



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İÇİN PIC TABANLI SENSÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI

Ömer ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ömer ÖZCAN

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İÇİN

PIC TABANLI SENSÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI

Ömer ÖZCAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doc. Dr. Mesut GÜNDÜZ

2011, 79 Sayfa

Jüri
Yrd.Doc.Dr. Mesut GÜNDÜZ
Prof.Dr. Ahmet ARSLAN
Yrd.Doc.Dr. Ömer Kaan BAYKAN
Yrd.Doc.Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Yrd.Doc.Dr. Hasan Erdinç KOÇER

İlerleyen teknoloji, daha küçük, daha az enerji harcayan ve daha ucuz elektronik bileşenlerin üretilmesine imkan sağlamıştır. Bu sayede daha önce fikir olarak var olan ancak teknik imkansızlıklardan dolayı yapılamayan pek çok teknoloji de yapılabilir hale gelmiştir. Bunlardan bir tanesi olan kablosuz sensör ağları teknolojisi, günümüzde gerekli teknik şartların gerçekleşmesiyle uygulanabilir hale gelmiştir.

Yapmış olduğumuz tasarımda Microchip firmasına ait "nanoWatt Technology" destekli PIC'ler hem hafıza hem de işlem birimi olarak kullanılmışlardır. Kablosuz iletişim birimi olarak da yerli bir firma olan UDEA firmasına ait kablosuz iletişim birimleri kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılacak olan sensörler sınırlandırılmayıp her türlü sensörün bağlanabilmesine olanak tanınmıştır. Bunun için devreye sensörler için bir genişleme arayüzü eklenmiştir. Bu sistemlerde işletim sistemi ve uygulama aynı anda sisteme yüklendiğinden dolayı farklı uygulamalar tek bir yazılım omurgası üzerinde küçük değişiklikler yapılarak elde edilebilmektedir. Tasarlanan sistemde de farklı uygulamalara olanak tanıyan bir işletim sistemi PIC C dili ile yazılmıştır. Verilerin bir merkezden izlenip kayıt altına alınabilmesi için de bir PC yazılımı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Algılayıcı, işletim sistemi, kablosuz sensör ağları, kullanıcı arayüzü, mikrodenetleyici, RF modül, sensör.

ABSTRACT

MS THESIS

A PIC BASED SENSOR NODE DESIGN FOR

WIRELESS SENSOR NETWORKS

Ömer ÖZCAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING

Advisor: Asst.Prof.Dr. Mesut GÜNDÜZ

2010, 79 Pages

Jury
Asst.Prof.Dr. Mesut GÜNDÜZ
Prof.Dr. Ahmet ARSLAN
Asst.Prof.Dr. Ömer Kaan BAYKAN
Asst.Prof.Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Asst.Prof.Dr. Hasan Erdinç KOÇER

Progressive technology, smaller, more energy efficient and cheaper than was possible the production of electronic components. In this way, as previously existing ideas but can not be performed due to technical impossibility for many has become the technology can also be done. One of them is the wireless sensor network technology, today has become applicable to the realization of the necessary technical requirements.

In our design, Microchip's firm "nanoWatt Technology" supported PICs were used as both the memory and the processing unit. Wireless communication unit in wireless communication units used UDEA firm. The sensors are designed to be used in the system is not limited to any known connection of the sensor. An expansion interface for sensors have been added for this circuit. In these systems, the operating system and application system is installed at the same time because different applications can be obtained by small modifications on the backbone of a single software. Designed system, which allows different applications in an operating system written in PIC-C language. A central monitoring and recording of data to obtain a PC software has been developed.

Keywords: Interface, microcontroller, RF module, sensor, the operating system, user, wireless sensor networks.

ÖNSÖZ

Hayatımızın her alanında kolaylıklar sağlayacağına inandığım kablosuz sensör ağlarının, bir an önce temel problemlerinin çözülüp günlük hayattaki yerlerini almalarını umut ediyorum.

Tezin hazırlanması sırasında bana destek olan ve sabır gösteren danışmanım Yrd.Doc.Dr. Mesut GÜNDÜZ'e, yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma ve değerli eşim Aylin'e teşekkür ediyorum.

Ömer ÖZCAN
KONYA-2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Sensörler 1
1.1.1. Dijital sensörler 2
1.1.2. Analog sensörler 2
1.1.3. Pasif sensörler 2
1.1.4. Aktif sensörler 2
1.2. Kablosuz İletişim 3
1.3. Kablosuz Sensör Ağları 4
1.3.1. Genel açıklamalar 4
1.3.2. Ağ topolojisi 6
1.3.3. Güç ihtiyacı 7
1.3.4. Yönlendirme protokolleri 8
1.3.4.1. Veri merkezli protokoller 8
1.3.4.1.1. Flooding ve Gossiping 9
1.3.4.1.2. Müzakere yoluyla bilgi için sensör protokolleri(SPIN) 10
1.3.4.1.3. Yönlendirilmiş yayılım 10
1.3.4.1.4. Enerji bazlı yönlendirme 11
1.3.4.1.5. Söylenti tabanlı yönlendirme 11
1.3.4.1.6. Derecelendirme tabanlı yönlendirme 11
1.3.4.1.7. CADR 12
1.3.4.1.8. COUGAR 12
1.3.4.1.9. ACQUIRE 12
1.3.4.2. Hiyerarşik protokoller 13
1.3.4.3. Yerleşim bazlı protokoller 13
1.3.4.4. Ağ akışı ve servis kalitesi(Qos) tabanlı protokoller 13
1.3.5. Ortam erişim protokolleri(MAC) 13
1.3.5.1. Geleneksel kablosuz ortam erişim protokolleri 14
1.3.5.2. S-MAC(Sensor MAC) 14
1.3.5.3. T-MAC(Timeout MAC) 14
1.3.5.4. TRAMA(Traffic-adaptive medium access protocol) 15
1.3.6. Mikrodenetleyici 15
1.3.7. Kablosuz sensör ağlarında kullanılan kablosuz iletişim standartları 16
1.3.7.1. ISM(Industrial Scientific and Medical) bandı 16
1.3.7.2. Zigbee 17
1.3.7.3. Bluetooth 17
1.3.8. Kablosuz sensör ağları uygulama alanları 18

1.3.8.1. Çevresel uygulamalar 18
1.3.8.2. Sağlık uygulamaları 19
1.3.8.3. Ticari uygulamalar 19
1.3.8.4. Askeri uygulamalar 20
1.3.9. Örnek uygulamalar 21
1.3.9.1. Zebranet 21
1.3.9.2. Hawaii'de ekolojik inceleme 21
1.3.9.3. Codeblue projesi 22
1.3.9.4. Mercury hareket tespit projesi 22

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 24

3. MATERYAL VE METOT 31

3.1. Sistem Genel 31
3.2. Sensör Düğümü Devre Çizimleri 32
3.3. Sensör Düğümü 35
3.3.1. SHT11 sıcaklık ölçümü uygulaması 36
3.3.2. SHT11 bağıl nem ölçümü uygulaması 36
3.3.3. LM35 sıcaklık ölçümü uygulaması 36
3.3.4. Timeout ve TRAMA MAC protokolü hibrit uygulaması 37
3.3.5. Yönlendirme protokolü uygulaması 38
3.3.6. TRAMA MAC protokolü uygulaması 38
3.4. Güç Ünitesi 38
3.5. Mikrodenetleyici 40
3.5.1. Genel açıklamalar 40
3.5.2. Microchip PIC18F4620 42
3.5.2.1. Güç ihtiyacı 43
3.5.2.1.1. Nanowatt teknolojisi 43
3.5.2.2. Analog dijital çevirici 44
3.5.2.3. Hafıza yapısı 44
3.5.2.4. Giriş-çıkışlar 44
3.5.2.5. İletişim ve zamanlayıcılar 45
3.6. Sensörler 45
3.6.1. Genel açıklamalar 45
3.6.2. LM35 sıcaklık sensörü 46
3.6.3. Işığa duyarlı direnç(LDR) 47
3.6.4. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü 48
3.6.5. Sensörler için genişleme yuvası 51
3.7. Kablosuz İletişim 52
3.7.1. Genel açıklamalar 52
3.7.2. UDEA UFM-M11 alıcı-verici birimi 53
3.7.2.1. Veri iletişimi 54
3.8. USB Arayüz 56
3.9. Yazılım Tasarımları 59
3.9.1. Mikrodenetleyici yazılımı 59
3.9.1.1. Ortam erişim protokolü(MAC) 62
3.9.1.2. Yönlendirme protokolü 62
3.9.1.3. Sayısal veriler 62
3.9.2. USB arayüz yazılımı 62

3.9.3. Sensör gözlem yazılımı 63
3.10. Kablosuz Sensör Düğümü Örnek Uygulama Alanı 66
3.10.1. Zirai don uyarı sistemi 66

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 69

4.1. Mikrodenetleyici 69
4.2. Kablosuz İletişim Birimi 70
4.3. Sensörler 70
4.4. Güç Ünitesi 70
4.5. USB Arayüz 70
4.6. Genişleme Yuvası 71
4.7. Mikrodenetleyici Yazılımı 71
4.8. Sensör İzleme Yazılımı 71
4.9. Sensör Düğümü Güç Karşılaştırmaları 72

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 73

KAYNAKLAR 75

ÖZGEÇMİŞ 79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

f	Yerel osilatör frekansı (MHz)
	Orta seviye frekansı (MHz)
	Modüle edilecek sinyal (MHz)

Kısaltmalar

µA	Mikro amper
µC	Mikrocontroller
ADC	Analog digital converter
CADR	Constrained anisotropic diffusion routing
CDMA	Code division multiple access
CSMA	Carrier sense multiple access
EEPROM	Electronically erasable programmable read-only memory
EUSART	Enhanced universal synchronous asynchronous receiver transmitter
FDMA	Frequency division multiple access
GND	Ground
GPS	Global positioning system
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
KB	Kilobayt
Kbps	Kilobit per second
LDR	Light dependent resistor
mA	Miliamper
MAC	Medium access controm
MEMS	Micro elektro-mechanical system
MHz	Megahertz
msn	Mili saniye
sn	Saniye
mV	Mili volt
nA	Nano amper
PC	Personal computer
pH	Power of hydrogen
Qos	Quality of service
RAM	Random access memory
RH	Relative humidity
ROM	Read only memory
SCK	Serial clock
SPIN	Sensor protocol for information via negotiation
SRAM	Static random access memory
TDMA	Time division multiple access
TRAMA	Traffic-adaptive medium access
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
USB	Universal serial bus
TQFP	Thin quad flat pack
PIC	Programmable interrupt controller

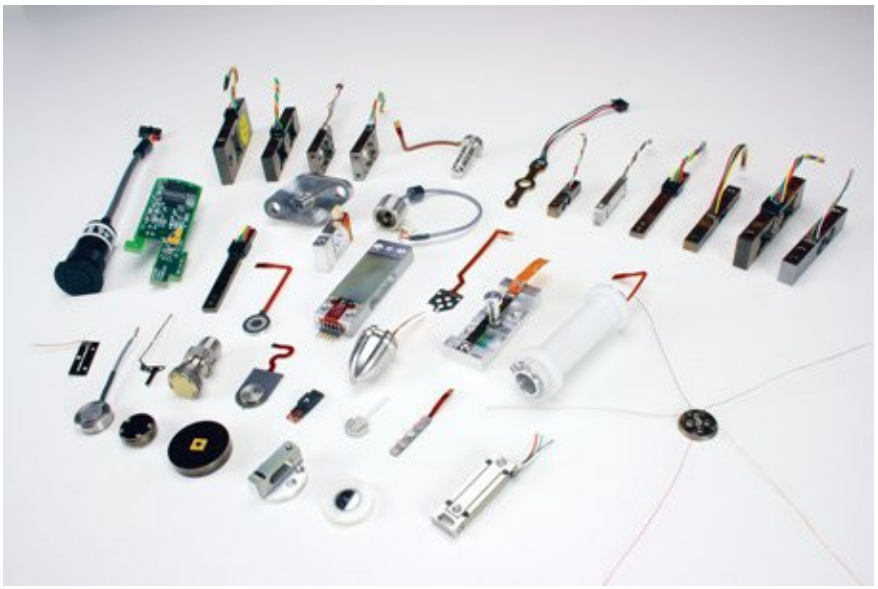
1. GİRİŞ

1.1. Sensörler

Sensörler, fiziksel büyüklükleri elektrik sinyallerine çeviren aktif ya da pasif cihazlardır. Aşağıda bazı alanlar ve bu alanlarda algılanabilecek örnek büyüklükler verilmiştir.

- Mekanik : Uzunluk, alan, miktar, kütlesel akış, kuvvet, tork (moment), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalgaboyu ve yoğunluğu
- Termal : Sıcaklık, ısı akışı
- Elektriksel : Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans
- Manyetik : Alan yoğunluğu, akı yoğunlugu, manyetik moment, geçirgenlik
- Işıma : Yoğunluk, dalgaboyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
- Kimyasal : Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı

Bazı durumlarda aynı fiziksel büyüklük farklı yöntemlerle çalışan sensörlerle ölçülebilir. Şekil 1.1'de farklı türlerde sensörler görülmektedir.



Şekil 1.1. Farklı türlerde sensörler(Anonymous, 2010).

1.1.1. Dijital sensörler

Digital sensörler, ayrık sinyaller üretirler. Digital sensörden alacağımız bilgiler belli adımlarla yükselen değerlere sahiptir.

1.1.2. Analog sensörler

Analog sensörler, fiziksel büyüklükleri kendisine referans olarak verilen akım ya da gerilim değerleri arasında bir değeri çıktı olarak veren sensörlerdir.

1.1.3. Pasif sensörler

Pasif sensörler, çevrelerinden aldıkları sinyalleri ölçen sensörlerdir. Bir sinyal gelmediği sürece durağandırlar. Anahtar tipi sensörler buna örnek verilebilir.

1.1.4. Aktif sensörler

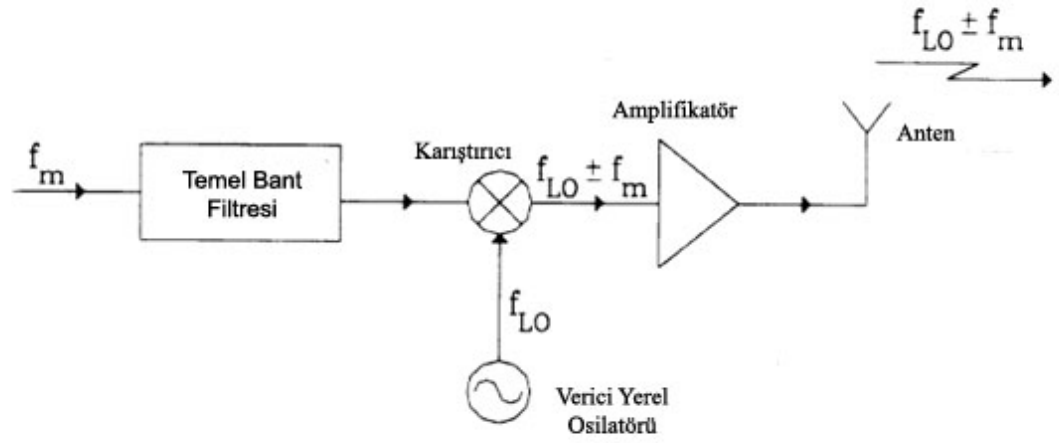
Aktif sensörler, sinyallerini kendileri üretip bu sinyallerin dış ortamla etkileşimlerini ölçen sensörlerdir. Mesafe sensörleri buna örnek verilebilir.

