



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

**MARKETLERDE AKILLI VERİ TOPLAMA VE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Volkan BENZER**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Şenol Zafer ERDOĞAN**

**İSTANBUL - 2013**

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

JÜRİ

Yrd. Doç. Dr. Şenol Zafer ERDOĞAN  
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Turgay T. BİLGİN  
Üye

Yrd. Doç. Dr. Fatih YÜCALAR  
Üye

## ÖZET

Bu tezde, kapalı bir mekan içerisinde, bir cismin yerinin tespiti ve hareket güzergahı gibi bilgileri elde etmek üzere bir sistem üzerine çalışılmıştır. Günümüzde dünyanın herhangi bir yerinde, üzerinde konum belirleme cihazı bulunan bir cismin konumu ve izlediği yol, eğer açık bir alanda ise tespit edilebilmektedir. Market gibi kapalı bir mağazada, müşterilerin alışveriş davranışlarının izlenebilirliği, yeni satış-pazarlama stratejilerinin gelişmesinde önemli bir rol oynayabilir. Müşteriler hangi reyonları daha sık ziyaret ediyor, bu reyonlarda ne kadar vakit geçiriyor ve market içi alışveriş sırası nasıl gibi soruların cevaplarına verilebilecek cevaplar ile bu cevaplar doğrultusunda mağaza içerisinde yapılan stratejik değişiklikler satış gelirlerini arttırabilir ve alışverişin daha etkili süre içerisinde tamamlanmasına yardımcı olabilir. Bu gereklilikler doğrultusunda, market içerisinde konumlandırılmış kızıl ötesi çalışan raf düğümleri ve gezici düğümler üzerine bir mimari oluşturulmuş ve prototip çalışması yapılmıştır. Hazırlanan tüm prototipler gerçek bir markete kurulup veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu tez 2013 yılında tamamlanmıştır ve 65 sayfadan oluşmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Akıllı veri toplama, kızıl ötesi sensör düğümleri, kablo-suz iletişim.

## **ABSTRACT**

In this thesis, a system is worked to obtain information such as the route of movement and the location of an object in enclosed space. Nowadays, anywhere in the world, position and path of an object, which has location determination device on it, can be determined if it is in the open-field. Traceability of customers' shopping behavior in indoor stores such as grocery can play an important role in the development of the new sales and marketing strategies. Strategic modifications according to the answers of questions such as which aisles are visited more often by customers, how much time is spent in these aisles and what is order of shopping can enhance sales revenue and serve completion of shopping influentially. In accordance with these requirements, architecture is created based on mobile infrared/RF nodes and infrared nodes which are positioned in grocery and prototyping is done. All these prototypes are placed in a real grocery and data collection process is performed.

This thesis has been completed in 2013 and consists of 65 pages.

**Keywords:** Smart data acquisition, infrared sensor nodes, wireless communication.

## TEŞEKKÜR

Bu tez konusunu seçmemde beni yönlendiren, destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Őenol Zafer ERDOĐAN'a, manevi destekleri ile hayatıma yeni bir bakıő ačíısıyla bakmamı sağlayan Murat ŐENOL'a, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme teőekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. Kablosuz iletişim nedir?.....	2
2.1 Kablosuz İletişim Yöntemleri .....	3
2.1.1 Elektromanyetik spektrum kategorileri.....	4
2.2 Radyo iletişim temelleri .....	7
2.2.1 Radyo iletişimde modülasyon yöntemleri.....	8
2.2.1.1 Analog modülasyon sistemleri .....	8
2.2.1.2 Sayısal modülasyon teknikleri.....	10
3. AKILLI VERİ TOPLAMA SİSTEMİ MİMARİSİ.....	15
3.1 Sistem Mimarisi .....	15
3.1.1 Tek yönlü kızıl ötesi iletişime sahip mimari .....	19
3.1.2 Çift yönlü kızıl ötesi iletişime sahip mimari .....	20
3.2 Akıllı Veri Toplama Sistemi Uygulaması .....	22
3.2.1 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm .....	22
3.2.1.1 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm donanım yapısı.....	23
3.2.1.2 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm yazılım yapısı.....	26

3.2.2	Market arabası düğümü.....	30
3.2.2.1	Market arabası düğümü donanım yapısı .....	31
3.2.2.2	Market arabası düğümü yazılım yapısı .....	35
3.2.3	Merkez istasyon.....	39
3.2.3.1	Merkez istasyon düğümü donanım yapısı .....	40
3.2.3.2	Merkez istasyon düğümü yazılım yapısı .....	42
4.	AKILLI VERİ TOPLAMA SİSTEMİ UYGULAMASI.....	44
5.	SONUÇ .....	53
	KAYNAKLAR .....	54
	ÖZGEÇMİŞ .....	55



## KISALTMALAR

<b>Kısaltma</b>	<b>İngilizcesi</b>	<b>Türkçesi</b>
FM	Frequency Modulation	Frekans Modülasyonu
AM	Amplitude Modulation	Genlik Modülasyonu
MRI	Magnetic Reconance Imaging	Manyetik Rezonans Görüntüleme
UV	Ultraviolet	Mor Ötesi
DNA	Deoxyribonucleic Acit	Deoksiribonükleik Asit
LED	Light Emitting Diode	Işık Yayan Diyot
MCU	Microcontroller Unite	Mikro kontrolcü birim
RTC	Real Time Clock	Gerçek Zamanlı Saat
BS	Base Station	Merkez İstasyon
USB	Universal Serial Bus	Evrensel Veri Yolu
ID	Identification	Kimlik
RF	Radio Frequency	Radyo Frekansı
SMD	Suface Mount Device	Yüzey Montaj Eleman
SSOP	Shrink Small Outline Package	Kısaltılmış Küçük Hatlı Kılıf
ASK	Amplitude Shift Keying	Genlik Kaymalı Anahtarlama
PLL	Phase Locked Loop	Faz Kilitlemeli Döngü
ADC	Analog to Digital Converter	Analogtan Sayısala Çevirici
HID	Human Interface Device	İnsan Arabirim Aygıtı
RAM	Random Access Memory	Rasgele Erişimli Bellek
I <sup>2</sup> C	Inter Integrated Circuit	Tümleşik Devre Arası İletişim

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 - Elektromanyetik Spektrum [5] .....	3
Şekil 2.2 - Dalga boyu-frekans ilişkisi [6] .....	4
Şekil 2.3 - Genlik modülasyonu [12] .....	9
Şekil 2.4 - Frekans modülasyonu [12] .....	10
Şekil 2.5 - Açık/Kapalı Anahtarlama [12] .....	12
Şekil 2.6- Frekans Kaydırmalı Anahtarlama [12] .....	12
Şekil 2.7- Faz Kaydırmalı Anahtarlama [12] .....	13
Şekil 2.8- Darbe Genlik Modülasyonu [12] .....	14
Şekil 3.1 - Akıllı veri toplama sistemi mimarisi .....	18
Şekil 3.2 - Tek yönlü kızıl ötesi veri iletişim yönü .....	19
Şekil 3.3 - Tek yönlü kızıl ötesi veri iletişim yönü .....	21
Şekil 3.4 - Raf düğümü .....	23
Şekil 3.5 – Raf düğümü devre şeması .....	24
Şekil 3.6 - Kızıl ötesi sinyal okuma yöntemi 1 .....	27
Şekil 3.7 - Kızıl ötesi sinyal okuma yöntemi 2 .....	28
Şekil 3.8 - Market arabası yayın paketi .....	29
Şekil 3.9 - Raf düğümü yayın cevap paketi .....	29
Şekil 3.10 - Gezici düğüm prototip devresi .....	31
Şekil 3.11 - Gezici düğüm devre şeması .....	32
Şekil 3.12 - RF verici donanım .....	33
Şekil 3.13 - a) Gezici düğümün kaydettiği ID sayısı, b) Her bir kaydın içeriği .....	36
Şekil 3.14 - (a) Market arabası yayın paketi, (b) Merkez istasyonun, yayın paketine cevabı (log isteği), (c) Market arabası veri adet sayısı paketi, (d) market arabası veri gönderim paket formatı .....	38
Şekil 3.15 - Merkez istasyon prototip devresi .....	40
Şekil 3.16 - RF alıcı donanım .....	41
Şekil 3.17 - Gezici düğüm için saat güncelleme paketi .....	43
Şekil 4.1 - Gezici düğümün market arabasına konumlandırılması .....	45
Şekil 4.2 - Bir koridorda raf düğümlerinin konumlandırılması .....	46

Şekil 4.3 - Kozmetik reyonunda konumlandırılmış bir raf düğümü .....	46
Şekil 4.4 - Deterjan reyonunda konumlandırılmış bir raf düğümü .....	47
Şekil 4.5 - Uygulaması gerçekleştirilen marketin kuş bakışı görünüşü .....	47

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 - Raf numaraları ve reyon adları .....	48
Çizelge 4.2 - Birinci gün uygulama sonuçları.....	49
Çizelge 4.3 - Birinci gün uygulama sonuçları.....	51
Çizelge 4.4 - Uygulama sonucuna göre reyon yoğunlukları.....	52

## 1. GİRİŞ

Endüstride, üretim kalitesinin yükseltilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve ürünün satış pazarlama kapasitenin artırılması, talep değişikliklerine hızlı cevap vererek ayak uydurabilmesi için tüm bu basamaklarda fiziksel değerlerin izlenmesi ve anında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu yeni bir yöntem değildir. Fakat teknolojinin ilerlemesi ile izleme ve yorumlama tekniklerinin de gelişmesine imkan sağlamıştır. Günümüzde, üretimin kolaylığı ve kalitesi açısından, otomasyon sistemlerinden yararlanılmakta; sıcaklık, basınç, nem, pH, hız, devir, ağırlık, durum, adet v.b. gibi fiziksel değerler sensörler sayesinde alınarak elektronik sistemlerde işlenerek bilgisayara aktarılmakta ve değerlendirilmektedir. Aynı şekilde insanların günlük yaşantılarında; eğlence, yeme-içme, alışveriş ve iletişim gibi davranışların yorumlanmasıyla ihtiyaçların belirlenmesi ve bu sayede efektif satış teknikleri geliştirilerek karlılığın artırılması alanında veri toplama sistemlerinden yoğun bir şekilde faydalanılmaktadır [1].

Tarihsel gelişimi açısından bakıldığında, bir fabrika için veri toplama işlemi amacıyla görevlendirilmiş bir personel bulunmaktaydı. Bu personel/personeller analog-dijital ölçü aletleri ile ölçtükleri verileri not defterlerine kaydederdilerdi. Başka bir personel ise bu verileri yorumlardı. İlerleyen zamanlarda bu veriler, bir veri tabanına kaydedilerek veriler arası ilişkilerin kurulabileceği keşfedildi. Fakat halen daha verilerin bilgisayara girişi el ile yapılmaktaydı. Bu durum işçilik maliyetlerini arttırmasının yanı sıra, verilerin güvenilirliğini de azaltmaktaydı. Verilerin otomatik olarak ölçülüp yüklenmesi ile bu sorun ortadan kalktı. Bu sayede toplanan veriler daha sık aralıklarla ölçülüp hatasız olarak veri girişi sağlanmış oldu. Ancak ilerleyen zaman içerisinde, bir veri toplama sistemi için kablo kurulumları büyük sorun teşkil etmeye başladı. Özellikle büyük işletmelerde, takip noktalarının çok olması gerektiği durumlarda bu büyük bir problemdir. Ayrıca sistemin taşınabilirliği zor ve maliyetlidir. Fiziksel şartlardan dolayı da kablo arıza riskleri de böyle bir sistemde her zaman

vardır. Kablo karmaşasının ortadan kalkmaya başlaması, kablosuz iletişim teknolojilerinin yaygınlaşması ile hızlanmıştır. Toplanan veriler artık daha güvenli taşınmakta, kurulum ve bakım maliyetleri düşmekte ve sistemin taşınabilirliği kolaylaşmıştır. Günümüzde kablosuz sensör ağları kullanımı ile akıllı algoritmalar geliştirilmiş ve bu sayede etkili enerji tüketimine karşın hızlı ve güvenilir veri taşınması sağlanabilmektedir [1],[15].

Bu çalışmada, kablosuz iletişim teknolojileri incelenmiş ve bir market reyonlarının ne sıklıkta ziyaret edildiğini, reyonların hangi sırayla gezildiğini ve bir müşteri için bu reyonlarda ne kadar vakit geçirdiğini analiz etmek amacı ile bir market veri toplama sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır.

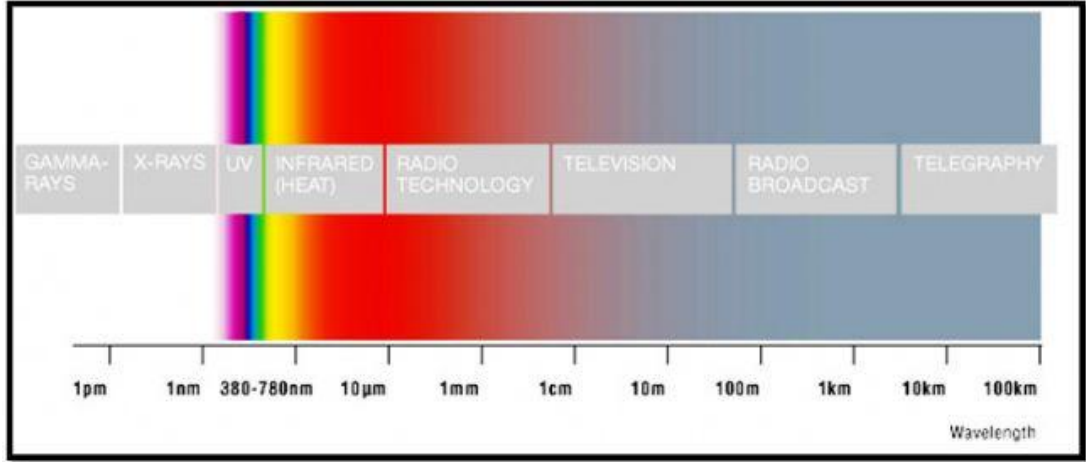
## **2. KABLOSUZ İLETİŞİM NEDİR?**

Alıcının ve vericinin birbirine herhangi bir fiziksel temas halinde olmadan yaptıkları her türlü veri alış verişi işlemidir. Tarihin ilk çağlarında insanlar, kablosuz iletişim olarak ses, duman ve bayrak kullandılar. Doğal olarak iletişim mesafesi kısaydı. Haberleşme alfabesi de çok kısıtlıydı ve yanlış anlaşılmalara çok müsaitti [2]. 19'ncü asırda yanar söner lambalar askeri amaçla kullanılmaya başlandı. Mors alfabesi ile birleşerek iyi derecede haberleşme yöntemi geliştirildi. Ancak yine hava koşulları ve mesafe önemli kısıtlar olmayı sürdürüyordu. Geçmişten günümüze, insanoğlu hep uzak mesafelerle iletişim kurma ihtiyacı hissetmiştir. Bu yüzden teknolojinin ilerleme yönlerinde haberleşme büyük önem taşımaktadır [3]. Günümüzde, gelişmiş kablosuz haberleşme yöntemleri, kullanım amacına göre çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmada kullanım amacına göre iki farklı kablosuz haberleşme yöntemi bir arada kullanılmıştır.

## 2.1 Kablosuz İletişim Yöntemleri

Kullanım alanlarına göre kablosuz iletişim yöntemleri çeşitlilik gösterir. Ana başlıklar açısından bakıldığında, kablosuz haberleşme yöntemleri bir nevi fiziksel büyüklüklerde (manyetik, elektrik alanı, ses ve ışık gibi) meydana gelen değişimleri yorumlamaktır.

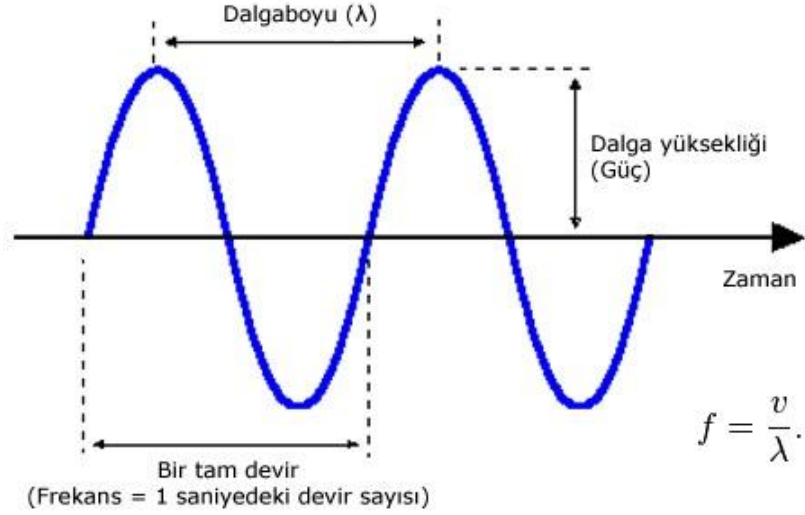
Radyo haberleşmede, kablosuz iletişimin temeli elektromanyetik spektruma dayanır. Elektromanyetik spektrum veya elektromanyetik tayf, evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu ve farklı ışınım türevlerinin frekanslarına göre bu tayftaki rölatif yerlerini ifade eden kavramdır [4]. Şekil 2.1’de elektromanyetik spektrum görülmektedir.



Şekil 2.1 - Elektromanyetik Spektrum [5]

Herhangi bir cismin elektromanyetik tayfı veya spektrumu, o cisim tarafından çevresine yayılan karakteristik net radyasyonunu tabir eder. Elektromanyetik tayf, dalga boylarına göre Gama ve X-ışını gibi atom altı değerlerden başlayıp binlerce kilometre uzunlukta olabilecek radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini içerir [4]. Dalga boyu, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir. Dalga boyu frekansla ters orantılıdır, yani yüksek frekanslı bir sinyalin dalga boyu, düşük frekanslı bir sinyale göre daha kısadır. Şekil 2.2’de dalga boyu ve fre-

kans ilişkisi gösterilmiştir. Burada  $f$  frekansı,  $\lambda$  dalga boyunu,  $v$  ise dalga hızını ifade etmektedir [6].



