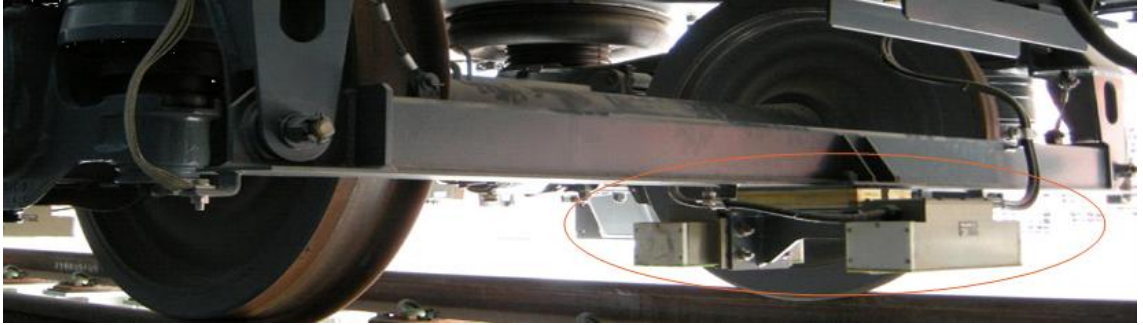
Araçlar arasında her zaman bir güvenlik mesafesi bulunmaktadır. Bu mesafe, bir trenin komut verilen durma noktası ile öndeki trenin arkasının doğrulanmış konumu arasındaki mesafedir. Bu mesafe, birkaç tane en kötü durumun peş peşe ortaya çıkması hâlinde bile güvenli işletmenin hâlâ devam ettirilebilmesine imkân sağlayacak şekilde

tasarlanır. En kötü durumlara örnek olarak, peş peşe giden iki trenden öndekinin sinyalden düşmesi ve dolayısıyla sistem tarafından otomatik frenle durdulması hâline ek olarak, arkadan gelen trenin donma ya da raydaki yağlanmadan sebep kayması ve normal fren değerlerini karşılayamaması durumları verilebilir.

Araç Kontrol Merkezi ile trenler arasındaki haberleşme kesintisiz olarak yapılmakta ve herhangi bir nedenden dolayı iletişim kesildiğinde araçlar otomatik olarak sinyalizasyon sisteminden düşmektedir (time out olmaktadır). Araç Kontrol Merkezi ile trenler arasındaki iletişim, Şekil 1.2’de gösterilen hat boyunca döşenmiş olan lup kablosu ve Şekil 1.3’te gösterilen tren antenleri vasıtasıyla sağlanmaktadır.



Şekil 1.2 Araç Kontrol Merkezi ile trenlerin haberleşmesini sağlayan lup kablosu [5]

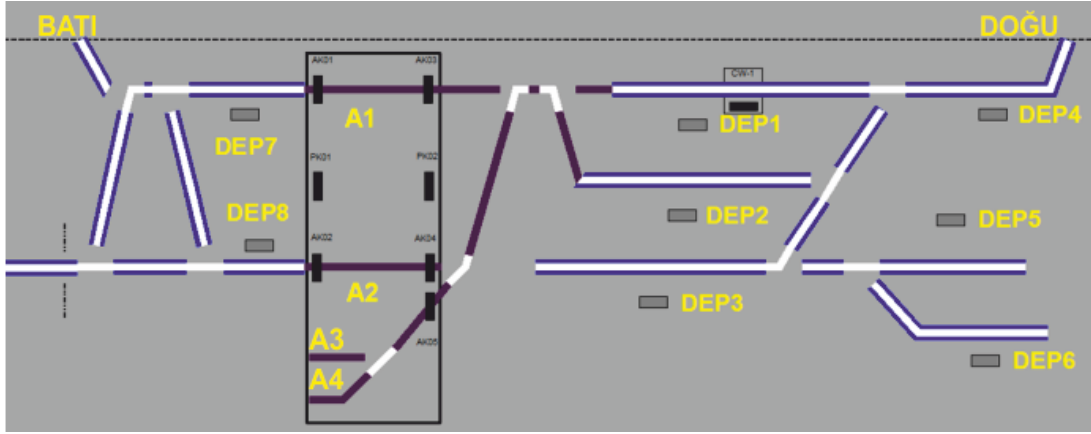


Şekil 1.3 Kadıköy-Kartal Metrosu’nda kullanılan tren antenleri [5]

Lup kablosu, koruyucu ve yalıtıcı bir dış katmanı bulunan, ekransız bir bükülü bakır kablo damarından meydana gelir. Bu kablo, lup iletişim sistemi için hem verici hem alıcı anten görevi görür. Lup kabloları Şekil 1.2’de gösterildiği gibi, iki paralel kablonun düzenli olarak karşı tarafa geçirilerek, taşıyıcı raylara paralel ve yaklaşık olarak her 25 metrede bir geçecek şekilde raylar arasına döşenir. Lup kablosu, Araç Kontrol Merkezi ile tren haberleşmesini sağladığı gibi araçüstü sinyal ekibi, araç her lup noktasından

geçerken sinyaldeki faz değişikliklerini tespit eder ve bunu tren konumunun tespiti için kullanır [4], [5].

Tren konum tespiti için kullanılan lup kablosu Maltepe Bakım Alanı'nda bulunan Atölye Alanı'nda kurulu değildir ve dolayısıyla bu bölge sinyalsiz bölgedir. Şekil 1.4'te şeması gösterilen Maltepe Bakım Alanı'nda mor renkle gösterilen hatlar Ai, sinyalizasyon sisteminin kurulu olmadığı hatları (Ai: A1, A2, A3 ve A4); mavi ile gösterilen alanlar sinyalizasyon sisteminin aktif olduğu hatları göstermektedir.



Şekil 1.4 Maltepe Bakım Alanı (MBA) Hat Şeması

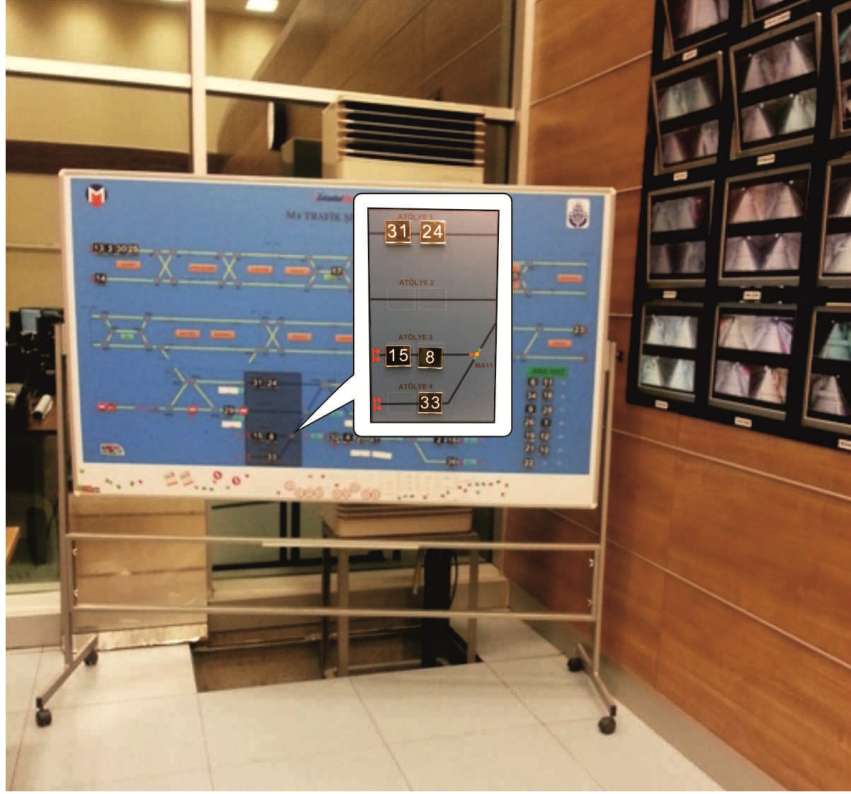
Atölye Alanı'nda lup kablosunun kurulu olması, tren altında yapılacak müdahalelerde çalışanların ayaklarına dolanabileceği gibi rahat bir çalışma imkanı da sağlayamayacaktır. Bunun yanında bakım/arıza müdahaleleri için zorunlu olarak trenlerin enerjilerinin kesilmesi gerekmektedir. Böyle bir durumda trende bulunan araçüstü sinyal ekipmanları da devre dışı kalacağından tren konumu tespiti yine yapılamayacaktır.

Öte taraftan Kumanda Merkezi, etkin tren işletimi için trenler hangi şartlarda olurlarsa olsunlar konumlarını bilmek zorundadırlar. Bunun için tren konumları, sinyalli bölgelerde sinyalizasyon sistemi üzerinden gerçek zamanlı takip edilirken (Şekil 1.5), sinyal sisteminin olmadığı bölgelerde makinist yardımıyla manuel olarak (Şekil 1.6) takip edilmektedir.



Şekil 1.5 Kumanda Merkezi gerçek zamanlı tren takibi

Manuel tren takibi: arızalı veya bakımı yapılacak tren Atölye Alanı'na kontrollü bir şekilde maksimum 5 km/saat hızla getirilip bırakılır. Sonrasında makinist tarafından Kumanda Merkezi ile irtibata geçilip bölge teyit edilir. Teyidi alınan tren Kumanda Merkezi personeli tarafından odada bulunan magnetli panoya işlenir. İşlemi biten tren o bölgeden alındığında yine makinist tarafından Kumanda Merkezi ile teyitleşir. Teyidi alınan tren, Kumanda Merkezi personeli tarafından odada bulunan magnetli panodan kaldırılır.

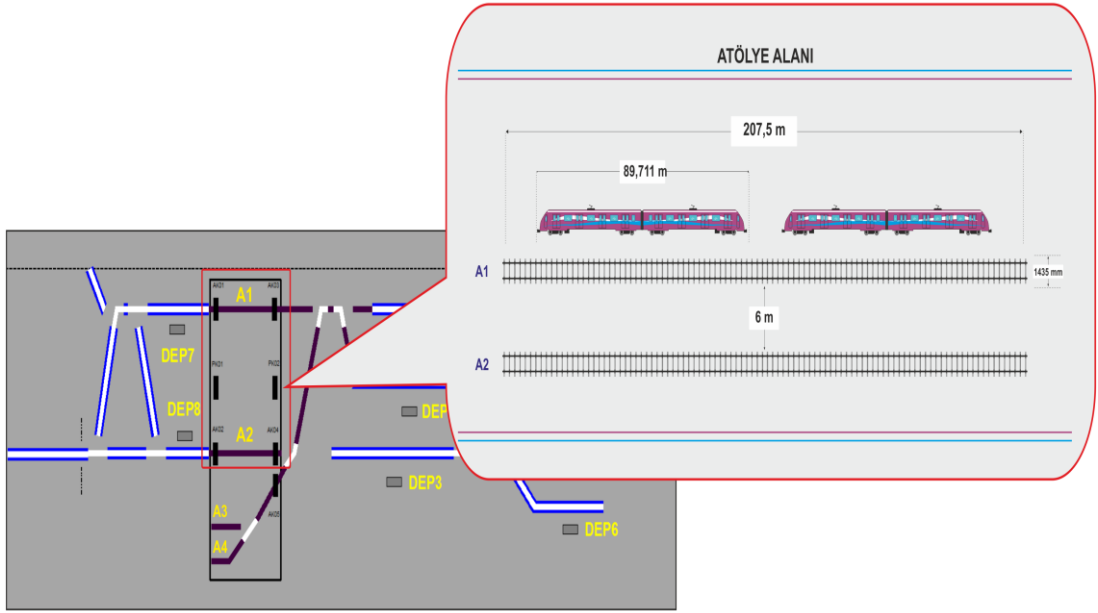


Şekil 1.6 Kumanda Merkezi manuel tren takibi

Manuel tren takibinde bir takım olumsuzlukların meydana gelmesi olasıdır. Bunlar; makinist bilgi vermeyi unutabilir, makinist yanlış bilgi verebilir, Kumanda Merkezi personeli makinistten teyit almayı unutabilir, Kumanda Merkezi personeli makinistten aldığı bilgiyi magnetli panoya işlerken yanlışlık yapabilir veya işlemeyi unutabilir, metronun kuruluşu aşamasında Kumanda Merkezi'nde bulunan diğer personeller tarafından magnetlerin yerleri değiştirilebilir, magnetlerin zamanla çekim güçleri zayıflayarak kendileri düşebilir vs.

Bu çalışmanın amacı kullanımı her geçen gün yaygınlaşan otomatik tanıma sistemlerini (Auto-ID), temassız olması özelliğiyle kullanılabilirliği kolay olan RFID sistemlerini tanıtmak ve en önemlisi RFID sistemini kullanarak tamamı yer altında bulunan Kadıköy-Kartal Metrosu'nda sinyalizasyon sisteminin bulunmadığı Maltepe Bakım Alanı içerisinde yer alan Atölye Alanı'ndaki trenlerin konumunu gerçek zamanlı olarak merkezden takip edilmesini gerçekleştirmek ve böylece olası manuel takip sorunlarını minimize etmektir.

Bu kapsamda, Şekil 1.7'de gösterilen şemada Atölye Alanı'nda A1 ve A2 hatlarına RFID sistemi kurulmuştur.



Şekil 1.7 MBA'da çalışma yapılan alana ait detaylar

Tamamı kapalı alan olan bölge ile ilgili olarak:

A1 hattının uzunluğu 207.5 m,

A2 hattının uzunluğu 207.5 m,

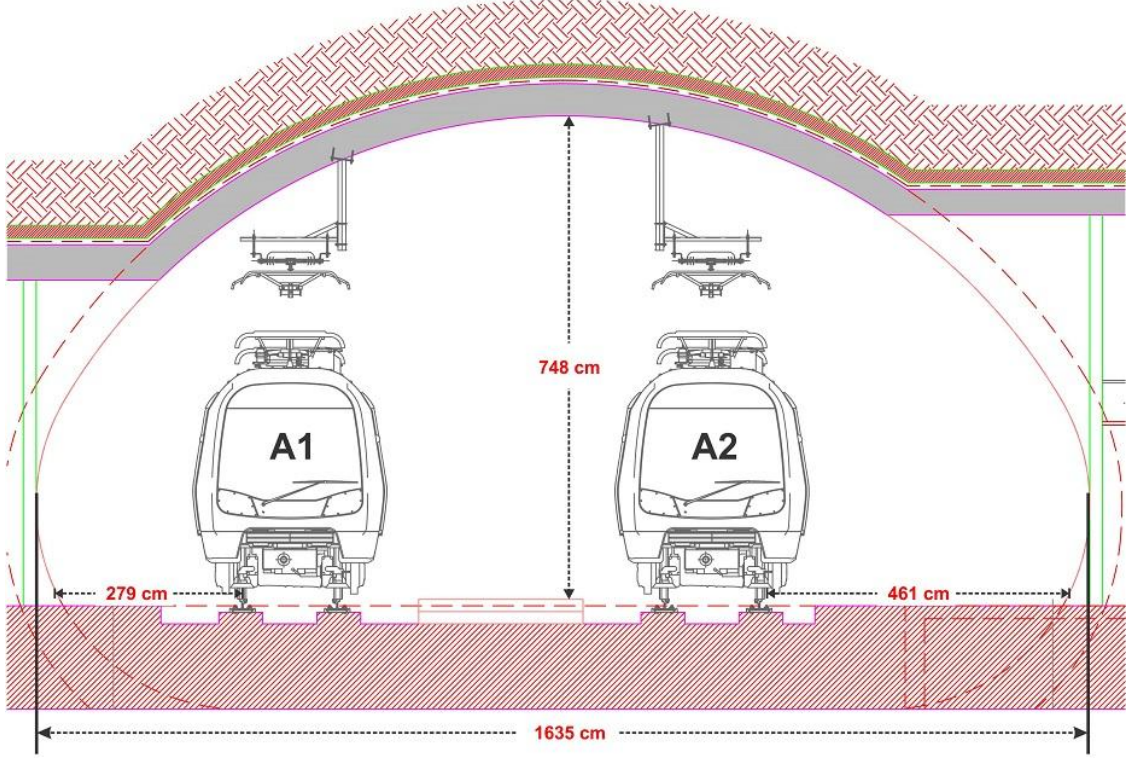
A1 ve A2 hattı arası mesafe 6.08 m,

İki ray arası mesafe 1435 mm,

Tren boyu 89.711 m'dir.

Hat uzunluklarının 207.5 m olmasından dolayı her bir hatta, maksimum 2 tren ($89.711 \times 2 = 179.422$ m) sığabilmektedir.

Atölye Alanı'nda A1 ve A2 hatlarına ait tünel kesit bilgisi Şekil 1.8'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8 Tünel kesiti

Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'den anlaşılacağı üzere çalışmanın yapıldığı alanın eni 1635 cm, yüksekliği 748 cm ve her bir hattın uzunluğu da 207.5 m'dir. Toplam alan ise 3392.6 m²'dir.