1.2. Kablosuz İletişim

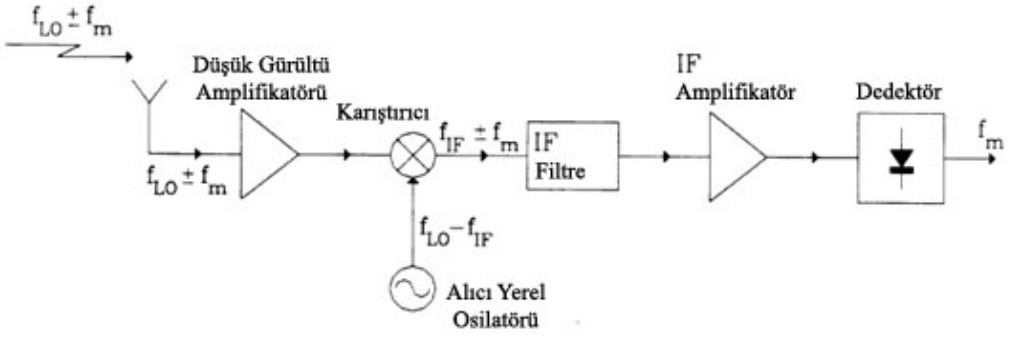
Kablosuz iletişim, bir vericiyle bir alıcının birbirleriyle herhangi bir kablo bağlantısı olmaksızın ışık veya elektromanyetik dalgalar vasıtasıyla iletişim kurmasıdır. Modern anlamda kablosuz iletişimin tarihi 19. yy'nin sonlarına dayanır.

1985 yılında Guglielmo Marconi, üç nokta mors alfabesi ile kodlamış 'S' harfini elektromanyetik dalgaları kullanarak üç kilometre uzağa ileterek modern kablosuz iletişimin yolunu açmıştır. Bu başlangıçtan beri kablosuz iletişim, modern dünyanın vazgeçilmezlerinden biri olmuştur. Uydu iletişimi, radyo ve televizyon yayınlarından cep telefonlarına kadar kablosuz iletişim, iletişim yöntemleri arasında devrim yaratmıştır(Gans ve ark., 2003).

Bir kablosuz sistem birbirine bağlanmış aktif ve pasif elemanlardan oluşur. Basit bir kablosuz sistem şekil 1.2. ve şekil 1.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Kablosuz verici blok diyagramı(Chang, 2000).

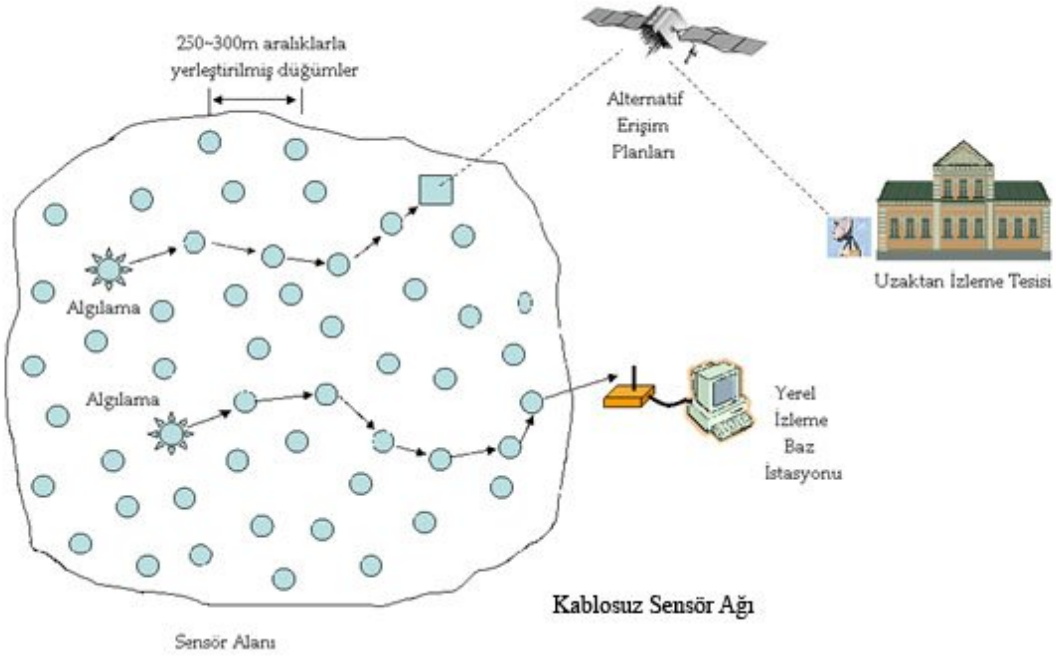


Şekil 1.3. Kablosuz alıcı blok diyagramı(Chang, 2000).

Verici taraftaki işlemlerin işleyişi şöyledir. Belirli bir frekanstaki ses, video ya da veri olabilen temel giriş sinyali, yerel bir osilatörden elde edilen taşıyıcı sinyalle birleştirilerek amplifikatör yardımıyla yükseltilir ve antene iletilir.

Alıcı tarafa ulaşan sinyal zayıflamalara karşı yükseltilir ancak bu işlem sinyalin kuvvetli olarak iletilebildiği bazı kısa mesafe kablosuz iletişimlerde kullanılmayabilir. Bu adımın ardından, taşıyıcı sinyalin arındırılması işlemine geçilir. Ayırma sırasında meydana gelebilecek sinyal bozulmalarına karşı frekans filtresinden geçirilir. Ardından sinyal tekrar yükseltilerek dedektöre gönderilir ve burada orjinal veri elde edilir(Chang, 2000).

1.3. Kablosuz Sensör Ağları



Şekil 1.4. Kablosuz sensör ağı(Tarhan, 2006).

1.3.1. Genel açıklamalar

Mikro elektro-mekanik sistem (MEMS), kablosuz iletişim ve sayısal elektronik teknolojilerinde son yıllarda gerçekleşen gelişmeler düşük maliyetli, güç ihtiyacı az olan, çok fonksiyonlu sensör düğümlerinin üretilebilmesine olanak sağlamıştır.

Küçük bir cep telefonu ya da bir madeni para büyüklüğünde olabilen bu sensör düğümleri kendi aralarında ya da bir baz istasyonu ile kablosuz olarak haberleşebilmektedirler.

Bu sensör düğümleri algılama, veri işleme, kablosuz iletişim, veri saklama ve birlikte çalışabilme özellikleriyle kablosuz sensör ağları fikrinin doğmasına yol açmışlardır (Intanagonwiwat ve ark., 2000). Şekil 1.4'te örnek bir kablosuz sensör ağı yapısı ve ek donanımları görülmektedir.

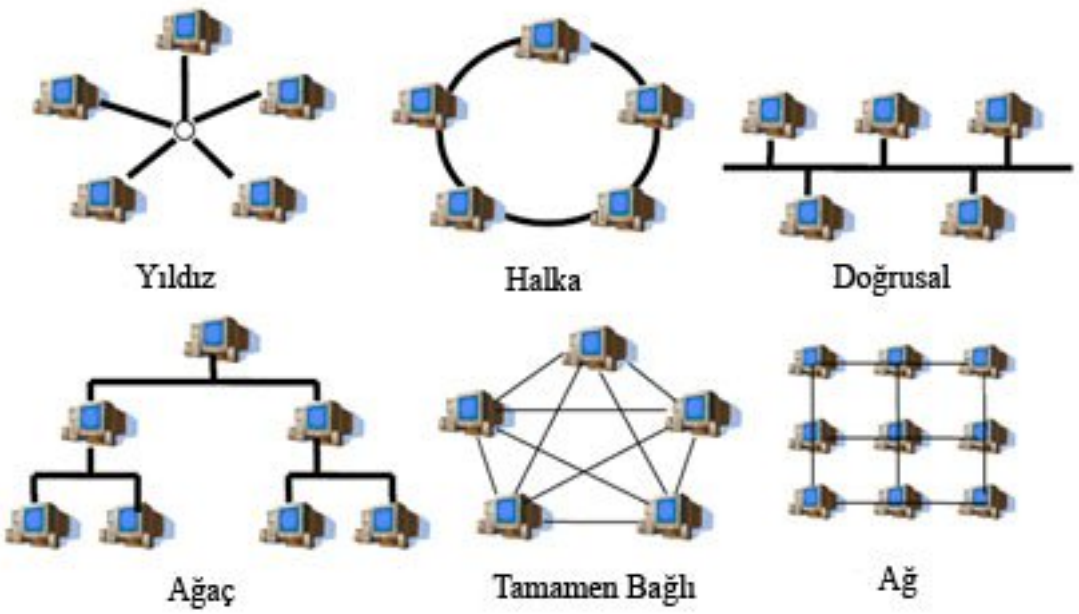
Sensör düğümlerini kablosuz iletişimde geleneksel kablosuz sensörlerden ayıran en önemli özelliği birlikte çalışabilmeleridir. Algıladıkları veriyi kablosuz olarak yayarak paylaşabilirler, birbirlerinin verisini diğer sensörlere aktarabilirler. Birbirleri üzerinden veri aktarabilme özellikleri düşük güçlü sensör düğümlerinin pek çok sensörün bulunduğu bir ortamda çok uzaklara verilerini aktarabilmelerini sağlar (Akyildiz ve ark., 2002).

Geleneksel sensörler, kablosuz sensör ağlarında kullanılan sensör düğümlerinden pek çok noktada ayrılırlar. Bunlardan bazılarını saymak gerekirse:

- Geleneksel sensörler rastgele dağıtılmaz belirli bir bölgenin ya da nesnenin çevresine ya da içine yerleştirilirler.
- Geleneksel sensörler kablosuz olarak çalışabilirler ancak algıladıkları veriyi doğrudan bir merkeze ya da bir görüntüleme birimine ya da bir depolama birimine aktarırlar.
- Geleneksel sensörlerin sayıları çok fazla değildir çoğu uygulamada bir kaç taneden ibarettir.
- Geleneksel sensörler çok fazla güç gerektiren ya da çok karmaşık işlemler yapabilen bir yapıda olabilirler. Örneğin hava gözlem radarları. Yani kablosuz iletişim yapabilseler de güç gereksinimlerini her zaman pil ya da akülerden karşılayamazlar.

Yukarıda yazılan farklara bakıldığında geleneksel sensörler ile sensör düğümleri, temelde algılama görevini yerine getirseler de kablosuz sensör ağları ve bu ağ yapısı için üretilen sensör düğümlerinin tamamen yeni ve farklı bir teknoloji ürünü olduklarını söyleyebiliriz.

1.3.2. Ağ topolojisi



Şekil 1.5. Temel ağ topolojileri(Lewis, 2004).

Pek çok sensör düğümünün bulunduğu iletişim ortamında, kablosuz iletişimin belirli protokollere göre kurulan bir ağ yapısı olması kaçınılmazdır. Ağ topolojisi olarak şimdiye kadar bilinen topolojilerden Star, Ring, Bus, Tree, Fully Connected, Mesh ve diğer topolojilerinin hepsi uygulanabilir (Mackenzie, 2000). Şekil 1.5'te bu ağ topolojilerinin yapıları görülmektedir. Ancak ortam erişim protokolü olarak, bilinen protokollerin pek azı kullanılabilmektedir. Bu yüzden sadece kablosuz sensör ağlarına özel ortam erişim protokolleri geliştirilmiştir. Bunun sebebi ise sensör düğümlerinin düşük güç harcamaları gerektiğinden dolayı çok fazla hata kontrolü yapan, çok katı senkron haberleşme gerçekleştiren, gereksiz paket yoğunluğuna sebep olan ve çok büyük paket büyüklükleri olan ortam erişim protokolleri kullanılamamaktadır. Bu protokoller zaman bölmeli (TDMA), frekans bölmeli (FDMA), kod bölmeli (CDMA) ya da üstünlük esasına dayanan (CSMA) ortama erişim türlerinden olabilirler (Zhao ve Guibas, 2004).

Sensör düğümlerinin algılama yapılacak olan yerdeki yerleşiminde herhangi bir topoloji ya da kurala uymaya gerek yoktur. Uygulamanın amacına göre istenirse belirli bir harita, topoloji ya da düzene göre dağıtılabilirken, istenirse rastgelede dağıtılabilirler. Hatta kablosuz sensör ağları konseptine göre sadece el ile değil hareketli hava, deniz ve kara araçlarından atılma yolu ile bile rastgele olarak yerleştirilebilirler.

Sensör düğümleri sadece rastgele yerleştirilmekle de kalmaz, herhangi bir hareketli nesnenin üzerinde de olabilirler. Örnek olarak şehir içinde trafikte kullanılan motorlu taşıtlara yerleştirilen sensör düğümleri vasıtası ile şehir içi trafik yoğunluğu ya da kazalara karşı izleme, tedbir alma ve önleme gibi hayati öneme sahip projeler gerçekleştirilebilir (Chang ve ark., 2008).

1.3.3. Güç ihtiyacı



Şekil 1.6. Sensör düğümlerinde kullanılan bazı piller

Sensör düğümleri konsept gereği herhangi bir şekilde iletişim için ya da güç ihtiyacı için herhangi bir birime kablo ile bağlı değildirler. Kablosuz iletişim mesafeleri fazla değildirler bir kaç metre bile olabilir. Zaten boyut, güç ve konsept gereği olarak çok uzaklara veri göndermelerine hem imkan yoktur, hem de gerek yoktur. Sensör düğümleri üzerine boyut ve güç sınırlamalarından dolayı çok yüksek güçlü kablosuz iletişim birimleri takılamaz. Güçlerini sınırlı ve düşük güçlü enerji depolama birimlerinden aldıklarından dolayı en az güç tüketen kablosuz iletişim birimleri kullanılır.

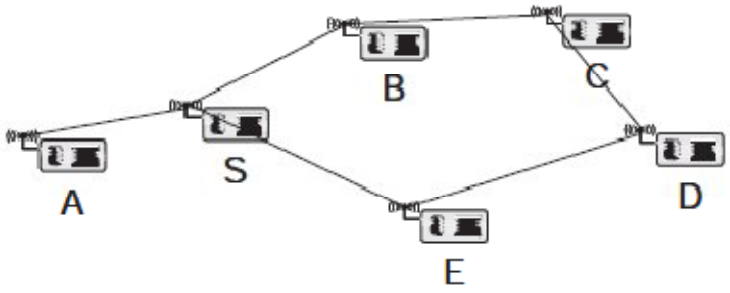
Kablosuz sensör ağlarında belki de üzerinde en çok çalışılan konu sensör düğümlerinin güç problemidir. Çünkü hem küçük boyutlu hem de sensör düğümünün enerji ihtiyacını uzun süre karşılayacak batarya ya da piller her geçen gün geliştirilseler de henüz yeterli seviyede değildirler. Şekil 1.6'da sensör düğümlerini beslemede kullanılan bazı şarj edilemeyen piller görülmektedir. Şarj edilemeyen pillerin yeterli seviyede olmamasından dolayı şarj edilebilir piller kullanarak çeşitli yöntemlerle hem

sensör düğümü işlevini yerine getirirken hem de pili şarj edilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlerden en çok rağbet göreni güneş enerjisinden faydalanmaktır (Kalaycı, 2009).