Şekil 2.2 - Dalga boyu-frekans ilişkisi [6]

### 2.1.1 Elektromanyetik spektrum kategorileri

Spektrum, dalga boyları uzunluklarına göre ayrılırken, sınıflandırılmasının kolay olması için bazı ana ışın gruplarına ayrılır. Bu ana kategoriler kendi içlerinde de alt kategorilere de ayrılır. Örneğin FM (Frekans Modülasyonu) ve AM (Genlik Modülasyonu) radyo yayınları aynı ana grubun alt kategorileridir.

**Radyo Dalgaları:** Radyo dalgaları, binlerce kilometreden yaklaşık bir milimetreye kadar dalga boylarına sahiptir. Oluşturdukları rezonansa uygun antenler ve modülasyon teknikleri vasıtasıyla analog ve sayısal veri aktarımında kullanılabilir. Televizyon, cep telefonu, MRI (Manyetik Rezonans Görüntüleme), kablosuz bilgisayar ağları ve benzeri uygulamalar radyo dalgalarını kullanır [7].

Radyo dalgalarının veri taşıma özellikleri, (dalga yüksekliği, frekans ve faz) belirli bant aralığında modüle edilerek saptanır. Elektromanyetik spektrumun bu bölümünün kullanımı birçok ülkede çeşitli resmi kuruluşlar tarafından kısıtlanmakta ve denetlenmektedir. Elektromanyetik radyasyon bir iletkene uygulandığında, iletkenin



yüzeydeki atomların elektronlarını daha enerjik kılarak iletken yüzeyinde küçük bir elektrik akımı oluşmasını sağlar. Radyo antenlerinin çalışma ilkesi bu etkiye dayanır [7].

**Mikrodalga:** Frekansları genel olarak 300-300.000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar, radarlarda, mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz Internet erişiminde, Bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde, mikrodalga frekansları kullanılır. "Mikrodalga" sözü elektromanyetik dalganın dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekansları tanımlar. Dalga boyunun 1 cm'den kısa olduğu frekanslara (30-300 GHz aralığı) "milimetrik" dalga ismi de verilir. Dalga boyunun 1 mm'den kısa olduğu frekanslara (300-3000 GHz) "submilimetrik" dalga ismi verilir. Mikro dalgaların dalga boyları 0,01 mm ye kadar inmektedir [14].

**Terahertz Işınım:** Terahertz (THz) radyasyon, elektromanyetik tayfta uzak kızılötesi ile mikrodalgalar arasındaki frekans bandında bulunur. Yakın zamana kadar spektrumun bu bölgesi büyük oranda ihmal edilmişti ancak günümüzde bu milimetre-altı bant özellikle haberleşme, doku gösterimi ve savunma teknolojilerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu bandın askeri amaçlı uygulaması şimdilik düşman askerleri üzerine yansıtılan tera hertz ışınımı suretiyle derilerinde yanma hissi yaratarak bu tehditleri etkisizleştirme uygulaması ile sınırlıdır. Aynı ışınım söz konusu hedeflerin elektronik ekipmanını da iş göremez hale getirecektir [7].

**Kızılötesi (infrared) Işınım:** Kızılötesi radyasyon yaklaşık olarak 300 GHz ile 400 THz frekansları ve 1 mm ile 750 nm arasındaki dalga boylarını kapsar [7]. Üç ana kategoride incelenir:

- Uzak kızılötesi, 300 GHz ( $1\text{mm } \lambda$ ) ile 30 THz ( $10\ \mu\text{m } \lambda$ ) arasındadır. Bu bandın alt bölümleri için mikrodalga da denilebilir. Bu radyasyon tipik olarak spin yapan gaz molekülleri, sıvılarda moleküler akışkanlık ve katılarda fotonlar tarafından emilir. Dünyanın atmosferindeki yaklaşık %1 su buharı tarafından emilen uzak kızılötesi ışınım, atmosferin saydam olmasında büyük rol oynamaktadır. Astronomide 200  $\mu\text{m}$  ile birkaç mm arasındaki dalga boylarına

genellikle milimetre altı denir ve "uzak kızılötesi" tanımı  $200 \mu\text{m}$ 'nin altındaki dalga boyları tarafından kullanılır [7],[8].

- Orta kızılötesi,  $30 \text{ THz}$  ( $10 \mu\text{m}$   $\lambda$ ) ile  $120 \text{ THz}$  ( $2.5 \mu\text{m}$   $\lambda$ ) arasında bulunur. Sıcak cisimler bu sıklıkla bu aralıkta ışınım yayarlar. Orta kızılötesi ışınım normal moleküler titreşim tarafından emilebilir. Bu frekans aralığına bazen parmak izi bandı da denir [7],[8].
- Yakın kızılötesi,  $120 \text{ THz}$  ( $2500 \mu\text{m}$   $\lambda$ ) ile  $400 \text{ THz}$  ( $750 \mu\text{m}$   $\lambda$ ) arasındadır. Görünür ışığa benzer fiziksel işlemler tarafından üretilir ve benzer optik kurallara tabidir [7],[8].

**Görünür Işık:** İnsan gözünün ışık veya renk olarak algıladığı aralığa denk gelen elektromanyetik enerjidir. Beyaz ışık bir prizmadan geçirildiğinde bileşenleri olan diğer dalga boylarına ayrılabilir. Her dalga boyu farklı bir frekansa sahiptir ve göz tarafından farklı bir renk olarak algılanır [7].

**Morötesi Işık:** Dalga boyu görünür ışıktan daha kısadır. Oldukça enerjik olduğu için morötesi (UV) ışınım kimyasal bağları bozup çeşitli molekülleri iyonize edebilir veya katalizör etkisi gösterebilir. Güneş yanıkları morötesi radyasyonun insan derisi üzerindeki yıkıcı etkisine örnek olarak verilebilir. Bazı durumlarda kanserojen etki yapabilir. UV ışınım ayrıca etkin bir mutasyona neden olan maddedir ve hücrelerin DNA yapısını bozarak kontrolsüz mutasyona sebep olabilir. Dünya'ya güneşten gelen UV radyasyonun büyük bir kısmı yüzeye ulaşmadan önce atmosferdeki ozon tabakası tarafından emilir [7],[9].

**X Işınları:** X - ışınları, morötesi ışıklardan daha kısa dalga boyuna, dolaşımı ile daha yüksek frekans ve enerjiye sahiptir. Çeşitli materyallerin içinden geçebildikleri için tıpta organ ve kemiklerin görüntülenmesinde sıkça kullanıldığı gibi, ayrıca yüksek-enerji fizik ve gökbilim uygulamalarında da kullanım alanı bulmuştur. X-ışınlarının bir başka adı Röntgen ışınlarıdır [7],[10].

**Gama Işınları:** Gama ışınları 1900 yılında Villiard tarafından bulunmuştur. Bilinen en enerjik elektromanyetik radyasyon türü olan gama ışınları nükleer aktivite ve çeşitli kozmik kaynaklar tarafından üretilirler [11].

## 2.2 Radyo iletişim temelleri

Belirli bir frekanstaki sinyali kablosuz olarak iletmek için gereken ilk işlem, bu sinyalin modüle edilerek (örnekleyerek) daha yüksek taşıyıcı bir frekansa bindirilerek iletilmesidir. Sinyalin daha yüksek taşıyıcı frekanslara modüle edilmesi için birkaç neden vardır [12].

Birinci neden; daha iyi bir iletim için modüle edilir. İletilmek istenen frekansların çoğu düşük frekans sinyalleridir. Bu sinyaller elektromanyetik dalgalar kadar iyi yayılan sinyaller değildir. Bu nedenle modülasyon yöntemi ile iletimin daha iyi ve etkin olduğu frekans seviyesine çıkarılır.

İkinci neden; birden fazla sinyalin birbirine karışmadan bir taşıyıcı frekans üzerinden aynı anda iletimini sağlamaktır. Ses frekansları birbirine yakın frekanslardır. Aynı anda birden fazla kimsenin radyo frekansını kullanarak arkadaşları ile çift yönlü iletişim kurmak istediklerini farz edelim. Eğer sinyaller farklı taşıyıcı frekansa modüle edilmez ise, herkesin frekansı birbirine karışır. Ancak eğer ses sinyali başka taşıyıcı frekanslara örneklenirse herkes kendi frekansı üzerinden arkadaşı ile görüşür ve hiçbiri diğeri ile karışmaz. Her özel taşıyıcı frekans aralığına kanal denilmektedir [12],[13].

Üçüncü neden; taşıyıcı dalgaların anten ebatları ile sınırlanmalarıdır. Anten uzunluğu iletilmek veya alınmak istenen dalganın uzunluğuna bağlıdır. En basit antenler genellikle dalga boyunun yarısı veya dörtte biri boyundadır. Düşük frekansların dalga boyu daha fazladır, bu nedenle düşük frekanslar için tasarımı yapılan antenler daha büyüktür. Örneğin, 60 Hz insan kulağı için çok düşük bir frekanstır. Işık hızında iletilen 60 Hz'lik bir dalganın boyu yaklaşık 5000 km dir. Böylece dalga boyunun yarısı olması gereken antenin boyu da yaklaşık 2500 km olmaktadır [12],[13].

Modülasyonda en az iki frekansa ihtiyaç vardır ve bunlardan birisi taşıyıcı diğeri ise sinyal'dir. Taşıyıcı frekans örneklenen dalgadır. Çünkü bu frekansın özellikleri asıl sinyali taşımak amacı ile değiştirilmektedir. Asıl sinyal ise örnekleyen dalga olarak adlandırılır çünkü taşıyıcı frekansın özelliklerini değiştirmektedir. Örnekleyen

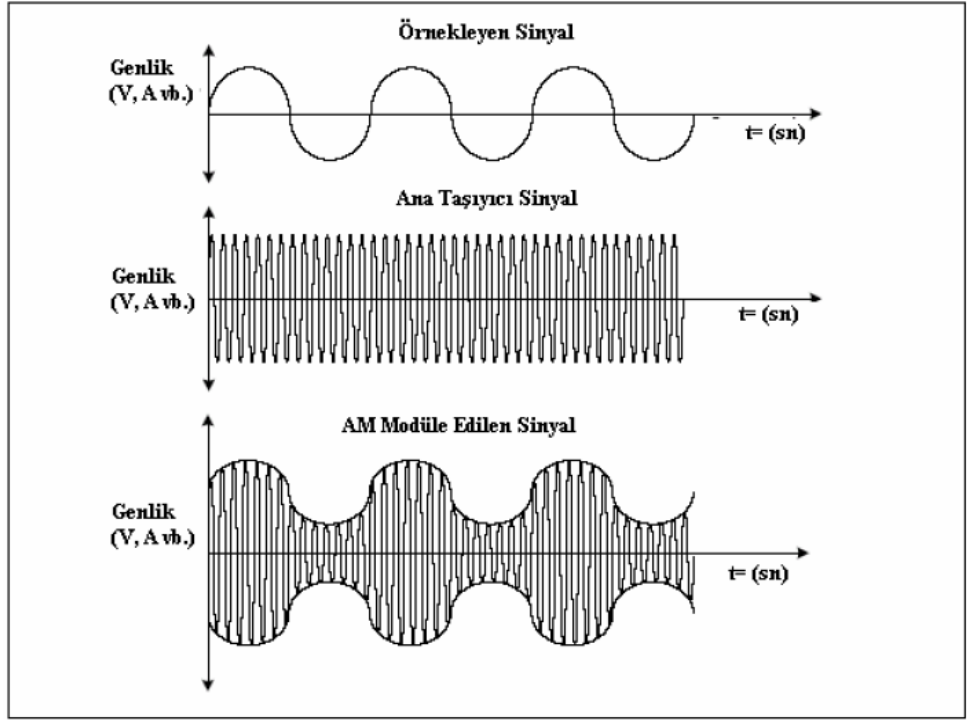
dalga analog sesten bilgisayar ile üretilen dijital kare dalgaya kadar herhangi bir frekans olabilir. Hemen hemen tüm taşıyıcı dalgalar belirli bir frekansta periyodik sinüsoidal dalgalar ve çoğunlukla örnekleyen dalgadan daha yüksek frekanstadır [12],[13].

### **2.2.1 Radyo iletişimde modülasyon yöntemleri**

Değişik birçok modülasyon metodu vardır. Bazı modülasyon metotları analog dalga biçimlerini taşımak için geliştirilmiştir. Ancak bilgisayarın bulunmasından sonra dijital dalga biçimlerini taşımak için birçok yeni modülasyon modeli geliştirilmiştir [12].

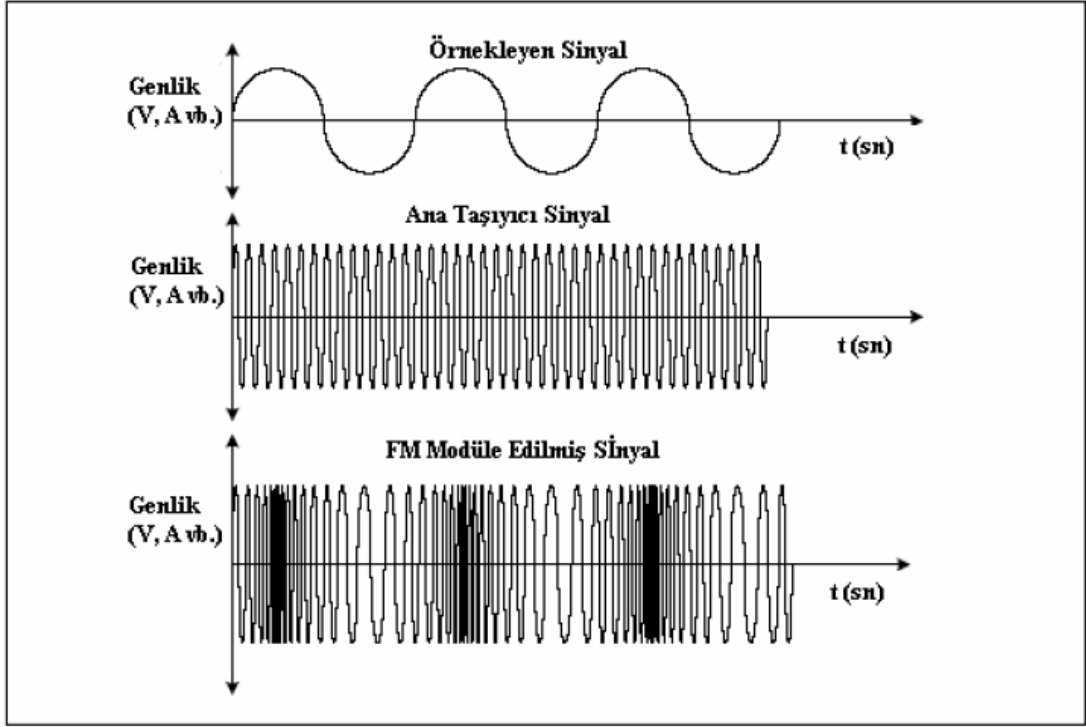
#### **2.2.1.1 Analog modülasyon sistemleri**

İki çeşit yaygın kullanılan analog modülasyon sistemi vardır. Bu modülasyonlar Genlik Modülasyonu (AM), Frekans Modülasyonu (FM)'dur. Şekil 2.3'te genlik modülasyon sinyali görülmektedir.



Şekil 2.3 - Genlik modülasyonu [12]

Frekans Modülasyonunda, taşıyıcı frekansın gönderilen frekansı temsil edecek şekilde örneklenmesidir. Şekil 2.4'te Frekans Modülasyonu örneği görülmektedir [12].



Şekil 2.4 - Frekans modülasyonu [12]

### 2.2.1.2 Sayısal modülasyon teknikleri

İnsan olarak iletmek istediğimiz çoğu bilgi kaynakları analog sinyallerdir. İnsan konuşmaları, müzik, video ve resimlerin hepsi doğal olarak analogdur. Bununla beraber bilgisayarlar bilgiyi işleyip depolamak için ikili sistemi kullandığından analog bilgi kaynakları sayısalaya dönüştürülmelidir. Bu sinyalin bilgisayar tarafından mümkün olduğu kadar yaklaşık olarak tekrar üretilebilmesi için 1 ve 0 kodları ile simgelendiği anlamına gelir. Sinyal sayısallaştırılırken oluşan hataya “quantizasyon hatası” denir. Eğer sayısal kodlama teknolojisi iyi tasarlanmış ise işlem sonunda elde edilen sinyal orijinaline çok yakın olur ve aradaki fark insan tarafından ayır edilemez [12].