Bu çalışmada, A1 ve A2 hatlarının başlarına ve sonlarına konulmak üzere 2'şer adetten toplam 4 adet anten kullanılmıştır. Çünkü belirtilen bölgelere tren girişleri her iki taraftan da yapılabilmektedir. Anten konumu olarak iki ray arası seçilmiştir. Bunun nedeni de RFID etiketlerin montaj yerinin tren altları olmasıdır. Başka bir alternatif olarak RFID etiketler trenin sağına ya da soluna monte edilmiş olunsaydı bu durumda antenlerin de sağa veya sola monte edilmesi gerekecekti. Ancak böyle bir durumda trenin giriş yapacağı hatta göre antenin, RFID bilgisini okuyamama olasılığı olacaktı.

1.3 Bulgular

RFID cihazlarını üreten pek çok firma bulunmaktadır. Belli başlı RFID etiket üreten firmalar: AMOS Technologies, Avery Dennison, CAEN RFID, Ceracarta, Confidex, Emerson&Cuming, Favite RFID, Ferroxtag, IC-TAG Solution, Intermec, Invengo, LAB ID, MRFID, Omni-ID, PowerID, Rfcamp, RFID Sensor Systems, RFIDAMS, Rotas, Schreiner

LogiData, Simply RFID, Sirit, Texas Instruments, The Tag Factory, TROI, UPM Raflatac, William Frick&Co., ve XERAFY.

Önde gelen RFID okuyucu firmaları ise Alien Technology, Fujitsu, Impinj, Intermec, OBID, Secura Key, Sirit, Tek Industry firmalarıdır [6].

RFID donanım katmanı ve uygulama katmanı arasındaki haberleşme protokolünde EPC Global tarafından belirlenen standartlara uygunluk önem kazanmış durumdadır. EPC Global LLRP (Low Level Reader Protocol) standartlarını belirlemiş ve yazılım firmalarının bu standartlara uygun şekilde uygulama geliştirmesini önermiştir. Bu uyumluluğu sağlayabilmek için RFID okuyucunun da LLRP desteğine sahip olması gerekmektedir [7].

Bu çalışmada marka bağımsız olarak LLRP standardını karşılayan Motorola firmasına ait FX7400 markalı okuyucular, Confidex firmasına Confidex Survivor™ markalı etiketler ve MTI Wireless Edge firmasına ait MT-242021/NV/K markalı antenler kullanılmıştır.

Şekil 1.7’de gösterilen A1 ve A2 yollarının arasında, her iki tarafta, orta noktalarına gelecek şekilde 2 tane Motorola FX7400 okuyucu konulmuştur. Kullanılan okuyucu Şekil 1.9’da gösterilmiştir.



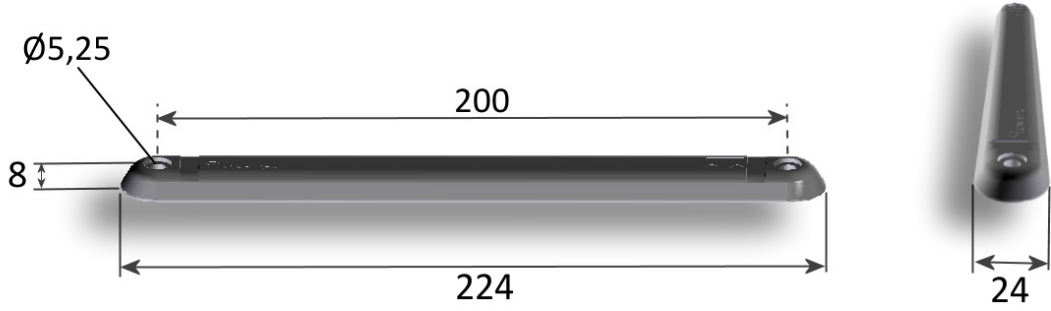
Şekil 1.9 Motorola FX7400 okuyucu [8]

Motorla FX4700 okuyucusu, 4 tane anten çıkışına sahip ve 24 V ile çalışmaktadır. Okuyucular, ethernet ile haberleşebilmekte, UHF frekansında çalışmakta, ISO 18000-6C, EPC Class 1 Gen 2 ve EN 302 208 standartlarını sağlamakta, http servisinde çalışabilmekte ve C# dilinde veri işlemeye uyumludur. Bu okuyucunun bir başka özelliği

de anten güçlerinin ayarlanılabilir olmasıdır. Böylece çalışma yapılacak mesafeye göre optimum güç ayarlaması yapılabilmektedir. Motorola FX7400 okuyucularına ait detaylı bilgi EK-A'te belirtilmiştir.

Bu çalışma için frekans aralığı olarak UHF bandı seçilmiştir. Çünkü UHF, okuma menzili LF ve HF'ye göre daha yüksek olup hızlı veri transferine imkan sağlamaktadır [9].

Etiket olarak, Confidex firmasına ait Confidex Survivor™ markalı etiketler seçilmiştir. Kullanılan etiket Şekil 1.10'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10 Confidex Survivor markalı etiket [10]

Bu etiketler EPCGlobal Class1 Gen2 ve ISO 18000-6C protokollerini sağlayan, 8-12 m mesafeye kadar okunabilen ve metal zeminlere monte edilebilen pasif UHF etiketlerdir. Çalışma kapsamında anten-etiket mesafesi 80 cm olacak şekilde ayarlandı. Etiket montajı için fiziksel olarak en uygun yerin trenin altı seçildiği ve antenlerin de iki rayın arasına monte edildiği hatırlanacak olunursa böyle bir durumda ikisi arasındaki mesafe 80 cm olarak hesaplanmıştır. Yani mesafenin 80 cm olarak seçilmesinin tasarıma yönelik özel bir nedeni bulunmamakta, tasarım tümüyle etiketin fiziksel montaj uygunluğundan kaynaklanmaktadır. Tasarım için mesafenin 0-12 m arası olması yeterlidir. Kullanılan etiketlere ait detaylı bilgi EK-B'de belirtilmiştir.

Bu çalışma kapsamında seçilen antenler, MTI Wireless Edge firmasına ait MT-242021/NV/K markalı antenlerdir. Çünkü bu antenler, EN 302 208 standardını sağlayabilen, 865-870 MHz aralığında çalışabilen düşey polarizasyonlu antenlerdir. Kullanılan anten Şekil 1.11'de gösterilmiştir.



Şekil 1.11 MT-242021/NV/K anteni [11]

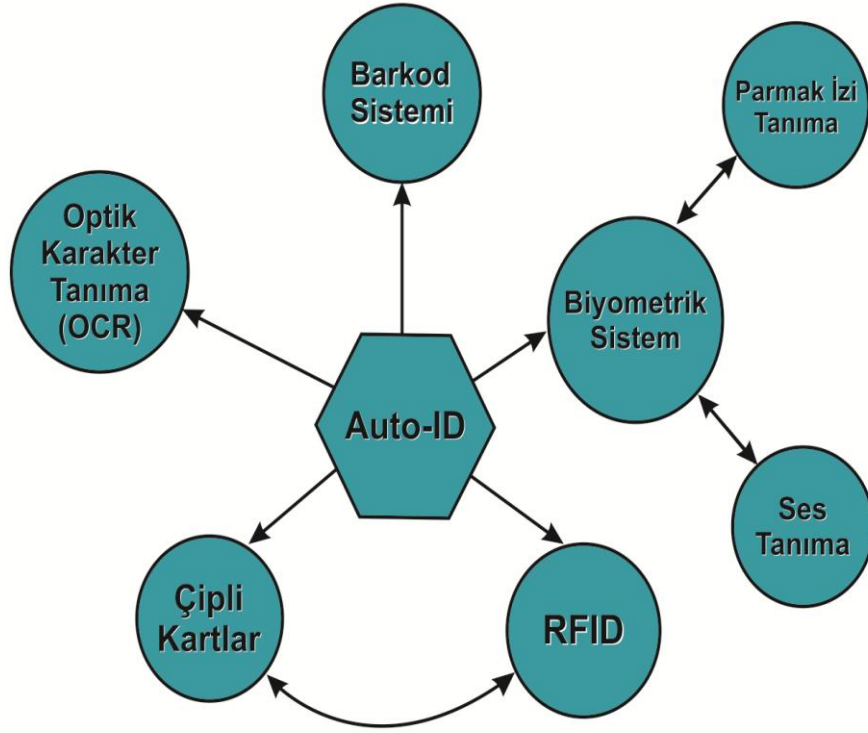
Düşey polarizasyonlu antenlerin seçilmesinin nedeni, bu antenlerin en uzak okuma mesafesinde fazla kazanç için tek bir ekseninde yoğunlaşmasıdır. Sistem tasarlanırken, antenlerin iki rayın arasında, etiketlerin de trenin altına yerleştirileceği planlandığı için hatasız okuma hedeflenmiştir. Böyle bir anten yerine yagi anten kullanılmış olsa idi çevrede bulunan bütün etiketlerin (antenin bulunduğu hat haricinde diğer hattaki etiketlerin de) okunması sağlanacaktı ki bu da, bu proje için özellikle istenilmeyen bir durumdur. Maltepe Bakım Alanı, yapılan atölye işlerine göre zaman zaman tozlu, kirli, yağlı ve sulu olabilmektedir. Bunun için kullanılan antenlerin koruma sınıfının da yüksek olması gerekmektedir. Bu çalışma için kullanılan antenlerin koruma sınıfı IP67'dir. IP67, toz geçirmez ve geçici suya daldırmanın etkilerine karşı korumalıdır.

Kullanılan antenlere ait detaylı bilgi EK-C'de belirtilmiştir.

Motorola FX7400 okuyucusundan gelen verilerin işlenerek programlanması için C# yazılım programı kullanılmıştır. Okuyucu sürücüsünün tanıtıldığı SDK (Software Development Kit- Yazılım Geliştirme Kiti), C# yazılımı üzerine olduğu için alınan verilerin işlenmesi kısmı da yine aynı program olan C# yazılımında yapılmıştır.

OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİ

RFID benzeri işlevleri yerine getiren farklı otomatik tanımlama sistemlerinin kısa bir özeti Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Otomatik Kimlik Tanımlama Sistemleri Auto-ID [1]

Otomatik tanımlama sistemleri 5 grupta toplanabilir:

2.1 Barkod Sistemleri

Barkod, bilginin cihazlar tarafından okunabilir şekilde görsel olarak bir yüzey üzerinde sunulmasıdır. Orijinal olarak barkod, veriyi paralel çizgilerin genişlikleri ve boşlukları arasında saklamaktadır ancak günümüzde noktasal şekiller, iç içe daireler ve görüntü içinde gizli şekiller gibi farklı türleri de görülebilmektedir. [1], [12].



Şekil 2.2 Tipik barkod örneği [13]

Bu tezin ana konusu olan RFID, barkod ile kıyaslanacak olunursa uygulamaları bazen benzerlik gösterse de teknik olarak iki farklı teknolojidirler. En büyük fark; barkod teknolojik anlamda doğrudan görüş hattı olarak tanımlanır. Yani barkod etiketi ile barkod okuyucusunun birbirlerini görmeleri gerekmektedir. Bu yüzden kullanıcılar tarayıcıyı, barkoda tutup okutmak zorundadır. RFID de ise doğrudan görme şartı yoktur. RFID etiketleri RFID okuyucunun menziline olduğu sürece okunabilir. Barkodların başka dezavantajları da vardır; eğer barkod etiketi yanlışlıkla çizilir, darbe alır ya da yırtılırsa bir daha okunması imkânsız hâle gelir. Eğer açık bir depoda çalışıyorsa çok güneşli günlerde barkod okuması ile ilgili yaşanabilecek muhtemel problemler RFID ile yaşanmaz. Ama en belirgin fark olarak -özellikle yoğun çalışılan ortamlarda- RFID'nin aynı anda onlarca hatta yüzlerce ayrı ürünü okuyabilmesidir. Barkod ile bu pek mümkün değildir [14].

Çizelge 2.1 RFID sistemi ve barkod sistemi karşılaştırması [9]

RFID Sistemi	Barkod Sistemi
Etiket ve okuyucu arasındaki veri değişimi hatasız olarak gerçekleşmektedir.	İlk okuma sırasında hata olasılığı her zaman vardır
Etiketler içindeki tutulan bilgi değiştirilebilmektedir.	Bilgiyi değiştirmek için etiketi değiştirmek gerekmektedir.
Depolanan bilgi miktarı yüksektir. (32 kb'ye kadar)	Depolanan bilgi çok daha sınırlıdır. (2953 bayt)
Etiket içindeki bilgilerin okunabilmesi için, etiketin okuyucunun görüş alanı içinde olması gerekmektedir.	Etiket üzerindeki kodların lazer okuyucu tarafından okunabilmesi için, etiket kesinlikle okuyucunun görüş alanı içinde yer almalıdır.
Kirli ve nemli ortamlar içinde etkilenebilmektedir.	Kirlenme ve yıpranma çok önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
Etiketler toplu şekilde okunabilmektedir.	Etiketlerin tek tek okunması gerekmektedir.
Etiketlerin okunma hızı ve okuma mesafesi yüksektir.	Etiketlerin okunma hızı ve okuma mesafesi düşüktür.
Etiketlerin kopyalanması ve içeriğinin gözle okunabilmesi zordur.	Kolaylıkla kopyalanıp değiştirilebilmektedir.
Etiket okuma işi otomatik bir şekilde gerçekleşmekte ve personel maliyeti oluşmamaktadır.	Etiket okuma işi elle yapılmakta ve personel maliyeti oluşmaktadır.

2.2 Optik Karakter Tanıma Sistemleri (OCR)

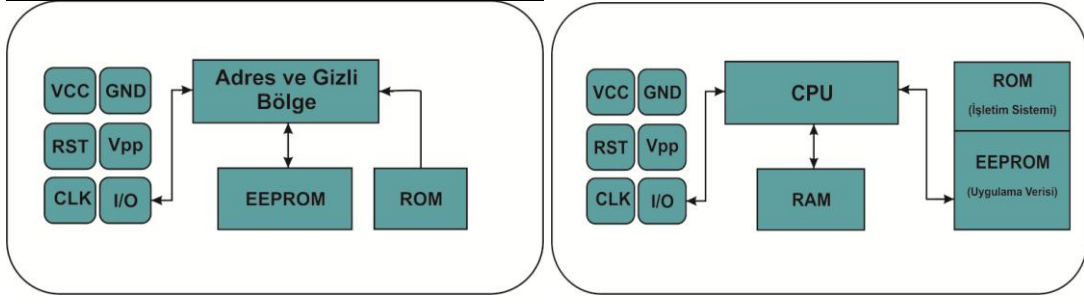
Optik Karakter Tanıma (OCR), yazılı dokümanlardan tarayıcı yardımıyla alınan görüntünün içeriğinde yer alan metnin bilgisayarın anlayacağı dile çevrilebilmesini sağlayan teknolojidir. Bu sayede metin, elle yazmaya gerek kalmadan bilgisayar üzerinde yeniden düzenlenebilir, birçok program altında kullanılabilir hale getirilebilir [1], [15].

2.3 Biyometrik Sistemler

Biyometri, biyolojik verileri, yani bireyin kişisel bir nitelik ya da davranışını analiz ederek kimliğini doğrulama bilimidir. Hayatımızda büyük önem taşıyan biyometrik tabanlı doğrulama, güvenilir kimlik doğrulaması için güçlü bir metottur. Biyometrik sistem, bireyin bir niteliğini ya da davranışını tarayarak daha önce oluşturulan kayıt ile karşılaştırır. Bu sistem, bireyin parmak izini, elini, avuç içini, retinasını ya da sesini incelediğinden, aşırı hassas olmalıdır. Bireyin anatomik ya da fizyolojik niteliklerini ölçerken doğru ve birbirini tekrar eden ölçümler yapılmalıdır [1], [16].

2.4 Çipli (Akıllı) Kart Sistemleri

Akıllı kartlar, kişisel bilgileri ve elektronik parayı üzerinde depolayan ve bunun için manyetik şerit teknolojisini veya mikroişlemci çiplerini kullanan kartlardır. Farklı isimlerle anılan ve çok değişik amaçlarla kullanılan akıllı kartların tamamında bulunan ortak özellik, kart üzerinde küçük bilgisayar niteliği taşıyan bir mikroçipin bulunmasıdır. Bu kartlara akıllı (smart) kart denilmesinin nedeni, üzerinde çeşitli verileri saklayabilmesi ve işleyebilmesidir. Ayrıca, bu kartlara, üzerine parayı temsil eden değerler yüklenebildiği için değer yüklenmiş kartlar da denilmektedir. Finans sektöründe ödeme aracı olarak kullanımının dışında, ulaşım, sağlık, haberleşme gibi bir çok alanda da kullanılmaktadır. Bu kartlarla işlemler daha hızlı, daha güvenli ve çok amaçlı yapılabilmektedir [1], [17].