Diğer yöntemlerin arasında hareketli bir ortamda bulunan sensör düğümleri için titreşim jeneratöründen elektrik enerjisi üretme yoluna giden araştırmacılar da var (Constantinou ve ark., 2006).

1.3.4. Yönlendirme protokolleri

Bir kablosuz sensör ağında, verilerin toplanacağı merkeze verilerini doğrudan ulaştıramayan sensör düğümleri, verilerini komşu sensör düğümleri aracılığıyla ulaştırmak zorundadırlar. Ancak sensör düğümleri bazı kısıtlamalara sahiptir, bunlar limitli enerji, limitli işlem gücü ve limitli bant genişliğidir. Bu kısıtlamalara rağmen kablosuz sensör ağının ömrü olabildiğince uzun olmalıdır(Li ve Newe, 2006). Bu yüzden verinin, veri toplama merkezine bant genişliği, işlem gücü ve enerji bakımından en az maliyetle ulaşması gerekir. Bunun için geliştirilmiş pek çok yönlendirme protokolü vardır. Şekil 1.7'de basit bir yönlendirme protokolü görülmektedir.



Şekil 1.7. Kablosuz sensör ağında basit bir yönlendirme(Karl ve Willig, 2005).

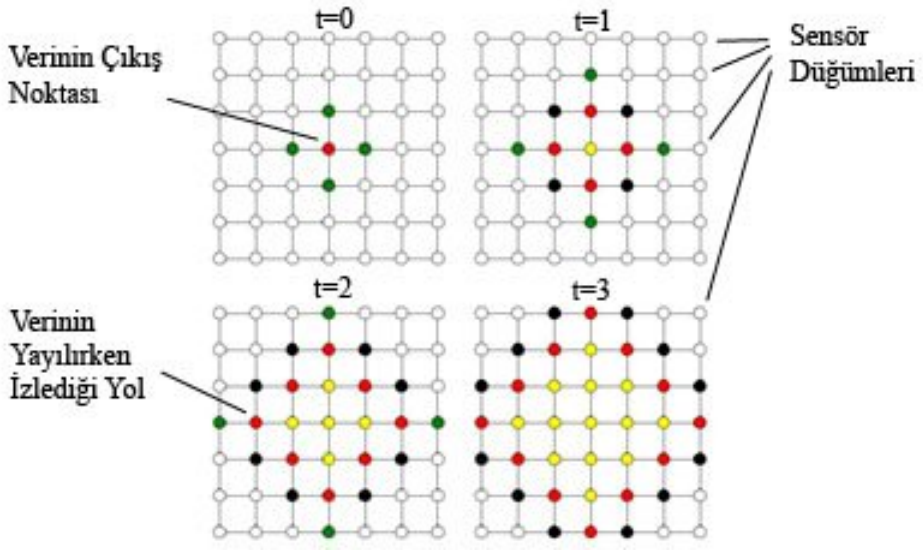
1.3.4.1.Veri merkezli protokoller

Rastgele yerleştirilmiş sensör düğümlerinin bulunduğu bir ağda sensörlerin global olarak adreslenebilmesi zordur. Bu yüzden veriler bir sensörden bir sensöre aktarılarak iletilirler. Bu da ağ üzerinde olması gerekenden fazla trafiğe yol açar, ancak bu trafiği engellemek için de yönlendirme protokolleri vardır. Bu yönleriyle veri merkezli yönlendirme protokolleri adres tabanlı yönlendirme protokollerinden ayrılırlar.

SPIN, ağda gereksiz veri trafiğini engelleyen ve enerjiden kazanç sağlayan, geliştirilmiş ilk veri merkezli protokoldür. Bu protokolün ardından yönlendirilmiş yayılım protokolü geliştirilmiş ve veri merkezli protokoller için bir dönüm noktası olmuştur. Daha sonraları pek çok protokol geliştirilmiştir.

1.3.4.1.1. Flooding ve Gossiping

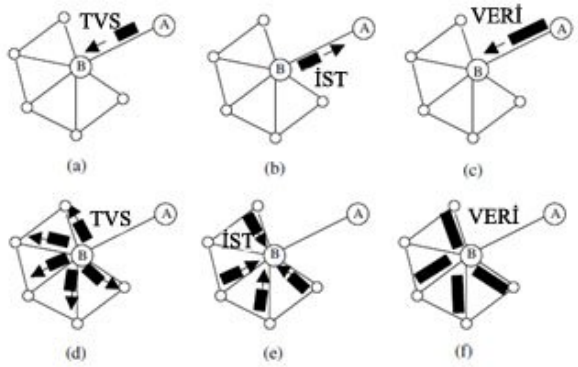
Flooding ve Gossiping, verinin kablosuz sensör ağında iletilmesi için yönlendirme algoritması ve topoloji yapısı gerektirmeyen iki klasik yönlendirme mekanizmasıdır. Flooding de sensör düğümü, ürettiği ya da aldığı veriyi tüm komşularına yayar ve bu işlem, veri hedefe ulaşana kadar veya maksimum sekme sayısına ulaşılana kadar devam eder. Bir diğer taraftan Gossiping ise Flooding'in biraz daha gelişmiş bir versiyonudur. Gossiping'de veri rastgele seçilmiş bir komşuya gönderilir ve bu işlem veri hedefe ulaşana kadar devam eder(Akkaya ve Younis, 2003). Şekil 1.8' Flooding protokolünün çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil 1.8. Flooding protokolünde verinin yayılımı(Kini ve ark, 2004).

1.3.4.1.2. Müzakere yoluyla bilgi için sensör protokolleri(SPIN)

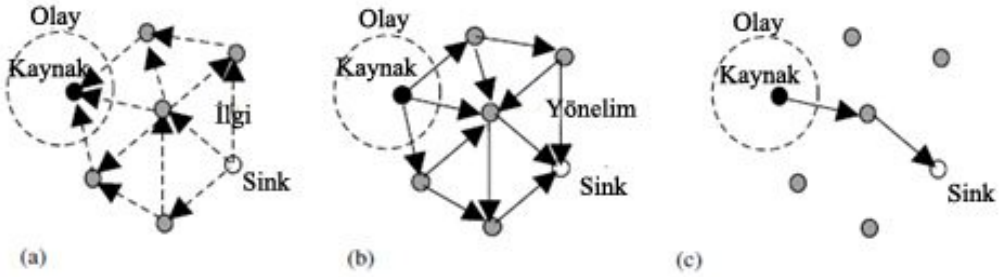
SPIN, veriyi bir üst seviye tanımlayıcı ya da bir tanımlayıcı başlık yardımıyla isimlendirmedir. Veri alışverişinden önce bu verilere ait tanımlayıcı başlıklar sensör düğümleri arasında paylaşılır ve kim hangi veriye sahip değilse o veri, o sensöre gönderilir. Bu protokol Flooding ve Gossiping'de görülen klasik sorunları çözer. Verilerin tekrar tekrar gönderilmesi önlenir ve enerji tasarrufu yapılır. Şekil 1.9'da SPIN protokolünün çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil 1.9. SPIN protokolü. Düğüm A Düğüm B'ye veri göndermek ister(a). Düğüm B cevap verir(b). Veri alınır(c). Düğüm B komşularına veri göndermek ister(d). Kim olumlu cevaplarsa veri ona gider(e-f)(Akkaya ve Younis, 2003).

1.3.4.1.3. Yönlendirilmiş yayılım

Yönlendirilmiş yayılım protokolünde verinin toplanacağı merkez veri ile ilgilendiğine dair bir mesaj yollar. Bu mesaj tüm sensör düğümlerine iletilir. Bu mesajın yayılımı esnasında üzerinden geçtiği sensör düğümlerine ait coğrafi bilgiler, ulaşma zamanı ve uzaklık gibi bilgiler uç sensör düğümlerine doğru aktarılır. Ardından veriler, bu bilgiler ışığında veri toplama merkezine doğru yönlendirilir. Yönlendirilmiş yayılım protokolü öğrenebilen bir protokol olduğundan, taşınan verinin ulaştırma maliyeti her defasında kaydedilip en düşük maliyetli yol seçilir. Şekil 1.10'da yönlendirilmiş yayılım protokolünün çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil 1.10. Yönlendirilmiş yayılım protokolü.İlginin iletilmesi(a). Başlangıç verisi(b). Öğrenilmiş kısa yol(c)(Akkaya ve Younis, 2003).

1.3.4.1.4. Enerji bazlı yönlendirme

Enerji bazlı yönlendirmede, yönlendirilmiş yayılım protokolüne benzer bir yapı vardır. Ağın kurulum aşamasında, bir veri paketinin sensör düğümünden ağ geçidine ulaşana kadar harcanan enerji hesap edilir. Hesaplama işleminin ardından enerji harcaması yüksek olan yollar iptal edilir. Geriye kalan yollardan herhangi biri rastgele seçilir. Bu işlem tüm düğümler için yapılır(Shah ve Rabaey, 2002).

1.3.4.1.5. Söylenti tabanlı yönlendirme

Yönlendirilmiş yayılım protokolünün bir başka versiyonudur. Bu protokolde gönderilen bir verinin coğrafik bilgi dışında harcadığı enerji, aldığı yol ve ağ üzerinde geçirdiği zaman gibi veriler bir geri bildirim ile alınır. Bu bilgilere bakılarak verinin ilerleyeceği en kısa yol öğrenilir.

1.3.4.1.6. Derecelendirme tabanlı yönlendirme

Sensör düğümlerinin veri toplama merkezine olan zaman, enerji ve coğrafi uzaklığına göre derecelendirilip verinin geçeceği yolun bu derecelere bakılarak belirlendiği yönlendirme protokolüdür.

1.3.4.1.7. CADR

Yönlendirilmiş yayılım protokolünün bir başka versiyonudur. Uygulamaya göre değişecek şekilde, verinin tüm sensörlere ulaşım maliyeti hesaplanır ve veri iletişimi hesaplanan bu düşük maliyetli yollar üzerinden yapılır.

1.3.4.1.8. COUGAR

Bu veri merkezli protokolde kablosuz sensör ağı dağıtık bir veritabanı sistemi gibi çalışır. Bu sistemde her bir sensör verilerini kendi üzerinde bir müddet sakladıktan sonra, bu verilerin ortalamasını kendi aralarında belirledikleri bir lider sensör düğümüne bu ortalama verileri aktarırlar. Lider sensör ise bu ortalama verileri bir müddet sakladıktan sonra bu verilerin de ortalamasını veri toplama merkezine aktarır.

Lider sensör düğümleri, bu iş için özel olarak geliştirilmiş, hafıza,güç ve kablosuz veri iletişimi açısından yüksek kapasiteli düğümlerdir(Gerhke ve ark., 2010).

1.3.4.1.9. ACQUIRE(Active Query Forwarding in Sensor Networks)

Bu veri merkezli protokolde kablosuz sensör ağı COUGAR gibi dağıtık bir veritabanı sistemi gibi çalışır. Ancak bu protokolde lider düğüm yoktur. ACQUIRE protokolünün çalışma şekli aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

Ağ geçidi konumundaki düğüm tüm düğümlere üzerlerindeki verileri göndermeleri için bir sorgu gönderir. Sorguyu alan her sensör düğümü cevap verir. Bu cevaplamalar esnasında, üzerinden veri geçen her sensör düğümü, veriyi gönderene verinin alınma zamanlamasını ve kimlik bilgilerini geri döndürür. Sensör düğümleri elde ettikleri veri alınma zamanlamaları ile kendisine en yakın sensörü tespit eder. İlk sorgunun tamamlanmasının ardından artık her bir sensör düğümü ağ geçidi konumundaki düğüme olan en kısa yolu bilmektedir(Al-Karaki ve Kamal, 2004).

Veri iletişiminin kalan kısmı en kısa yolar üzerinden devam edecektir.

1.3.4.2. Hiyerarşik protokoller

Kablosuz sensör ağlarında tek tip sensör düğümlerinin kullanımı büyük ölçekli ağlarda sorun teşkil etmektedir. Orta bölgelerde yer alan sensör düğümleri uç bölgelerde yer alan sensör düğümlerinin verilerini de taşımak zorunda kalmakta ve bu aşırı miktarda zaman ve güç sarfiyatına sebep olmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak hiyerarşik tabanlı protokoller geliştirilerek sorunların çözülmeye çalışılmıştır. Hiyerarşik tabanlı protokollerde belirli bir alanda bulunan sensör düğümlerinden oluşan kümeye onlardan daha güçlü bir sensör düğümü ya da bir kablolu-kablosuz omurga tahsis edilerek verinin belirli bölgelerde birikmesi engellenmektedir.

1.3.4.3. Yerleşim bazlı protokoller

Yerleşim bazlı protokoller, çeşitli yöntemlerle elde ettikleri konum bilgilerini yönlendirme amaçlı kullanırlar. Sensörlerin yerleri belli olursa her bir sensörün veri toplama merkezine olan uzaklıkları çeşitli algoritmalar yardımıyla en kısa haliyle hesaplanabilir. Sensör düğümlerinin yerlerinin belirlenmesinde sinyal güçlerinden(Ceylan, 2007) ya da GPS verilerinden(Hovasapian ve Agarwal, 2004) yararlanılabilir.

1.3.4.4. Ağ akışı ve servis kalitesi(QoS) tabanlı protokoller

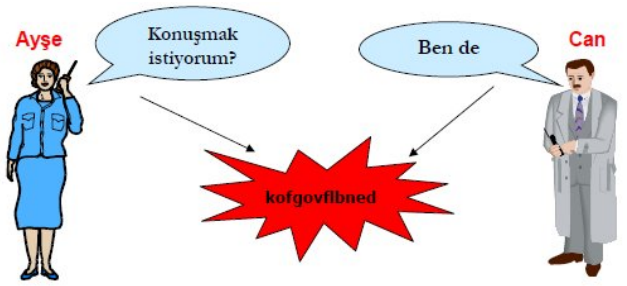
Ağ akışı tabanlı protokollerde sensör düğümünden veri toplama merkezine ulaşana kadar olan adımlar pozitif ve negatif olarak adlandırılır. Maliyet açısından ucuz olan adımlar pozitiftir. Bu protokolde negatif adımlar geri alınabilir.

Servis kalitesi(QoS) tabanlı protokollerde kablosuz sensör ağındaki sensör düğümlerinin, verilerin ve çalışan uygulamaların öncelikleri vardır. Yapılan uygulamaya göre maliyetler değerlendirilerek öncelikler belirlenir.