Bilgisayarlar depolama, yayın ve hatta sinyal modifikasyonunda daha fazla aktif rol oynamaya devam ettikçe havadan bilgi yayınına artan talebi karşılamak amacı ile daha başarılı bir şekilde bilginin sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu şekilde sayısal bilginin taşınması için tasarlanan modülasyon sistemlerine olan ihtiyaç

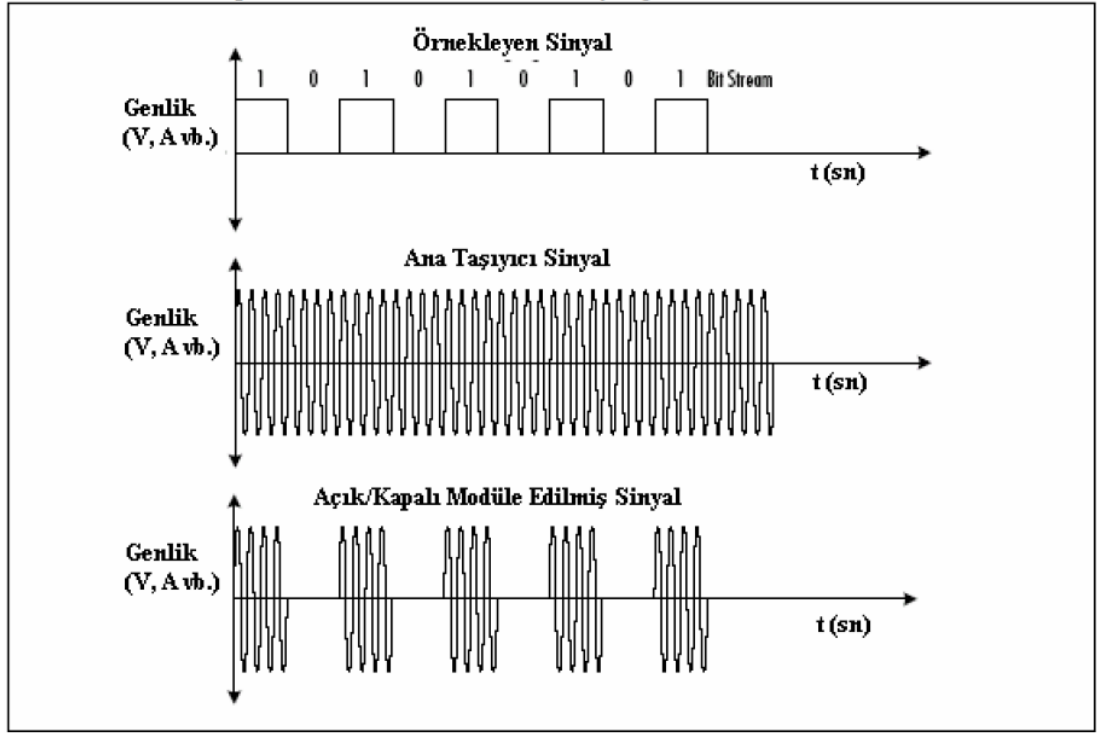
artar. Sayısal sinyallerin bir avantajı sıkıştırılmayı kolaylaştırmasıdır. Çoğu analog sinyaller sayısallaştırıldıklarında fiziksel olarak depolamada daha az yer kaplar ve değişik sıkıştırma tekniklerine göre iletimde daha az bant genişliği harcarlar [12],[13].

Aşağıdaki sayısal modülasyon tiplerinin en basit şekilleri incelenecektir:

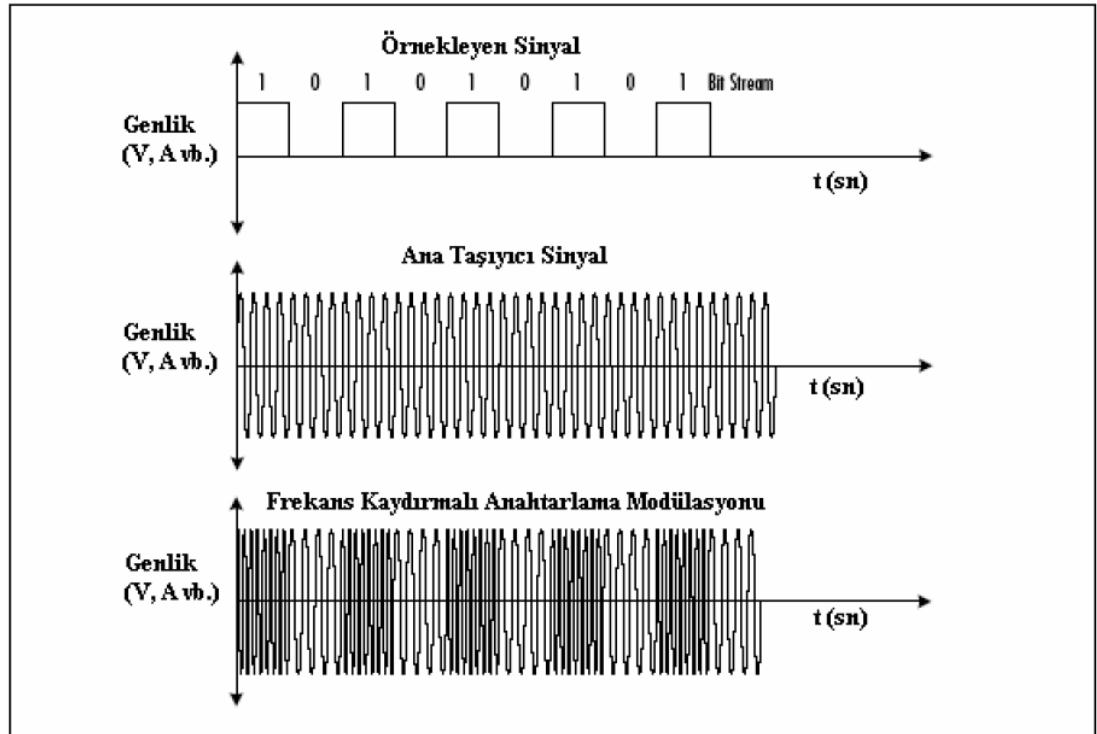
- Açık/Kapalı Anahtarlama
- Frekans Kaydırmalı Anahtarlama
- Faz Kaydırmalı Anahtarlama
- Darbe Genlik Modülasyonu

Açık/Kapalı Anahtarlama sayısal veya analog modülasyonun en basit şeklidir ve Marconi tarafından bulunan ilk radyoda kullanılan modülasyondur ve mors kodunun temelidir. Açık/Kapalı Anahtarlama anten ile devre arasındaki iletişim sağlayan devreyi açma ve kapama için kullanılan bir mekanizmadır. Şekil 2.5’de Açık/Kapalı Anahtarlama Modülasyonu açıklamaktadır [12],[13].

Frekans Kaydırmalı Anahtarlama Açık/Kapalı Anahtarlamaya benzemektedir, fakat taşıyıcı sinyal ile anten arasındaki devreyi açıp kapamak yerine, Frekans Kaydırmalı Anahtarlama, taşıyıcı frekans dalgası ile taşıyıcı frekans dalgasına ilave edilen dengeleme (offset) frekansı arasında değişimi sağlar. Bu frekans değişikliğinin ortaya çıkarılması ile iletilen dijital sinyali üretilir. Şekil 2.6, Frekans Kaydırmalı Anahtarlama’yı göstermektedir [12].



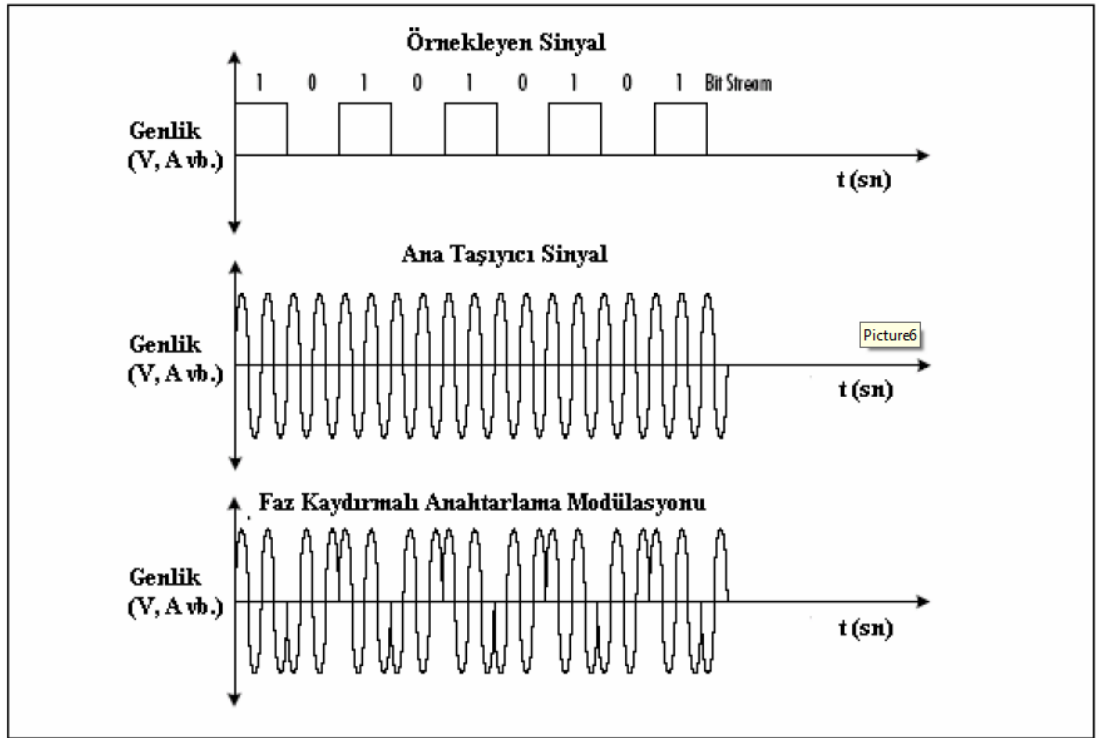
Şekil 2.5 - Açık/Kapalı Anahtarlama [12]



Şekil 2.6- Frekans Kaydırmalı Anahtarlama [12]



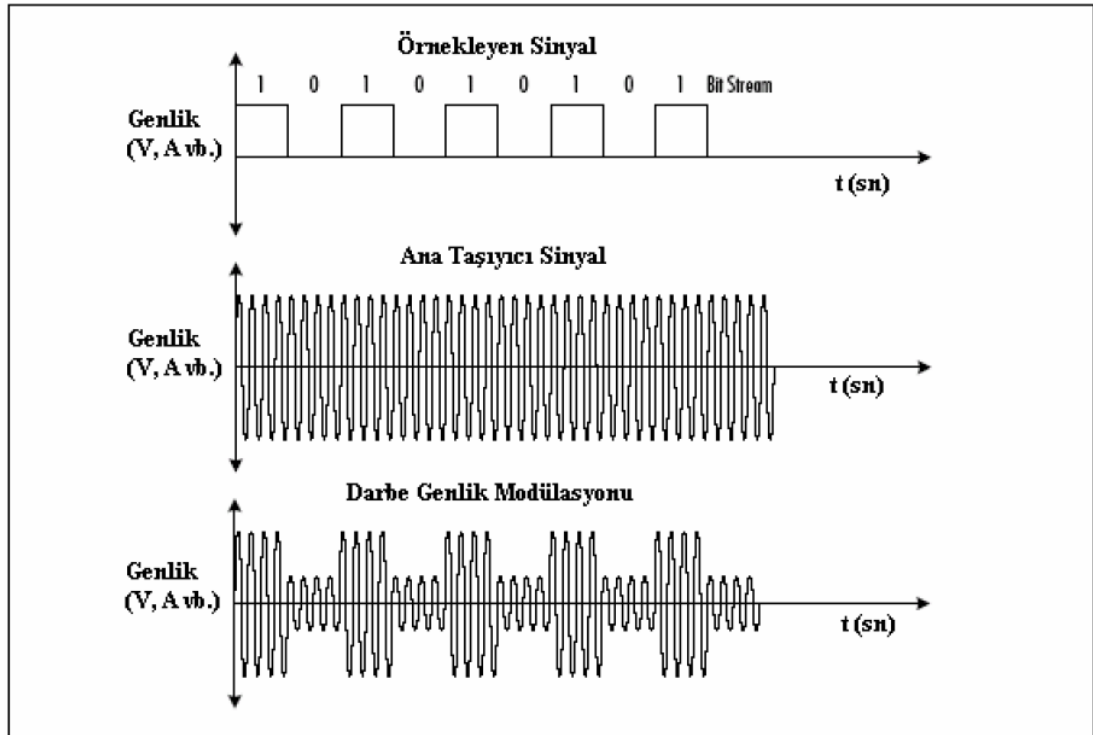
Faz kaydırmalı anahtarlama, Açık/Kapalı anahtarlama ile frekans kaydırmalı anahtarlama yönteminden taşıyıcı frekansın değişmemesi bakımından farklılık gösterir. Faz kaydırmalı anahtarlama, dijital modülasyon dalgasının referansında taşıyıcı dalganın fazını değiştirir. Bu faz kaydırmanın ortaya çıkarılması ile dijital sinyal üretilir. En basit şekilde, faz kaydırmalı anahtarlama bir dalganın boyunun yarısı veya 180 derece kadar kaydırılır. Şekil 2.7, faz kaydırmalı anahtarlama göstermektedir [12].



Şekil 2.7- Faz Kaydırmalı Anahtarlama [12]

Darbe genlik modülasyonu, taşıyıcı dalganın frekansını hiç değiştirmez. Adından da anlaşılacağı gibi taşıyıcı frekansın genliğini değiştirir. Bu modülasyon türünün en önemli özelliği modüle edilmiş dalganın zarfı (sinyali kaplayan kenarları) mesaj sinyali ile aynı biçimdedir. Genlik modülasyonu yapabilmek için taşıyıcı dalganın genliğini, iletilecek olan mesaj işaretinin doğrusal bir fonksiyonu olarak değiştirmek gerekir. Yani taşıyıcının sadece genliği mesaj işareti tarafından değiştirilir. Şekil 2.8’de darbe genlik modülasyonu görülmektedir [12].

Modülasyonun nasıl tamamlandığının ve değişik tiplerinin bilgileri önemlidir çünkü bu bilgisayar sistemlerinin iletişimlerine uygulanır. Frekans kaydırmalı anahtarlama, frekans atlamalı yayılma tayfı, direkt sıralı yayılma tayfı ve 802.11 standardı gibi kablosuz teknolojileri içerisinde kullanılan bir modülasyon tekniğidir. Bunlara ilave olarak modülasyon metodu mobil ve optik kablosuz iletişimlerinde de kullanılmaktadır [12].



Şekil 2.8- Darbe Genlik Modülasyonu [12]

### 3. AKILLI VERİ TOPLAMA SİSTEMİ MİMARİSİ

Fiziksel değişimlerin olduğu bir ortamın izlenmesi veya bu ortamdan veri toplama faaliyeti gerçekleştirilmek istendiğinde öncelikle hedefin ne olduğu tam olarak belirlenmelidir. Kurulacak sistem, bütünden en küçük parçasına kadar ele alarak tasarlanmalıdır. Sistemin çalışması üzerinde etkisi olan tüm parametreler değerlendirilmeli hatta olumsuz etkiler tamamen bastırılıp, mümkünse bu olumsuzluklar olumlu etkilere çevrilebilir. Bu kurallar çerçevesinde, sistemin pilot bölge testlerinin başarılı olduğu tespit edildikten sonra yapılması uygun olan diğer bir çalışma ise maliyetlerin düşürülmesi olabilir. Genellikle izleme ve veri toplama sistemlerinde algılama (sens) işlemi yapan elemanların sayısı fazladır. Takip alanı büyüdükçe veya veri çözünürlüğü arttıkça algılama için kullanılacak eleman sayısında da bu oranda artacaktır. Bu yüzden maliyetlerin düşürülmesi ve sistemin toplam harcadığı enerjinin en aza indirilmesi, bu iş için ayrılan bütçe ile kurulan veri toplama ve takip sisteminin etkinliğini arttıracaktır.

Bu tez çalışmasında, yukarıda anlatılan tümü uygulanmış, testler yapılmış ve bu testlerin verdiği sonuçlar doğrultusunda, ön görülemeyen etkilerde hesaba katılarak sistem üzerinde iyileştirmeler-düzeltilmeler yapılmıştır. En son çalışma ise maliyet düşürme üzerine yapılan revize işlemleridir.

#### 3.1 Sistem Mimarisi

Güvenli veri toplama ve doğru analiz için doğru bir altyapı kurulması çok önemlidir. Güçlü ve güvenilir bir fiziksel altyapı zayıf bir yazılımla olmayacağı gibi güçlü bir yazılımda zayıf bir donanım alt yapısıyla sağlıklı çalışamayacaktır. Sistemin kurulacağı ortam fiziksel olarak incelenmeli ve bir fizibilite çalışması yapılmalıdır. Kızılötesi düğümlerin efektif kullanımı açısından her alanı kapsayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Toplam enerji tüketimi açısından fazla düğüm kullanımına gerek yoktur. Veri toplama için kullanılacak olan market arabalarının dönüş yönleri

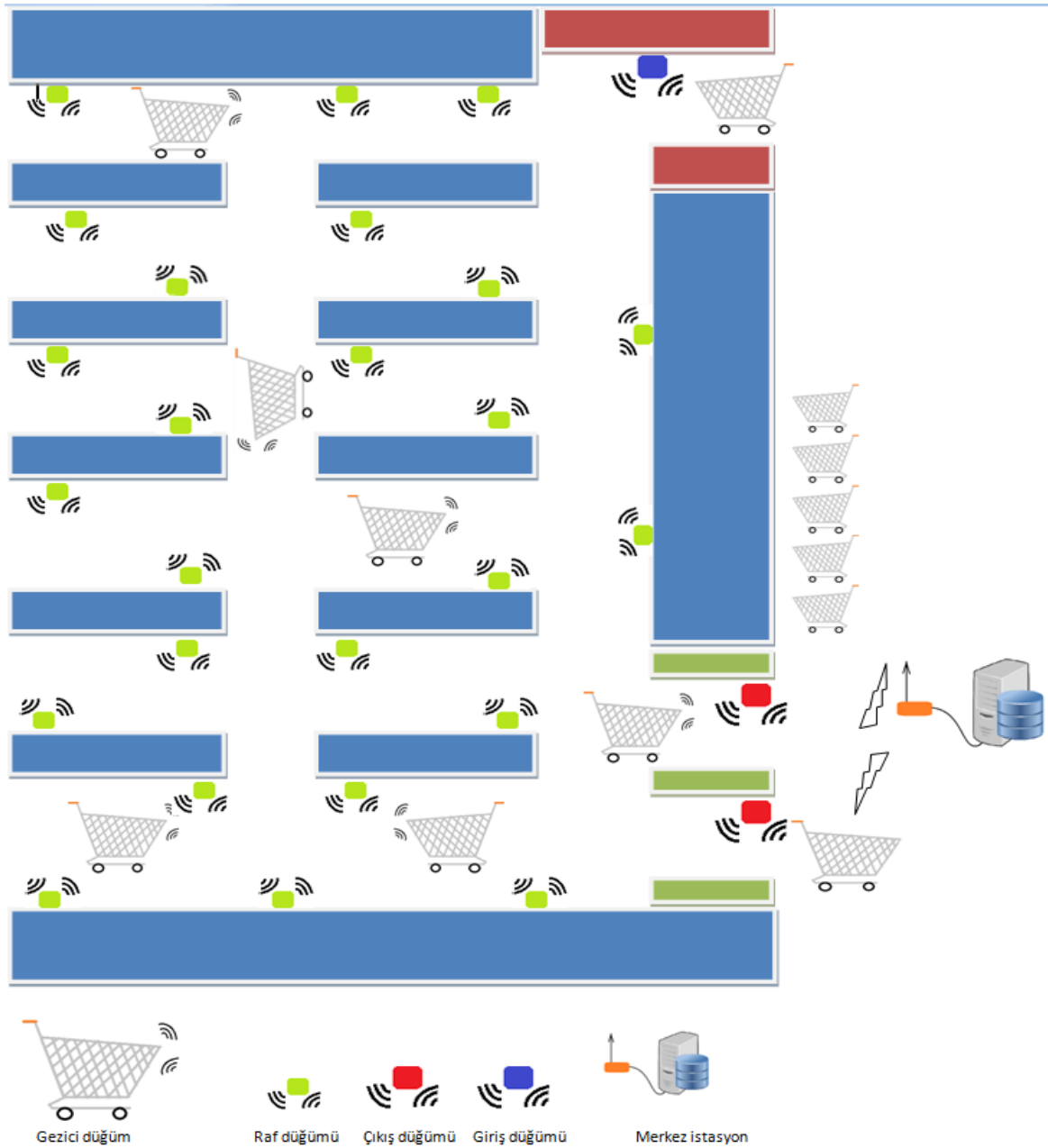
de tasarlanan sistem içerisinde dikkate alınmalıdır. Kızılötesi ışık bilindiği üzere, verici LED üzerinde bulunan lens tipine göre belli bir açı ile yayılarak ilerler. Kurulacak sistemde, minimum enerji tüketimi önemli bir unsur olduğundan kızılötesi ışık gücü minimum düzeyde tutulmalıdır. Yayılım açısının artması da ışık mesafesi ile ters orantılıdır. Bu yüzden seçilecek olan verici LED ne çok geniş açılı, ne de kapsama alanını daraltacak şekilde dar açılı olmamalıdır.