Şekil 2.3 Tipik hafıza kartı yapısı ve tipik mikroişlemcili kartı yapısı [1]

RFID SİSTEMLERİ

RFID sistemleri, radyo frekanslarını kullanarak durağan ya da hareket halinde bulunan canlılar ve nesnelere tekil veya çoğul halde tanımlamakta kullanılmaktadır. Radyo frekanslı kimlik tanımlama sistemleri, tanımlama uygulamasını radyo dalgalarını kullanarak gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla herhangi bir canlı ya da nesne tespiti için alıcı ve verici arasında doğrudan bir temas ve doğrudan görüşe gerek yoktur. Bundan dolayı kullanımları her geçen gün yaygınlaşmaktadır [1], [18].

Temel olarak RFID sistemleri dört farklı frekansta çalıştırılırlar. Bu frekansların tanımlandığı aralıklar [1]:

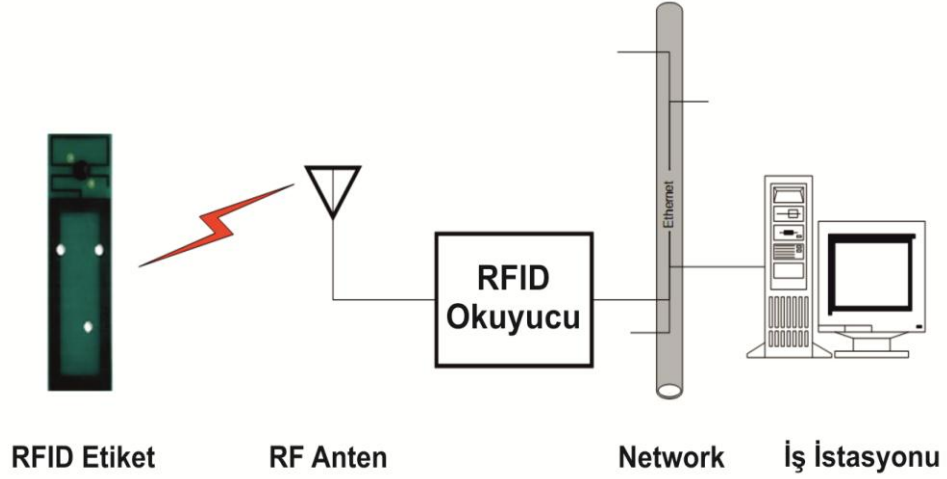
1. ☐ Düşük Frekans (LF, 30 kHz-300 kHz)
2. ☐ Yüksek Frekans (HF, 3 MHz-30MHz)
3. ☐ Ultra Yüksek Frekans (UHF, 300 MHz – 3 GHz)
4. ☐ Mikrodalga (>3 GHz)

3.1 RFID Sistemin Sistem Bileşenleri ve Çalışma Yapısı

RFID Radyo Frekanslı Kimlik Tanımlama Sistemleri 2 temel bileşenden oluşmaktadır:

Etiket (Tag - Transponder)

Okuyucu (Interrogator - Reader)



Şekil 3.1 RFID sistem bileşenleri ve çalışma yapısı [20]

Şekil 3.1’de gösterilen sistemde tekil bir numarası olan her etiket, tanımlanmak istenen canlı ya da nesneye takılır. Sonrasında tanımlama yapmak için okuyucu tarafından radyo frekans sinyalleri gönderilir. Veri ve enerji transferi, RFID etiket - RFID okuyucu arasında herhangi bir temas olmadan gerçekleştirilmektedir. Okuyucunun radyo frekans alanına girmiş bulunan etiket, veri transferi için ihtiyaç duyduğu enerjiyi bu alandan alır. Etiket, ihtiyaç duyduğu enerjiyi aldıktan sonra, üzerinde kendisine önceden yüklenmiş veriye göre taşıyıcı sinyali modüle eder. Modüle edilmiş taşıyıcı etiketten okuyucuya gönderilir. Okuyucu modüle edilmiş sinyali algılayıp kendi içerisinde demodüle ederek veriyi çözer ve okur. Sonrasında bu veri, başka sistemlerde değerlendirilmek üzere ağ alt yapısı üzerinden (RS 232, RS 485, ethernet vb.) iş istasyonuna iletilir.

3.1.1 Etiket

RFID etiket, tag, label veya transponder olarak da anılmaktadır. Bir transponder, belirli bir radyo sinyalini almak ve otomatik bir yanıt iletmek için tasarlanmış verici ve alıcı kombinasyonundan oluşur [21]. Günümüzde birçok etiket, hafıza özelliği (mikro işlemcili çiplerden) olan entegre devrelerden (IC) oluşmaktadır. Bir RFID etiketi, mikroçip, çevresel anten, anten ve mikroçipin üzerine yerleştiği katman ve yapıştırıcı yüzeyden oluşmaktadır.



Şekil 3.2 Kullanım alanlarına göre tasarlanmış farklı RFID etiketleri [1]

3.1.1.1 Fonksiyonlarına Göre RFID Etiketleri

RFID etiketler, fonksiyonları bakımından:

- Aktif etiketler
- Pasif etiketler
- Yarı-Aktif (Pasif) etiketler

olarak sınıflandırılırlar.

Aktif Etiketler: Aktif etiketler, devrelerinin çalışması ve cevap sinyali üretebilmelerini sağlayan güç kaynağını kendi üzerlerinde içerirler. Etiket üzerinde yer alan pil dolayısıyla performansları ve haberleşme mesafeleri yüksektir. 1 km uzaklığa kadar sinyal gönderen aktif etiketler mevcuttur. Özellikle demiryolları ve denizyolları endüstrisi taşımacılığında kullanılan aktif etiketler GPS ve uydu haberleşme sistemleri ile uyumlu çalışarak üzerine monte edildikleri ürünün dünya üzerinde izlenmelerine olanak tanımaktadır. Pil içermeleri dolayısı ile bakım gerektirmekte olup maliyetleri diğer etiket çeşitlerine göre daha yüksektir.

Pasif Etiketler: Üzerlerinde güç kaynakları bulundurmazlar. Okuyucudan aldıkları güçle çalışırlar. Haberleşme mesafeleri küçük olmalarına rağmen uzun ömürlü, basit ve ucuz olmaları dolayısı ile tercih edilmektedirler.

Yarı-Aktif (Pasif) Etiketler: Yarı-pasif etiketler olarak da nitelendirilirler. Güç kaynağı içerirler. Üzerlerinde yer alan pil sadece mikro yonganın devrelerine güç sağlamaktadır. Okuma işlemi yine okuyucunun yaydığı elektromanyetik alan yoluyla gerçekleşir. Söz konusu etiketler sıcaklık ve hareket bilgisi gibi sensör bilgilerini depolamak için kullanılırlar. Yarı-aktif etiketlerin haberleşme mesafeleri büyük olup güvenilirlerdir [18].

3.1.1.2 Belleklerine Göre RFID Etiketleri

RFID etiketler, bellekleri bakımından:

- Sadece okunabilen etiketler
- Okunabilen/Yazılabilen etiketler
- Okunabilen/Yazılabilen/Yeniden yazılabilen etiketler

olarak sınıflandırılırlar.

Sadece Okunabilen Etiketler: Genellikle pasif RFID etiketleridir. Bilgi depolama kapasiteleri küçüktür. Üretim sırasında üzerlerine yazılan bilgiyi saklarlar ve bu bilgi değiştirilemez. Uygulamalarda tanıtıcı etiket olarak kullanılır.

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

Okunabilen/Yazılabilen/Yeniden Yazılabilen Etiketler: Üzerindeki bilgilerin değiştirilebilme özelliği ve yüksek depolama kabiliyetleri dolayısıyla geniş uygulama alanına sahiptirler. Okuyucudan gelen sinyallere cevap verme süreleri kısadır. Maliyetleri diğer etiketlere göre fazladır [18].

3.1.2 Anten

RFID antenler, elektromanyetik dalgaları bir sistemden alıp etrafa yayan ya da çevresindeki elektromanyetik dalgalardan aldığı işaretlerle bir sistemi besleyen, kablosuz haberleşme sistemlerinin performanslarını artırmak için kullanılan çift yönlü teknolojik dönüştürücülerdir.

Bazı durumlarda etiket okuma mesafeleri çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Kavram 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

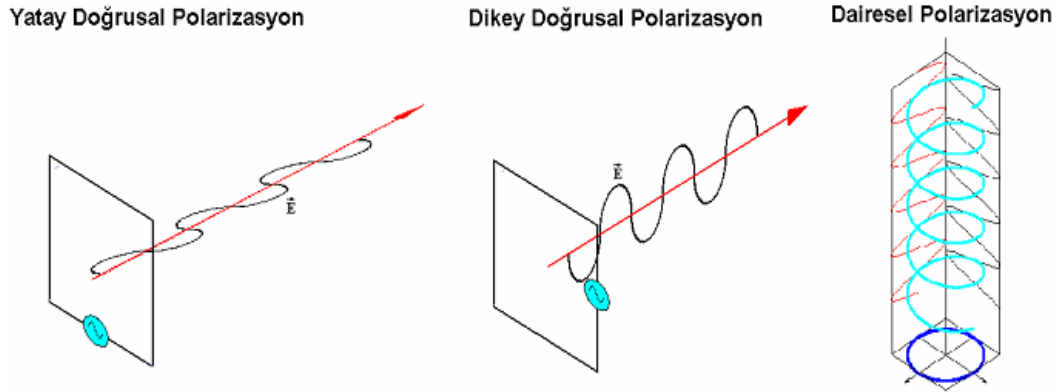
aralıklarında tasarlanmalıdır [22]. Dolayısıyla hedeflenen sonuçlara göre anten seçimi önem arz etmektedir.



Şekil 3.3 Farklı tasarımlarda anten örnekleri [14]

Anten polarizasyonu, radyo dalgasının antenden ne şekilde yayılacağını belirler ve etiketin okunma performansı ile doğrudan ilişkilidir. Doğrusal ve dairesel olmak üzere iki çeşit polarizasyondan bahsedilebilir. Okuyucu anteni ve etiket anteninin aynı polarizasyona sahip olması gerekmektedir. Aynı polarizasyona sahip olmadığı takdirde sinyal kaybına ve okuma mesafesinde azalmaya sebebiyet verir.

Doğrusal polarizasyonda, radyo dalgaları doğrusal olarak dikey veya yatay düzlemde yayılır. Genelde daha uzak okuma mesafesine sahiptir. Dairesel polarizasyonda, dikey ve yatay düzlemde radyo dalgaları dairesel olarak yayılır (Şekil 3.4) [9].



Şekil 3.4 Anten Polarizasyonları

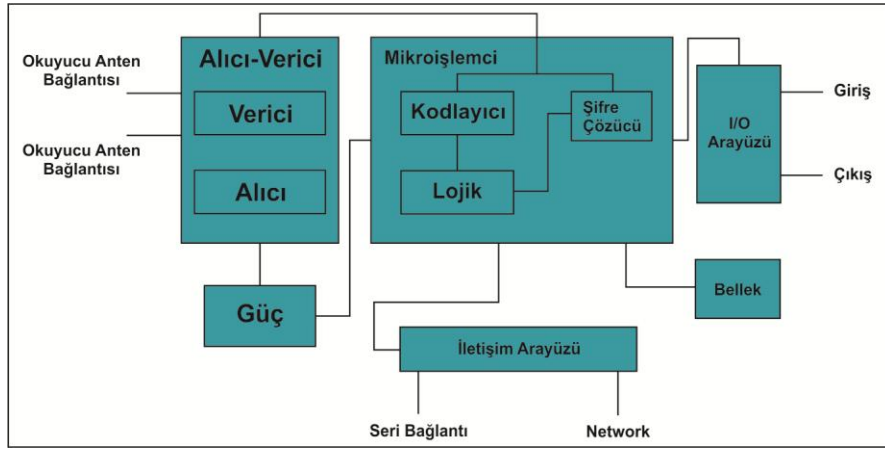
3.1.3 Okuyucu

RFID okuyucu, antenleri aracılığı ile kodlanmış sayısal bilgiyi radyo frekansı ile etikete gönderen ve aktive olmuş etiketten geri gönderilen sinyali alan ve aynı zamanda gerektiğinde etikete yeni bilgilerin yazılmasını da sağlayabilen bir donanımdır [9], [18].



Şekil 3.5 RFID okuyucu örnekleri [14]

Okuyucu sistemi, alıcı-verici, kontrol işlemcisi, bellek, giriş/çıkış (I/O) arayüzleri ve antenlerden oluşur.



Şekil 3.6 RFID okuyucu yapısı [9]

3.2 RFID Frekans Bandları

RFID sistemler için spektrum kullanımı, Avrupa Posta ve Telekomünikasyon Birliği (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations-CEPT) tarafından düzenlenmiş ve standartlar tanımlanmıştır. Spektrumun Türkiye’de kullanımı 06.03.2004 tarih 25394 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan "Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının (KET) Kurma ve Kullanma Esasları" yönetmeliği uyarınca Telekomünikasyon Kurumu tarafından belirlenmiştir [23]. Avrupa Telekomünikasyon Standartları Birliği ETSI, RFID haberleşmesi için Avrupa Standardı olarak Eylül 2004’te ETSI EN 302 208 standardının uygulanmasına karar vermiştir [24].

Öte taraftan UHF frekansı için dünya üzerinde ortak bir standart geliştirilememiştir. UHF için için Avrupa’da 865.6-867.6 MHz, Amerika’da 902–928 MHz, Japonya’da 953-954 MHz band aralığı kullanılmaktadır. Türkiye de bu kapsamda ETSI’nin belirlediği kriterleri uygulamaktadır [9].

Çizelge 3.1 RFID ETSI frekansları [18]

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

Çizelge 3.2 RFID frekans bandları ve uygulamaları [18]

Frekans Bandı	Uygulamalar
433.5 - 434.5 MHz	Avrupa'da ISM bandı kullanılmaktadır. Japonya ve Kore'de uygulanmak üzere planlanmaktadır.
865 - 868 MHz	ETSI 302-208 düzenlemeleri sonucunda tanımlanan spektrum.
869.4 - 869.65 MHz	Avrupa'da RFID ve diğer uygulamaları için lisans gerektirmeyen bandda ayrılmış 250 kHz' lik spektrumdur.
902 - 928 MHz	Kuzey Amerika'da yayılı spektrum haberleşmesi için ayrılmış lisans gerektirmeyen banddır.
918 - 926 MHz	1 Watta kadar müsaade edilen Avustralya standardıdır.
950 -956 MHz	Japonya'da RFID uygulamaları için ayrılmıştır.
2.4 GHz (mikrodalga)	Dünyanın birçok ülkesinde lisans gerektirmeden yayılı spektrum uygulamaları için tanımlanmış olan banddır. Bluetooth ve WLAN uygulamaları için de kullanılmaktadır

3.3 RFID Standartları

Pek çok sistemde olduğu gibi RFID sistemlerinde de standartların olması sistemin gelişime daha açık olması ve dolayısıyla daha yaygın olarak kullanılabilmesine olanak sağlar. Standartların olması aynı zamanda RFID sektörü ile ilgili farklı farklı firmaların ürettiği ekipmanların birbirleriyle uyum içinde çalışmasını da sağlar. Böyle bir durum ekipmanların alım maliyetlerini de düşürür.

Günümüzde UHF frekansı için dünya üzerinde ortak bir standart geliştirilememiştir. Bu kapsamda özellikle EPCGlobal ve ISO yoğun çalışmalar yapmaktadır. EPCGlobal ve ISO haricinde AIM, ABD ANSI, FCC ve Avrupa ECC, ETSI gibi kuruluşlar da bu alanda çalışmalar yapmaktadır.

UHF için Amerika ve Kanada 902–928 MHz band aralığını, Avrupa Telekomünikasyon Standartları Birliği ETSI Avrupa’da 865.6-867.6 MHz band aralığını, Japonya’da 953-954 MHz band aralığı kullanılmaktadır. Türkiye ise Türk Telekomünikasyon Kurumu tarafından alınan kararla 2 Watt çıkışlı UHF RFID sistemleri 865.6-867.6 MHz band aralığını kullanmaktadır. Ülkemizde, 16.03.2007 tarihli ve 26464 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Kısa Mesafe Erişimli Telsiz (KET) Yönetmeliği” uyarınca RFID okuyucuları ülkemizde 865 -865.6 frekans bandında maksimum 100mW güç ile, 865.6–867.6 MHz frekans bandında maksimum 2W güç ile ve 867.6-868 bandında maksimum 500 mW güç ile kullanılabilir. Bu frekans düzenlemeleri EPCglobal Gen2 sertifikalı okuyucuların ithaline olanak sağlamaktadır [9], [25].

3.4 RFID Uygulamaları

Kullanımı her geçen gün artan temassız bir yapıda çalışan RFID sistemleri pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu kısımda, çalışmanın bir parçası olması nedeniyle RFID teknolojisinin raylı sistem uygulamasına bir örnek olarak M2 İstanbul Metrosu’nda sinyalizasyon sistemi anlatılmaktadır.