1.3.5. Ortam erişim protokolü(MAC)

Ortam erişim protokolü, ortak olan iletişim kaynaklarının sensör düğümleri arasında etkin ve adil bir biçimde paylaşılmasını sağlar. Hangi düğümün iletişim ortamına erişim sağlayacağını belirleyen kurallar bütünüdür.

Kablosuz sensör ağlarında gücün büyük bir kısmını radyo alıcı-vericisi tarafından tüketildiğinden ortam erişim protokolleri enerji verimliliği açısından önemlidir. Şekil 1.11'de ortam erişim protokolünün önemini anlatan örnek bir olay görülmektedir.



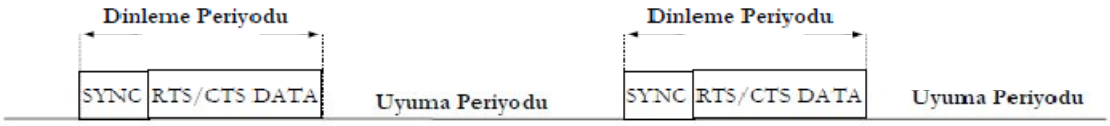
Şekil 1.11. Ortam erişimi örnek olay(Çakıroğlu, 2010)

1.3.5.1. Geleneksel kablosuz ortam erişim protokolleri

Geleneksel ortam erişim protokolleri gerek yapısal gerek güç gereksinimleri itibarıyla kablosuz sensör ağlarında kullanılamazlar.

1.3.5.2.S-MAC(Sensor MAC)

Sensör düğümlerinin zamanlarının çoğunu güç tasarrufu yapmak için uyuyarak geçirdikleri protokoldür. Zamanlarının %90'ında uyurlar ve bu işlem periyodik olarak devam eder. Şekil 1.12'de S-MAC protokolünün çalışma şekli görülmektedir.

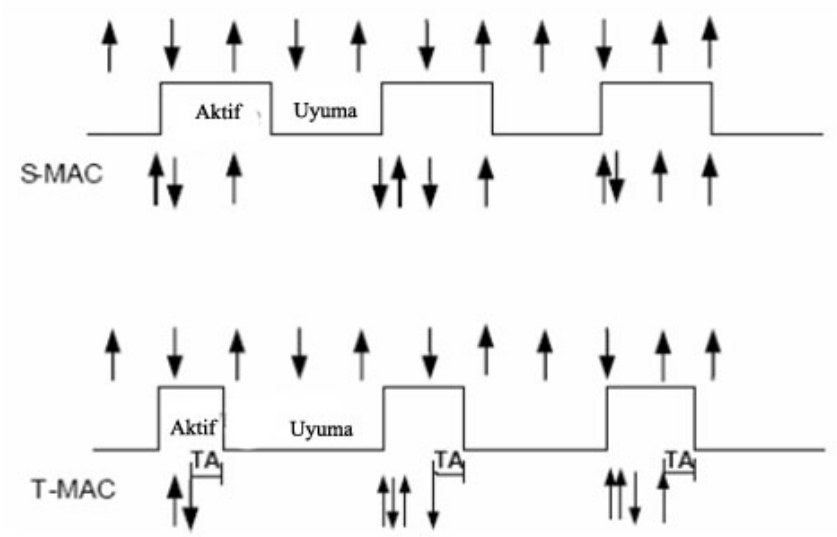


Şekil 1.12. S-MAC protokolü(Çakıroğlu, 2010).

1.3.5.3. T-MAC(Timeout MAC)

S-MAC protokolünün bir başka türevidir. Bu protokolde düzenli bir uyuma-uyanma periyodu yoktur. Uyuma işlemi sensör düğümünün belirli bir süre veri alamadığı durumda gerçekleşir.

Sensör düğümünün uyanması ise veri göndermeye başlaması veya uyuma zamanının dolması ile gerçekleşir. Sensör düğümlerinin belirli bir uyuma zaman sınırı vardır.



Şekil 1.13. T-MAC protokolü(Çakıroğlu, 2010).

1.3.5.4. TRAMA(Traffic-adaptive medium access protocol)

Bu protokolde birlikte ya da farklı zamanlarda iletişime başlayan sensörler birbirlerinin ortam erişimlerini bekleyerek senkronize olurlar. Ve herhangi bir kısıtlama olmadan ortam boş olduğunda sensörler ortama erişirler(Karl ve Willig, 2005).

1.3.6. Mikrodenetleyici

Sensör düğümlerinin en önemli özelliklerinden biriside üzerinde bir mikrodenetleyici barındırmalarıdır. Bu mikrodenetleyiciler sadece kablosuz iletişime yardımcı olmayıp verinin işlenmesi, ortam erişim protokolleri, veri depolanması, veri yönlendirmesi gibi pek çok görevi üstlenirler. Bu görevleri üzerlerine yüklenilen bir işletim sistemi vasıtasıyla yaparlar. Mikrodenetleyiciler sensör düğümlerinin davranışlarını belirlerler bir nevi küçük bilgisayar sistemine dönüşmelerini sağlarlar. Ancak sensör düğümlerinin tüm bileşenlerinde olduğu gibi bu bileşen içinde güç ve boyut sınırlaması vardır.

Kablosuz sensör ağları için işlemci seçimi yapılırken uyanma zamanı, frekans ölçeklenebilirliği, komut kümesi karmaşıklığı, giriş-çıkış birimleri, hafıza yapısı ve programlama açısından değerlendirilir. Buna ilişkin bir karşılaştırmayı çizelge 1.1'de görebilirsiniz.

Çizelge 1.1. Mevcut bazı mikrodenetleyicilere ait bir karşılaştırma(Lynch ve O'Reilly, 2005).

	AVR	PIC16	PIC18	MSP	8051
Kelime Boyutu	8 bit	8 bit	8 bit	16 bit	8 bit
3V'ta Maks. F	8Mhz	10Mhz	20Mhz	6Mhz	6.3Mhz
Kapalı İken	8µA	20µA	2.6µA	1.8µA	21µA
Boşta(1MHz)	0.5mA	220µA	120µA	55µA	n/a
Boşta(8MHz)	4mA	1.5mA	843µA	440µA	n/a
Aktif(32k)	88µA	n/a	35µA	19.2µA	2.78mA
Aktif(1M)	2mA	220µA	480µA	240µA	4.05mA
Aktif(8M)	8mA	1.5mA	2.4mA	1.9mA	13.3mA
Uyanma Zamanı	2ms	102µs	10µs	6µs	20µs

1.3.7. Kablosuz sensör ağlarında kullanılan kablosuz iletişim standartları

1.3.7.1. ISM(Industrial Scientific and Medical) bandı

Elektromanyetik spektrumun farklı ihtiyaçların, ürünlerin, üreticilerin ve kullanıcıların ortaya çıkması ile hızla yaygınlaşan kullanımı neticesinde 1985'de Amerika'da FCC (Federal Communications Commission) adlı komisyon kullanıcıların bazı telsiz sistemlerini, bu sistemler ISM (Industrial Scientific Medical) diye adlandırılan bandlarda çalıştığı sürece lisans gerekmeksizin kullanabileceğini kararlaştırmıştır. Avrupa'da RF teknolojileriyle çalışan ve ISM bandı operasyonlarını da kapsayan telsiz vb. cihazlarla ilgili kullanımı düzenleyen ve standartları belirleyen kurumlar CEPT ve ETSI'dir.

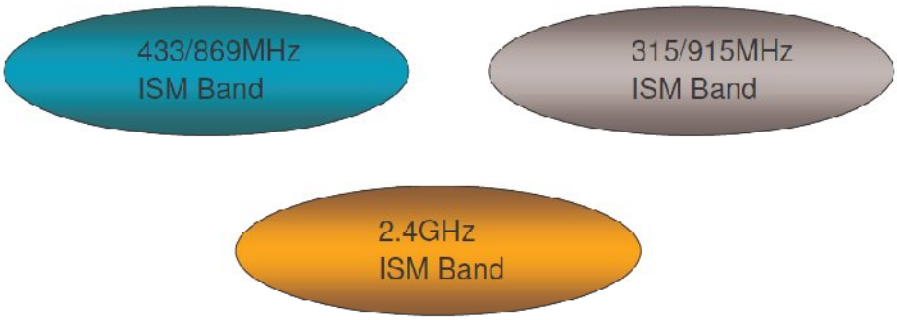
Avrupa'da 9KHz-25GHz bandı ve bu bandda çalışacak kablosuz cihazlar uyumluluk ve onay açısından 3 ayrı standartla tanımlanmaktadır.

- EN 300 220 (25MHz-1GHz)
- EN 300 330 (9KHz-25KHz)
- EN 300 440 (1GHz-25GHz)

Amerika'da kablosuz ürünlerle ilgili her türlü uyumluluk ve onay işlemleri FCC tarafından yürütülür ve ISM bandları ve bu bandlarda lisanssız kullanım CFR47-Part 15 ile düzenlenir.

Lisans gerektirmeyen ve ISM bandı olarak anılan band Avrupa'da 433MHz ve 868MHz'de Amerika'da 260-470MHz ve 902-928MHz bandlarının belli bölgelerindedir. Bunun dışında son yıllarda universal ISM bandı diye anılan 2.4GHz bandı özellikle Bluetooth, DECT/DPRS, WLAN ve IEE802.11 uygulamalarında çok önem kazanmış ve yaygınlaşmıştır.

Türkiye'de bu bandların kullanımı Telekomünikasyon Kurulu tarafından Kısa Mesafe Telsiz Cihazları Yönetmeliğiyle düzenlenmektedir ve ISM bandları açısından Avrupa'da kullanılan band ve standartlar uygulanmaktadır(Uğurlu, 2005). Şekil 1.14'te bazı yaygın ISM bandları görülmektedir.



Şekil 1.14. Bazı yaygın ISM bandları(Uğurlu, 2005).

1.3.7.2. Zigbee

Zigbee ismini zig-zag'lar çizerek ilerleyen arılardan alan IEEE tarafından duyurulan 802.15.4 kodlu bir kablosuz iletişim standardıdır. Frekans olarak 3 farklı ISM frekans aralığını destekler. 2.4 Ghz 16 kanal, 902-928 Mhz 10 kanal ve 868-870 Mhz 1 kanal olmak üzere kullanır. Bu frekans aralıklarında ulaşabildiği maksimum hızlar ise sırasıyla 250 kb/s, 40 kb/s ve 20 kb/s'dir(Karasulu ve ark, 2009).

1.3.7.3.Bluetooth

Kablo bağlantısını ortadan kaldıran kısa mesafe radyo frekansı(RF) teknolojisinin adıdır. Bluetooth bilgisayar, çevre birimleri, ve diğer cihazların birbirleri ile kablo bağlantısı olmadan görüş doğrultusu dışında bile olsalar haberleşmelerine olanak sağlar. Bluetooth teknolojisi 2.4 ghz ISM frekans bandında çalışmakta olup, ses ve veri iletimi yapabilmektedir. 721 kbps'a kadar veri aktarabilen bluetooth destekli cihazların etkin olduğu mesafe yaklaşık 10 ile 100 metredir(Anonim, 2010).

1.3.8. Kablosuz sensör ağları uygulama alanları

Kablosuz sensör ağlarında uygulanacak alana göre pek çok sensör kullanılabilmektedir. Bu gün için gerçeklenmiş uygulama sayısı sınırlı olsada gerçeklenmesi amaçlanan pek çok alan vardır. Ancak kullanılacak olan sensörler çok büyük boyutlu, güç gereksinimi fazla olan, yüksek işlem gücü gerektiren sensörler olamazlar. Kullanılabilecek sensörler bir sensör düğümünün olması gereken ölçülerde olmalı ve güç gereksinimi olabildiğince az olmalıdır. Her ne kadar uygulanan alan sayısı sınırlı olsada uygulanması amaçlanan alanlar aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir (Akyildiz ve ark., 2002).

1.3.8.1. Çevresel uygulamalar

- Orman yangını, sel, deprem gibi doğal afetlerin ölçümlendirilmiş olarak hızlı bir şekilde ihbar edilmesinde,
- Hava kirliliği tespiti ve ayrıntılı rapor alınmasında,
- Doğal yaşamın gözlenmesinde.

Şekil 1.15'te çevresel uygulamalar için kurulmuş bir sensör düğümü düzeneği görülmektedir.



Şekil 1.15. Çevresel gözlem(Anonim, 2010).

1.3.8.2. Sağlık uygulamaları

- İnsanların fizyolojik verilerinin uzaktan izlenmesi,
- Hastanede bulunan doktorların yerinin ve hastaların durumunun izlenmesi,
- Hastanede ki ilaç dağıtımının yönetimi.

Şekil 1.16'da Codeblue projesinde kullanılan sensör düğümü görülmektedir.

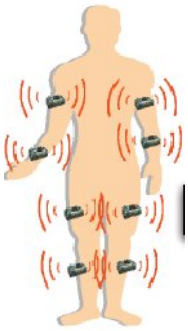


Şekil 1.16. Codeblue projesi(Welsh, 2005).

1.3.8.3. Ticari uygulamalar

- Küçük çocukların konumlarının aileleri tarafından takip edilmesi,
- Güvenlik ihtiyaçları, hırsızların tespiti,
- Envanter yönetim yardım aracı,
- Araçların izlenmesi ve takip edilmesi.

Şekil 1.17'de Mercury giyilebilir sensör düğümü platformu görülmektedir.



Şekil 1.17. Mercury giyilebilir sensör network platformu(Lorinchz ve ark., 2009).

1.3.8.4. Askeri uygulamalar

- Dost kuvvetlerin techizat ve cephanelerinin izlenmesi,
- Savaş alanının gözlenmesi,
- Arazi hakkında keşifde bulunma,
- Hedefin konumu, sürati gibi hedef bilgilerinin tespiti,
- Düşmana verdirilen hasar miktarının tespiti,
- Nükleer, biyolojik ve kimyasal saldırıların ihbarının alınması ya da keşfi.

Şekil 1.18'de askeri uygulamalara dair bir örnek olay görülmektedir.



Şekil 1.18. Askeri uygulamalar(Anonymous, 2010).

1.3.9. Örnek uygulamalar

1.3.9.1. Zebranet

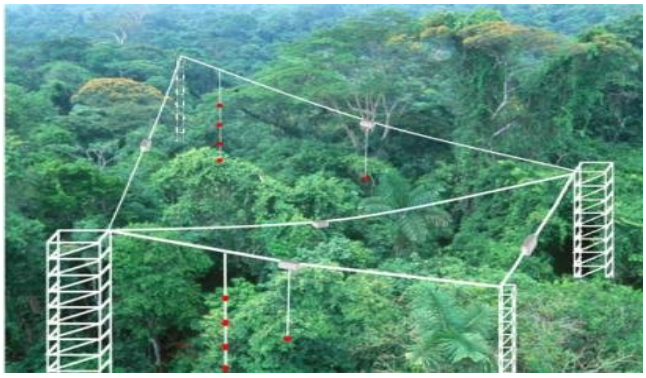
Kenya'da yapılan bu uygulamada en son kablosuz sensör ağları teknolojisi kullanılarak zebralar hakkında bir takım bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu uygulamada her bir zebraya bir sensör düğümü yerleştirilerek zebralar hakkında göç ve ortalama yaşam gibi bilgiler edinilmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için tasarlanan sensör düğümüne sensör olarak sadece bir düşük enerji tüketimli bir gps alıcısı eklenmiştir. Diğer donanımlar ise bir sensör düğümünde olması gereken donanımlardır (Zhang ve ark., 2004). Şekil 1.19'da Zebranet Projesi'nden fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 1.19. Zebranet(Anonymous, 2010).