Kurulacak sistemin diğer bir olmazsa olmazlarından biri de verimli enerji tüketimidir. Stantlara yerleştirilmiş kızılötesi algılayıcı düğümlerin boyutları küçük olacaktır. Boyut küçüklüğünün asıl sebebi, kurulum maliyetini en aza çekmek, uygulanabilirliği arttırmak ve müşteriler tarafından fark edilebilirliği azaltmaktır. Boyutlarının küçük olmasının getireceği dezavantajlar arasında, bu düğümlere yerleştirilecek pil boyutlarının da bu oranda küçülmesidir. Pil boyutları ise enerji kapasitesi ile genelde doğru orantılıdır. Yani kızılötesi algılayıcı düğümler, çok sınırlı ve çabuk tükenmeye elverişli pillere sahip olacaklardır. Bu sebepten dolayı kızılötesi düğüm tasarlanırken, minimum akım çekecek bileşenler seçilmeli, kızılötesi sinyali işleyebilecek minimum enerji tüketen yeni nesil kodlayıcı/kod çözücü ve MCU(mikro denetleyici birim)'lar kullanılmalıdır. Donanım enerji tüketim açısından ne kadar efektif tasarlanmış olursa olsun, bu donanımı kontrol edecek ve üzerinde çalışacak olan yazılımda önemlidir. Bu yüzden kızılötesi algılayıcı düğüm yazılımı, üzerinde titizlikle çalışılması gereken bir unsurdur. Yazılım, düğüm çalışması gerekmediği zamanlarda donanımı uyku (sleep) moduna sokmalı, tekrarlı verileri gereksiz yere göndermemeli, kısa paketlerle görevini tamamlamalı ve kalan enerji seviyesini karşı tarafa bildirebilmelidir.

Market arabalarına yerleştirilecek algılayıcı düğümler içinde yukarıda bahsedilen özellikler geçerli olmalıdır. Bununla beraber bu düğüm, diğer düğümlere göre daha aktiftir. Bu düğüm, stantlarda bulunan diğer düğümlerden verileri toplar, üzerinde barındırdığı depolama birimine RTC (Gerçek zamanlı saat)'den aldığı saat bilgisi ile birlikte bu verileri kaydeder. Ayrıca market arabası, kasa bölümüne geldiğinde topladığı tüm verileri merkeze bilgisayara göndermelidir. Bunu RF (Radyo frekans) link vasıtası ile yapacaktır. Bunun için her market arabasındaki algılayıcı düğüm, en az bir RF verici donanımına sahip olmalıdır. Market arabasından verilerin

toplandığı merkez bilgisayarın, market içerisindeki konumu her zaman kasaya yakın veya devamlı sabit olması beklenmemelidir. Mesafenin kızılötesi algılayıcı düğümlere göre çok daha uzakta ve alıcı verici ikilisinin aynı düzlemde olmayacağından dolayı, RF kablosuz iletişim teknolojisi kullanılmalıdır. Bahsedildiği üzere market arabalarındaki kızılötesi algılayıcı düğümün yaptığı iş, diğer düğümlere göre daha fazladır. Bu yüzden güçlü bir donanım ve enerji birimine sahip olmalıdır. Bu düğümün, raflardaki kızılötesi algılayıcı düğümler gibi çok küçük boyutlarda olmasına gerek yoktur. Yüksek kapasiteli piller, bu düğümlerde kullanılabilir.

Market içi izleme sisteminin son düğümü, baz istasyon (base station- BS) düğümü olan RF alıcı düğümdür. Bu düğüm, market arabalarının market içerisinde gezintisi bitip kasaya geldiğinde görev yapan düğümdür. Market arabası son kızılötesi düğümlerle haberleşerek alışverişin bittiğini yorumlayacak ve market içinde uğradığı tüm kızılötesi düğümlerin adreslerini RF iletişimle BS düğüme gönderecektir. BS düğümü, merkez bilgisayara USB (Evrensel Veri Yolu) portu üzerinden bağlıdır. Aldığı verileri, üzerinde işlem yapmadan USB yazmacına koyup bilgisayara gönderecektir. Bilgisayar üzerinde ise yazılacak olan bir yazılım ile bu veriler alınıp işlenecektir. Bu veriler ile marketin müşteri yoğunluğu, hangi standartlara daha çok uğrandığı, hangi güzergâhların daha yoğun kullandığı gibi bilgilere ulaşılabilmektedir. Şekil 3.1’ de akıllı veri toplama sisteminin genel mimarisi görülmektedir.



Şekil 3.1 - Akıllı veri toplama sistemi mimarisi

Bölüm 3.1.1 ve Bölüm 3.1.2’ de, tasarım oluşturulurken denenmiş iki mimarisi örneğinden bahsedilmektedir. Her mimarinin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Bu mimarilerden çift yönlü kızılötesi iletişime sahip olan mimari tez çalışmasında veri toplama için kullanılmaktadır.

### 3.1.1 Tek yönlü kızıl ötesi iletişime sahip mimari

Tez çalışması sürecinde ilk tasarlanan ve denenilen alt mimaridir. Bu mimari-  
de, market arabalarında ve raflarda bulunan kızılötesi düğümler tek yönlü iletişim  
halindedirler. Şekil 3.2’ de bu mimari çalışma mantığı açıklanmıştır. Raflardaki dü-  
ğümler sadece kızılötesi verici donanıma sahiptir ve her bir saniyede bir kendi ID  
(kimlik) numarasını içeren bir paket yollar. Market arabalarındaki düğümlerde ise  
sadece kızılötesi alıcı donanımlar bulunmaktadır. Market arabası, raflarda bulunan  
düğümlerin yakınından geçtiği zaman saniyede bir kere yollanan bu veriyi yakalar ve  
o an hangi bölgede olduğunu bilgisini ve RTC (Gerçek Zamanlı Saat)’den aldığı  
saat bilgisiyle birlikte kaydeder. Alışveriş sonunda, market arabası düğümü, çıkış  
düğümünün yaptığı yayını (broadcast) yakalar. Bu çıkış düğümün ID’si market ara-  
balarında takılı olan düğümlerin içerisinde kayıtlıdır ve bu ID numarasını market  
arabasındaki düğüm algıladığı zaman, belleğinde sakladığı gezinti ile ilgili tüm bilgi-  
leri BS’e göndermesi gerektiğini bilmektedir. Bu bilgileri üzerindeki RF verici dona-  
nımı ile BS’e gönderir. BS ise aldığı verileri direk USB portu üzerinden bilgisayara  
gönderir.



Şekil 3.2 - Tek yönlü kızıl ötesi veri iletişim yönü

Bu mimari, fiziksel ortam şartlarına bağlı olarak düzgün çalışabilmektedir. Kızılötesi iletişimin tek yönlü olması, market arabaları ve raf düğümlerinin sayısı göz önüne alındığında donanım ve yazılım maliyetlerini düşürmektedir. Ancak bu şekilde kurulan market izleme sisteminde, raflarda bulunan kızılötesi verici düğümler

sürekli yayın yapmaktadırlar. Bu düğümlerin en çok enerji harcayan donanımı kızılötesi ışık verici diyottur. Bu bileşenin paket gönderimi için her saniye çalıştırılıp durdurulması büyük enerji kayıplarına sebep olmaktadır. Raflarda bulunan düğümler zaten küçük boyutlarda ve düşük kapasiteli pillere sahip olduklarından dolayı, bu çalışma şekline göre enerji kaynakları çabuk tükenmektedir. Bu nedenle pil değişim maliyetleri çok olmaktadır. Yapılan testlerde kızılötesi verici düğümlerin pil ömrü ortalama bir buçuk gün civarındadır. Diğer bir dezavantaj ise market arabasının, saniyede bir kere yapılan paket verisini o an yakalayamama ihtimalidir. Bu durum veri kayıplarına sebep olup doğru analiz yapmaya engel teşkil edebilir.

### **3.1.2 Çift yönlü kızıl ötesi iletişime sahip mimari**

İlk denenen mimarideki dezavantajları gidermek amacı ile yapılmış diğer çalışma ise çift yönlü kızılötesi iletişime sahip mimaridir. Bu mimaride, market arabalarında ve raflarda bulunan kızılötesi düğümler çift yönlü iletişim halindedirler. Şekil 3.3'te bu mimarinin çalışma mantığı görülmektedir. Raflardaki ve market arabalarındaki düğümler hem kızılötesi verici hem de alıcı donanıma sahiptir. Bu mimaride yayını (broadcast) market arabası yapar ve çevrede kızıl ötesi düğümün olup olmadığını denetler. Market arabası yayını beş yüz milisaniyede bir yapar. Eğer bu yayını bir raf düğümü almış ise düğüm kendi ID numarasını içeren bir veri paketini kızılötesi verici donanıma vasıtasıyla yollar. Raf düğümü aynı market arabasından aynı yayını (broadcast) almış olsa bile veri tekrarını ve enerji tüketimini engellemek için bu yayına bir daha cevap vermez. Market arabası, gönderdiği yayına karşılık gelen raf düğümün ID cevabını alır. Bu cevap, market içerisinde hangi bölgede olduğunun bilgisidir ve bu bilgi ile beraber RTC'den aldığı saat bilgisini belleğine kaydeder. Alışveriş sonunda, market arabası düğümü, çıkış düğümü ile de bir önceki mimarideki aynı senaryo ile haberleşir ve çıkış düğümünün ID numarasını alır. Bu düğümün ID'si market arabalarında kayıtlıdır ve bu ID numarası geldiğinde topladığı tüm bilgileri BS'ye göndermesi gerektiğini bilir. Market arabası, üzerindeki RF verici dona-



nımı ile BS'ye gönderir. BS ise aldığı verileri direk USB portu üzerinden bilgisayara gönderir.



Şekil 3.3 - Tek yönlü kırmızı ötesi veri iletişim yönü

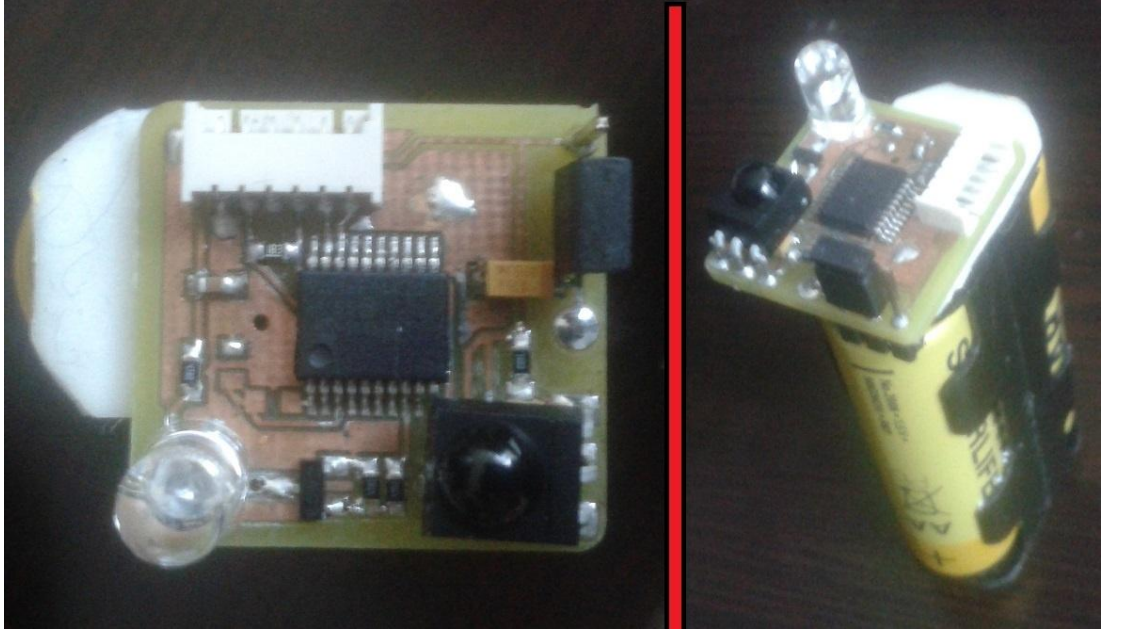
Bu mimaride en önemli avantaj, raf düğümlerinin kırmızıötesi donanımlarının boşa çalıştırılmış olmaması ve bundan dolayı enerji tüketiminin en aza indirilmiş olmasıdır. Bu mimari içerisinde kırmızıötesi yayını market arabası yapmaktadır. Diğer düğümlere göre enerji kapasiteleri büyük olabilmektedir ve pil değişim maliyetleri daha düşüktür. Kırmızıötesi haberleşme, çift yönlü olduğu için veri toplama kaybı daha azdır. Bu sistemin dezavantajı ise kırmızıötesi düğümün donanım ve yazılım maliyetlerinin daha yüksek olmasıdır. Ancak bir veri analiz sisteminde, verilerin toplanabilirliği ve doğruluğu maliyetten daha öncelikli sıradadır. Bu sebepten dolayı bu tez çalışmasında, veri toplama ve analiz sisteminin daha gerçekçi uygulanabilirliği açısından ikinci mimari üzerinde uygulama yapılacaktır.

## 3.2 Akıllı Veri Toplama Sistemi Uygulaması

Akıllı veri toplama sisteminde doğru bilgi toplayıp güvenli analiz yapabilmek birinci önceliktir. Ancak bu sistemden doğru sonuçlar almak, pratik kullanımda ne kadar önemli ise sistemin devamlılığı ve getireceği her türlü maliyette bir o kadar önemlidir. Bu sebeple, sistemin enerji tüketiminin minimum seviyede olması önceliklidir. Bu özellik tüm algılayıcı düğümlerin yaşam süresini uzatacak ve sonuçta tüm sistemin aktif devamlılığını sağlayacaktır. Diğer beklentiler ise üretim maliyetlerinin düşük olması, taşınabilirlik vb. özelliklerdir. Uygulaması yapılan akıllı veri toplama sisteminin, uygulanabilirliği arttırılabilmesi açısından yukarıda bahsedilen kriterler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Çift yönlü kızılötesi iletişime sahip düğüm mimarisi kullanılarak oluşturulan akıllı veri toplama sisteminin dört önemli bileşeni olan raf kızılötesi alıcı verici düğüm, gezici düğüm, RF alıcı düğüm tüm yapısı ve merkez bilgisayar (server) bu bölümün alt başlıklarda incelenmiştir.