3.4.1 Raylı Sistemlerde RFID Sistemi

Avrupa, birçok alanda standartlaşmaya doğru ilerlemeyi hedeflese de, şu an için sınır ötesi taşımacılık Avrupa’nın demiryolları açısından bir engel teşkil etmeye devam

etmektedir. Farklı sinyaller ve tren güvenlik sistemleri, trenleri lokomotiflerde ve cer ünitelerinde birden fazla ekipman seti taşımanın maliyetini karşılamaya zorluyor. Sınırdaki cer taşıtlarının değiştirilmesi için genellikle çok uzun süreler harcamak gerekiyor ki bu durumda havayolu veya karayolu taşımacılığına kıyasla trenler için bir dezavantaj oluşturuyor. Bu sebeple, Avrupa Birliği bütünleşik bir Avrupa tren güvenliği ve kumanda sistemi olan ETCS'nin (Avrupa Tren Kumanda Sistemi) alımını destekliyor. ETCS ile birlikte, sınır ötesi trafiğin kolaylaştırılması ve en güncel tren kumanda teknolojilerinin uygulanarak demiryollarında rekabetçiliği geliştirmesi hedeflenmektedir.

ETCS dört ana sistemden oluşmaktadır:

- EURO-Kabin: Tüm bağlı ekipmanların özel bir ETCS veriyolu sistemi ile güvenli bir araç bilgisayarı olan EVC'ye (European Vital Computer) bağlandığı bir aygıt.
- EURO-Telsiz: Araçlar ile RBC (Radio Block Center) denen telsiz merkezi arasında yol boyunca GSM radyo bağlantısı.
- EURO-Loop. Birkaç yüz metreye kadar olan mesafelerde doğrusal veri aktarım sistemi. Sistem kaçak kabloları denen, kılıfın elektromanyetik alana kısmen geçirgen olacak şekilde tasarlandığı koaksiyel kablolarla dayanır. Bu uygulamanın frekans aralıkları 80MHz ile 1GHz arasındadır. EURO-Loop özellikle ayrı olarak iletilen verilerin değerlendirilmesinde bilgi aktarımı için kullanılır.
- Eurobalis: Avrupa Tren Kontrol Sistemi'ne uygun balise Eurobalis denir. Eurobalis, demiryolu işletmelerine, tren hattına yerleştirilmiş aktarıcılar aracılığıyla trenin teşkili (vagon sayısı, ağırlık ve benzeri) ve tren hattının ileri kesimine ait hız, sinyal bilgileri, viraj, kayma, kar, çamur ve benzeri trafik bilgilerini trendeki ekrana aktarmak suretiyle bilgi veren ve güvenli otomatik seyir sağlayan tren kontrol sistemidir.

Eurobalis alt sistemi ETCS'nin tam olarak tanıtılması için hayati bir ön koşul olduğundan son derece önemlidir. Eurobalis için teknik çerçeve verileri Ocak 1995'te belirlenmiştir. Bu geri bildirim frekansı ile endüktif olarak eşlenmiş (endüktif kuplajlı) bir RFID sistemidir. Sistemin güç beslemesi, 27.095 MHz frekansından endüktif kuplaj vasıtasıyla geçen cer ünitesinden alınır. Veriler, cer ünitesine 4.24 MHz frekansında aktarılır.

Sistem 500 km/saate ulaşan hızlarda, trende veri iletimini güvenilir bir şekilde okuyacak biçimde tasarlanmıştır. Siemens tarafından dört farklı balis tipi geliştirilmiştir:

- Tip 1: kalıcı olarak programlanmış bir iletiyi aktarır.
- Tip 2: temassız bir arayüz ile kullanıcı tarafından programlanabilecek bir iletiyi aktarır. Örneğin bu, eğim ve hız profili gibi hat verileri olabilir.
- Tip 3: bir hat aygıtı (şeffaf balis) ile üretilen bir iletiyi aktarır. Tip 3 özellikle sinyallerle bağlantıda kullanılır.
- Tip 4: araçlar geçerken karşıdan veri yüklemeyi mümkün kılar [1], [26].

Çizelge 3.3 Eurobalis teknik özellikleri [1]

Hız aralığı	500 km/s'e kadar
Güç iletim frekansı	27.095 MHz
Veri iletim frekansı	4.234 MHz
Veri iletim hızı	565 kbit/s
Modülasyon türü	Frekans Kaymalı Modülasyon (FSK)
Ortam sıcaklığı	-40°C, +55°C
IP koruma sınıfı	IP67

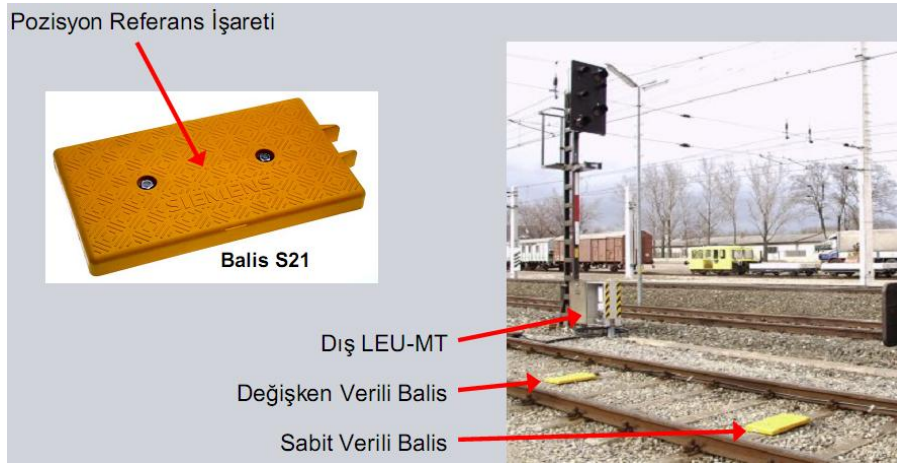
M2 İstanbul Metrosu (Yenikapı-Haciosman Metrosu)'nda da tren konumunun tespiti için kullanılan parametrelerden biri balislerdir. M2 Hattı'nda Siemens S21 balisi ve anteni kullanılmaktadır. Çalışma prensibi olarak, eurobalis standartlaştırılmış bir iletişim programı kullanır. İletişim metodu, endüktif eşleme ve frekans kaymalı anahtarlama ile veri iletişimi üstüne temellendirilmiştir. Bir tren, balisin üzerinden geçtiği zaman araç üstündeki balis anteni, zayıf sinyaller yayarak o balisi aktive eder. Balis, bu gücü kullanarak üzerinde tuttuğu bilgiyi balis antenine iletir. Bu bilgiler,

araçüstü sinyal ekipmanı tarafından tren kontrol sistemi için kullanılır. Uygulamalara göre sabit verili ve değişken verili balisler kullanılmaktadır [27]. Balis anteni:

- Sürekli olarak bir aktivasyon sinyalini yayar.
- Balis S21'i endüktif kuplaj üzerinden aktif hale getirir.
- Balis S21'den kesintili veri iletimi alır.

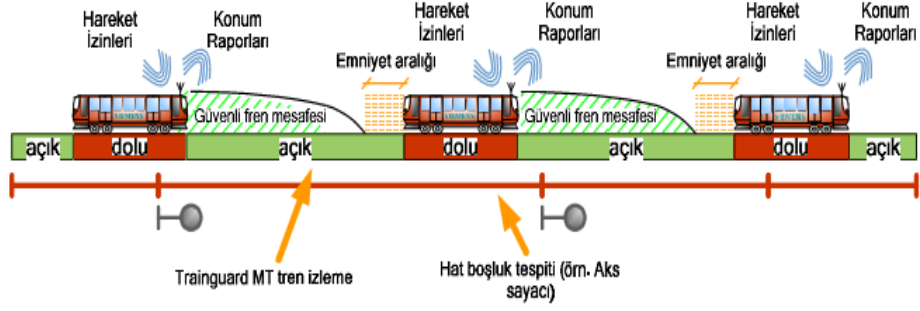


Şekil 3.7 M2 İstanbul Metrosu'nda kullanılan balis anteni



Şekil 3.8 M2 İstanbul Metrosu'nda kullanılan sabit ve değişken verili balis

Şekil 3.9'da gösterilen hareketli blok tren ayırma sisteminin kesintisiz işleyebilmesi için önemli parametrelerden biri tren konumlarının belirlenmesidir.



Şekil 3.9 M2 İstanbul Metrosu hareketli bloklu tren ayırma sistemi

Konum belirleme fonksiyonunun görevi, bir trenin konumunu demiryolu ağında coğrafi olarak tanımlamaktır. Tren konumu aşağıdaki bilgilerin birleştirilmesiyle elde edilir:

- Demiryolu ağında belirli noktalarda bulunan balisin tespit edilmesi. Her bir balis, bir tanımlama numarasına sahip tren tarafından alınan bir balis mesajı yayınlar. Balislerin konumu, araçüstünde bulunan sinyal ekipmanının veritabanında kayıtlıdır. Bir başka ifadeyle tren, balisin ağdaki konumunu tam olarak bilmektedir.
- Odometre ve radar tarafından gerçekleştirilen tren yer değiştirme ölçümü.
- Tren bir sapan makasının üzerinden geçtiğinde trenin konumunun güncellenmesi için makas konumlarının dikkate alınması

Trenin konumu, bir emniyetli maksimum ön uç konumu, bir emniyetli minimum arka uç konumu ve balis tespit doğruluğunu, balis montaj doğruluğunu ve yer değiştirme ölçüm doğruluğunu dikkate alan bir belirsizlik değeri ile tanımlanır [27].

M2 İstanbul Metrosu'nda kullanılan sabit verili balisler Tip 1, değişken verili balisler ise Tip 2 balislerdir.

KADIKÖY-KARTAL METROSU RFID UYGULAMA PROJESİ

4.1 M4 Kadıköy-Kartal Metroyu

Uygulama, M4 Kadıköy-Kartal Metroyu'na ait Maltepe Bakım Alanı'nda bulunan Atölye Alanı'nda gerçekleştirilmiştir. M4 Metro Hattı, Maltepe Bakım Alanı ve bu hatta kullanılan araçlara ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir:

İşletme Bilgileri:

- Hat Uzunluğu: 21,7 Km
- Toplam İstasyon Sayısı: 16
- İstasyonlar: Kadıköy, Ayrılık Çeşmesi, Acıbadem, Ünalın, Göztepe, Yenısahra, Kozyatağı, Bostancı, Küçükyalı, Maltepe, Huzurevi, Gülsuyu, Esenkent, Hastane/Adliye, Soğanlık, Kartal
- Vagon Sayısı: 144 (36 adet 4'lü tren)
- Sefer Süresi: 32 dk
- Tam tur süresi: 65,5 dk
- Maksimum İşletme Hızı: 80km/sa
- İşletme Saatleri: 06:00 - 00:00
- Günlük Yolcu Taşıma kapasitesi: 70.000 yolcu / saat (tasarım kapasitesi)
- Minimum Sefer Sıklığı: 90 sn (teorik), 120 sn (pratik)
- Kumanda Merkezi: Esenkent İstasyonu'nda
- Hat Voltajı: 1500 V DC
- Sürüş Modu: ATO

Kumanda Merkezi, ağırlıklı olarak gündüzleri işletme, gece 01:00 – 05:00 saatleri arasında ise bakım personeline yardımcı olmak ve bir sonraki güne ait planları ve hazırlıkları yapma amacıyla 7/24 hizmettedir.

İşletme Modları: Sürücüsüz, Otomatik ve Manuel

Maltepe Bakım Alanı ve Atölye Alanı:

- Depo Kapasitesi: 52 araç (13 tren)
- Atölye Kapasitesi: 16 araç (Periyodik Bakım Alanı), 16 araç (Ağır Bakım Alanı) olmak üzere toplam 32 araç
- Atölye Ekipmanları: Tekerlek tornası, bogi indirme tablası (drop table), otomatik araç yıkama ünitesi, boyahane ve bogi yıkama odası, bogi atölyesi, pnömetik bakım atölyesi, elektrik atölyesi, kuplaj- pantograf bakım atölyesi, gezer köprülü vinç, pergel vinçler, hidrolik pres, boji manipülatörü.

Araçlar:

- Üretici Firma: CAF (İspanya)
- Araç Sayısı: 144
- Tren Tipi: 4'lü araç (3 adet motorlu,1 adet taşıyıcı araç)
- Cer Motorlar: 4 kutuplu AC motorlar
- Tren Uzunluğu: 89,71 m
- Araç Yüksekliği: 3,5 m
- Araç Genişliği: 3 m
- Güç Kaynağı: 1500 V DC (Katener)
- DC Besleme (Akü): 110 V DC

Trenlerin her 2 ucunda bulunan TCMS (Train Control and Monitoring System) arayüzü vasıtasıyla sürücüler; trene ait başta kapılar, tahrik sistemi, fren sistemi, cer gücü voltaj bilgisi, sürüş modu, hız bilgisi olmak üzere tüm alt sistemleri izleyebilmektedir. Böylece sürücüler, işletme altında kolay bir şekilde sistemdeki tüm anormallikleri, tüm olay ve tüm arızaları önceden teşhis edebilme imkânına sahiptir.

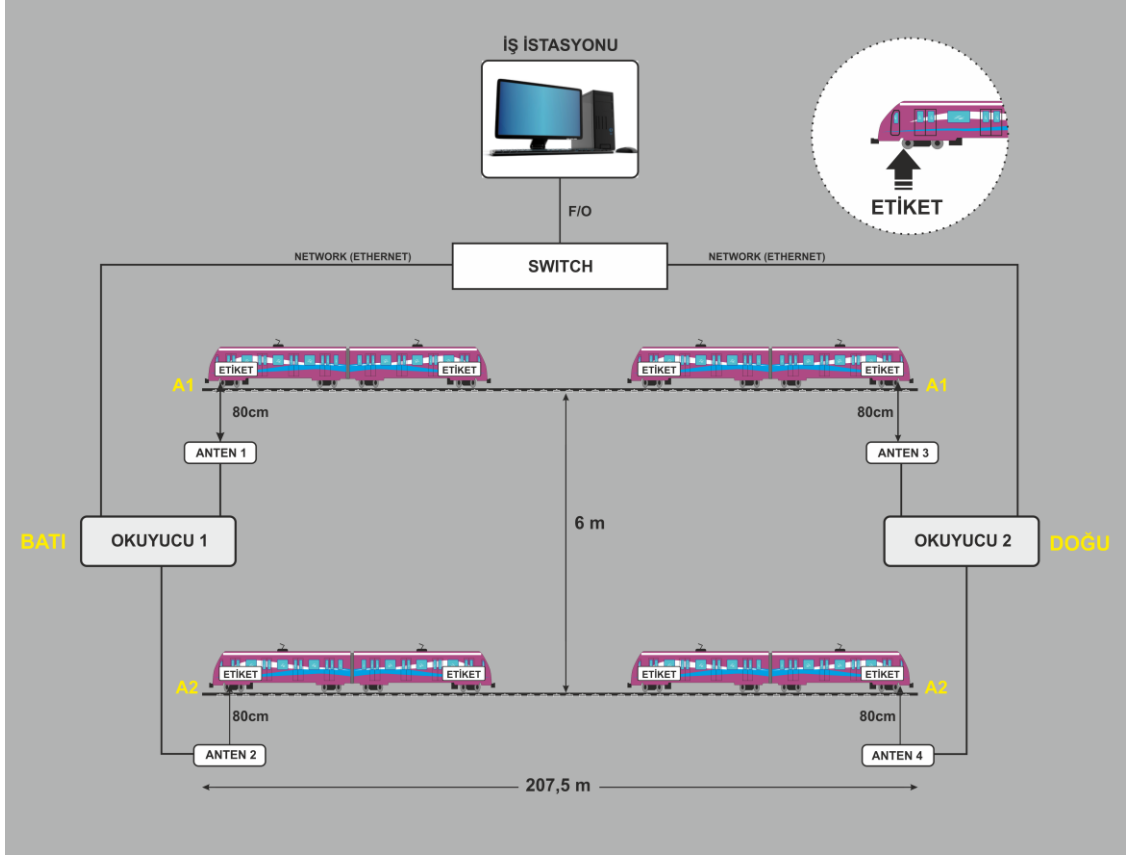
4.2 Sistem Mimarisi

Uygulamanın gerçekleştirildiği Atölye Alanı yaklaşık olarak 3392 m²'lik alana sahiptir. Atölye Alanı'na ait farklı zamanlarda değişik açılardan çekilen fotoğraflar Şekil 4.1'de gösterilmiştir. A1 ve A2 yollarını kapsayan Atölye Alanı'nda her bir yol, 2 tren kapasitesine sahiptir.



Şekil 4.1 Atölye Alanı'nda trenler

Atölye Alanı için tasarlanan sistem mimarisi ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Uygulama projesi sistem mimarisi

A1 ve A2 yollarının uzunluklarından dolayı her bir yola en fazla iki tren sığabilmekte ve her bir yol hem giriş hem de çıkış olarak kullanılabilir. Bu temel parametreler üzerine sistem tasarlanmış ve yazılım o şekilde geliştirilmiştir.