1.3.9.2. Hawaii'de ekolojik inceleme

ABD'ye bağlı Hawaii eyaletinde yapılan bu çalışmada nadir görülen ya da türü tükenmekte olan bitkiler incelemeye alınmıştır. Bu çalışmada geleneksel kablosuz sensör uygulamalarının aksine kullanılan sensör sayısı oldukça fazladır. Bu çalışmada çevre gözlemi için görüntü, sıcaklık, nem, yağmur, rüzgar, zararlı güneş ışınları gibi verileri algılayabilecek sensörler kullanılmıştır (Biagioni ve Bridges, 2002).



Şekil 1.20. Hawaii'de ekolojik inceleme(Biagioni ve Bridges, 2002).

1.3.9.3. Codeblue Projesi

Harvard Üniversitesinde gerçekleştirilen bu projede sağlık ve afet alanlarında kablosuz sensör ağları kullanılmıştır. Üretilen farklı boyut ve teknolojilerdeki sensör düğümleri insan vücudunun farklı yerlerine yerleştirilerek, hastanelerin farklı bölümlerine yerleştirilerek, ev ve işlerindeki hastalara yerleştirilerek ya da şehrin farklı yerlerine yerleştirilerek afet ve sağlık gözlemleri yapılmaktadır (Welsh, 2005). Şekil 1.21'de Codeblue Projesi'nde kullanılan sensör düğümü görülmektedir.

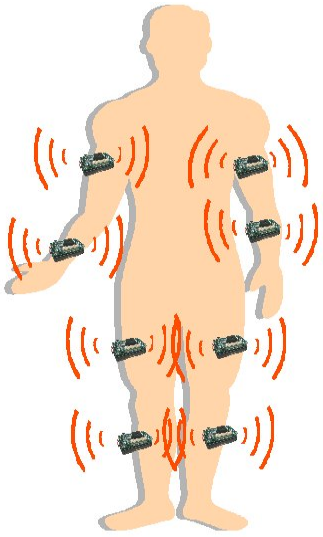


Şekil 1.21. Codeblue Projesi(Welsh, 2005).

1.3.9.4. Mercury Hareket Tespit Projesi

Harvard Üniversitesinde gerçekleştirilen bu projede bir giyilebilir kablosuz sensör ağları projesi gerçekleştirilmiştir. Giyilebilen bu sensör düğümleri vücudun çeşitli bölgelerine yerleştirilerek temel vücut hareketleri tespit edilmektedir.

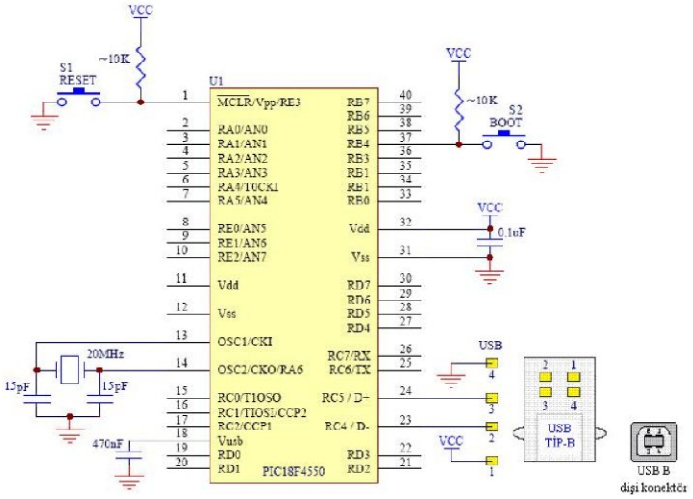
Tespit edilen bu vücut hareketlerinden, insanın hareketlerine yansıyan parkinson, epilepsi gibi hastalıkların tespiti yapılmıştır (Welsh, 2005). Şekil 1.22'de Mercury Projesinde kullanılan giyilebilir platform görülmektedir.



Şekil 1.22. Mercury Projesi(Welsh, 2005).

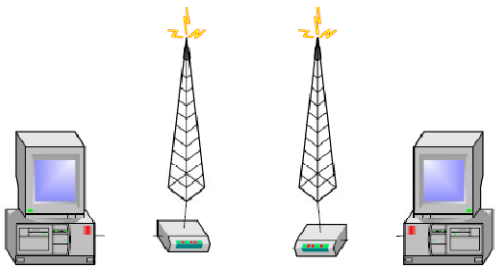
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kiremitçi (2007) yaptığı çalışmasında, geçmişte daha çok RS232 ya da paralel port üzerinden yapılan PC-Mikrodenetleyici haberleşmesini günümüzün belkide en çok kullanılan portu olan USB seri port üzerinden gerçekleştirmiş ve analog verileri mikrodenetleyiciden PC'ye aktarmıştır. Çalışması için tasarladığı devrede Microchip firmasının ürettiği 18F4550 USB destekli mikrodenetleyicisini kullanarak alt seviye USB haberleşme protokolü işlemlerini mikrodenetleyiciye yaptırmıştır. Şekil 2.1'de 18F4550 USB-PC haberleşmesi temel devresi görülmektedir.



Şekil 2.1. USB-PC haberleşmesi 18F4550 temel devresi(Kiremitçi, 2007).

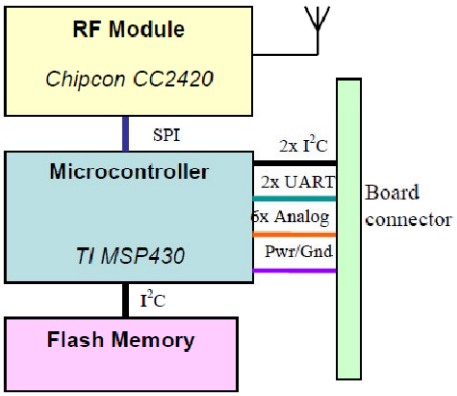
Ovalı ve Uzun (2005) yapmış oldukları çalışmada bilgisayarlar arası kablosuz iletişim için bilgisayarlara ek bir donanım olarak bir kablosuz dar bant modem tasarlamışlardır. Bu kablosuz modem, RS232 standardında seri çalışan seri porttan almış olduğu veriyi kablosuz olarak iletmekte ve yine kablosuz almış olduğu veriyi yine aynı porttan bir diğer PC'ye iletmektedir. Şekil 2.2'de iki bilgisayar arası kablosuz iletişim blok şema olarak verilmiştir.



Şekil 2.2. Kablosuz RS232 haberleşmesi(Ovalı ve Uzun, 2005).

Yapmış oldukları çalışmayı UART portu bulunan bir mikrodenetleyiciye, harici bir alıcı-verici birimi bağlayarak gerçekleştirmişlerdir.

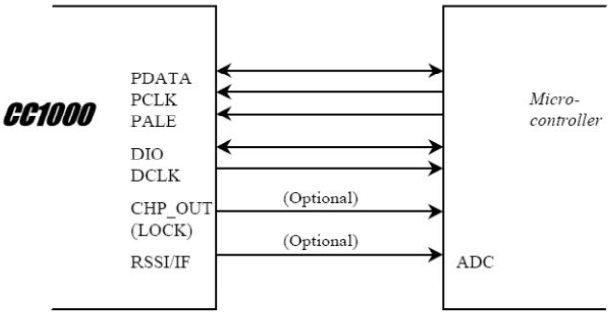
Lo ve Yang (2005) kablosuz sensör ağları için bir sensör düğümü tasarlamışlardır. Şekil 2.3'te tasarladıklar sensör düğümü mimarisi görülmektedir.



Şekil 2.3. Lo ve Yang'ın sensör düğümü mimarisi(Lo ve Yang, 2005).

Yapmış oldukları tasarımda Texas Instrument firmasına ait MSP430 mikrodenetleyicisini kullanmışlarıdır. MSP430 12-bit ADC, 2 KB RAM, 60 KB flash hafızaya sahip 16-bit'lik bir mikrodenetleyicidir. Uyku modunda 15µW enerji harcamaktadır. Kablosuz alıcı-verici birimi olarak Chipcon firmasına ait 802.15.4. standardında çalışan ve 250 kbps bant genişliğine sahip CC2420 alıcı-verici birimi tercih edilmiştir. Devreye ek olarak hafıza ihtiyacını karşılamak için 512 KB hafıza birimi bağlanmıştır.

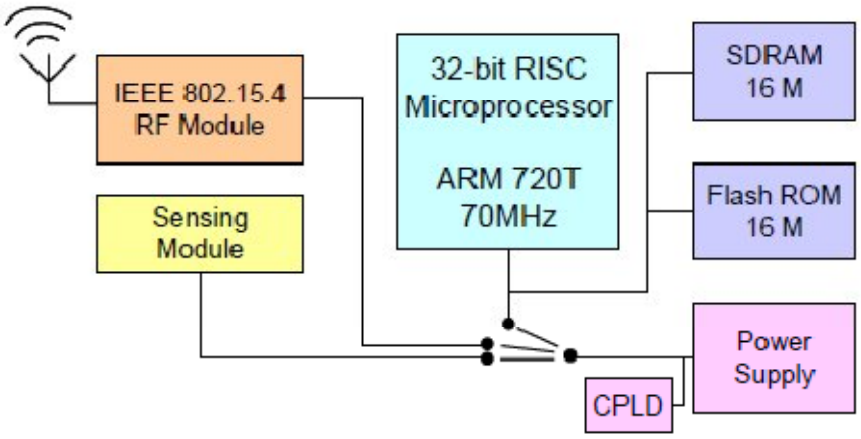
Suyabatmaz (2006) çalışmasında, kablosuz veri iletişimi için alıcı-verici geliştirme kartı tasarlamıştır. Şekil 2.4'te kablosuz alıcı-verici ile mikrodenetleyici arayüzü görülmektedir.



Şekil 2.4. Kablosuz alıcı-verici ile mikrodenetleyici arayüzü(Suyabatmaz, 2006).

Tasarım yapılırken kablosuz alıcı-verici ve mikrodenetleyici olmak üzere iki ana bileşenden faydalanılmıştır. Mikrodenetleyici olarak Microchip firmasına ait 16F876 mikrodenetleyici kullanılmıştır. Kablosuz alıcı-verici birim olarak ise Chipcon firmasına ait CC1000 alıcı-verici birimi kullanılmıştır. Her iki bileşende hedeflenen dar bant(76.8 Kbaud) kablosuz haberleşme için uygundur.

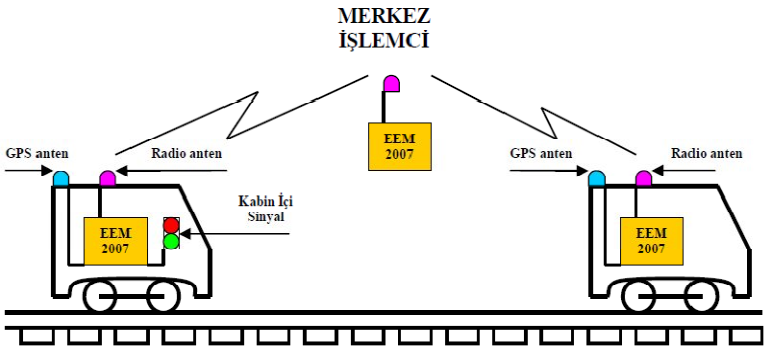
Lee ve Huang (2006) yapmış oldukları çalışmada kablosuz iletişim standardı olarak Zigbee/IEEE 802.15.4 standardını kullanan bir kablosuz sensör düğümü tasarlamışlardır ve bu tasarımlarına *ITRI ZBnode* is ismini vermişlerdir. Şekil 2.5'te ITRI Zbnode mimarisi görülmektedir.



Şekil 2.5. ITRI ZBnode(Lee ve Huang, 2006).

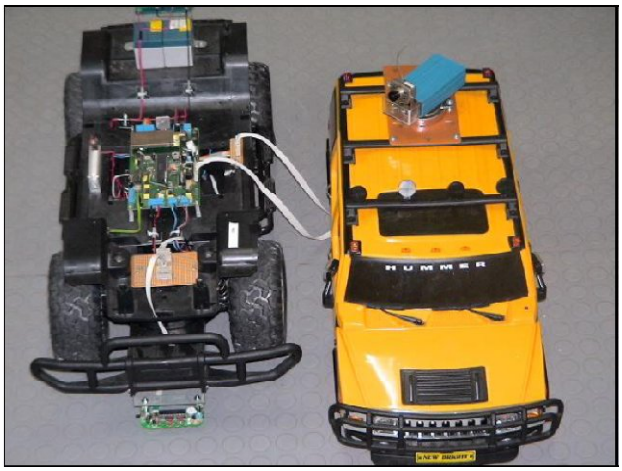
Tasarımlarında mikrodenetleyici olarak 10-bit ADC'ye sahip 32-bit'lik ARM 720T mikrodenetleyisini kullanmışlardır. Kablosuz alıcı-verici birim olarak ise Chipcon firmasına ait CC2420 alıcı-verici birimini kullanmışlardır.

Çetin (2008) yapmış olduğu çalışmada demiryolları için hareketli blok ve iletişim bazlı tren koruma sistemi tasarlamış ve gerçek bir tren hattı üzerinde bu çalışmasını denemiştir. Şekil 2.6'da bu sistem görülmektedir.



Şekil 2.6. Tren koruma sistemi(Çetin, 2008).

Aslan (2006) yapmış olduğu çalışmasında şekil 2.7'de görülen model aracı bilgisayar aracılığı ile uzaktan kontrol etmiş ve model aracın üzerine yerleştirmiş olduğu kameradan alınan görüntüleri bilgisayarda görüntülemiştir.



Şekil 2.7. Tasarlanan model araç(Aslan, 2006).

Yapılan tasarımda mikrodenetleyici olarak Microchip firmasına ait 16f876 kullanılmış, kablosuz alıcı verici birim olarak ise UDEA firmasına ait UFM-M12 alıcı-verici birimi kullanılmıştır.

Körbert ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada Microchip PIC18F452 tabanlı bir kablosuz senör düğümü platformu tasarlanmış ve platform üzerine TINYOS işletim sistemi yüklenmiştir.