### 3.2.1 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm

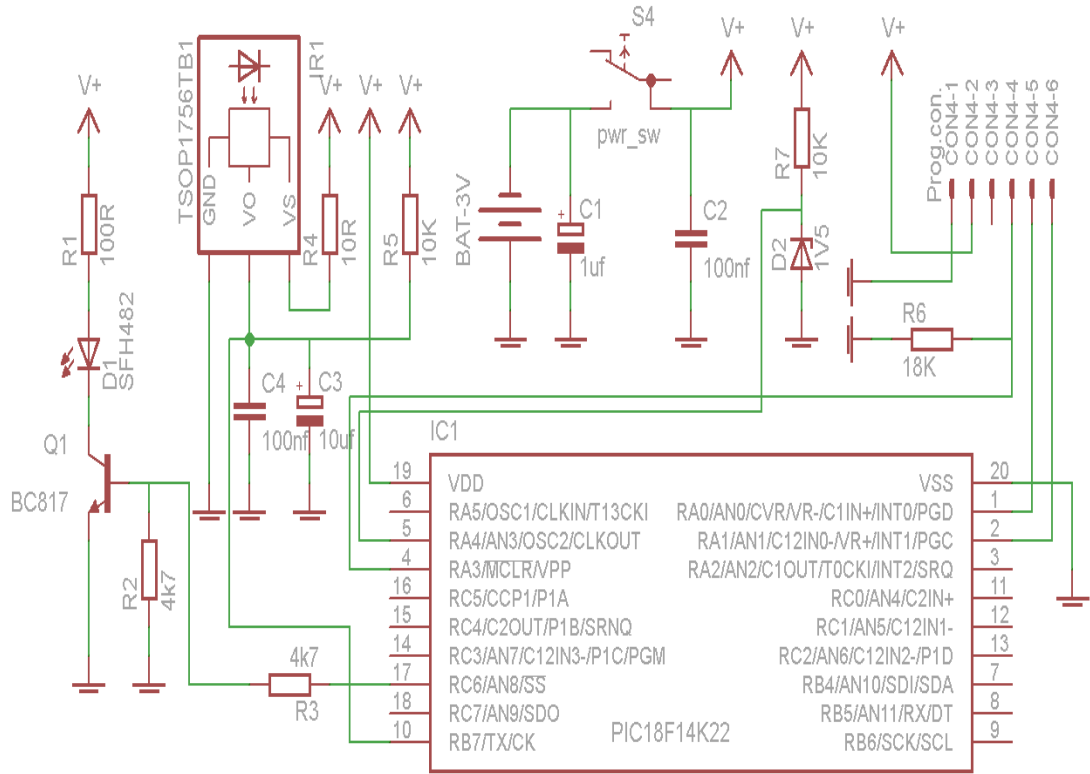
Akıllı veri toplama sisteminin temel yapı taşlarıdır. İzleme yapılacak ortama yerleştirilir. Her biri, birbirinden farklı sekiz bitlik bir ID numarasına sahiptir. Bu numaralar yazılımsal olarak mikro denetleyici içerisinde kayıtlıdır ve marketin önceden belirlenmiş bir bölgesini işaret etmektedir. Düğümün temel görevi, market arasından gelen yayın (broadcast) sinyaline cevap vermektir. Raf kızıl ötesi alıcı verici düğümü donanımsal ve yazılımsal olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Şekil 3.4'te bu düğümün prototip şekli görülmektedir.



Şekil 3.4 - Raf düğümü

### 3.2.1.1 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm donanım yapısı

Donanımsal açıdan bu düğümün açık devre şeması şekil 3.5’te görülmektedir. Devre minimum boyutta ve adette, genel olarak SMD (yüzey montaj eleman) bileşenler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu düğümün maliyetinin düşük ve boyutlarının küçük olması uygulanabilirlik açısından önem arz etmektedir.



Şekil 3.5 – Raf düğümü devre şeması

Devrenin temel bileşenleri aşağıda listelenmiştir:

- Kızılötesi verici diyot ve sürücü devresi
- Kızılötesi alıcı
- Pil gerilimi ölçüm devresi
- Mikro denetleyici ve programlama soketi
- Pil ve güç anahtarı

Kızılötesi verici diyotu (D1), diğer bir ismi ile infrared-LED yaklaşık 2V'ta 100mA sürekli akımda çalışabilen infrared diyottur ve 40 derece yayılım ışığına sahiptir. Elektriksel veri sinyallerini kızılötesi ışığa çevirerek düğümün veri gönderme işleminde aktif rol oynar. D1 diyotuna bağlı sürücü bileşenler ise Q1 NPN transistörü ve bu transistör tetiklemesinde kullanılan gerilim bölücü dirençlerden (R2 ve R3) oluşmaktadır. Mikro denetleyici pinin verebileceği maksimum akım 20mA'dir ve tek

başına infrared LED'i sürecek kapasiteye sahip olmadığından bu bileşenler kullanılmıştır. R1 ise akım sınırlama direncidir. Infrared LED'ten aşırı akım geçerek bozulmasını engeller.

Kızılötesi alıcı sensör (IR1) içerisinde sadece kızılötesi ışığı geçiren cam filtre ve sinyal yükselticilerden oluşur. 38Khz'lik kızılötesi taşıyıcı ışık sinyali ile gelen veri bitini çözümler ve lojik seviye dönüştürür. Bu elemanın çıkışı direk mikro denetleyiciye bağlanıp veri alımı gerçekleştirilebilir. Bu eleman ile birlikte kullanılan filtre kapasitörleri ve pull-up (pozitif gerilime çeken) direnci kızılötesi alıcı devreyi oluşturmuştur.

Kalan enerjiyi ölçme amacı ile iki bileşenden oluşan basit bir devre kurulmuştur. 1,5V'luk zener diyot referans gerilim okuma için kullanılır. Pil gerilimi devamlı azalacağı için ve mikro denetleyicinin beslemesi de bu pil üzerinden olduğu için alacağı doğru bir referans gerilimi yoktur. Bu yüzden bu zener diyot, pil gerilimi ne olursa olsun üzerinden okunan gerilim hep 1,5V olacaktır. Yani mikro denetleyiciye aslında oran hesabı yaptırılmaktadır. Pil gerilimi 3V olduğunda bu zener üzerinden okunan gerilim 8 bitlik değer üzerinden 127 desimal değerine eşit olacaktır. Pil gerilimi 2,5V'ta düştüğünde bu zener üzerinden okunan değer 153 desimal değerine eşit olacaktır. Buradaki ters orantıdan pilin enerjisinin azaldığı yorumu yapılabilir.

Düğümün enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla düğüm üzerine yerleştirilebilen 3V'luk bozuk para boyutlarında pil kullanılmıştır. Bu pil standart olarak CR2032 kodu ile satılmaktadır. Genelde kol saati, el kumandası gibi cihazlarda, küçük boyutlu ve düşük maliyetli olduğundan dolayı tercih edilir. Enerji kapasitesi (~220mAh) açısından performansı düşüktür. Bu nedenle eğer tercih edilirse iki adet 1,5V'luk AA veya AAA piller bu düğümü aylarca besleyebilir.

Düğümün bir diğer önemli bileşeni ise mikro denetleyicidir. Bu bileşen, infrared alıcı, verici ve pil kadar kritik bir bileşendir. Düğümün tüm süreçlerinde, içerisine gömülen program doğrultusunda aktif çalışır. Kızılötesi alıcı sensörden gelen sinyalleri yorumlar, kendisine gelen bilgi için cevap paketini hazırlar ve infrared verici devresine gönderir. Sektörde bu işi yapabilecek çok çeşitli mikro denetleyiciler mevcuttur. Hız, kapasite, enerji tüketimi, boyut, güvenilirlik ve maliyet açısından

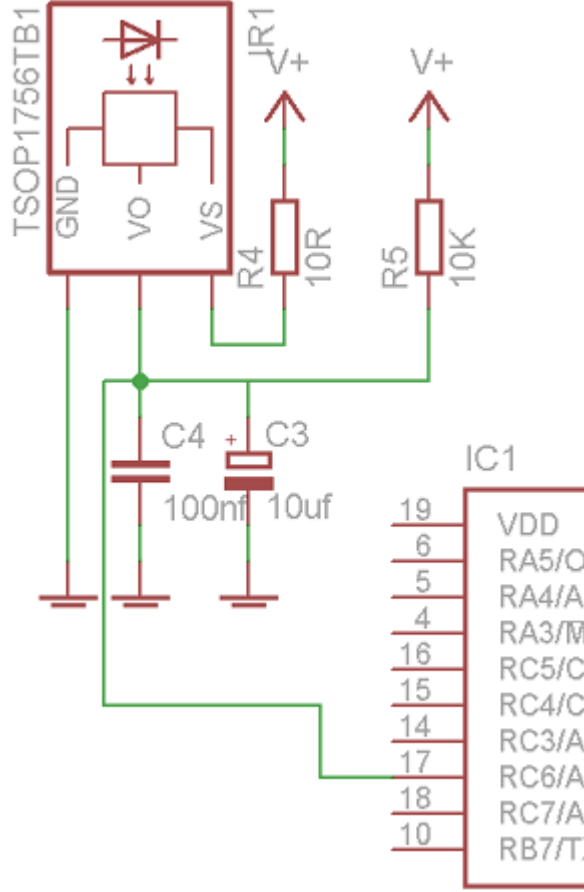
incelendiğinde ve çok sayıda kullanım alanı olmasından dolayı en uygun mikro denetleyiciyi seçmek önem arz etmektedir. Raf kızılötesi alıcı verici düğümünde kullanılmak üzere Microchip firmasının Pic18F14K22 SSOP kılıfı mikro denetleyici seçilmiştir. Bu mikro denetleyicinin başlıca özellikleri:

- Boyutları yaklaşık 7mm x 5mm dir.
- Dahili osilatörü olmasından dolayı ekstra bileşen gerektirmeyen bu denetleyici, maksimum 64Mhz hıza çıkabilmektedir.
- 16 Kbyte program, 512 byte RAM, 256 byte EEPROM belleğe sahiptir.
- Kılıf üzerinde 18 giriş-çıkış pini vardır.

Bu mikro denetleyicinin en dikkat çekici özelliği çok düşük enerji sarfiyatıdır. Nano watt teknolojisi ile üretilen bu mikro denetleyici uyku (sleep) modunda 34nA akım çekmektedir. 1,8-5,5V gibi geniş çalışma voltajı sayesinde pilli uygulamalarda uzun süreli olarak rahatlıkla kullanılabilir.

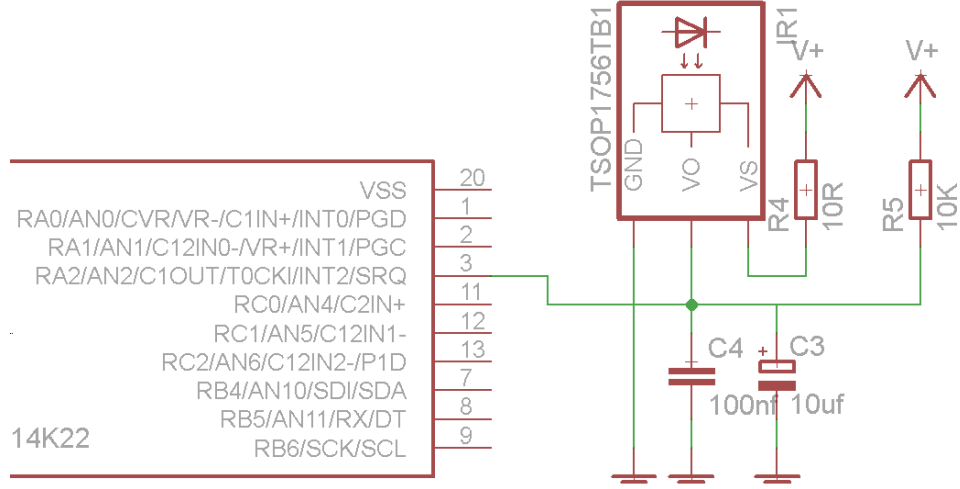
### **3.2.1.2 Raf kızılötesi alıcı verici düğüm yazılım yapısı**

Düğümün donanım tasarımındaki titiz çalışmanın etkinliğinden faydalanabilmek için mikro denetleyici içerisine gömülecek yazılımda üzerinde titizlikle çalışılması gerekmektedir. Aslında bu tür gömülü yazılım içeren elektronik projelerde donanım ve yazılım ya paralel yürütülür ya da donanım ve yazılım birbirine uyum açısından birkaç kez revize edilebilir. Raf düğümü için buna bir örnek vermek gerekirse, standart bir yazılım için şekil 3.6'teki devre bağlantısı kızılötesi alıcı için yeterli olacaktır.



Şekil 3.6 - Kızıl ötesi sinyal okuma yöntemi 1

Şekil 3.6'da infrared alıcı sensör, mikro denetleyicinin RC6 pinine bağlanmıştır. Bu pin standart I/O pin olarak kullanılarak, sensörden gelen sinyal seviyesi bir ve sıfır şeklinde okunarak gelen veri bu pinden alınabilir. Bu durumda, mikro denetleyici ortamda sinyal yokken bile devamlı sensörü okumaya hazır beklemelidir. Uyku moduna girmemesi gereken böyle durumlarda enerji tüketimi açısından efektif bir çözüm olmayacaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak devre şemasında şekil 3.7'deki gibi bir yol izlenebilir.

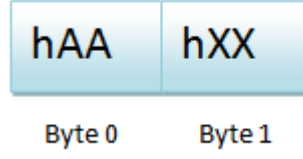


Şekil 3.7 - Kızıl ötesi sinyal okuma yöntemi 2

Infrared alıcı sensör çıkışı bu devrede mikro denetleyicinin RA2 pinine bağlanmıştır. Bu pin pic18f14k22 mikro denetleyicisinde giriş sinyalinin “1” seviyesinden “0” seviyesine geçişte kesme (interrupt) üreten bir pindir. Mikro denetleyicinin bu pin özelliği kullanılarak, kızılötesi sinyal sensöre geldiğinde okuma işlemi başlatılabilir. Ortamda herhangi bir sinyal yokken mikro denetleyicinin aktif çalışmasına gerek yoktur. Bu senaryoya göre raf kızılötesi alıcı verici düğümün kapsama alanı içerisinde bir market arabası yok ise bu düğüm uyku (sleep) modunda bekleyebilir. Şayet bir market arabası, bu düğümün yakınlıklarına yaklaştığında, düğüm üzerindeki infrared alıcı sensöre bir kızılötesi sinyal geldiğinde, bu pin kesme üretilip mikro denetleyiciyi hızlı bir şekilde uyku modundan çıkartacaktır. Normal çalışma moduna giren mikro denetleyici gelen sinyalleri okuyup işi bitince tekrar uyku moduna girecektir. Görüldüğü gibi tasarımda yapılan küçük bir değişiklikle düğümün çalışma şeklinde bir değişiklik olmadan büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.

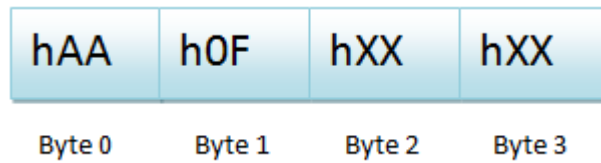
Kızılötesi sensörden gelen sinyaller lojik seviyededir ve demodülasyon işlemi sensör içerisinde yapılmaktadır. Mikro denetleyici ile bu sinyaller direk alınıp işlenebilmektedir. Gelen paketler Manchester kodludur ve yazılım bu paketleri 8 bitlik veri paketlerine çevirmelidir. Gelen veri paketi bu düğümü ilgilendiriyorsa, düğüm bu yayına (broadcast) cevap verecektir. Gelen yayın (broadcast) paketi şekil 3.8’teki gibidir.





Şekil 3.8 - Market arabası yayın paketi

Yayın (broadcast) içeriğindeki ilk bayt 0xAA (b01010101) bilgisidir ve bunun raf düğümleri için bir yayın sinyali olduğunu ifade etmektedir aynı zamanda kablosuz iletişim yöntemlerinde donanım ve yazılım senkronizasyonunda kullanılır. İkinci bayt ise en son cevap aldığı raf düğümünün adresidir. Bir raf düğümü, bu paketi ilk defa almış ise önce bunun bir yayın sinyali olup olmadığına bakacaktır. Eğer birinci byte 0xAA ise ikinci byte'a bakacaktır. İkinci byte kendi adresi değilse, raf düğümü bu pakete Şekil 3.9'teki paket ile cevap verecektir. Eğer alınan ikinci bayt, raf düğümünün adresi ile aynı ise raf düğümü bu yayına (broadcast) cevap vermeyecektir. Bunun sebebi, market arabasının en son uğradığı düğüm bu düğümdür ve yayın (broadcast) içeriğinde bu raf düğümü adresi bulunmaktadır. Buradaki amaç, sürekli veri tekrarını engelleyerek raf düğümünün pil sarfiyatını en aza indirmektir. Daha öncede bahsedildiği üzere raf düğümünün en fazla enerji harcadığı safha kızılötesi veri gönderme anlarıdır. Bu aktivite ne kadar az yapılırsa pil tasarrufu o kadar çok olacaktır.



Şekil 3.9 - Raf düğümü yayın cevap paketi

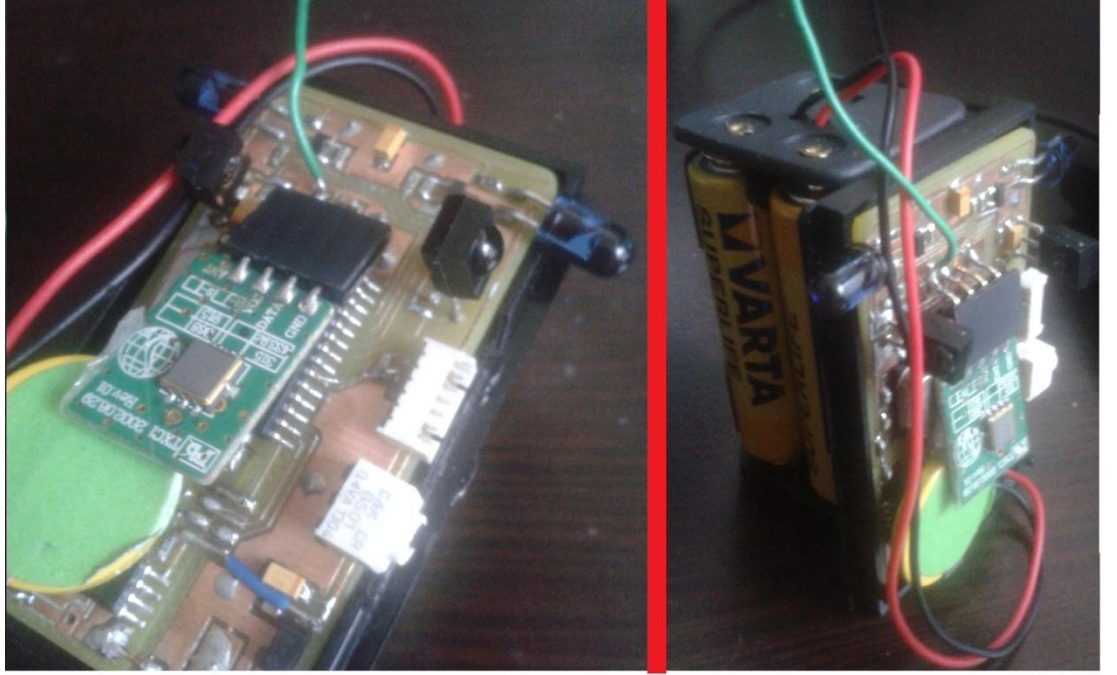
Raf kızılötesi alıcı verici düğümünün yayına (broadcast) cevap paketi Şekil 3.9'de gösterilmiştir. Başlangıç olarak 0xAA byte'ı gönderilir ve ardından gelen ilk byte 0x0F'tir. Market arabasına, bunun raf düğümünden gelen bir cevap paketi olduğu bildirir. İkinci bayt, raf düğümünün kendi adresini içermektedir. Üçüncü bayt ise

raf düğümünün mevcut enerji seviyesini bildirmektedir. Pili tükenmeye başlayan raf düğümü, bu üçüncü bayta bakılarak tespit edilebilir. Market arabası düğümü, topladığı tüm bu bilgileri kendi belleğine o anki saat bilgisi ile kaydeder.