Çizelge 4.1 Kullanılan ekipmanlar

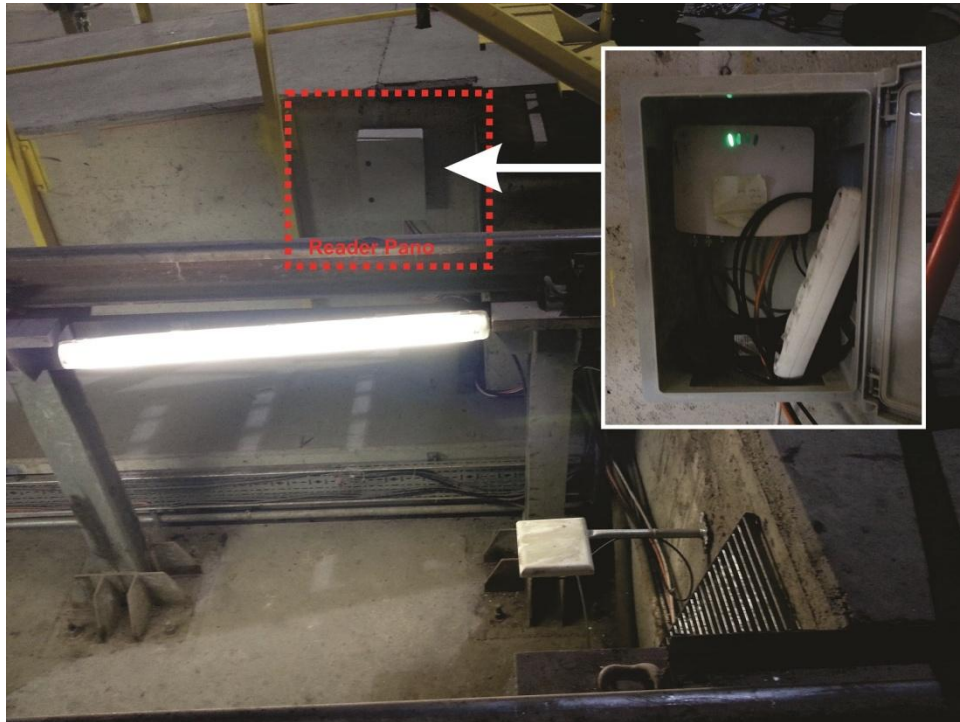
Ekipman	Adet
RFID Okuyucu	2
RFID Anten	4
RFID Etiket	72
İş İstasyonu	1

Sistem kurulumu için harici switch alınmayıp, hâli hazırda başka işler için kullanılan switchlerin uygun portları kullanılmıştır.

4.3 Ekipman Yerleşimleri

4.3.1 Okuyucu Yerleşimi

Okuyucu1, A1 ve A2 yollarının arasında batı tarafa; Okuyucu2, A1 ve A2 yollarının arasında doğu tarafa konulmuştur (Şekil 4.2). Kullanılan okuyucular tek portlu olmayıp özellikle çok portlu (4 portlu) okuyucu tercih edilmiştir. Böylelikle bu şekilde bir konumlandırılmayla 4 okuyucu yerine 2 okuyucu kullanılarak okuyucu tasarrufu sağlanmıştır. Sahadaki anten montajı Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Kullanılan okuyuculara ait detaylı bilgi EK-A'te belirtilmiştir.

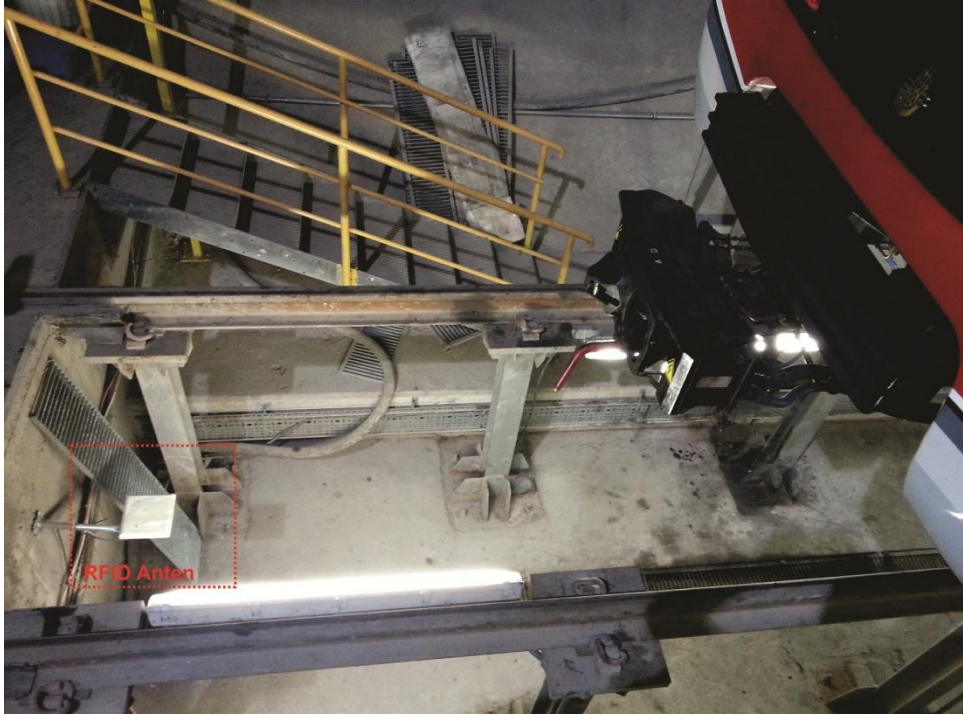


Şekil 4.3 Okuyucu montajı

4.3.2 Anten Yerleşimi

Anten1, A1 yolunun batı tarafında; Anten2, A2 yolunun batı tarafında, hatların hemen girişine/çıkışına konulmuş ve Okuyucu1'e bağlanmıştır. Anten3, A1 yolunun doğu tarafında; Anten4, A2 yolunun doğu tarafında, hatların hemen girişine/çıkışına konulmuş ve Okuyucu2'ye bağlanmıştır (Şekil 4.2). A1 ve A2 yollarının her iki ucu hem giriş hem de çıkış olarak kullanılabilir. Bu hatlara tren girişleri olduğu an tespit etmek için antenler girişlere/çıkışlara yerleştirilmiştir.

Etiketlerin montajı, fiziksel uygunluktan dolayı trenlerin ön ve arka kısımlarında bulunan parçaların ortasına yapılmıştır. Bundan dolayı antenlerin tamamı iki rayın ortasına yerleştirilmiştir ve böylece antenlerin etiketleri doğrudan görmesi sağlanarak olası okuyamam durumları da minimize edilmiştir. Sahadaki anten montajı Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Kullanılan antenlere ait detaylı bilgi EK-C'de belirtilmiştir.



Şekil 4.4 Anten montajı

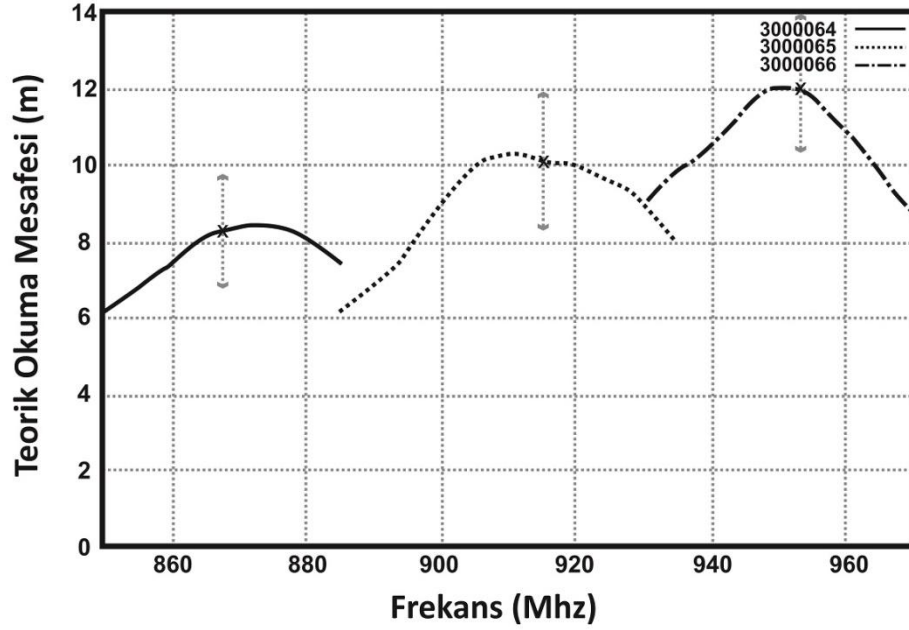
4.3.3 Etiket Yerleşimi

Etiketlerin montajı, trenin altındaki fiziksel uygunluktan dolayı trenlerin ön ve arka kısımlarında bulunan parçaların ortasına yapılmıştır. Sahadaki etiket montajı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Etiket montajı

Bu etiketler EPCGlobal Class1 Gen2 ve ISO 18000-6C protokollerini sağlayan, 12 m mesafeye kadar okunabilen ve metal zeminlere monte edilebilen pasif UHF etiketlerdir.



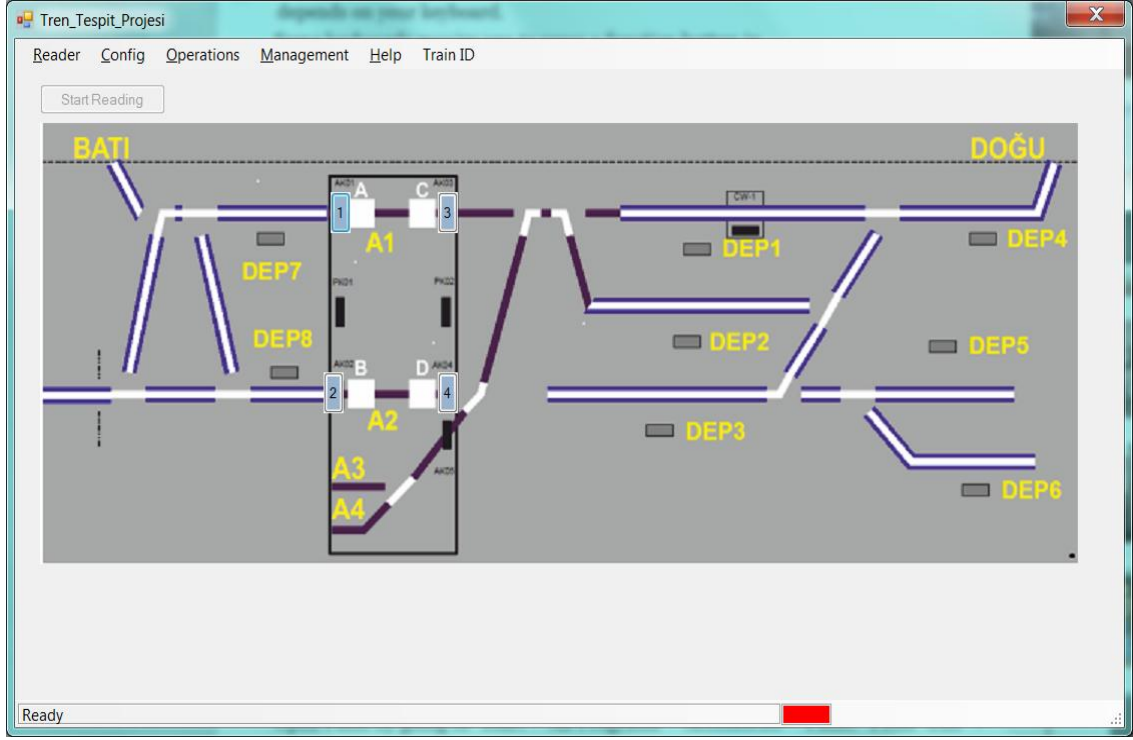
Şekil 4.6 Okuma mesafesi - Çalışma frekansı [10]

Etiketlere ait Okuma Mesafesi - Çalışma Frekansı grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Çalışma için seçilen etiketlerin ürün kodu 3000064'tür. Şekil 4.6'da görüldüğü üzere etiket 8 metre mesafeye kadar okunabilmektedir. Etiketler, fiziksel uygunluktan dolayı trenlerin her iki uç tarafında ortada olacak şekilde monte edilmiş ve böylelikle antenin tam üstünden geçmesi sağlanmıştır. Montaj sonrası okuyucu ile test edilerek okuyucunun etiketi okuduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan etiketlere ait ürün katalog bilgisi EK-B'de belirtilmiştir.

4.4 Yazılım Uygulaması

Program Microsoft Visual Studio 2008'de Windows Form Application projesi olarak yazılmıştır. Programın yazımında okuyucunun SDK'sı kullanılmıştır. Bu işlemin yapılmasının nedeni okuyucu-anten arasındaki veri alış-verişi yazılım protokollerinin bulunmasıdır.

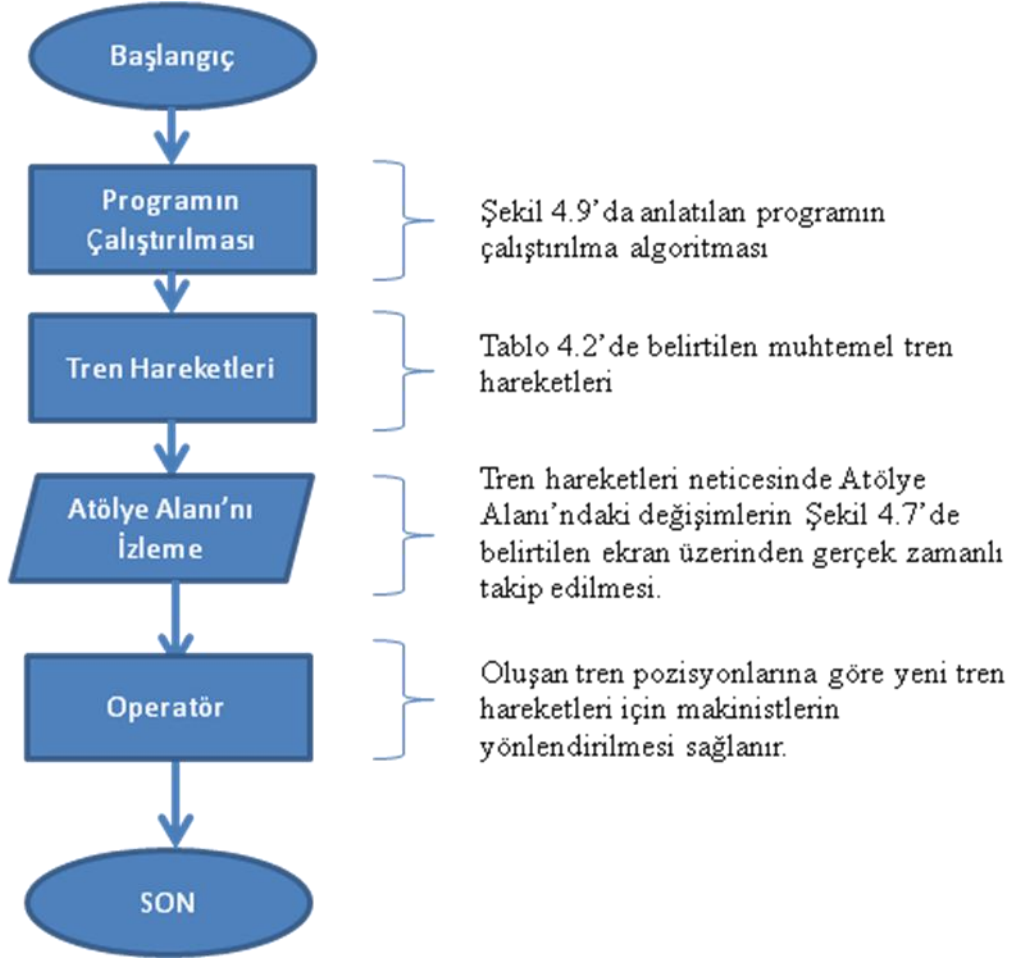
Program çalıştırıldığında Şekil 4.7'de gösterilen takip ekranı açılır.