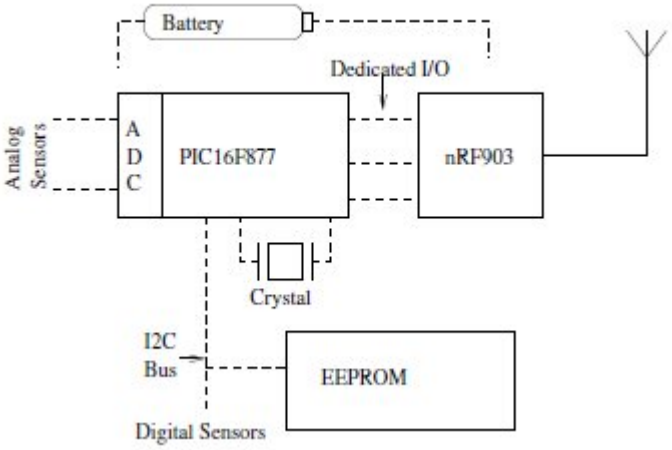
Tasarımda kullanılan mikrodenetleyici 8-bit'lik olup 32 KB flash hafıza ve 1.5 KB RAM'e sahiptir. Kablosuz alıcı-verici birim olarak ise EnOcean firmasına ait TCM120 alıcı-verici birimi kullanılmıştır. TCM120 alıcı-verici birimi 120 kbps bant genişliğinde ve 868 MHz frekansında çalışabilmektedir. Çizelge 2.1'de tasarlanan sensör düğümü ile bazı tanınmış sensör düğümlerine dair bir karşılaştırma tablosu verilmiştir.

Çizelge 2.1. Platform karşılaştırması(Körbert ve ark., 2005).

Parametreler	EnOcean TCM	Crossbow Mica 2	Telos	EyesIFX
Mikrodenetleyici	PIC18F452	ATMEL 128 L	TI MSP 430	TI MSP 430
Aktif Mod(mA)	13.40	8.90	1.70	1.40
Uyuma Modu(µA)	8.00	27.70	3.30	2.90
Tx(mA)	9.90	15.50	19.40	11.90
Rx(mA)	15.80	10.70	21.10	14.80
Besleme Voltajı(V)	4.75	2.70	1.80	2.10
Veri Hızı(kbps)	120.00	38.40	250.00	64.00
Bit başına enerji-Tx(µJ)	0.92	1.72	0.15	0.44
Bit başına enerji ve mW	0.09	0.52	0.15	0.31
Tx Çıkış Gücü(dBm)	10.00	5.00	0.00	1.50
Tx Giriş Gücü/Tx Çıkış Gücü	4.70	13.23	34.92	17.67
Bit başına enerji-Rx(µJ)	1.16	1.38	0.16	0.53
Rx hassasiyet(dBm)	-95.00	-98.00	-94.00	-95.00

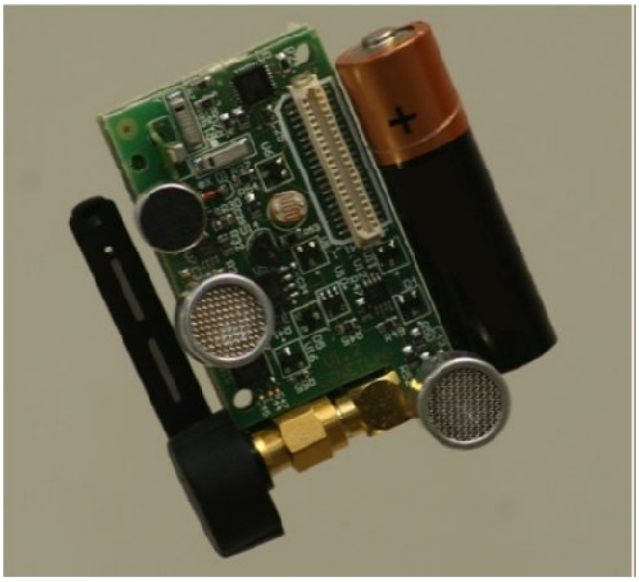
Hovasapian ve Agarwal (2004) yapmış oldukları çalışmada Microchip firmasına ait PIC16F877 mikrodenetleyicisini kullanarak üzerinde konum bilgisi için GPS modül barındıran, kablosuz iletişim için Bluetooth standardını kullanan bir sensör düğümü tasarlamışlardır. Tasarımda kullanılan mikrodenetleyici 8-bit'lik olup 8 KB flash hafıza, 368 byte RAM ve 256 byte EEPROM'a sahiptir. Kablosuz alıcı-verici birimi olarak Bluetooth modül kullanıldığından bant genişliği 720 kbps'ye kadar çıkabilmektedir.

Lynch ve O'Reilly (2004) yapmış oldukları çalışmada şekil 2.8'da görülen Microchip PIC16F877 tabanlı bir kablosuz sensör düğümü platformu tasarlamışlardır. Hovasapian ve Agarwal (2004)'ın yapmış oldukları tasarımdan farkı, kablosuz alıcı-verici birim olarak Nordic firmasına ait 868 MHz frekansında çalışan ve 76.8 kbps bant genişliğine ulaşabilen nRF903 alıcı-verici birimini kullanmış olmalarıdır.



Şekil 2.8. Kablosuz sensör düğümü(Lynch ve O'Reilly, 2004).

Genetlab (2005) firmasının yaptığı çalışmada, farklı amaçlara yönelik sensörler barındıran dijital sensör kartı, bu kartın bağlanacağı mikrodenetleyici ve kablosuz alıcı-verici birim ve sahada kullanılmak üzere sistemin tamamını içerecek bir dayanıklı kabuk tasarlamıştır. Tasarımlarına Sensenode ismini vermişlerdir. Şekil 2.9'da Sensenode görülmektedir.



Şekil 2.9. Sensenode(Genetlab, 2005).

Beutel (2006) yapmış olduğu çalışmada, uluslararası alanda kabul görmüş ve üzerinde büyük firmaların ya da akademik kuruluşların desteği olan kablosuz sensör düğümlerinin güç sarfiyatı, hafıza, işlem gücü ve bant genişliği gibi konularda ayrıntılı bir karşılaştırmasını bize çizelge 2.2 ve çizelge 2.3'de sunmuştur.

Çizelge 2.2. Sistem özellikerine göre platform karşılaştırması(Beutel, 2006).

	Btnode rev3	Mica2	Mica2Dot	Tmote Sky	Imote
Mikrodenetleyici	Atmega128l	Atmega128l	Atmega128l	MSP430F	ARM7
Mimari	8-Bit	8-Bit	8-Bit	16-Bit	32-Bit
Hız	7.3728 MHz	7.3728 MHz	4 MHz	8 MHz	12 MHz
Program Hafızası	128 KB	128 KB	128 KB	48 KB	512 KB
Veri Hafızası	64 KB	4 KB	4 KB	10 KB	11 KB
Saklama Hafızası	180 KB SRAM	512 KB	512 KB	1024 KB	-
Giriş Çıkış	40	51	18	16	30
Dahili Sensörler	1	2	2	5	-
Kullanıcı Arayüzü	4 LED	3 LED	1 LED	3 LED 1 Buton	1 LED
Genişlik	1890 mm²	1856 mm²	492 mm²	2621 mm²	900 mm²

Çizelge 2.3. Kablosuz iletişim özelliklerine göre platform karşılaştırması(Beutel, 2006).

	BTnode3 BT	Btnode3 LPR	Mica2	Mica2Dot	Tmote Sky	Imote
Radyo	Zeevo ZV 4002	CC1000	CC1000	CC1000	CC2420	Zeevo TC 2001
Frekans	2.4 GHz	315-916 MHz	315-916 MHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Veri Hızı	723.2 kbps	38.4 kbps	38.4 kbps	38.4 kbps	250 kbps	723.2 kbps
Hazırlık Zamanlaması	<500 msec	<50 msec	<50 msec	<50 msec	<1 msec	<500 msec
TX Güç ctrl	-	30 dB	30 dB	30 dB	24 dB	-
TX Güç	+0/+4 dBm	-/+10 dBm	-/+10 dBm	-/+10 dBm	-3/+0 dBm	+0.5/+4 dBm
Hassasiyet	-86 dBm	-110 dBm	-101 dBm	-101 dBm	-94 dBm	-80 dBm
Modülasyon	FHSS-GFSK	FSK	FSK	FSK	DSSS-QPSK	FHSS-GFSK
Anten	GigaAnt	Monopole	-	Wire	Embed. PIFA	GigaAnt
Mesafe	30-50 m	30-100 m	150 m	150 m	125 m	30 m
Kanal	79	4	4	4	16	79

3. MATERYAL VE METOT

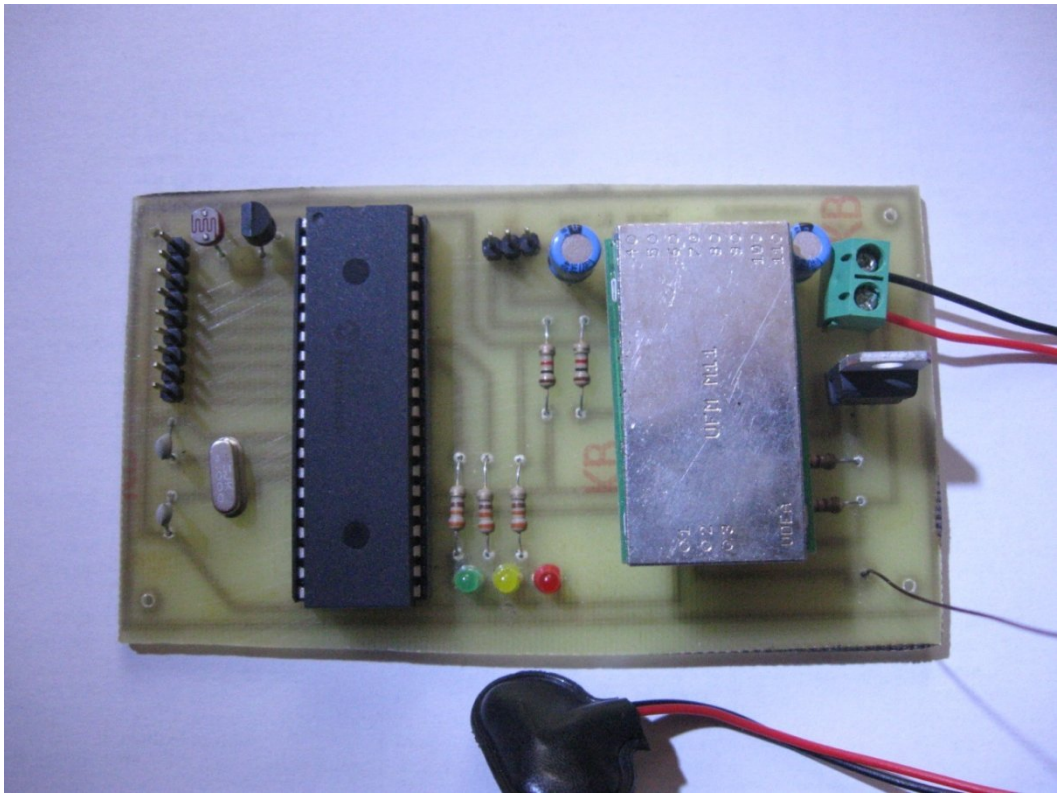
3.1. Sistem Genel

Bu çalışmada tasarlanan sistem genel hatlarıyla 4 bölümde incelenebilir. Bunlar; kablosuz sensör ağlarının ihtiyaç duyduğu ya da duyabileceği temel sistem gereksinimlerini karşılayabilecek bir sensör düğümü donanımı, baz istasyonu olarak seçilen sensör düğümü ile PC arasında bağlantıyı sağlayacak olan USB arayüz donanımı, sensör düğümünün her türlü yazılımsal yönetim ihtiyaçlarını karşılayabilecek yazılım ve kurmuş olduğumuz kablosuz sensör ağını izlemek ve verileri kayıt altına alabilmek amacıyla geliştirilen PC yazılımı olarak sayılabilir. Sistemin genel görünümü şekil 3.1'de görülmektedir. Şekil 3.2'de üstten görünüşü, şekil 3.3'te alttan görünüşü, şekil 3.4'te devre şeması ve şekil 3.5'te baskı devre şeması görülmektedir.

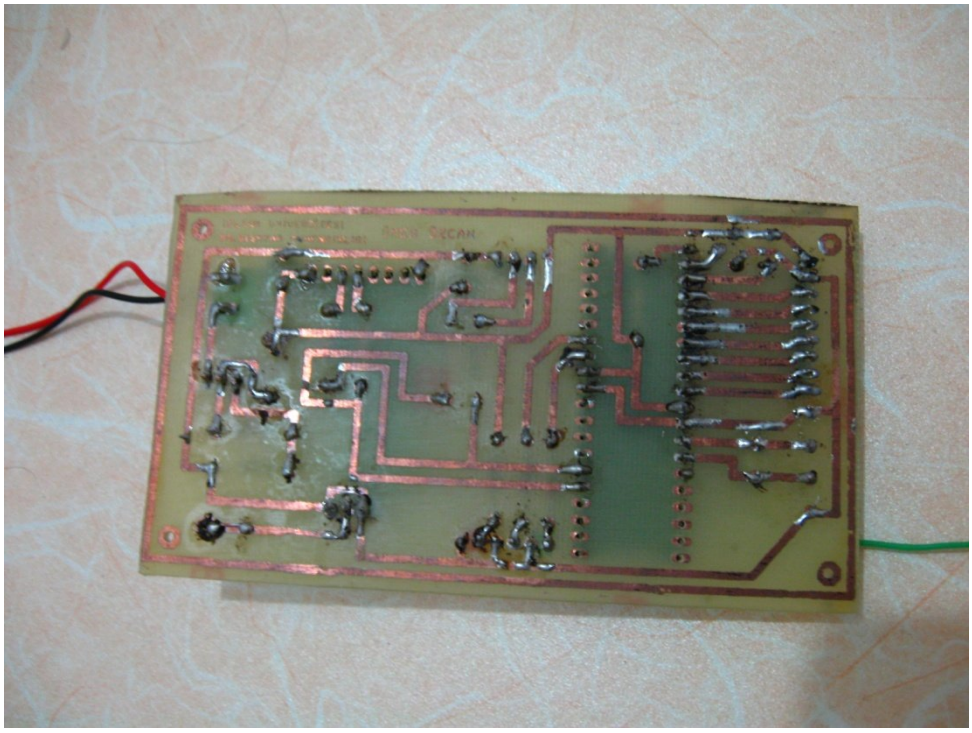


Şekil 3.1. Sistemin genel görünümü.