Tüm raf kızılötesi alıcı verici düğümleri aynı algoritma ile çalışır. Aralarındaki tek fark ID numaralarıdır. Çıkış noktasında bulunan raf kızılötesi alıcı verici düğüm ID'si market arabasında yer alan düğüm için önemlidir. Market arabasında yer alan bu düğüm çıkış noktasındaki düğümün ID'sini bilir ve eğer bu ID numarası cevap olarak market arabasındaki düğüme gelmiş ise bu düğüm, topladığı bilgileri merkez istasyona gönderecektir.

### **3.2.2 Market arabası düğümü**

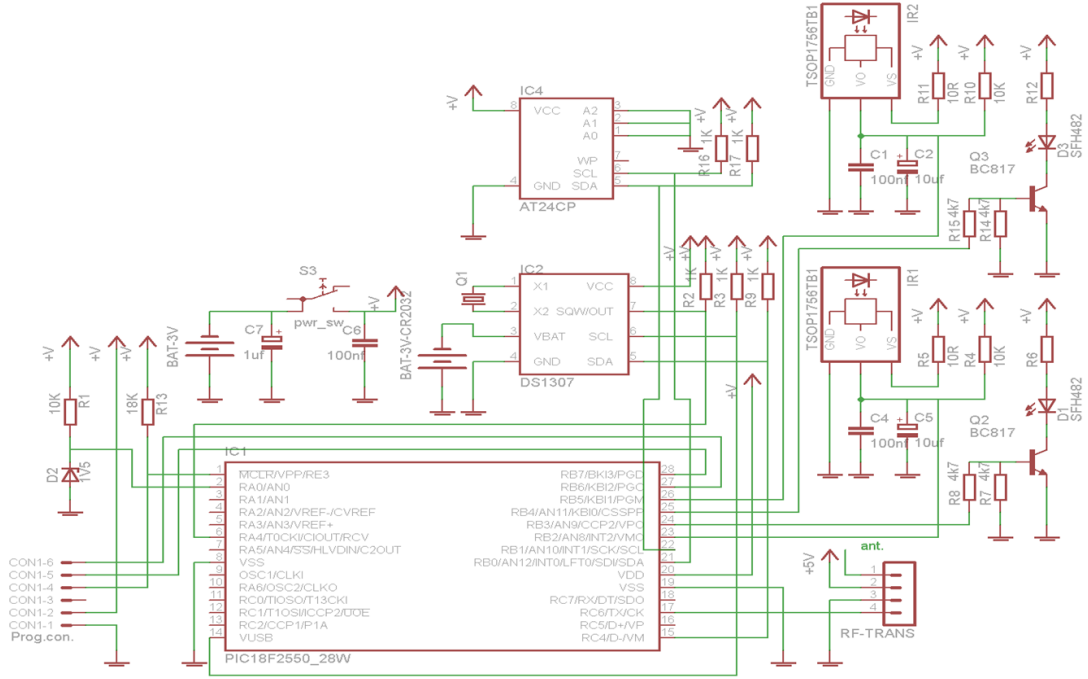
Market arabasına monte edilen düğüm, akıllı veri toplama sisteminin gezici düğümüdür. İzleme yapılacak ortamda gezer ve raf düğümlerinden veri toplarlar. Ne zaman ve hangi raf düğümüne uğrayacakları belli olmayan düğümlerdir. Bu düğümde raf düğümleri gibi her biri farklı ID numaralarına sahiptir. Veri işleme yapılırken, hangi arabanın hangi raf düğümlerine uğradığı belirlenebilmektedir. Düğüm üzerinde iki farklı haberleşme teknolojisi kullanılmaktadır. Biri raf kızılötesi alıcı verici düğümleri ile çift yönlü haberleşen infrared iletişim, diğeri ise topladığı verileri merkez istasyona gönderen RF iletişimdir. RF iletişim bu düğümde, market arabası gezici düğümünden merkez istasyon düğümüne doğru tek yönlüdür. Düğümün temel görevi, belirlenen kısa zaman aralıklarında yayın (broadcast) yaparak raf düğümlerinden cevap beklemektedir. Cevap geldiğinde raf düğümü adresini zaman bilgisi ile beraber kendi belleğine kaydeder. Çıkış raf düğümünün cevabını aldığı zamanda, topladığı tüm verileri merkez istasyona göndererek görevini tamamlar. Market arabası gezici düğümü bu bölümün alt başlıklarında donanımsal ve yazılımsal olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Şekil 3.10'da market arabası gezici düğümü prototip olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10 - Gezici düğüm prototip devresi

### 3.2.2.1 Market arabası düğümü donanım yapısı

Donanımsal açıdan bu düğümün açık devre şeması şekil 3.11’de görülmektedir. Devre, raf düğümde olduğu gibi minimum boyutta, genel olarak SMD bileşenler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu düğümün boyutsal özellikleri raf düğümü kadar kritik değildir. Uygulanabilirliği daha kolaydır ve pil kapasitesi büyük olabileceğinden dolayı enerji sarfiyatı kabul edilebilir dereceldedir.



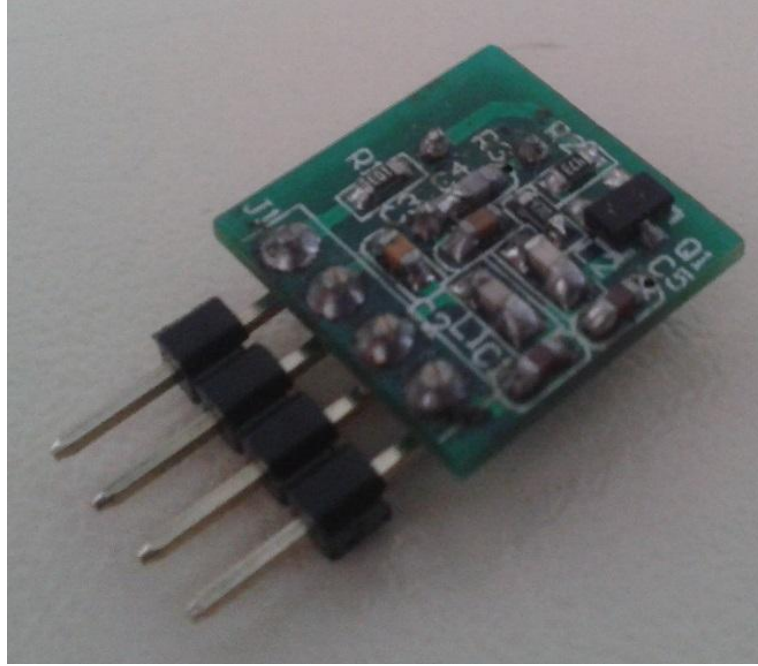
Şekil 3.11 - Gezici düğüm devre şeması

Devrenin temel bileşenleri aşağıda listelenmiştir:

- Kızılötesi verici diyot ve sürücü devresi
- Kızılötesi alıcı
- RF verici modülü
- Gerçek zamanlı saat devresi
- Pil gerilimi ölçüm devresi
- Mikro denetleyici ve programlama soketi
- Pil ve güç anahtarı

Düğümün kızılötesi alıcı ve verici devresi, raf düğümünün devresi ile biraz farklılık göstermektedir. Devre üzerinde ikişer adet alıcı ve verici kızıl ötesi devre bulunmaktadır. Böyle yapılmasının sebebi marker arabasının hem sağında hem de solunda bulunan raflardaki raf düğümleri ile iletişimi sağlamaktır. Her bir alıcı verici devre sıra ile çalışmaktadır. Devrelerin her biri raf düğümü devresi ile aynıdır. Böylece yazılım geliştirme açısından aynı algoritma kullanılabilir.

Toplanan verilerin uzaktaki bir bilgisayara gönderilmesi amacıyla kablosuz veri iletişim yöntemlerinden RF teknolojisi kullanılmaktadır. Bahsedildiği üzere kızılötesi iletişimde alıcı ve verici birimler birbirini görmesi gerekmektedir ve mesafe en fazla 10m-12m civarındadır. Düğüm üzerinde kızılötesi alıcı-verici devresi bu sebeple uzaktaki bir bilgisayar için kullanılması mümkün değildir. Düğüm üzerinde şekil 3.12’te görülen 433Mhz’de yayın yapan ASK RF verici modül yerleştirilmiştir. Modül üzerinde 2 adet besleme pini, veri ve anten giriş pini olmak üzere dört adet pin bulunmaktadır. Boyutları oldukça küçük ve kullanımı kolaydır. Bu donanımı hazır almanın sebebi ise RF devre tasarımının zor ve tecrübe gerektirmesidir. Ayrıca tedariki kolay ve maliyet açısından fiyatları düşüktür.



Şekil 3.12 - RF verici donanım

Akıllı veri toplama sistemi mimarisinde bahsedildiği üzere raf düğümlerinden alınan verilerin alındığı zaman bilgisini kaydetmesi için düğüm üzerinde bir gerçek zamanlı saat devresi eklenmiştir. Bu devrenin temel elemanı DS1320 saat entegresidir. Düğümün enerjisi kesilse bile (pilin bitmesi veya pil değişimi esnasında) zaman sayacının durmaması için kendine özel bir pil daha ihtiyaç duymaktadır. Bu pil

CR2032 tipinde, çok düşük kapasitede, maliyetsiz bir pil olabilir. Saat devresinin enerji ihtiyacı oldukça düşüktür (~500nA). Normalde enerjisini düğümün enerji kaynağından kullanır. Ancak bir enerji kesintisi olduğunda, DS1320 bunu anlayarak saat sayacının durmaması için enerjisini kendi pilinden sağlamaktadır. Saat devresinin doğru çalışması için önce doğru saati entegreye I<sup>2</sup>C haberleşme protokolü ile programlamak gerekmektedir. Bu andan itibaren saat devresinin enerjisi eğer bağlı ise saat saymaya başlar. Saat bilgisi herhangi bir zamanda öğrenilmek istendiğinde yine aynı protokolle saat bilgisi alınabilir.

Kalan enerjiyi ölçme amacıyla raf düğümde oluşturulan basit diyot ve direnç devresi aynen bu düğümde de uygulanmıştır.

Düğümün enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla düğüm üzerine yerleştirilebilen 3V'luk bozuk para boyutlarında pil kullanılmıştır. Bu pil standart olarak CR2032 kodu ile satılmaktadır. Genelde kol saati, el kumandası gibi cihazlarda, küçük boyutlu ve düşük maliyetli oluşundan dolayı tercih edilir. Enerji kapasitesi (~220mAh) açısından performansı düşüktür. Bu nedenle eğer tercih edilirse iki adet 1,5V'luk AA veya AAA piller bu düğümü aylarca besleyebilir.

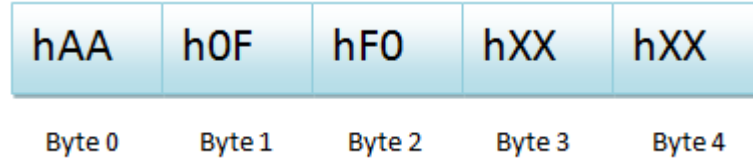
Düğümün bir diğer önemli bileşeni ise mikro denetleyicidir. Infrared alıcı, verici ve pil kadar önemli bir elemandır. Düğümün tüm süreçlerinde, içerisine gömülen program doğrultusunda aktif çalışır. Kızılötesi alıcı sensörden gelen sinyalleri yorumlar, kendisine gelen bilgi için cevap paketini hazırlar ve infrared verici devresine gönderir. Raf kızılötesi alıcı verici düğümünde kullanılmak üzere Microchip firmasının Pic18F2550 SSOP kılıfı mikro denetleyici seçilmiştir. Bu mikro denetleyicinin başlıca özellikleri:

- Boyutları yaklaşık 7mm x 5mm dir.
- Dahili osilatörü olmasından dolayı ekstra bileşen gerektirmeyen bu denetleyici, maksimum 64Mhz hıza çıkabilmektedir.
- 16 Kbyte program, 512 byte RAM, 256 byte EEPROM belleğe sahiptir.
- Yonga üzerinde 18 giriş-çıkış pini vardır.

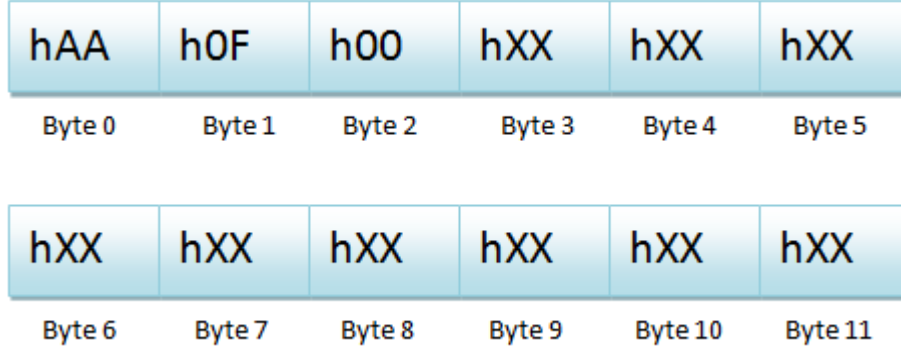
### 3.2.2.2 Market arabası düğümü yazılım yapısı

Başlık 3.4.1 bahsedilen tüm detaylar bu düğüm içinde geçerlidir. Mikro denetleyici yayın (broadcast) yaptıktan sonra uyku (sleep) moduna geçebilir. Kızıl ötesi sensör data pini, mikro denetleyicinin kesme pinlerinden birine bağlanarak veri geldiğinde mikro denetleyici uyandırılabilir. Ek olarak periyodik mikro denetleyicinin yaptığı broadcast, mikro denetleyici içerisindeki bir timer donanımı vasıtasıyla uyku (sleep) modundan kısa aralıklarla çıkılarak sağlanabilir. Bu çalışmalar pil ömrünü uzatmaya yönelik geliştirmelerdir. Gezici düğüm, akıllı veri toplama sisteminde en aktif çalışan düğümdür. Yazılım, güçlü ve hızlı bir yazılıma ihtiyaç duymaktadır. PCB (Baskılı devre kartı) üzerinde fazlaca donanımsal birim barındırmaktadır ve bu donanımları güçlü bir yazılımla hızlı bir şekilde kontrol etmeli veya veri almalıdır. Yine bu düğüm içinde donanım ve yazılım tasarlanırken her ikisi de paralel düşünülmelidir. Örneğim üzerinde Bulunan EEPROM birimi, I<sup>2</sup>C haberleşme ile kontrol edilmektedir. Doğal olarak bu EEPROM, mikro denetleyici üzerinde seri haberleşme donanımına bağlanmalıdır ki, yazılımsal kontrol etmekle uğraşmasın.

Market arabası gezici düğümü, raf düğümlerinin haricinde birde merkez istasyona veri göndermekle görevlidir. Eğer 0xFF ID'sine sahip raf düğümünden cevap almış ise topladığı tüm ID'leri Şekil 3.13'de görülen paket formatında, merkez istasyona RF iletişim ile gönderir.



(a)



(b)

Şekil 3.13 - a) Gezici düğümün kaydettiği ID sayısı, b) Her bir kaydın içeriği

Gezici düğüm, yaptığı yayın paketine (Şekil 3.8) karşılık, bu yayına cevap paketi (Şekil 3.9) veren bir raf düğümü olduğunda, gezici düğüm bu raf düğümünün ID'sini ve o andaki zaman bilgisini kendi RAM'ine ve harici EEPROM'a yazar. Eğer ki bu yayına cevap veren raf düğümü ID'si 0xFF ise gezici düğüm bu anda veri toplamının sona erdiğini ve topladı tüm verileri merkez istasyona göndermesi gerektiğinin kararını verecektir. Bu anda RF verici data pinine öncelikle Şekil 3.13 (a)'da belirtilen datayı yollayacaktır. Bu paket, son yapılan gezintide kaç raf düğümüne uğrandığının bilgisini içermektedir. Merkez istasyon, kendisine gönderilen bu pakete bakarak gelecek olan verinin büyüklüğünü bilir ve RF iletişimde meydana gelebilecek hataları tespit eder. Bu paketi byte bazında inceleyecek olursak:

- Byte 0 (hAA) donanımsal olarak senkronizasyonu sağlaması amacı ile gönderilir.
- Byte 1 (h0F) yazılımsal olarak senkronizasyonu sağlar ve bir veri paketi geleceği anlamındadır.
- Byte 3 (h0F) bu paketin veri sayısı bilgisi içerdiğinin anlamındadır.