Şekil 4.7 Takip ekranı

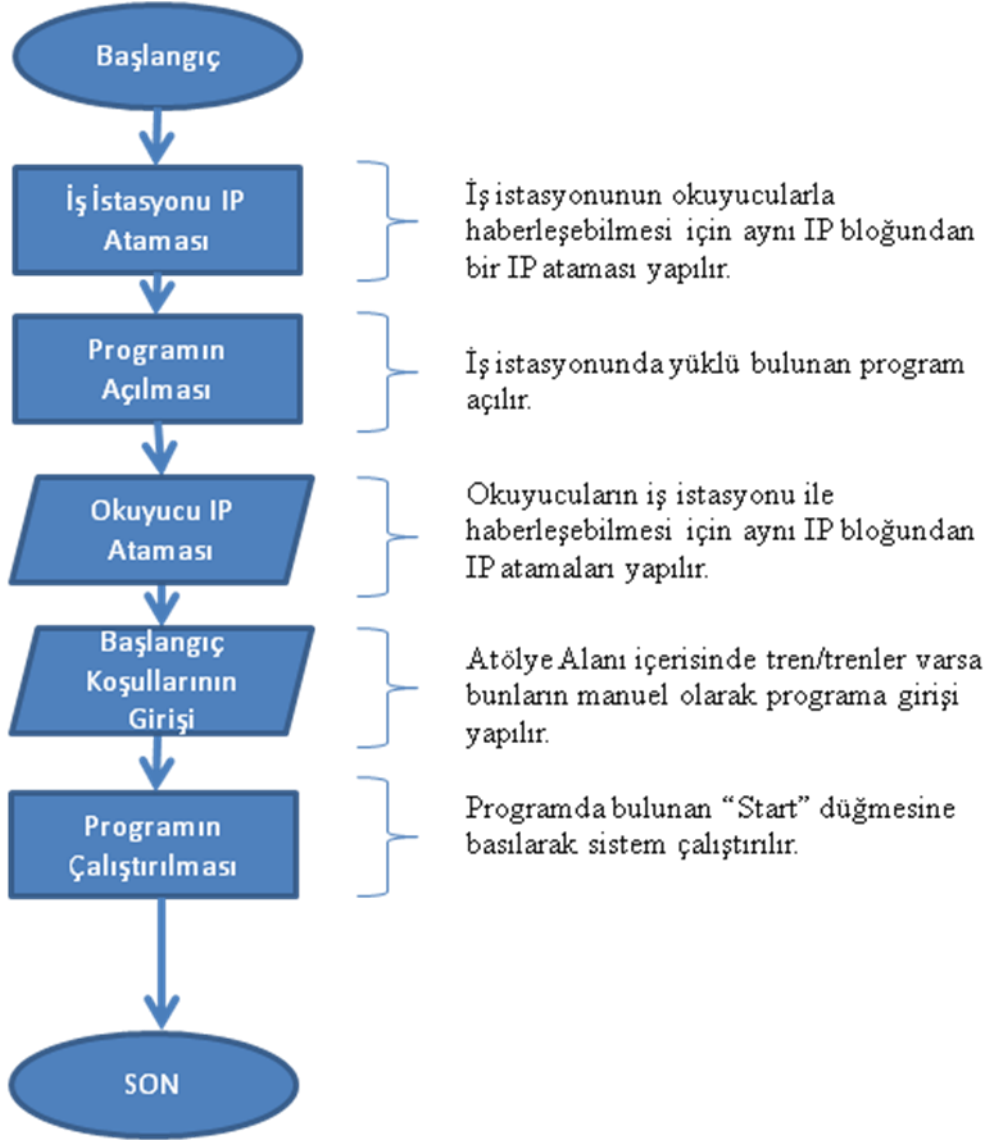
Takip ekranında, programda kullanılan 1, 2, 3 ve 4 numaralı antenler ile trenlerin bulunabileceği A, B, C ve D pozisyonları gösterilmiştir. Ekranda görüldüğü üzere PozisyonA ve PozisyonC A1 Hattı'nda; PozisyonB ve PozisyonD de A2 Hattı'nda bulunmaktadır. Bu programda ana hedef tren konumlarının metraj olarak bulunması değil, pozisyon(bölgesel) olarak konumlarının bulunmasıdır.

Programın temel çalışma mantığının algoritması Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



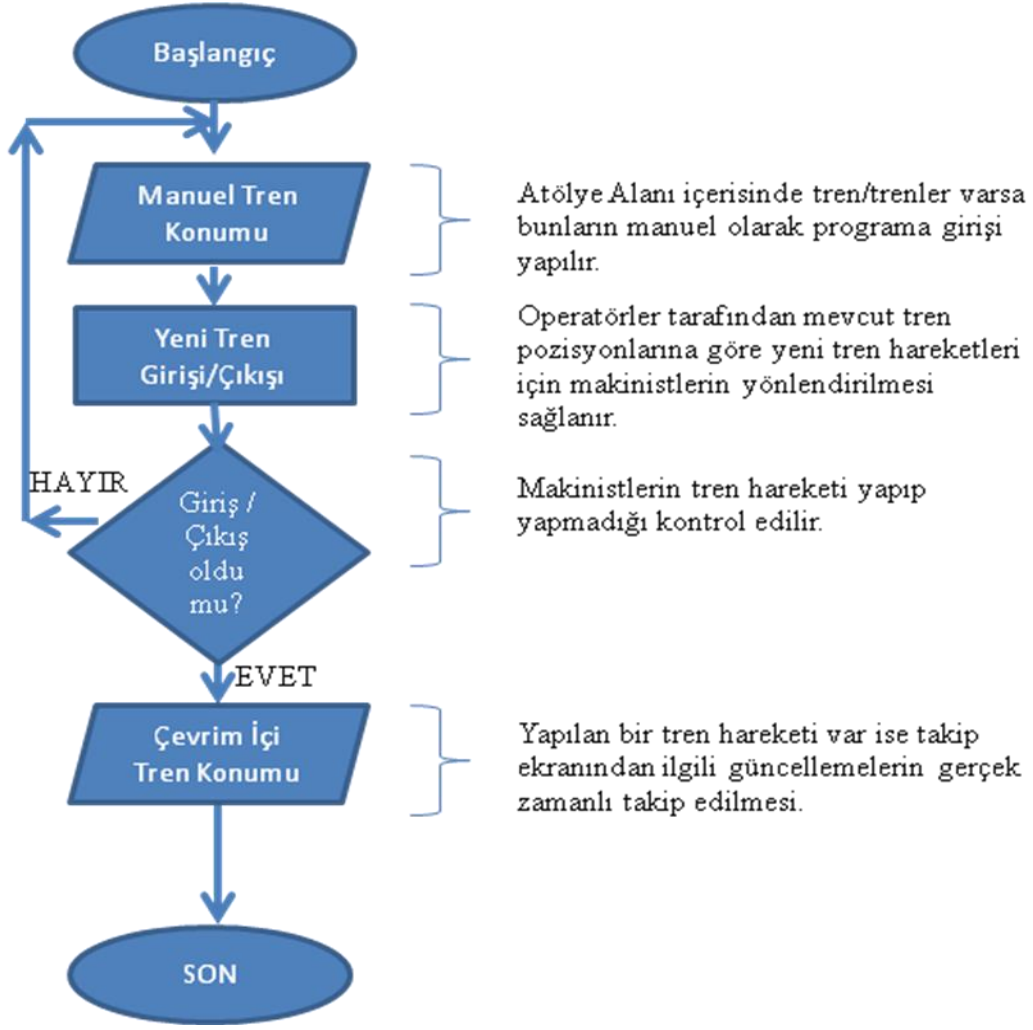
Şekil 4.8 Sistemin çalışma algoritması

Şekil 4.8'de gösterilen çalışma algoritmasında belirtilen "Programın Çalıştırılması" kısmına ait detaylar Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Programın çalıştırılma algoritması

Şekil 4.8'de gösterilen çalışma algoritmasında belirtilen "Tren Hareketleri" kısmına ait detaylar Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Tren hareketlerinin izlenme algoritması

Tren hareketlerine ilişkin olasılıklar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Muhtemel tren hareketleri

A1 hattı (A ve C pozisyonları) tamamen boş iken;
Tren, 1 numaralı antenden giriş yaparak A veya C pozisyonunda durabilir.
Tren, 3 numaralı antenden giriş yaparak C veya A pozisyonunda durabilir.
Tren, 1 numaralı antenden giriş yaparak 3 numaralı antenden çıkış yapabilir.
Tren, 3 numaralı antenden giriş yaparak 1 numaralı antenden çıkış yapabilir.

Çizelge 4.2 Muhtemel tren hareketleri(devamı)

A pozisyonu dolu iken;
Tren, 3 numaralı antenden giriş yaparak C pozisyonunda durabilir.
A pozisyonundaki tren, 1 veya 3 numaralı antenlerden çıkış yapabilir.
C pozisyonu dolu iken;
Tren, 1 numaralı antenden giriş yaparak A pozisyonunda durabilir.
C pozisyonundaki tren, 3 veya 1 numaralı antenlerden çıkış yapabilir.
A1 hattı (A ve C pozisyonları) tamamen dolu iken;
Hatta herhangi bir tren girişi yapılamaz.
A pozisyonundaki tren, 1 numaralı antenden çıkış yapabilir. Bu durumda C pozisyonundaki tren, 3 veya 1 numaralı antenlerden çıkış yapabilir.
C pozisyonundaki tren, 3 numaralı antenden çıkış yapabilir. Bu durumda A pozisyonundaki tren, 1 veya 3 numaralı antenden çıkış yapabilir.

Çizelge 4.2’de gösterilen A1 hattı (A ve C pozisyonları) tamamen boş iken durumu için: hatta bir tren giriş yaptığında A pozisyonunda mı yoksa C pozisyonunda mı duruş yaptığı ilk etapta anlaşılabilir. Bu durumun önüne geçmek için A1 hattının orta noktasına ilave bir anten konulacaktır.

A2 hattı için muhtemelen tren hareketleri de A1 hattı ile benzerdir.

Programın yazılım kısmı: Programın Main’i program.cs içerisinde, işlemler ise AppForm.cs içerisinde yapılmaktadır. Programda RFID etiketleri tag olarak

tanımlanmıştır. Programda ilk olarak RFID etiketleri tanımlanır. Bunun için trenTags isimli bir ArrayList oluşturulur;

```
trenTags = new ArrayList();
```

ve tren Array'i

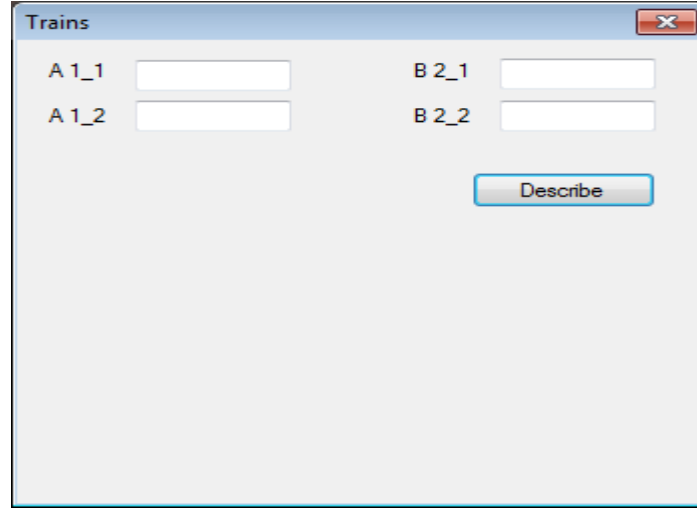
```
private string[] trens = new string[]
{
    "2003930000000000000001B61",
    "0000390000000000000000E25", //tren1
    "0000390000000000000000DE4",
    "0000390000000000000000E4C", //tren2
}
```

içerisinde tanımlanan RFID etiketleri bu trenTags ArrayList'i içerisinde çalıştırılır.

```
trenTags.AddRange(trens);
```

Buradan itibaren trenlere ait RFID etiket numaraları yani taglar, bu ArrayList üzerinde çalıştırılacaktır.

Programın çalıştırılmadığı zamanlarda ya da devre dışı olduğu zamanlarda hatta tren giriş çıkışları olmuş ise pozisyonlara manuel girişin yapılabilmesi gerekmektedir. Bu giriş işlemi Şekil 4.7'de gösterilen ekranda Train ID menüsü seçilerek yapılmaktadır. İlgili seçim yapıldıktan sonra Şekil 4.11'de gösterilen ekran açılacaktır.



Şekil 4.11 TrainForm

Bu menünün oluşturulması için RFID etiket numaraları tanımlandıktan sonra, TrainForm.cs ait form ekran kodları

```

private void describeButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!string.IsNullOrEmpty(train1textBox.Text))

m_AppForm.IcerdeTrenTanimla(Convert.ToInt16(train1textBox.Text), "A");

```

kullanılır.

Burada PozisyonA'ya yazılan tren numarasının değerinin IcerdeTrenTanimla fonksiyonuna gönderilme işlemi yapılmaktadır. IcerdeTrenTanimla fonksiyonu, girilen tren numaraları ve pozisyonlara göre ileriki işlemler için tanımlama yapmaktadır. Kodları ise şu şekildedir:

```

public void IcerdeTrenTanimla(int trenID, string bolge)
{
    int index = (trenID - 1) * 2;
    string trenTag1 = trenTags[index].ToString();
    string trenTag2 = trenTags[index + 1].ToString();

```

İlk olarak tren numarası trenID olarak tanımlanmıştır. Yukarıdaki kodda trenID değerinden trene ait taglar belirlenmeye çalışılmıştır. Arraylist'te toplamda 36 trene ait 72 adet tag bulunmaktadır. Arraylist'in index değeri 0 ile 71 arasındadır. Tren tagları belirlenirken basit matematikten yararlanılmıştır. Örnek olarak 5 numaralı trenin tanımlandığını varsayılırsa, trenID 5, index 8 değerini alacaktır. Daha sonra trenin tagları trenTag1 ve trenTag2 olarak trenTags Arraylist'indeki 8. ve 9. stringleri bu değerlere atayacaktır.

```

switch (bolge)
{
    case "A":
        TrenAIcerde = true;
        TrenATag1 = trenTag1;
        TrenATag2 = trenTag2;
        PozisyonA.Visible = true;
        PozisyonA.Text = "" + trenID;
        trainA = "" + trenID;

        break;

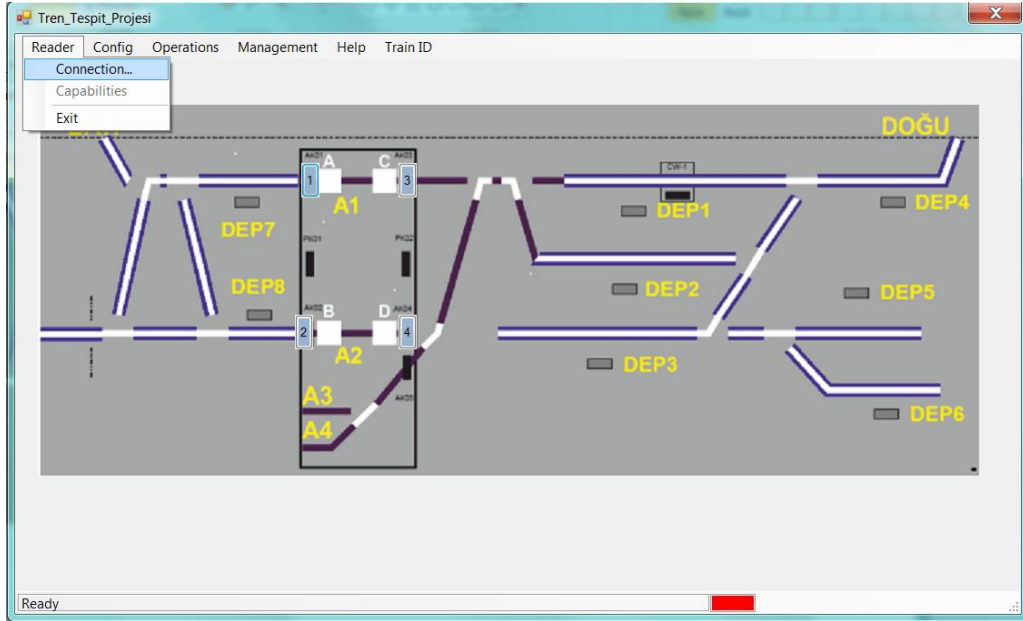
```

Switch case işlemi ile girilen trenID'ye yönelik olarak bölge yani pozisyon tanımlaması yapılmıştır. Örnek olarak A pozisyonu alınmıştır. İleriki işlemlerde kullanmaya yönelik olarak atamalar yapılmıştır.

Buraya kadar yapılan işlemler genel olarak manuel işlemlerdir. Bundan sonra yapılacak işlemler gerçek zamanlı programın kendi yapacağı işlemler olacaktır. Bu işlemler sırasında antenler RFID etiketleri okuyacak, okuyucular da bu bilgileri alıp programda kullanılması için iş istasyonlarına göndereceklerdir. İş istasyonlarında bu bilgiler gerçek zamanlı olarak değerlendirilecektir.

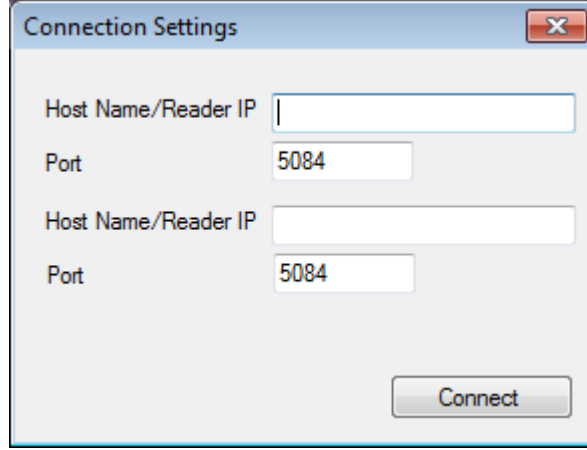
Programda tag değerinin okunması işlemi daha önce de belirtildiği gibi okuyucunun SDK'sı tarafından yapılmaktadır. Burada yapılan programda ise okunan tag değerinin tanımlanma işlemi yapılmıştır.