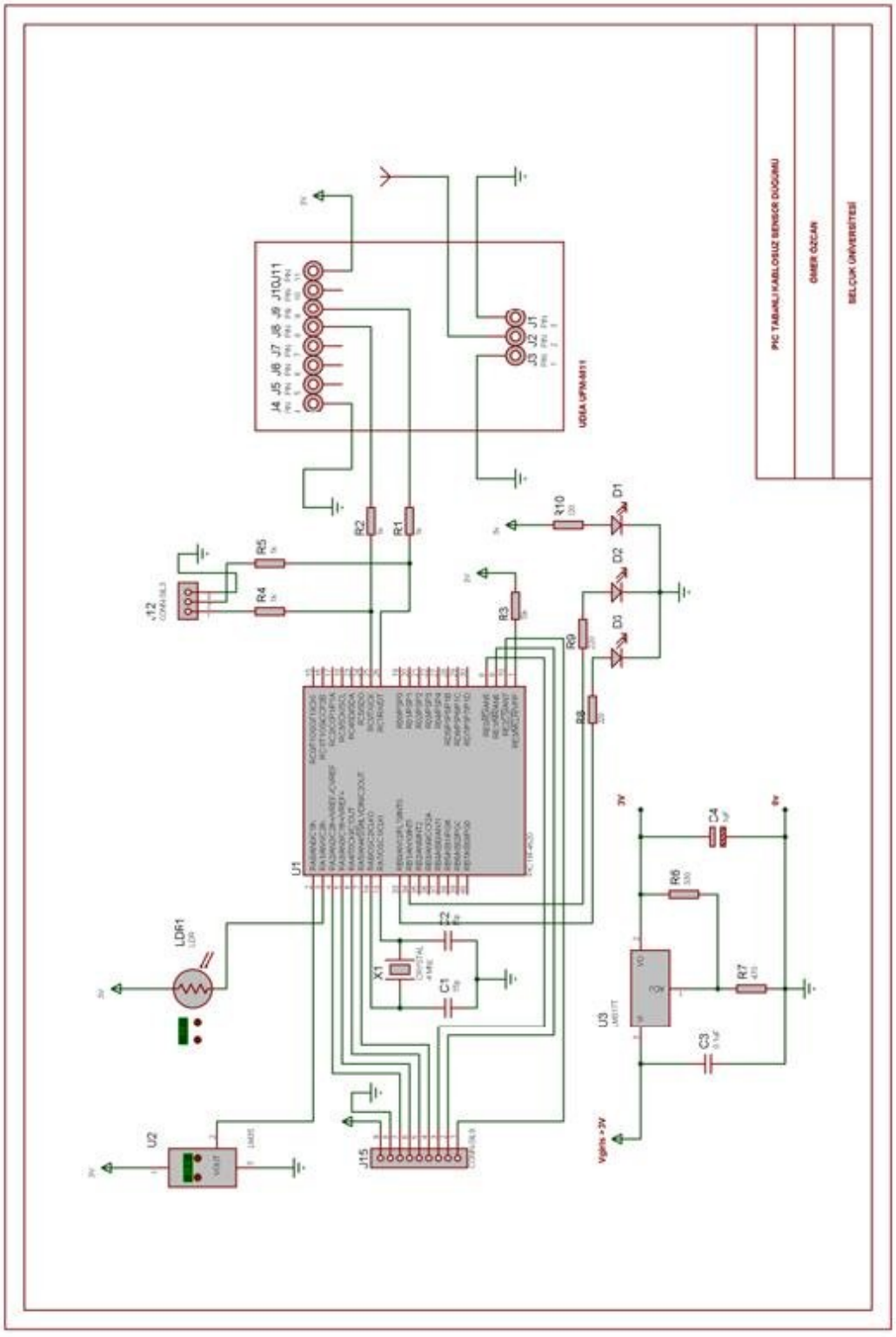
3.2. Sensör Düğümü Devre Çizimleri



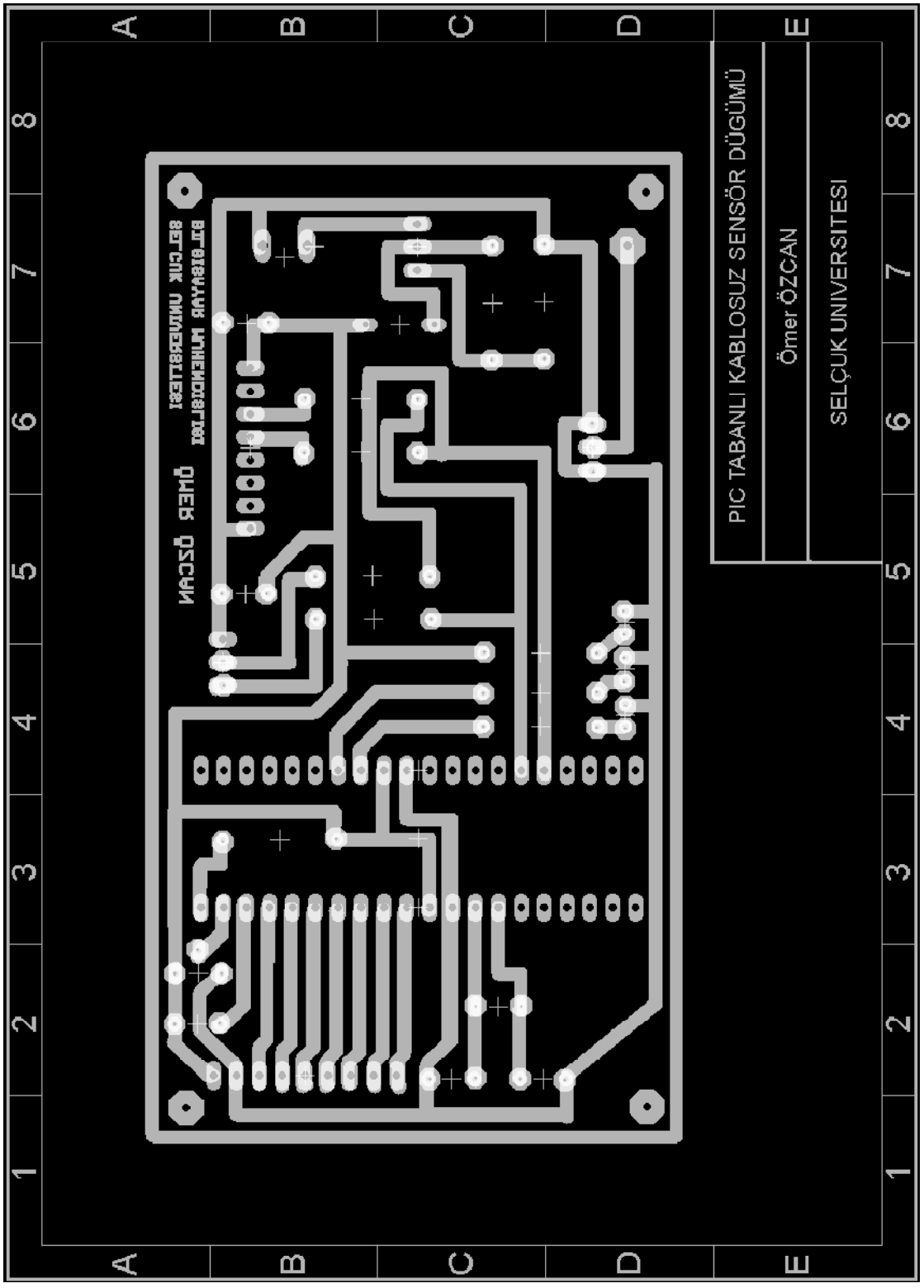
Şekil 3.2. Sensör düğümü üstten görünüm.



Şekil 3.3. Sensör düğümü alttan görünüm.

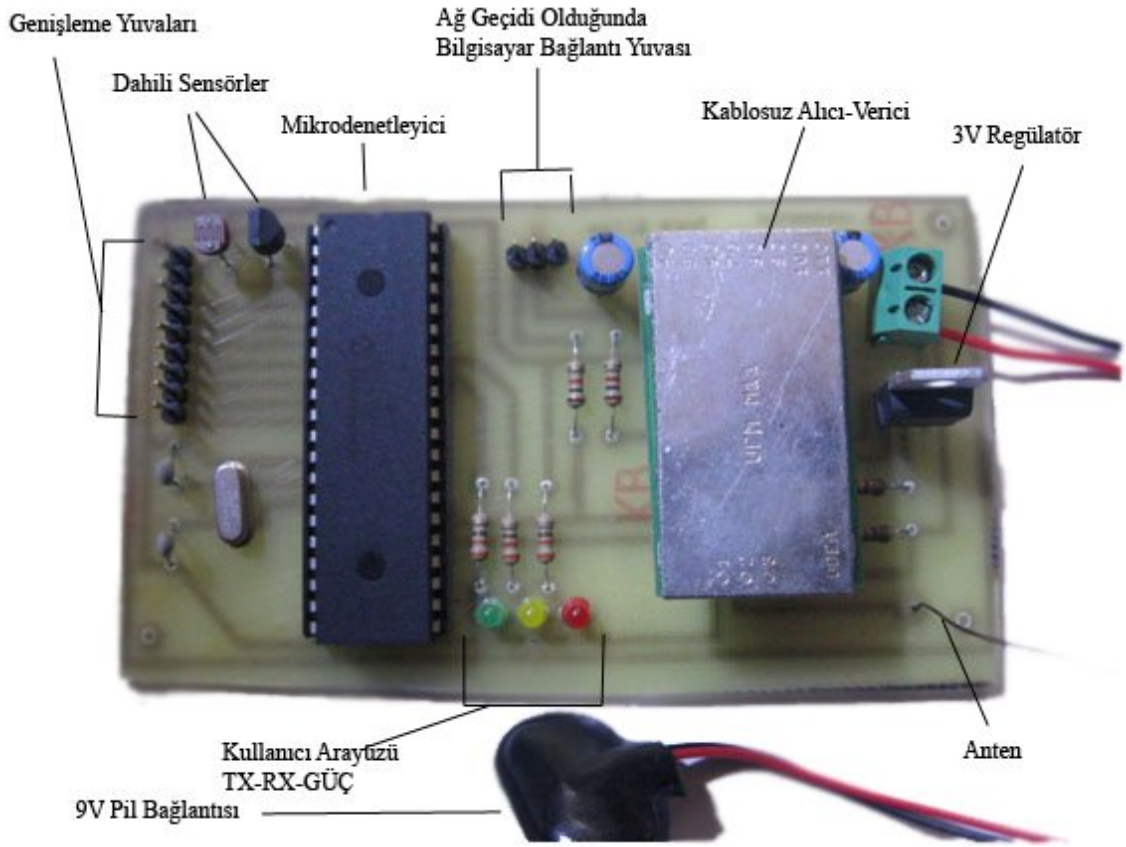


Şekil 3.4. Sensör düğümü devre şeması.



Şekil 3.5. Sensör düğümü baskı devre şeması.

3.3. Sensör Düğümü



Şekil 3.6. Sensör düğümü tanıtımı.

Şekil 3.6'da sensör düğümünü oluşturan öğeler şekil üzerinde gösterilmiştir. Sensör düğümleri kısıtlı boyut ve güç sınırlamaları nedeniyle gayet sade devre yapılarına sahiptirler. En önemli kısımları donanımsal olarak mikrodenetleyici, kablosuz alıcı-verici, sensörler ve güç kaynağıdır, yazılımsal olarak ise mikrodenetleyici içerisindeki yazılımdır.

Tasarlanan sistem, farklı sensör tipleri ve farklı yazılım uygulamalarına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Her ne kadar sistem üzerinde dahili ışık(LDR) ve sıcaklık(LM35) algılayıcısı bulunsa da, 9 pinli bir genişleme yuvası sisteme entegre edilmiştir. Bu genişleme yuvası üzerinde analog ya da dijital olarak ayarlanabilen 7 adet giriş-çıkış noktası bulunmaktadır. Genişleme yuvası üzerinden çok sayıda ve türde sensör, tasarlanan sisteme bağlanabilir. Genişleme yuvası ilerleyen bölümlerde daha ayrıntılı ele alınacaktır.

Kablosuz sensör ağları, daha önce bahseldiği üzere pek çok farklı uygulamada kullanılmaktadır. Uygulamalarda farklılık gösteren sadece sensörler değil, ağın yapısı,

verinin yayılma yöntemi, güç tasarruf uygulamaları ve verinin toplanma sıklığı gibi pek çok kriter farklılık göstermektedir.

Tasarlanan sistemde her türlü uygulamaya olanak tanıyacak bir yazılım omurgası kurulmuştur. Ayrıntılı bilgi yazılım bölümünde anlatılmıştır.

Tasarlanan sistem her ne kadar gerçek hayattan bir uygulamada henüz kullanılmasada deneme amaçlı 4 farklı sensör uygulaması yazılmıştır. Bu sensör uygulamalarının hepsinde aynı yönlendirme algoritması ve MAC protokolü kullanılmıştır.

3.3.1. SHT11 sıcaklık ölçümü uygulaması

Bu uygulamada sensör düğümüne harici bir sensör olarak, SHT11 sıcaklık ve nem algılayıcı sensörü bağlanmıştır. Tasarlanan yazılım ile bu sensörden sıcaklık bilgisi alınarak veri, komşu sensör ya da sensörler vasıtası ile ağ geçidi olan sensöre ulaştırılmaktadır.

3.3.2. SHT11 bağıl nem ölçümü uygulaması

Bu uygulamada sensör düğümüne harici bir sensör olarak, SHT11 sıcaklık ve nem algılayıcı sensörü bağlanmıştır. Tasarlanan yazılım ile bu sensörden nem bilgisi alınarak veri, komşu sensör ya da sensörler vasıtası ile ağ geçidi olan sensöre ulaştırılmaktadır.

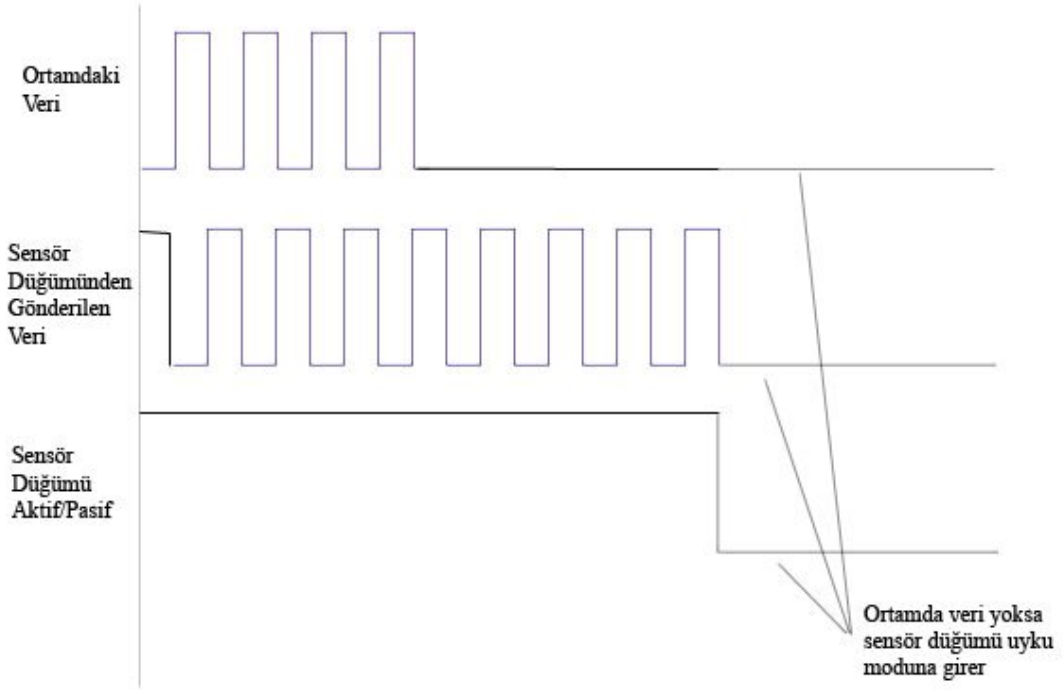
3.3.3. LM35 sıcaklık ölçümü uygulaması

Bu uygulamada dahili olarak bulunan LM35 sıcaklık sensöründen veriler analog olarak alınmıştır. Alınan veriler, dahili ADC vasıtasıyla dijital veri formatına dönüştürülmüş ve gerekli kalibrasyon yapılarak komşu sensör ya da sensörler vasıtası ile ağ geçidi olan sensöre ulaştırılmaktadır.