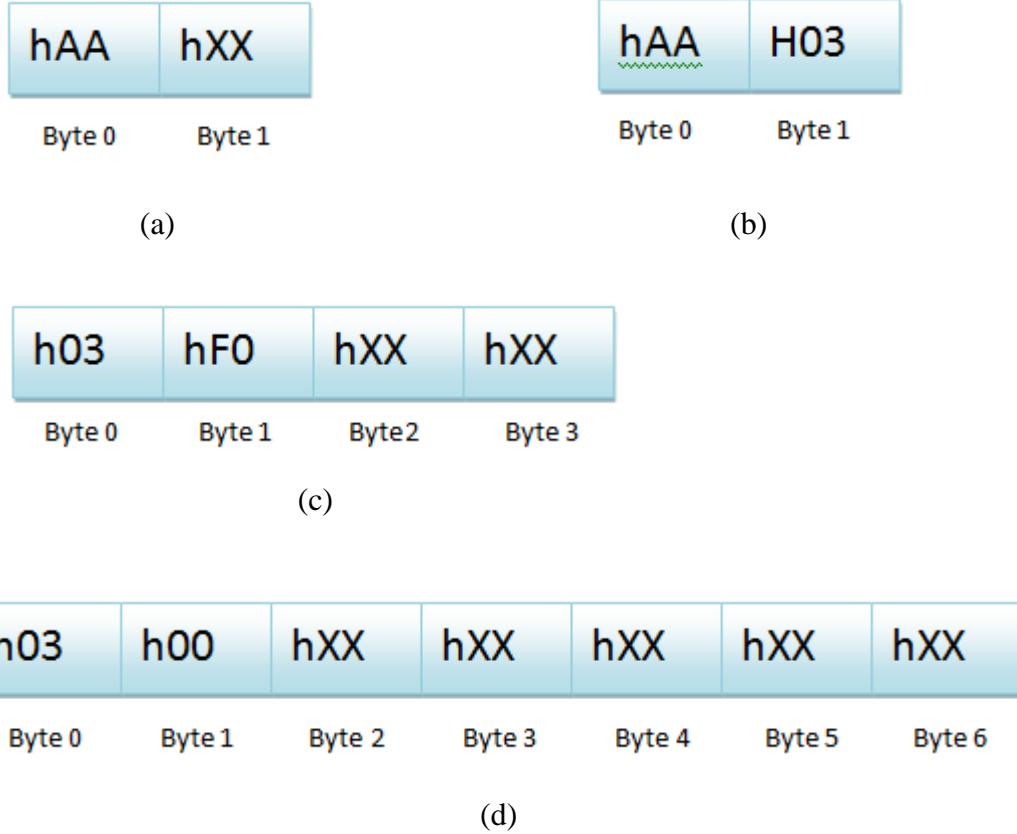
- Byte 4 (hXX) kayıt sayısı bilgisini içerir
- Byte 5 (hXX) check sum paketidir.

Gezici düğüm, verisi sayısı paketini gönderdikten sonra ardından kaydettiği tüm ID'lerinin bilgilerini kendi RAM'inden okuyarak peş peşe göndermeye başlar. Göndereceği bu paketin tekrar sayısı gezdiği tüm raf düğümleri sayısı kadar yani verisi sayısı paketinde bulunan 4. byte'ta yazan değer kadardır. Bu paket ise şu bilgileri içerir:

- Byte 0 (hAA) donanımsal olarak senkronizasyonu sağlaması amacı ile gönderilir.
- Byte 1 (hF0) yazılımsal olarak senkronizasyonu sağlar ve bir veri paketi geleceği anlamındadır.
- Byte 2 (h00) bu paketin bir raf düğümü bilgisi içerdiği anlamındadır.
- Byte 3 (hXX) market arabası gezici düğümün kendi ID'sini bu byte yazar.
- Byte 4 (hXX) bu paketin kaçınıcı veri paket olduğu bildirir.
- Byte 5 (hXX) gezici düğümün pil seviyesi bilgisini içerir.
- Byte 6 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki saat bilgisini içerir.
- Byte 7 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki dakika bilgisini içerir.
- Byte 8 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki saniye bilgisini içerir.
- Byte 9 (hXX) bu raf düğümünün sahip olduğu ID bilgisini içerir
- Byte 10 (hXX) bu raf düğümünün pil seviyesini içerir
- Byte 11 (hXX) bu paketin check sum bilgisini içerir.

Gezici düğüm, ayrıca topladığı ve harici EEPROM'a kaydettiği tüm raf düğüm bilgilerini toplu bir şekilde merkez istasyona da gönderebilir. Bu özellik sayesinde RF iletişimde meydana gelebilecek hatalı bilgiler düzeltilebilir ve her istendiği zaman gezici düğümünden bu bilgiler her ihtiyaç duyulduğunda alınabilir. Toplu veri alım işlemi, gezici düğümle merkez istasyon arasında kızılı ötesi kanalı ile yapılmaktadır. Bu iletişim şeklinde yine gezici düğüm yayın yapmaya devam eder (Şekil 3.14 (a)), merkez istasyon yanına getirilerek, merkez istasyonun bu yayına cevap vermesi (Şekil 3.14 (b)) beklenir. Merkez istasyon aldığı yayın sinyaline karşılık gezici dü-

ğüme topladığı tüm verileri göndermesi talebinde bulunur. Talebi alan gezici düğüm, harici EEPROM'un ilk adresinden başlayarak merkez istasyona tüm kayıtları gönderir. Şekil 3.14'te bu anda gerçekleşen iletişim paketleri gösterilmektedir.



Şekil 3.14 - (a) Market arabası yayın paketi, (b) Merkez istasyonun, yayın paketine cevabı (log isteği), (c) Market arabası veri adet sayısı paketi, (d) market arabası veri gönderim paket formatı

Bu senaryo anında gerçekleşen veri paketlerini Byte bazında inceleyecek olursak:

Merkez istasyonun gezici düğüme cevabında (Şekil 3.14 (b))

- Byte 0 (hAA) donanımsal olarak senkronizasyonu sağlaması amacı ile gönderilir.
- Byte 1 (h03) bu paketin merkez istasyondan geldiğini ve log talebinin olduğunu bildirir

Gezici düğümün, merkez istasyona kayıt sayısı cevabı (Şekil 3.14 (c)),

- Byte 0 (h03) bu paketin gezici düğümden geldiğini bildirir.
- Byte 1 (hF0) bu paketin kayıt sayısı bilgisini içeriğini bildirir
- Byte 2 (hXX) Kayıt sayısı bilgisinin yüksek değerlikli Bayt'ı
- Byte 3 (hXX) Kayıt sayısı bilgisinin düşük değerlikli Bayt'ı

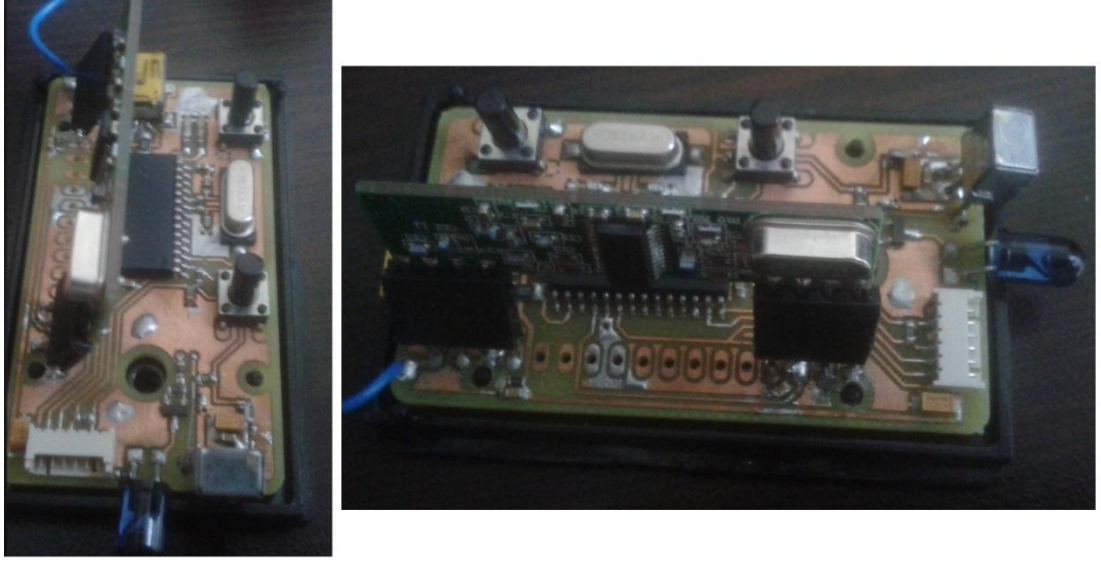
Gezici düğümün, merkez istasyona raf düğüm bilgilerini gönderdiği cevap paketi (Şekil 3.14 (d)),

- Byte 0 (h03) bu paketin gezici düğümden geldiğini bildirir.
- Byte 1 (h00) bu paket bir rafa ait bilgileri içerdiği anlamındadır.
- Byte 2 (hXX) bu paketin şuanda gönderilmekte olan kaçınıcı paket olduğunu gösterir.
- Byte 3 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki saat bilgisini içerir.
- Byte 4 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki dakika bilgisini içerir.
- Byte 5 (hXX) bu raf düğümünden geçildiği andaki saniye bilgisini içerir.
- Byte 6 (hXX) bu raf düğümünün sahip olduğu ID bilgisini içerir.

### 3.2.3 Merkez istasyon

Akıllı veri toplama sisteminin üçüncü parçası merkez istasyon düğümüdür. Bu düğüm market arabası düğümü ile etkileşim halindedir. Aslında temel görevi, market arabası ile bilgisayar arasında köprü vazifesi görmektedir. Market arabasından aldığı verileri uygun formata USB portu üzerinden bilgisayara gönderir. Başlık 3.5.2 de anlatıldığı şekilde market arabası ile iki farklı iletişim yöntemi ile gezici düğümden gezinti bilgilerini alabilir ve hazırlanan bilgisayarda hazırlanan bir program vasıtasıyla kullanıcıya gösterilebilir. Merkez istasyon üzerinde hem RF alıcı donanımı hem de kızıl ötesi alıcı verici donanımı mevcuttur. RF iletişim yöntemi ile gezici düğüm, kasa çıkış anında en son yaptığı gezinti bilgilerini merkez istasyona

gönderir. Kızıl ötesi iletişimle ise tüm yaptığı gezintilerin bilgilerin hepsi alınabilir. Her iki iletişimde kullanılmasının sebebi, hızlı veri aktarımı ve geriye dönük bilgilerin elde edebilme ihtiyacı amacıyla. Merkez istasyon düğümü bu bölümün alt başlıklarında donanımsal ve yazılımsal olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Şekil 3.15'te merkez istasyon düğümünün prototip devresi görülmektedir.



Şekil 3.15 - Merkez istasyon prototip devresi

### 3.2.3.1 Merkez istasyon düğümü donanım yapısı

Merkez istasyon donanımı, raf ve market arabası düğümde olduğu gibi minimum boyutta, genel olarak SMD devre elemanları kullanılarak oluşturulmuştur. Bu düğümün boyutsal özellikleri diğer düğüm çeşitleri kadar kritik değildir. Kullanışlı olması daha önemlidir pil gibi harici beslemeye gerek duymaz. Enerjisini bilgisayarın USB portundan sağlar ve aynı port üzerinden haberleşebilir.

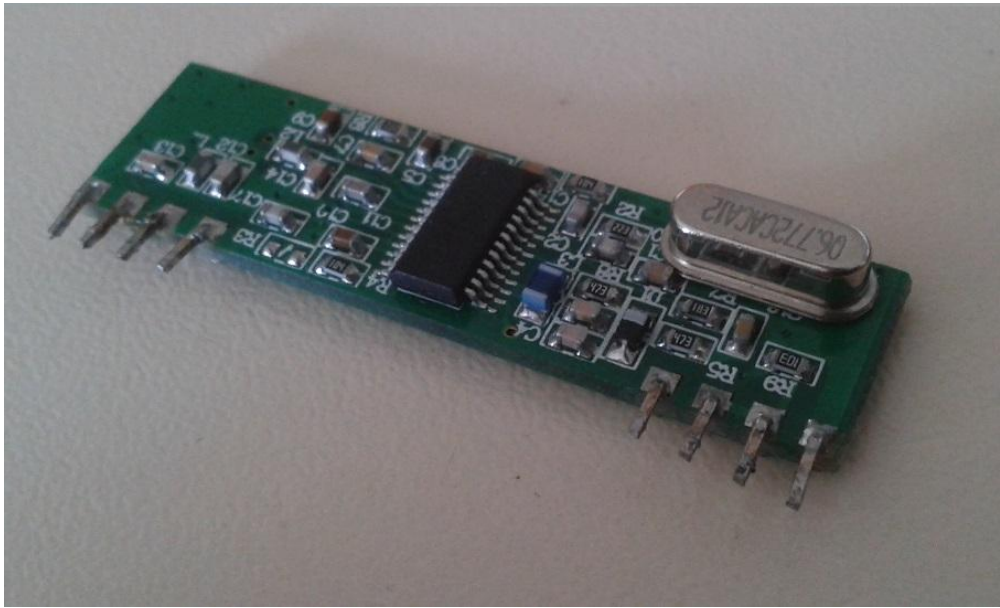
Devreyi oluşturan temel bileşenler aşağıda listelenmiştir:

- Kızılötesi verici diyot ve sürücü devresi

- Kızılötesi alıcı
- RF alıcı modülü
- Buton
- USB soketi
- Mikro denetleyici ve programlama soketi

Düğümün kızılötesi alıcı ve verici devresi, raf düğümünde bulunan devre ile aynıdır. Hem üretim kolaylığı hem de maliyet açısından devre bu şekilde oluşturulmuştur. Böylece yazılım geliştirmesi açısından kolaylık sağlanmıştır.

Market arabası tarafından toplanan verilerin, alınabilmesi amacıyla RF iletişim yöntemi kullanılmaktadır. Market arabası topladığı verileri çıkış raf düğümüne geldiğinde üzerindeki RF verici donanımı ile merkez istasyona gönderir. Merkez istasyonun bu verileri alabilmesi için üzerinde RF alıcı donanım bulunması gerekmektedir. Bu amaçlar Şekil 3.16'da görülen RF alıcı modülü kullanılmaktadır. Mu modül 433 Mhz yayın yapan bir radyo sinyallerini alabilmektedir. Yine RF verici olduğu gibi bu modülde de iki adet besleme pini, veri ve anten giriş pini olmak üzere dört adet pin bulunmaktadır.



Şekil 3.16 - RF alıcı donanım

Bu düğüm üzerinde iletişim kanalını seçmek için bir adet buton kullanılmaktadır. Düğüm USB portuna ilk takıldığı anda, butona basılarak takılırsa, düğüm kızıl ötesi iletişim moduna geçer ve gezici düğümünden veri toplamaya hazır halde bekler. Diğer türlü durumda düğüm RF iletişimde veri almaya hazır konumdadır.

Merkez istasyonun bilgisayarla haberleşmesini sağlayan ve ayrıcı düğümün enerji ihtiyacını karşılayan bağlantı elemanı USB portudur. Mini A tipindeki bu portun boyutları küçük ve SMD tiptedir. Bilgisayarla bağlantı için yine mini USB kablo ile bağlantı gerçekleştirilebilir.

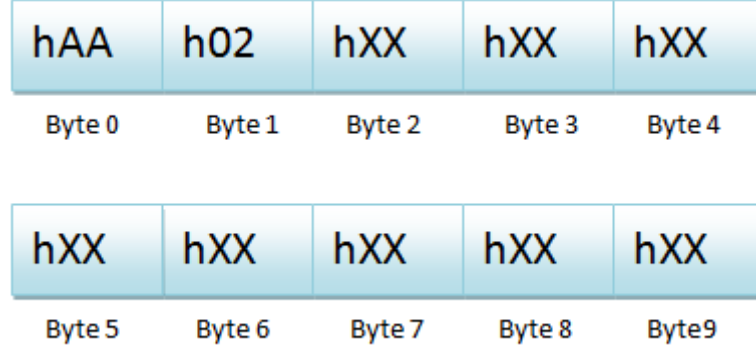
Düğümde kızıl ötesi ve RF iletişimde aktif rol oynayan ve topladığı verileri bilgisayara gönderen temel bileşen mikro denetleyicidir. Düğümün tüm veri alışveriş süreçlerinde, içerisine gömülen program doğrultusunda aktif çalışır. RF modülden ve kızıl ötesi alıcı sensörden gelen sinyalleri işler ve USB portu üzerinden bilgisayara gönderir. Raf ve gezici düğümlerde kullanılan mikro denetleyicilerden farklı olarak bu düğümde USB donanımına sahip Microchip firmasının Pic18f2550 mikro denetleyicisi kullanılmıştır. USB2.0 istemci donanımı, yüksek hassasiyette PLL devresi, 48 Mhz çalışma frekansı, dört adet timer, 13 kanal 10 bit ADC, 32Kbyte program belleği, 2Kbyte RAM, 256 Byte EEPROM belleğe sahiptir.

### **3.2.3.2 Merkez istasyon düğümü yazılım yapısı**

Akıllı veri toplama sisteminin en önemli problemi enerji tüketimi sonucu pille çalışan düğümlerin pilinin tükenmesidir. Bunun için yukarıda bahsedilen tüm düğümlerin yazılım-donanım yapısı başlıklarında pil tüketimini en aza indirmek için bir çok teknik kullanılmıştır. Ancak merkez istasyon düğümü pil ile çalışmadığı ve enerjisini bağlandığı bilgisayardan sağladığı için enerjisi sonsuzdur diyebiliriz. Bu düğüm için pil sıkıntısı yoktur. Yazılım ve donanım tasarımında esnek davranılabilir.

Merkez istasyon sadece market arabası düğümü ile haberleşebilmektedir. Başlık 3.5 ve alt başlıklarında bahsedildiği haberleşme paketleriyle market arabası ile haberleşir. Bu düğüm üç farklı fiziksel haberleşme kanalı kullanır. Market arabasının son yaptığı gezinti bilgilerini almak için RF iletişim yöntemini kullanır (Şekil 3.13

(a), (b)). Market arabasının tüm gezinti bilgilerini almak için kızıl ötesi iletişimi kullanır (Şekil 3.14 (a), (b), (c), (d)). Ayrıca kızıl ötesi iletişimle, market arabası düğümünün gerçek zamanlı saati güncellenebilir. Şekil 3.17’te bu işlem için paketler gösterilmiştir.