Gerçek zamanlı işleme geçmek için okuyuculara uzaktan bağlanması gerekmektedir. Bunun için ekran menüsünden Reader → Connection tıklanır(Şekil 4.12).



Şekil 4.12 ConnectionForm'a geçiş

Sonra okuyuculara ait IP numaraları girilerek bağlantı yapılır(Şekil 4.13). Bu işlem ConnectionForm üzerinden yapılır.



Şekil 4.13 ConnectionForm

Sistemde Reader1 ve Reader2 olmak üzere 2 adet okuyucu kullanılmıştır. Dolayısıyla bunlar da program kodlarına tanıtılmıştır. Reader1 için kodlar:

```
private void myUpdateRead(Events.ReadEventData eventData)
{
    Symbol.RFID3.TagData[] tagData =
    m_ReaderAPI1.Actions.GetReadTags(100);
```

Bu yöntem okuyucu tarafından okunan tag Array'lerini çeker. Taglar bu yöntemle okuyucudan okunur.

```
#region Reader1 -> Anten1, Anten2
    if (tagData != null)
```

Bu oluşturulan bölge sadece Reader1 işlemleri içindir. Aynı durum Reader2 için de benzerdir. If koşulu sağlanıyorsa yani Reader1 değer okuyorsa;

```
tagID = tag.TagID;
```

ile okunan değer tagID olarak atanır. Atanan tagID değeri ile tag değerinin hangi trene ait olduğunu bulmak için TreneKararVer fonksiyonu kullanılır.

```
TreneKararVer(tagID);
```

```
private void TreneKararVer(string tag)
{
```

```
    if (TagAtanmisMi(tag)) return;
```

String olarak alınan tag değeri öncelikle daha önceden tanımlanmış olup olmadığına bakılmak için TagAtanmisMi fonksiyonuna gönderilir.

```

private bool TagAtanmisMi(string tag)
{
    bool returnValue = false;
    if (
        TrenATag1 == tag || TrenATag2 == tag ||
        TrenBTag1 == tag || TrenBTag2 == tag ||
        TrenCTag1 == tag || TrenCTag2 == tag ||
        TrenDTag1 == tag || TrenDTag2 == tag
    )
        returnValue = true;

    return returnValue;
}

```

Projede 2 hatta toplamda maksimum 4 adet tren bulunabilmektedir. Bulunan trenlere, eğer varsa TrainA, TrainB, TrainC ve TrainD atamaları yapılır. Bu atamalardan sonra, önceden içerde tren var ise, tagı önceden tanımlanmış olacaktır. Reader tarafından okunan değer, burada tanımlanan taglar ile karşılaştırılır. Eğer tag önceden varsa, TagAtanmisMi True olarak döner ve TreneKararVer fonksiyonunda atama önceden yapıldığı için çıkış yapılır. Eğer TagAtanmisMi False olarak dönerse, o zaman TreneKararVer fonksiyonu çalışmaya başlar.

```

int index = trenTags.IndexOf(tag) + 1;
int trainID = (index + 1) / 2;

```

Burada yine okunan tagın hangi trene ait olduğunu bulmak için trenTags Arraylist'indeki yerine bakılarak trainID değeri bulunur.

```

if (string.IsNullOrEmpty(trainA))
{
    trainA = "" + trainID;

    if ((index % 2) == 1)
    {
        TrenATag1 = tag;
        TrenATag2 = trenTags[index].ToString();
    }
}

```

```
else
{
    TrenATag2 = tag;
    TrenATag1 = trenTags[index - 2].ToString();
}
}
```

Tren ataması örnek olması açısından TrainA üzerinden gösterilmiştir. TrainB, TrainC ve Train D için de kodlar benzerdir. Öncelikle TrainA değerinin boş olması koşuluna bakılır. Boş olduğu durumda bir önceki basamakta hesaplanan trainID değeri trainA'ya atanır. Alınan tag değerine göre TrenATag1 ve TrenATag2 değerleri atanır.

```
else
{
    if (!TrenAIcerde)
    {
        trainA = "" + trainID;

        if ((index % 2) == 1)
        {
            TrenATag1 = tag;
            TrenATag2 = trenTags[index].ToString();
        }
        else
        {
            TrenATag2 = tag;
            TrenATag1 = trenTags[index - 2].ToString();
        }
    }
}
```

Yukarıdaki if koşulunun else durumunda trenlerin içerde olma durumuna göre atama yapılıyor. Burada yapılan işlemin daha önce yapılan işlemin doğrulanması şeklinde çalıştığı da söylenebilir.

```
Reader1Anten = tag.AntennaID;
```

Projede toplamda 4 adet anten kullanılmıştır. Okunan tagın hangi antenden okunduğunu anlamak için yukarıdaki atama yapılır. TrainA için okunan tagın hangi antenden yapıldığı aşağıda gösterilmiştir:


```

if (tagID == TrenATag1)
{
    if (tag.AntennaID == 1)
    {
        Anten1Tag1Okundu = true;
        TrenATag1AntenID = 1;
    }
    else if (tag.AntennaID == 2)
    {
        Anten2Tag1Okundu = true;
        TrenATag1AntenID = 2;
    }
}
else if (tagID == TrenATag2)
{
    if (tag.AntennaID == 1)
    {
        Anten1Tag2Okundu = true;
        TrenATag2AntenID = 1;
    }
    else if (tag.AntennaID == 2)
    {
        Anten2Tag2Okundu = true;
        TrenATag2AntenID = 2;
    }
}

```

TreneKararVer fonksiyonunda gerekli atamalar yapıldıktan sonra ileriki aşamalarda kullanılmak üzere yukarıdaki tanımlara değerler atanır.

```

if (
((Anten1Tag1Okundu && Anten1Tag2Okundu) || (Anten2Tag1Okundu &&
Anten2Tag2Okundu))
&&
(TrenATag1AntenID == TrenATag2AntenID) && (TrenATag2AntenID != 0))
{

```

If koşuluyla TrainA'nın Anten1 veya Anten2'den geçtiği koşulu denetlenmeye çalışılmıştır. Bir önceki kod örneğinde tanımlanan değerler burada koşulu sağlayıp sağlamadığını denetlemek için kullanılmıştır.

```
if (!TrenAIcerde)
{
    TrenAIcerde = true;
    if (TrenATag1AntenID == 1)
    {
        if (PozisyonA.Visible)
        {
            PozisyonC.Visible = true;
            PozisyonC.Text = PozisyonA.Text;
        }
        else
            PozisyonA.Visible = true;

        PozisyonA.Text = trainA;

        Anten1Tag1Okundu = Anten1Tag2Okundu = false;
        TrenATag1AntenID = TrenATag2AntenID = 0;
    }
}
```

Yazılan kod örneği TrainA'nın dışarıdan gelip Anten1'den geçtiği varsayımı için kullanılmıştır. İlk koşulda TrainA'nın dışarıdan geldiği denetlenmiştir. Koşul sağlanıyorsa TrenAIcerde true olmuştur. İkinci koşulda Anten1'den geçtiği incelenmiştir. Bu koşul da doğru ise üçüncü koşulda pozisyon belirlemesi yapılmaya çalışılmıştır. Bu koşuldaki amaç eğer önceden oradan tren geçmiş ise Hat1 üzerinde tam olarak nerede olduğunu bulmaya çalışmaya yöneliktir. Çünkü Antenler 207 metrelik hattın başında ve sonunda bulunmaktadır. Trenler Antenden geçtikten sonra tam olarak bir yer tayini yapılamamaktadır. Eğer PozisyonA'da tren gözüküyor buna rağmen Kadıköy tarafından yani Anten1'den tren giriş yapabiliyorsa önceki giren trenin aslında PozisyonA'da değil PozisyonC'de olduğu anlaşılacaktır.

```
else
{
```

```

TrenAIcerde = false;
if (TrenATag1AntenID == 1)
{
    if (!PozisyonA.Visible)
        PozisyonC.Visible = false;
    else
        PozisyonA.Visible = false;
    Anten1Tag1Okundu = Anten1Tag2Okundu = false;
    TrenATag1AntenID = TrenATag2AntenID = 0;
}
else if (TrenATag1AntenID == 2)
{
    if (!PozisyonB.Visible)
        PozisyonD.Visible = false;
    else
        PozisyonB.Visible = false;
    Anten2Tag1Okundu = Anten2Tag2Okundu = false;
    TrenATag1AntenID = TrenATag2AntenID = 0;
}
trainA = string.Empty;
TrenATag1 = TrenATag2 = string.Empty;
}

tagID = string.Empty;
Reader1Anten = 0;
break;

```

TrainA olarak tanımlanmış tren içeriden çıkıyorsa yukarıdaki koşullara benzer olarak aynı koşullar yürütülecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında tamamı yer altında bulunan Kadıköy-Kartal Metrosu Maltepe Bakım Alanı'nda bulunan Atölye Alanı için RFID sistemi ile trenlerin konumunun Kumanda Merkezi'nden gerçek zamanlı olarak takip edilmesi sağlanmıştır.

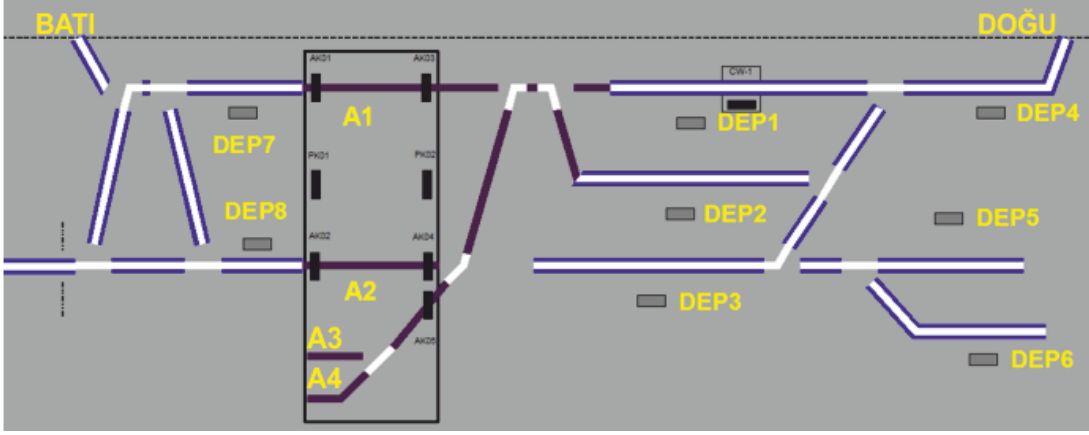
Sinyalizasyon sistemi temelde merkez, hatboyu ve araçüstü ekipmanlarından oluşmakta ve bu ekipmanların haberleşmesiyle çalışmaktadır. Bu ekipmanlardan en az biri devre dışı kaldığında sinyalizasyon sistemi, çalışmayan ekipmana bağlı olarak kısmen ya da tamamen çalışamayabilir.

Maltepe Bakım Alanı'nda (MBA) bulunan Atölye Alanı, tren bakımlarının ve tren arızalarına müdahalenin yapıldığı yer olarak kullanılmaktadır. Bakım ve arızaların emniyetli bir şekilde yapılması için trenlerin enerjisinin kapatılması gerekmektedir. Böyle bir durumda araçüstü sinyal ekipmanları mecburi olarak devre dışı bırakılmakta ve dolayısıyla bu alanda sinyalizasyon sistemi kurulu olsa dahi ilgili tren için sinyalizasyon sistemi devre dışı kalmış olmaktadır. Uygulama bundan dolayı Atölye Alanı'nda yapılmıştır.

Yapılan uygulama, Atölye Alanı içerisinde sinyalizasyon sisteminin kurulu olmadığı alanlar içerisinde yalnızca A1 ve A2 hatlarında kurulmuştur. Uygulama, sinyalizasyon sisteminin kurulu olmadığı diğer alanlar olan A3 ve A4 hatları için de kurulabilir.

Arıza ve bakımların yoğun olduğu durumlarda trenler, Şekil 5.1'de gösterilen beyaz alanlarda da (sinyalizasyon sisteminin kurulu olduğu alan) enerjisiz bırakılmak zorunda kalmaktadır. Böyle bir durum Kumande Merkezi, trenleri yine manuel takip etmek

durumunda kalmaktadır. Bunun için bu uygulama genişletilerek tüm depo alanına da kurulabilir. Böylelikle tüm depo alanı için tren takibi RFID sistemi üzerinden gerçek zamanlı olarak yapılabilir.



Şekil 5.1 Maltepe Bakım Alanı (MBA) Hat Şeması

Yapılan uygulamada grafiksek arayüzde yalnızca tren konumları takip edilmekte. Bu uygulama genişletilerek her bir tren için hangi bakımların yapıldığı, hangi arızalara müdahalenin yapıldığı, trenden hangi parçaların söküldüğü ve hangi parçaların takıldığı gibi bilgileri ekleyebilecek veri giriş arayüzü de oluşturulabilir. Böylece her bir tren için istenilen parametrelerdeki verilere kolayca ulaşılabilir. Örneğin 23 numaralı tren için, son 3 ayda kaç kere arıza yaptığı, en son bakımın ne zaman, kim tarafından yapıldığı ve bu bakımlarda hangi ekipmanların değiştirildiği bilgilerine bu veri girişi sistemi üzerinden rahatlıkla erişilebilir.

RFID ekipmanlarının kullanıldığı sinyalizasyon sistemlerinde okuyucular hatboyunda, etiketler hatboyunda ve antenler de trenlerin üzerinde olacak şekilde tasarlanmaktadır. Dolayısıyla tren adeti oranında anten kullanılırken istenilen konum çözünürlüğüne bağlı olarak yüzlerce etiket kullanılmaktadır. Antenlerin hatboyuna, etiketlerin trenlere konulduğu tersi bir tasarımda maliyet ciddi olarak artacaktır. M2 İstanbul Metrosu'nda balislerden oluşan sinyalizasyon sistemi bu yapıda olduğu gibi dünyada pek çok metroda, tren tespiti için bu şekilde tasarımlar kullanılmaktadır. Balis kullanılan uygulamalarda trenin enerjisiz bırakılması, tren tespitini ortadan kaldıracığı için enerjinin hiç bir surette kesilmemesi gerekmektedir.

Bu çalışmada ise etiketler hatboyu yerine trenlere, antenler de trenler yerine hatboyuna konulmuştur. Çünkü arıza ve/veya bakım durumlarında tren enerjisiz

bırakılmak zorunda kalındığı için tren üzerinde bulunan ve enerjisini trenden alan antenler de devre dışı kalmış olur ve dolayısıyla sistem devre dışı bırakılmış olunur. Böyle bir tasarımla sistemin kesintisiz çalışması sağlanmıştır.

Kumanda merkezlerinden yapılan gerçek zamanlı takipler kritik öneme sahiptirler. Bu uygulama ile iş istasyonu üzerinden yapılan takip, iş istasyonunda programın veya iş istasyonunun kendisinin herhangi bir nedenden dolayı kapanması durumunda yapılamayacaktır. Böyle bir durumda program tekrardan açılacak ve mevcut tren konumları sahadan manuel olarak teyit edildikten sonra program çalıştırılacaktır. Bu durumun önüne geçmek için depo sahası için ilave olarak geliştirilen bu tarz sistemlerin, iş istasyonlarına doğrudan bağlanması yerine, sistem odalarına kurulacak olan sunucular üzerinden çalıştırılması daha kullanışlı olacaktır.

Yalnız şu unutulmamalıdır ki bu sistem operatörler için bir yardımcı programdır. Bu programlardaki bilgiler kesintisiz doğru olamayabilir. Çünkü herhangi bir nedenden dolayı sistemde kullanılan etiketler trenlerden düşer ya da sökülürse tren giriş/çıkışları takip edilemez ki bu da kritik bir durumdur. Onun için depo alanında izin verilen azami 5 km/s'lik hız sınırlamasına uyulacak ve tüm işlemler makinist tarafından teyit edilecektir.

Son olarak, depo alanları için geliştirilen bu tarz çözümler, mevcut sistemlerde kullanılan farklı tasarımlardaki sinyalizasyon sistemleri ile entegre edilebilir. Bunun için yeni metro projeleri hazırlanırken, projelerin elektromekanik şartnamelerine depo alanlarında da anlık takibin yapılabilmesi gerektiği belirtilerek bu tarz uygulamaların kullanılması ve yaygınlaşmasına olanak sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Finkenzeller, K., (2003), "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", Third Edition, John Wiley & Sons, Chichester,
- [2] Roberti, M., The History of RFID Technology,
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>, 1 Ekim 2013.
- [3] Landt, J., (2001), "Shrouds of Time The History of RFID", ver. 1.0, AIM Inc., USA.
- [4] Thales Rail Signalling Solutions Inc., (2011). "IMKKL Sistem Tasarımı Açıklaması", Doküman No: XXXX-XXX-XX-X.
- [5] Thales Rail Signalling Solutions Inc., (2011). "IMKKL Araçüstü Ekipmanı Bakım Kursu", Doküman No: XXXX-XXX-XX-X.
- [6] Loft Media Publishing, (2010). RFID Tag Yearbook, Italy.
- [7] ODTÜ - RFID İle Yerleşke Erişim Kontrolü Sistemi,
<http://metupass.metu.edu.tr/genelbilgi.htm>, 23 Mart 2013.
- [8] Motorola, (2011). Motorola FX7400 Product Spec Sheet, USA.
- [9] Üstündağ, A., (2008). Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Confidex, (2010). Confidex Survivor Technical Product Specification, Finland.
- [11] MTI Wireless Edge, (2006). MT-242021/NV/K Antenna Data Sheet, Israel.
- [12] Wikipedia, Barkod, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Barkod>, 8 Ekim 2013.
- [13] AsyaPatent, Ülkelerin Barkod Numarası,
<http://www.barkod.web.tr/ulkelerin-barkod-numarasi.html>, 8 Ekim 2013
- [14] RFID Türkiye, Ürünler, <http://www.rfid-turkiye>, 8 Ekim 2013.
- [15] Daşkıran, L., "OCR: Optik Karakter Tanımı" , Chip Dergisi, Kasım 2004
- [16] Ergen B., ve Çalışkan A., (2011). "Biyometrik Sistemler ve El Tabanlı Biyometrik Tanıma Karakteristikleri", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 Mayıs 2011, Elazığ.

- [17] Küçüksille, E.U., Çakır A., Çalış H., (2006). "Akıllı Kart Teknolojisi İle Güvenlik ve Kontrol Uygulaması Geliştirme" Akademik Bilişim Konferansları, 9-11 Şubat 2006, Denizli.
- [18] Kavas, A., "Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri", Elektrik Dergisi, 430: 74-80.
- [19] ITU, (2005). "Ubiquitous Network Societies: The Case Of Radio Frequency Identification", ITU New Initiatives Programme, 6-8 April 2005, Geneva.
- [20] Iyer, S., (2005). "RFID: Technology and Applications", Eleventh National Conference On Communications, 28-30 January 2005, Kharagpur, India.
- [21] Vaculík, J., Kolarovszki, P., Tengler. J., (2013). "Possibility of RFID in Conditions of Postal Operators, Radio Frequency Identification from System to Applications, InTech.
- [22] Yüksel, M.E., ve Zaim, A.H., (2009). "Otomatik Nesne Tanımlama, Takibi ve Yönetiminde RFID'nin Yeni Nesil Kablosuz İletişim Teknolojileri ile Birlikte Kullanımı", XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 11-13 Şubat 2009, Şanlıurfa.
- [23] T.C. Resmi Gazete, Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının (KET) Kurma ve Kullanma Esasları Hakkında Yönetmelik. (25394), 06.03.2004.
- [24] ETSI EN 302 208, Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM), V1.1.1 (2004-09).
- [25] Takipsan Global Solution, RFID Standartları, <http://www.takipsan.com/rfid-standartlari-turkiye.html>, 30 Aralık 2013.
- [26] T.C. Resmi Gazete, Kısa Mesafe Erişimli Telsiz (KET) Cihazları Hakkında Yönetmelik. (28404), 11.09.2012.
- [27] Siemens AG, (2008). "M2 İstanbul Metrosu Genel Sinyalizasyon Sistemi Tanıtımı", Doküman No: XXXX-XXX-XX-X.

RFID OKUYUCU

Okuyucu Özellikleri

PRODUCT SPEC SHEET
MOTOROLA FX7400



MOTOROLA FX7400

FIXED RFID READER FOR CUSTOMER-FACING ENVIRONMENTS

BUSINESS-CLASS FUNCTIONALITY IN A COMPACT, SLEEK DESIGN

The Motorola FX7400 RFID Reader sets a new standard in design for indoor customer-facing and carpeted environments — packing best-in-class RFID features into a sleek, attractive form factor that is less than half the size of a typical fixed industrial RFID reader. With a low profile and impressive array of integrated features and functionality, the FX7400 makes RFID cost-effective for business class applications such as item-level inventory management, IT asset management and more. This standards-based device integrates easily into your existing technology environment, delivering superior performance and simplified management. Flexible enough to support your business needs today and in the future, the RFID reader offers outstanding value with a low cost per read point, investment protection and superior total cost of ownership (TCO). And the FX7400 expands our RFID fixed reader portfolio to serve both business-class and industrial environments.

EASY TO USE, DEPLOY AND MANAGE

The FX7400 is easy to mount and manage. The reader simply snaps into the supplied bracket. Deployment is automated with ShowCase II, Motorola's new remote configuration and management tool. An auto discovery function helps detect devices once they are plugged

into the network; pre-defined configuration files simplify setup for various applications and environments and a testing tool lets you verify that your FX7400 readers are up, running and ready to put into operation. No outlet nearby? No problem. Integrated Power over Ethernet (PoE) gives businesses the freedom to place the FX7400 wherever it is needed most, without the hassle or cost associated with installing power outlets — ideal for the large open common areas in retail storefronts. LLRP (low level reader protocol) support delivers seamless integration with your existing IT infrastructure, including wireless LANs and standard middleware, such as IBM WebSphere and Microsoft BizTalk. And the ability to host third party applications further simplifies application deployment, allowing you to easily customize applications to meet your business needs today and tomorrow.

A SMART INVESTMENT WITH A LOW TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO)

With the FX7400, you get big business benefits — effortless real-time accurate inventory visibility and a superior TCO. A choice of either two or four monostatic ports lets you purchase only what you need, no more no less. With the integrated optically isolated General Purpose Input/Output (GPIO) interface, there's no need to purchase, install and manage additional hardware.

FEATURES

Highly integrated features, including PoE, GPIO and management software
Provides a low cost per read point — and a low TCO

2-port and 4-port reader configurations

Increases application flexibility and optimizes capital investments

Open standards-based architecture:

- EPC standards-based defined reader management
- Auto-discovery
- Flexible firmware upgrade features
- Showcase II configuration and management tool

Seamlessly integrates with existing IT environments; enables remote and centralized management; simplifies and reduces the cost of set-up, deployment, testing and management

PRODUCT SPEC SHEET
MOTOROLA FX7400

A flexible radio architecture minimizes the complexity of multinational deployments and simplifies the technology architecture in distributed environments. Integrated PoE support provides a substantial cost savings — up to \$1000 per electrical drop. And our centralized remote management tools significantly reduce IT management time and cost.

END-TO-END LIFECYCLE SUPPORT

No matter what help you might need, we have you covered. Our full suite of services offers 'from the manufacturer' expertise throughout the entire lifecycle of your solution — from assessment, commissioning and rollout to ongoing training and day-to-day support. Our RFID Advanced Services provide the assistance

you need to architect your solution for your business, processes and environment, ensuring that your pilot or full-scale rollout is designed to deliver peak performance — and maximum benefits. And post deployment, Motorola's Customer Services provide the everyday support you need to keep your RFID solution up and running day in and day out, with options that include 24x7 on site coverage and preventive maintenance visits.

For more information on how the FX7400 RFID Reader can benefit your business, please visit us on the web at www.motorola.com/FX7400 or access our global contact directory at www.motorola.com/enterprisemobility/contactus

Next generation reader platform, including dense reader mode support
Best-in-class read rates deliver superior read performance

Microsoft® Windows® CE 5.0 direct application hosting; 64 MB RAM/ 64 MB Flash
Enables easy integration of a wide range of third-party applications for fast application deployment; supports upgrading to meet future requirements; maximizes product lifespan; provides outstanding investment protection

EPC Global LLRP interface support; comprehensive API support — .NET and C
Simplifies application development

SPECIFICATIONS CHART

PHYSICAL CHARACTERISTICS	
Dimensions	7.7 in. L x 5.9 in. W x 1.7 in. D (19.56 cm L x 14.99 cm W x 4.32 cm D)
Weight	1.8 lbs ± 0.1 lbs (0.82 kg ± 0.05 kg)
Housing Material	Die-cast aluminum, sheet metal and plastic
Visual Status Indicators	Multicolor LEDs: Power, Activity, Status and Applications
Mounting	Keyhole and standard VESA (75mm x 75mm)
CONNECTIVITY	
Communications	10/100 BaseT Ethernet (RJ45) w/ PoE support; USB Client (USB Type B)
General Purpose I/O	2 inputs, 2 outputs, optically isolated (Terminal Block)
Power Supply	+24Vdc or PoE (IEEE 802.3af)
Antenna Ports	FX7400-4: 4 mono-static ports (Reverse Polarity TNC) FX7400-2: 2 mono-static ports (Reverse Polarity TNC)
ENVIRONMENTAL	
Operating Temp.	-4° to +131° F/-20° to +55° C
Storage Temp.	-40° to +158° F/-40° to +70° C
Humidity	5-85% non-condensing
REGULATORY COMPLIANCE	
Safety	UL 60950-01, UL 2043, IEC 60950-1, EN 60950-1
RF/EMI/EMC	FCC Part 15, RSS 210, EN 302 208, ICES-003 Class B, EN 301 489-1/3
SAR/MPE	FCC 47CFR2.02T Bulletin 65; EN 50364
Other	ROHS, WEEE

HARDWARE, OS AND FIRMWARE MANAGEMENT	
Memory	Flash 64 MB; DRAM 64 MB
Operating System	Microsoft® Windows® CE 5.0
Firmware Upgrade	Web-based and remote firmware upgrade capabilities
Management Protocols	RM 1.0.1 (with XML over HTTP/HTTPS and SNMP binding); AirBEAM firmware upgrade (Level 2 support)
Network Services	DHCP, HTTPS, FTPS, SSH, HTTP, FTP, Telnet, SNMP and NTP
Air Protocols	ISO 18000-6C (EPC Class 1 Gen 2)
Frequency (UHF Band)	Global Reader: 902 MHz-928 Mhz, 865 MHz-868 MHz US (only) Reader: 902 MHz to 928 MHz
Power Output	+15dBm to +30dBm
IP Addressing	Static and Dynamic
Host Interface Protocol	LLRP
API Support	.NET and C
Warranty	The FX7400-4 and FX7400-2 are warranted against defects in workmanship and materials for a period of one year (12 months) from date of shipment, provided the product remains unmodified and is operated under normal and proper conditions.
RECOMMENDED SERVICES	
Customer Services	Service from the Start Advance Exchange Support
Advanced Services	RFID Advanced Services

Part number: SS-FX7400. Printed in USA 01/11. MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS and the Stylized M Logo are trademarks or registered trademarks of Motorola Trademark Holdings, LLC and are used under license. All other trademarks are the property of their respective owners. ©2011 Motorola Solutions, Inc. All rights reserved.

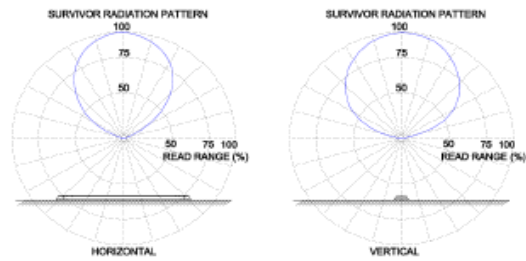


RFID ETİKET

Etket Özellikleri

Device type	Class 1 Generation 2 passive UHF RFID transponder
Air interface protocol	EPCGlobal Class1 Gen2 ISO 18000-6C
Operational frequency	885-869 MHz (EU), 902-928MHz (US), 952-955 MHz (JPN)
IC options	NXP UCODE G2XM
EPC memory	up to 240 bit (G2XM)
EPC memory content	Unique number encoded as a default
Extended memory	512 bit (G2XM)
Read range	up to 8-12 m (26-39 ft) with reader power 2W ERP (dependent on application)
Applicable surface materials	Any surfaces, incl. metal, plastic and wood
Encapsulation material	PC/ABS
Color	Dark grey
Weight	25 g
Delivery format	Single
Amount in box	250 pcs (default)
Product is RoHS compliant	

Estimated radiation pattern when tag orientation towards reader antenna is optimized.



Typically values are valid for all tag versions. If not, applicable IC versions are marked

Operating temperature	-35°C to +85°C / -31°F to +185°F
Ambient temperature	-35°C to +85°C / -31°F to +185°F @ -35°C / -31°F 16h duration
IP classification	IP67: - Complete protection against dust - Protection against temporary immersion in water
Weather ability	Good, incl. UV-resistance and sea water
Vibration resistance	Good: - According to JESD22-B103B, service condition 2; vibration that is aligned with tag thickness (z-axis).
Chemical resistance	No physical or performance changes in: - Salt water (salinity 10%, tested in 168h exposure) - NaOH (10%, pH 13, tested in 24h exposure). Note, tag's metal background laminate may corrode. - Sulfuric acid (10%, pH 2, tested in 168h exposure). Note, tag's metal background laminate may loosen. - Motor oil (tested in 168h exposure) Generally good resistance against moderate concentrations of acids, alcohols, alkalis, detergents and cleaners. Acetone should be avoided.
Expected lifetime	Years in normal operating conditions

RFID ANTEN

Anten Özellikleri

MT-242021/NV/K
865 - 870 MHz, 8 dBi LINEAR VERTICAL POLARITY
READER ANTENNA



ELECTRICAL	
REGULATORY COMPLIANCE	RoHS Compliance CE 0682 FOR ETSI EN-302 208 V1.1.1
COMPLIANCE	SEE NOTE 1
FREQUENCY RANGE	865-870 MHz
GAIN	8 dBi (min) 8.5 dBi (max)
VSWR	1.3:1 (max)
POLARIZATION	Linear Vertical
3dB ELEVATION BEAMWIDTH	71°(typ)
3dB AZIMUTH BEAMWIDTH	80°(typ)
AZIMUTH SIDELobe LEVEL	-20dB @ ±130° to±180°
ELEVATION SIDELobe LEVEL	-16dB @ ±130° to±180°
FRONT TO BACK RATIO	-15 dB (max)
CROSS POLARIZATION	-20 dB (max)
POWER	6W (max)
INPUT IMPEDANCE	50 (ohm)
LIGHTNING PROTECTION	DC Grounded
MECHANICAL	
DIMENSIONS (LxWxD)	190 x 190 x 30mm (max)
CONNECTOR	N-Type Female
WEIGHT	0.7 kg (max)
MOUNTING KIT	120018/A
RADOME MATERIAL	Plastic
BASE PLATE MATERIAL	Aluminum with chemical conversion coating
OUTLINE DRAWING	RD42758400C

[ADD TO COMPARISON](#) | [COMPARE](#)

ENVIRONMENTAL

TEST	STANDARD	DURATION	TEMPERATURE	NOTES
LOW TEMPERATURE	IEC 68-2-1	72 h	-55°C	
HIGH TEMPERATURE	IEC 68-2-2	72 h	+71°C	
TEMP. CYCLING	IEC 68-2-14	1 h	-45°C +70°C	3 Cycles
THERMAL SHOCK			-30°C to+70°C	Ramp 30°C/min
NONO-OPERATING HUMIDITY	ETSI EN300-2-4 T4.1E	144 h		95%
WATER	IEC 529			IP67

TIGHTNESS
 DUST RESISTANCE
 SOLAR RADIATION ASTM G53 1000h
 OZONE RESISTANCE ETSI 300
 FLAMMABILITY UL 94
 QUASI RANDOM VIBRATION

IP67

Class HB

20g rms for 4 hours

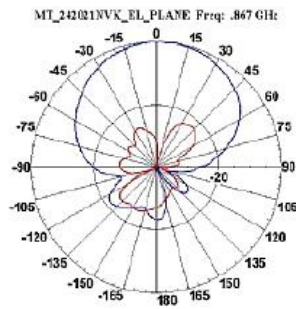
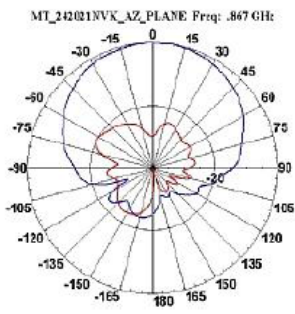
6 hours total, 2 hr in each axis. Accelerated wear – an additional 50hrs in worst case axis.

VEHICLE VIBRATION 1 grms, 10-500 Hz, in 3 axis

MECHANICAL SHOCK 10g, 11msec, half sine pulse

OPERATING Azimuth Radiation Pattern Midband Freq. 0.867 GHz

Elevation Radiation Pattern Midband Freq. 0.867 GHz



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet DEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.11.1986 - Elazığ
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : md_istanbul@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektronik Mühendisliği	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü	2009
Lise	Fen Bilimleri	Kartal Fatin Rüştü Zorlu Lisesi(YDA)	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011 -	İstanbul Ulaşım A.Ş.	Sinyalizasyon Mühendisi