Şekil 3.17 - Gezici düğüm için saat güncelleme paketi

Bu veri paketinin byte anlamları ise şöyledir:

- Byte 0 (hAA) yazılım ve donanım senkronizasyonu için kullanılır.
- Byte 1 (h02) bu paket bir zaman güncelleme paketi olduğu anlamını taşır.
- Byte 2 (hXX) aynı kaçınıcı günü olduğu anlamındadır.
- Byte 3 (hXX) yılın kaçınıcı ayı olduğu anlamındadır.
- Byte 4 (hXX) yıl bilgisini göster. Bizim uygulamamız için h0C’dir.
- Byte 5 (hXX) haftanın kaçınıcı gününde bulunduğu anlamındadır.
- Byte 6 (hXX) saat bilgisini içerir.
- Byte 7 (hXX) dakika ilgisini içerir.
- Byte 8 (hXX) saniye bilgisini içerir.
- Byte 9 (hXX) paketin check sum ilgisini içerir.

Merkez istasyonun kullandığı diğer fiziksel iletişim yöntemi USB’dir. Bu karışık iletişim yöntemini kurmak için mikro denetleyicinin donanımsal olarak bu haberleşme birimine sahip olması gerekmektedir. Yazılımsal olarak sadece USB istemci donanımı hız, paket büyüklüğü, kullanılan haberleşme yöntemi seçilebilir. Akıllı

veri toplama sisteminde, fare-klavye gibi bilgisayar parçalarının kullandığı HID (İnsan Arabirim Aygıtı) transfer tipi kullanılmıştır.

#### **4. AKILLI VERİ TOPLAMA SİSTEMİ UYGULAMASI**

Akıllı veri toplama sisteminin tüm donanım yazılım prototipleri, laboratuvar ortamlarında test edilirken karşılaşılan eksiklik ve hatalar düzeltilmiş ardından gerçek bir markette uygulaması yapılmıştır. İstanbul Maltepe bölgesinde kurumsal bir markette denemek üzere kurumdan gerekli izinler alınmış ve 2 gün boyunca market içerisinde uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk olarak gezici düğüm market arabasına yerleştirilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi gezici düğüm, market arabasının ön ve alt tarafında etrafında kızıl ötesi iletişimi engelleyecek bir materyal bulunmamasına dikkat edilerek konumlandırılmıştır. Market arabasının alt tarafına yerleştirilmesinin sebebi, standlara raf düğümleri rafların alt taraflarına gizlendiği içindir.





Şekil 4.1 - Gezici düğümün market arabasına konumlandırılması

Gezici düğümün yerleşiminden sonra, raf düğümleri önceden belirlenen standlara yerleştirilmiştir. Yerleştirilen her bir düğüm, market arabası ile sağlıklı veri alışverişi olup olmadığı test edilmiştir. Raf düğümü adedi sınırlı olduğu için market içerisinde kritik standlara yerleştirilmiştir. Şekil 4.2’de ve şekil 4.3’te raf düğümlerinin, kozmetik reyonunda konumlandırıldığı yerleri göstermektedir. Şekil 4.4’te ise deterjan reyonundaki bir raf düğümü görülmektedir.



Şekil 4.2 - Bir koridorda raf düğümlerinin konumlandırılması

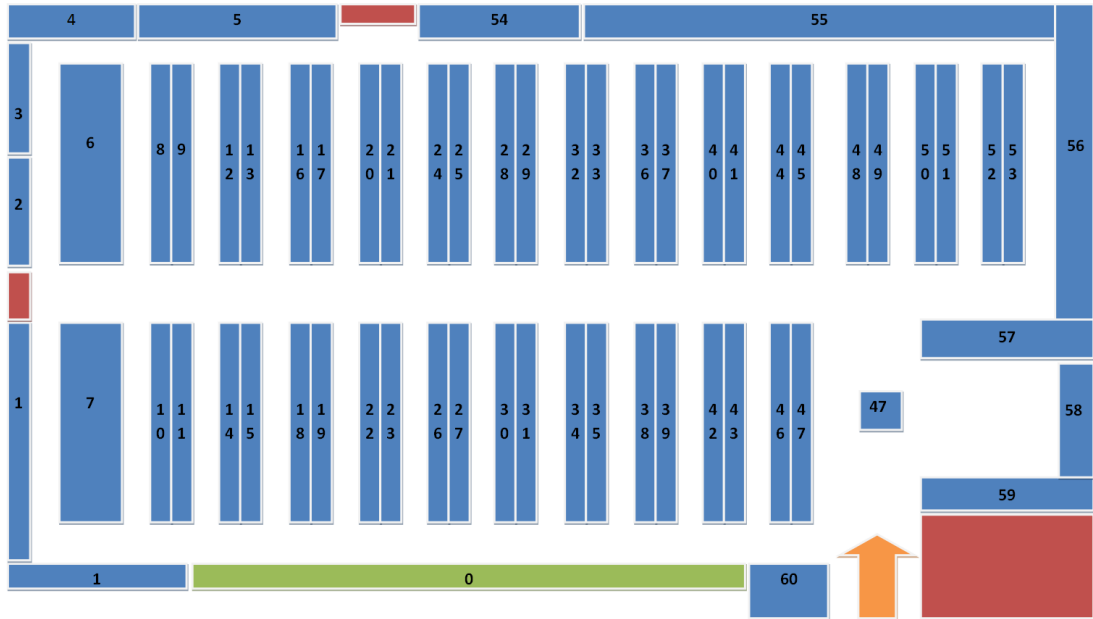


Şekil 4.3 - Kozmetik reyonunda konumlandırılmış bir raf düğümü



Şekil 4.4 - Deterjan reyonunda konumlandırılmış bir raf düğümü

Uygulamanın gerçekleştirildiği market krokisi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Markette reyon sayısının çok olması ve raf düğümü sayısının sınırlı olması sebebi ile rafların bir kısmına raf düğümü yerleştirilmiştir.



Şekil 4.5 - Uygulaması gerçekleştirilen marketin kuş bakışı görünüşü

Krokide gösterilen raf numaralarının hangi reyonu göster gösterdiği ise çizelge 4.1’te belirtilmiştir. Bu çizelgeden faydalanılarak, Şekil 4.5’te raf numaraları belirtilmiş rafların hangi reyonlara ait olduğu bulunabilir.

**Çizelge 4.1 - Raf numaraları ve reyon adları**

Raf No	Reyon Adı	Raf No	Reyon Adı
0	Kasa	27	Çikolata
1	Pastane	28	Kuru Bakliyat
2	Beyaz Et	30	Bisküvi-Kek
3	Kırmızı Et	31-34	Bebek Reyonu
4	Balık	29-32-33-36-37-40	Kozmetik-Kişisel Bakım
5-12-13	Soğuk İçecek	35	Böcek İlacı-Oda Spreyi
6	Manav	38	Temizlik Ürünleri
7-10-11-14	Şarküteri	39-42	Deterjan
8	Kuru Yemiş	43-46	Bulaşık Temizlik Ürünleri
9	Cips	41-44-45	Ev Temizlik Ekipmanları
15	Süt Ürünleri	48-49-50	Züccaciye
16	Meyve Suyu	51-52	Oyuncak
17-20	İçki	53	Kitap
18	Un-Şeker	55	Tuvalet Kağıdı-Havlular
19-22	Reçel-Pekmez	56	İç Çamaşır-Spor
23	Çay	57	Terlik-Ayakkabı
21-24	Sıvı Yağ	58-59	Bahçe Bakım-Elektronik
25	Konserve	47	Sezona Göre Değişken
26	Kahve	60	Danışma

Uygulamanın ilk günü raf düğümlerinin önceden belirlemiş olduğumuz stantlarda alt raflara yerleştirilmesi yapılmış ve hazırlanmış market arabası ile test gezintisi gerçekleştirilmiştir. Testin başarılı olmasının ardından market arabası müşterilere verilmiştir. Çizelge 4.2’te görülen veriler 1. gün sonuna kadar ilk gezinti test gezintisi olmak üzere 15 ayrı müşterinin alışveriş güzergahlarını göstermektedir. Çizelge 4.3’te ise ikinci günde 14 müşteri üzerinden elde edilen verileri göstermektedir.

**Çizelge 4.2 - Birinci gün uygulama sonuçları**

Mş. No	Zaman	Reyon	Reyon No		Mş. No	Zaman	Reyon	Reyon No
1	11:02:26	Deterjan	39-42					
	11:02:51	Kırtasiye	47		7	15:23:08	Manav-kuruyemiş	6-8
	11:04:16	Kozmetik	37-40			15:25:18	Şarküteri	11-14
	11:04:28	Kozmetik	37-40			15:26:52	Pastane	1
	11:05:03	İçki	17-20			15:34:07	Manav-kuruyemiş	6-8
	11:05:20	Şarküteri arkadan	11-14					
	11:06:04	Balık-manav	4-6		8	15:49:10	Pastane	1
	11:06:30	Şarküteri	11-14			16:13:12	Deterjan	39-42
	11:06:44	Şarküteri	11-14			16:43:50	Balık-Manav	4-6
	11:18:19	Kozmetik	37-40			16:46:11	Kırmızı Et-Beyaz ET	3-2
	11:18:51	Kozmetik	37-40			16:46:46	Pastane	1
	11:22:12	Çikolata	27			16:48:32	Un-Şeker	18
	11:25:28	Un-Şeker	18					
	11:27:28	Pastane	1		9	17:32:40	Beyaz Et	2
						17:34:59	Şarküteri	11-14
2	11:49:50	Kırtasiye	47					
	11:51:26	Şarküteri	7-10		10	17:53:25	Kırtasiye	47
	11:52:16	Pastane	1			17:57:15	İçki	17-20
	11:52:23	Beyaz Et/manav	2			17:57:17	İçki	17-20
	12:02:40	Şarküteri	11-14			18:01:41	Pastane	1
						18:07:44	Beyaz ET-Kırmızı Et	2-3
3	12:54:02	Kozmetik	37-40			18:08:44	Pastane	1
	12:55:44	Kozmetik	37-40			18:09:17	Beyaz ET-Kırmızı Et	2-3

	13:06:26	İçki	17-20			18:10:26	Pastane	1
	13:17:38	Beyaz Et/manav	2-6					
	13:26:35	Pastane	1-7		11	18:36:47	Pastane	1
	13:33:07	Şarküteri arka	11-14			18:42:18	Şarküteri	11-14
	13:33:41	Çikolata/Bisküvi-kek	27-30					
	13:34:38	Çikolata/Bisküvi-kek	27-30		12	18:49:22	Kırtasiye	47
						18:50:25	Kozmetik	37-40
4	13:57:45	Kozmetik	37-40			18:53:56	İçki	17-20
	14:14:26	Un-şeker	18			18:56:57	Beyaz Et	2
	14:17:59	Şarküteri	11-14			19:00:18	Pastane	1
						19:07:26	Şarküteri	11-14
5	14:35:34	Kırtasiye	47			19:12:31	Deterjan	39-42
	14:41:01	Kozmetik	37-40					
	14:49:24	Pastane	1		13	19:19:38	Kozmetik	37-40
						19:19:47	Kozmetik	37-40
6	14:59:35	Deterjan	39-42			19:20:07	Manav-kuruyemiş	6-8
	15:00:42	Kozmetik	37-40			19:20:55	Pastane	1
	15:03:36	Çikolata	27					
	15:07:16	Şarküteri	11-14		14	19:27:10	Kırtasiye	47
	15:10:29	Şarküteri	11-14			19:31:53	Şarküteri	11-14
	15:12:04	Pastane	1			19:38:51	Pastane	1
	15:16:28	Un-Şeker	18					
					15	20:03:23	Kırtasiye	47
						20:09:39	Kozmetik	37-40
						20:14:12	Şarküteri	11-14
						20:18:55	Şarküteri	11-14

Çizelge 4.3 - İkinci gün uygulama sonuçları

Mş. No	Za- man	Reyon	Re- yon No		Mş. No	Za- man	Reyon	Reyon No
1	10:38:21	Şarküteri	7-10					
	10:42:03	Kırtasiye	47	7	14:18:23	Kırtasiye	47	
	10:56:25	Deterjan	39-42		14:21:55	Çikolata	27	
	11:00:42	Un-Şeker	18		14:31:21	Kozmetik	37-40	
					14:45:33	Şarküteri	7-10	
2	11:12:23	Kırtasiye	47					
	11:14:56	Kozmetik	37-40	8	14:59:14	Kırtasiye	47	
	11:23:23	Şarküteri	7-10		15:04:17	Kozmetik	37-40	
	11:31:36	Manav	6-8					
				9	15:24:27	Un-Şeker	18	
3	11:56:07	Kozmetik	37-40		15:27:19	Manav	6-8	
	11:59:52	İçki	17-20		15:35:23	Balık	4-6	
	12:08:46	Şarküteri	7-10		15:41:22	Şarküteri	7-10	
					15:56:12	Manav	6-8	
4	12:18:24	Çikolata	27					
	12:22:36	Kozmetik	37-40	10	16:17:51	İçki	17-20	
	12:33:25	Un-Şeker	18		16:20:35	B.K. Et	2-3	
	12:39:22	Kozmetik	37-40					
				11	16:42:56	Deterjan	39-42	
5	12:55:49	Manav	6-8		16:53:20	B.K. Et	2-3	
	13:07:11	Kozmetik	37-40		16:57:08	Şarküteri	7-10	
	13:12:26	İçki	17-20		17:02:00	B.K. Et	2-3	
6	13:35:02	Şarküteri	7-10	12	17:36:11	Kırtasiye	47	
	13:42:52	Manav	6-8		17:44:34	Kozmetik	37-40	
	13:47:26	Un-Şeker	18		17:56:51	B.K. Et	2-3	
	13:56:55	Deterjan	39-42					
				13	18:22:42	B.K. Et	2-3	
					18:31:22	Şarküteri	7-10	
				14	18:54:06	Kırtasiye	47	
					19:14:27	Şarküteri	7-10	
					19:23:34	B.K. Et	2-3	

İki günlük 28 müşteri üzerinden alınan bu sonuçlar neticesinde, bu market için gezilen reyon oranları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 - Uygulama sonucuna göre reyon yoğunlukları

<b>Reyon Adı</b>	<b>Müş. Adet</b>	<b>% Oran</b>
Deterjan	6	21,4
Kırtasiye	12	42,8
Kozmetik	14	50
İçki	6	21,4
Şarküteri	18	64,28
Balık	5	7,14
Manav	8	28,5
Çikolata	4	14,28
Un-Şeker	6	21,4
B. K. Et	12	42,85
Kuruyemiş	4	14,28



## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, akıllı veri toplama için bir yöntem ortaya konulmaktadır. Akıllı veri toplama için ise kızılötesi ve radyo frekans sisteminin kullanıldığı mobil düğümler yaratılmıştır.

Mobil düğümlerin bazıları sabit olarak konumlandırılmakta ve bazıları da market arabasına monte edilmek suretiyle mobil hale getirilmektedir. Bu mobil düğümün market içerisinde gezmesiyle beraber reyonlarda yer alan sabit düğümlerle iletişime geçerek sabit düğümün bilgisi kayıt altına alınmakta ve geçilen yollar tespit edilmektedir.

Uygulama sonucunda tek bir arabanın kullanılması nedeniyle veri toplanan müşteri sayısı sınırlı olmuştur. Elde edilen sınırlı verilere göre çok popüler, popüler ve az popüler reyonlar tespit edilmiştir.

Bu sistem içerisinde gezinen market arabalarının artması ve bu sistemin uzun süre kullanılmasının sağlanmasıyla beraber popüler reyonlar, hangi günler hangi reyonlar daha popüler, market içerisinde hangi yollar daha çok kullanılıyor, hangi saatlerde hangi reyonlar daha sık geziliyor vb. pek çok bilgi toplanabilecektir.

## KAYNAKLAR

1. M. Günhoş, "Veri Toplama Sistemleri" 7. *Türkiye Bilgisayar Kongresi*, 1990
2. A. Goldsmith, "Wireless Communication" *Cambridge University Press*, 2005.
3. <http://www.mevlutersoy.com/dersnotlari/KABLOSUZVEMOB%C4%B0LA%C4%9ELAR.pdf> (10.08.2013)
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless> (11.08.2013)
5. [http://www.etkiinfrared.com/infrared\\_nedir](http://www.etkiinfrared.com/infrared_nedir) (11.08.2013)
6. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Dalga\\_boyu](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dalga_boyu) (13.08.2013)
7. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektromanyetik\\_tayf](http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektromanyetik_tayf) (13.08.2013)
8. <http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1l%C3%B6tesi> (16.08.2013).
9. <http://rehber.ihya.org/yenirehber/ultraviyole-isinlari-mor-otesi-isinlar.html> (17.08.2013).
10. Prof. E. Gündüz "Modern Fiziğe Giriş", Ege Üniversitesi Basımevi Bornova İzmir
11. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Gama\\_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/Gama_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1) (19.08.2013)
12. H. Tanrıkulu, A. Kaplan "Kablosuz İletişim Teknolojileri"
13. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Kablosuz\\_ileti%C5%9Fim](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kablosuz_ileti%C5%9Fim) (19.08.2013).
14. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mikrodalga> (20.08.2013)
15. H.F.S. BAYRAKLI "Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Optimum Yaşam Süresi İçin Enerji Verimli Sezgisel Bir Yöntem Geliştirilmesi" Doktora Tezi

## ÖZGEÇMİŞ

Volkan BENZER, 1982 yılında Eskişehir’de doğdu. Öğrenimlerini sırasıyla İ.Karaođlanođlu İlkokulu, M.A. Ersoy Ortaokulu ve Yunusemre Lisesi’nde tamamladı. 2001-2007 yılları arasında Muđla Üniversitesi’nde Elektronik ve Bilgisayar Eđitimi bölümünde lisans eğitimini sürdürdü. Mezun olduktan sonra özel sektörde, çeşitli firmaların ar-ge bölümlerinde donanım-yazılım geliştirme projelerinde görev aldı. 2011 yılında Maltepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans programında yüksek lisans öğrenimi yapmaya hak kazandı. Şu an özel sektörde çalışmaya devam etmektedir.