3.3.4. Timeout ve TRAMA MAC protokolü hibrit uygulaması

Bu uygulamada sensör düğümüne harici bir sensör olarak, SHT11 sıcaklık ve nem algılayıcı sensörü bağlanmıştır. Tasarlanan yazılım ile bu sensörden sıcaklık bilgisi alınarak veri, komşu sensör ya da sensörler vasıtası ile ağ geçidi olan sensöre ulaştırılmaktadır.

Ancak bu uygulamada sadece sıcaklık ölçümü yapılmamaktadır. Güç tasarrufu amaçlı olarak Timeout MAC protokolü de uygulanmaktadır. Timeout MAC protokolünde daha önce anlatıldığı gibi belirli bir uyuma periyodu yoktur. Eğer belirli bir süre ortamda veri bulunmazsa sensör düğümü uyuma moduna girer. Belirli bir uyuma periyodundan sonra sensör düğümü uyanarak tekrar veri gönderme ve dinleme işlemine devam eder ve yine ortamda veri yoksa bir müddet sonra tekrar uyuma moduna girer. Bu durum şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Timeout MAC protokolü.

Zamanlamalar uygulamadan uygulamaya değişebilmekle birlikte yapılan tasarımda her bir sensör okuma periyodu ~8 sn'dir. Ancak, TRAMA protokolünden dolayı sensörün okunması verinin gönderilmesi anlamına gelmez, eğer ortamda veri yoksa sensör düğümü verisini gönderir.

Uyuma zamanlaması ise eğer ortamda veri yoksa ~160 sn sonra sensör düğümü uyumaya geçer. Bu işlemden ~160 sn sonra ise sensör yeniden uyanır.

3.3.5. Yönlendirme protokolü uygulaması

Kablosuz sensör ağlarında yönlendirme algoritmaları tamamen yazılım ile belirlenmektedir. Yapılan tasarımda daha önce anlatılan Flooding Algoritması kullanılmıştır.

3.3.6. TRAMA MAC protokolü uygulaması

Kablosuz sensör ağlarında MAC protokolleri hem donanım hem de yazılım ile belirlenmektedir. Yapılan tasarımda kullanılan kablosuz alıcı-verici birim, kod bölmeli çoklu erişime izin vermediğinden dolayı frekans bölmeli ya da zaman bölmeli algoritmalar kullanılması gerekmektedir. Yapılan tasarımda zaman bölmeli bir MAC protokolü olan TRAMA kullanılmıştır. TRAMA protokolü ile ilgili ayrıntılar daha önce anlatılmıştır.

3.4. Güç Ünitesi

Tasarımdaki yazılım unsurlarını çıkarırsak geriye kalan 2 bölüm donanımlardan oluştuğundan dolayı haliyle güç ihtiyaçları da olacaktır.

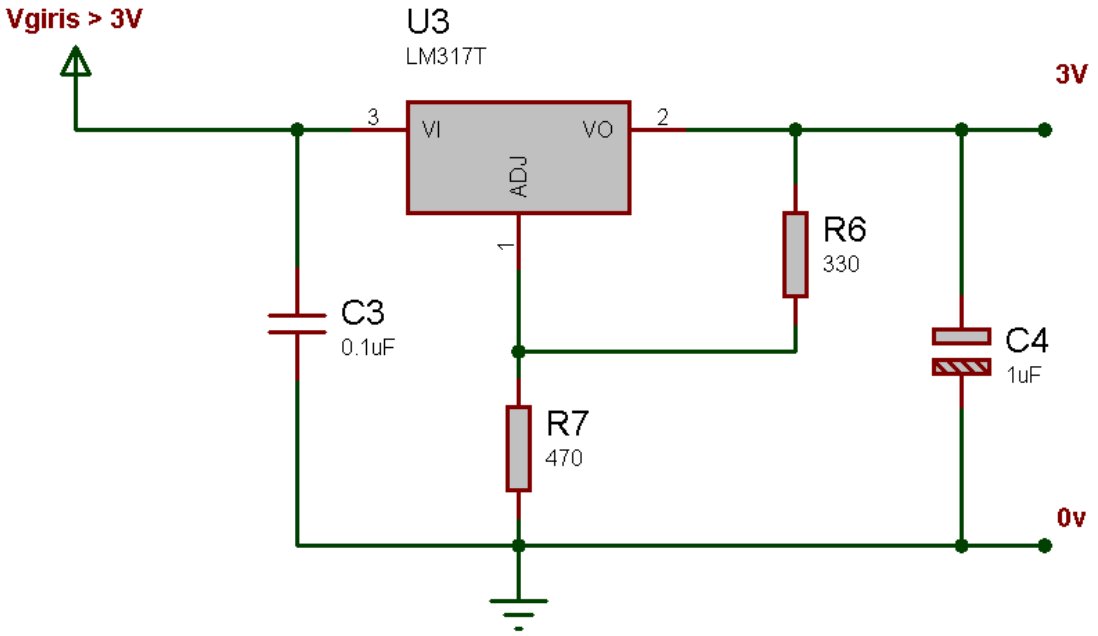
Tasarlanan USB arayüz güç ihtiyacını, bilgisayara doğrudan bağlı olduğundan dolayı bilgisayardan sağlamaktadır. Aynı zamanda da USB üzerinden verilerini alıp göndermektedir.

Kablosuz sensör düğümünde ise önce devre üzerinde çalışacak olan bileşenlerin çalışma voltajları araştırılıp ona göre güç ünitesi tasarlanmıştır. Kablosuz alıcı verici birim olan UFM-M11 max. 3.3V'da çalışması ve kullandığımız mikrodenetleyicininde geniş bir voltaj aralığında çalışabilmesinden dolayı devre 3V ile beslenmiştir.

Çizelge 3.1. UFM-M11 besleme voltajı(UDEA, 2008).

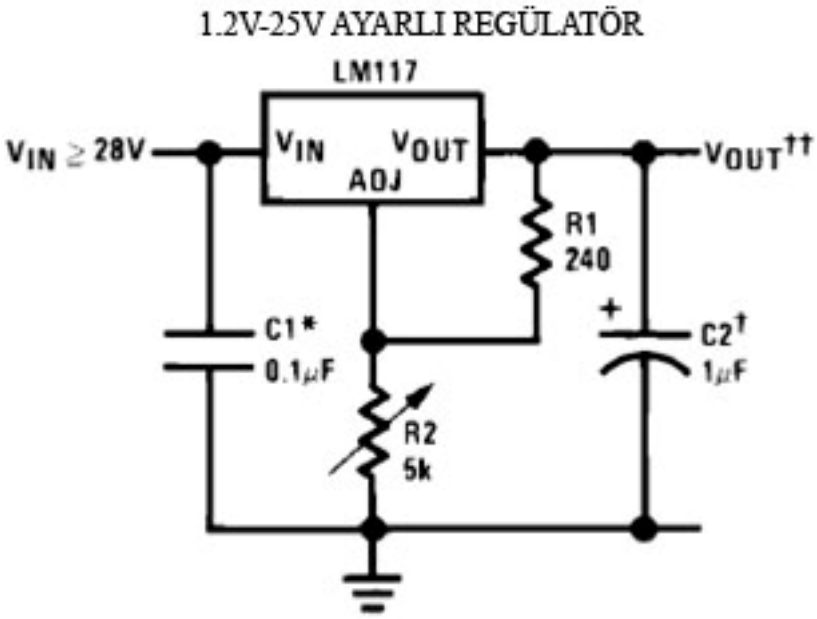
	Min.	Typ.	Max	Unit	Not
Besleme Voltajı	2.7		3.3	Vdc	Regüle edilmiş voltaj kaynağı kullanılmalıdır. +/-100mV,100mA

Şekil 3.8'da sensör düğümünün güç ihtiyacını karşılayan ve 3V çıkış sağlayan devre görülmektedir.



Şekil 3.8. Güç ünitesi.

Güç ünitesi devresinde kullanılan LM317T tüm devresi, ayarlanabilir bir voltaj regülatörüdür. Bu regülatör 1.2V ile 37V arasında gerilim ve 1.5A akımı çıkış olarak verebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus da giriş gerilimi elde edilmek istenen çıkış geriliminden büyük olmalıdır. Uygulamamızda çıkış gerilimi 3V olduğundan Vgiriş > 3V olacak şekilde girişine bir güç kaynağı bağlanmıştır. Güç kaynağı olarak 9V'luk bir pil bağlanmıştır. LM317T'nin girişine uygulanabilecek maksimum ve minimum değerler 3V ≤ Vgiriş ≤ 40V aralığındadır(National Semiconductor, 2010).



Şekil 3.9. LM317 ayarlanabilir regülatör(National Semiconductor, 2010).

LM317T ayarlanabilir regülatörün çıkışı kendisine haricen bağlanacak olan ayarlı ya da sabit dirençlerle ayarlanır. Bu dirençlerin hangi değerlerinde LM317T'nin hangi çıkışı vereceği ise aşağıdaki formüle göre hesap edilir. Şekil 3.9'da LM317 ayarlı regülatörün bağlantı şeması görülmektedir.

$$Vout = 1.25V \quad 1 + \frac{2}{1} + Iadj(R_2) \qquad (3.1)$$

3.5. Mikrodenetleyici

3.5.1. Genel açıklamalar

Bir kablosuz sensör düğümü, sadece aldığı veriyi belirli bir merkeze ileten kablosuz çalışan bir aygıt değildir. Sensör düğümleri aynı zamanda hesaplama, algısal veri toplama ve diğer sensör düğümleriyle haberleşme gibi yeteneklere sahip aygıtlardır(Kalaycı, 2009). Bahsedilen bu yeteneklerin yerine getirilebilmesi için bu aygıtların üzerinde birer mikrodenetleyici bulunması gerekmektedir. Hangi mikrodenetleyicinin kullanılacağı ise kesin bir cevabı bulunmayan bir sorudur.

Günümüzde farklı mikrodenetleyicilerle geliştirilmiş pek çok sensör düğümü geliştirilmiştir. Bunun nedenini ise mikrodenetleyiciye bağlı olan ve olmayan faktörler olarak iki kısımda inceleybiliriz.

Mikrodenetleyiciye bağlı olmayan faktörler;

- Yapılacak olan sensör düğümünün diğer donanımları.
- Sensör düğümünün kullanılacağı uygulama.
- Uygulamada kullanılacak olan sensör düğümü sayısı.
- Uygulamanın yapılacağı yer.

Mikrodenetleyiciye bağlı olan faktörler(Lynch ve O'Reilly, 2005);

- Mikrodenetleyicinin uyanma zamanlaması.
- Mikrodenetleyicinin frekans ölçeklemesi.
- Mikrodenetleyicinin hafıza yapısı.
- Mikrodenetleyicinin giriş-çıkış birimleri
- Mikrodenetleyicinin komut kümesi.
- Mikrodenetleyicinin yazılımsal özellikleri

Görüldüğü üzere mikrodenetleyicinin seçiminde pek çok faktör göz önünde bulundurulmaktadır. Çizelge 3.2'de şimdiye kadar geliştirilmiş bazı platformlar ve tercih edilen mikrodenetleyiciler görülmektedir.

Çizelge 3.2. Bazı sensör düğümü platformları ve kullandıkları mikrodenetleyiciler(Lo ve Yang, 2005).

Platformlar	CPU	Radyo Alıcı-Verici	Organizasyon
Telos M1010	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	UC Berkeley MoteIV
BSN node	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	Imperial College
Mica-Z	Atmel Atmega 128L	Chipcon CC2420	Crossbow
CIT Sensor Node	PIC 16F877	Nordic nRF903	Cork Institute of Techonology
MITes	8051	Nordic nRF24E1	MIT
Particle2/29	PIC 18F6720	RFM TR1001	Teco
Pluto	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	Harvard
DSYS25	Atmel Atmega 128	Nordic nRF2401	UCC
eyesIFXv2	TI MSP430F1611	Infineon TDA5250	TU Berlin
iMote 2	Intel PXA 2/1	CC2420	Intel
uPart0140ilmt	rfPIC16F675	rfPIC16F675	Teco
Tmote Sky	TI MSP430F1611	Chipcon CC2420	UC Berkeley MoteIV
EmberNet	Atmel Atmega 128L	Ember 250	Ember
XYZ sensor	ARM/THUMB	Chipcon CC2420	Yale
Ant	TI MSP430F1232	Nordic nRF24AP1	Dynastream Innovation

3.5.2. Microchip PIC18F4620

Bu çalışmada mikrodenetleyici olarak Microchip firmasına ait olan PIC18F4620 modeli kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyicinin tercih edilme nedenleri bir önceki bölümde anlatılan kriterlerin pek çoğunda iyi notlar almasıdır. Bir önceki sayfada yer alan çizelge 3.2'ye bakılacak olursa daha önce de aynı firmanın farklı modellerdeki mikrodenetleyicilerinin sensör düğümlerinde tercih edildiği görülecektir. Çizelge 3.3'te PIC18F4620'ye ait özellik çizelgesi görülmektedir.

Çizelge 3.3. PIC18F4620 özellik çizelgesi(Microchip Technology Inc., 2004).

Cihaz	Program Hafızası		Veri Hafızası		I/O	10-bit A/D	CCP/ ECCP PWM	MSSP		EUSART	Comp.	Zamanlayıcı 8/16-bit
	Flash	Word	SRAM	EEPROM				SPI	I²C			
PIC18F2525	48K	24576	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2620	64K	32768	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4525	48K	24576	3986	1024	36	13	1/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4620	64K	32768	3986	1024	36	13	1/0	Y	Y	1	2	1/3

3.5.2.1. Güç ihtiyacı

Kablosuz sensör ağlarında, daha önce bahsedildiği gibi kullanılan bileşenlerin olabildiğince az enerji tüketmeleri önemlidir. Bu yüzden kullanılacak olan mikrodenetleyicinin de olabildiğince az enerji tüketmesi gerekir.

3.5.2.1.1. Nanowatt teknolojisi

PIC18F4620 mikrodenetleyicisi Microchip firmasının yeni geliştirmiş olduğu nanowatt teknolojisi ile geliştirildiğinden aynı firmanın daha önce geliştirmiş olduğu mikrodenetleyicilerden çok daha az enerji harcamaktadır. Aynı zamanda çok daha geniş voltaj aralığında çalışabilmektedir. PIC18F4620 boşta iken 2.5µA ve uyku modunda iken 100nA akım çekmektedir. Sensör düğümlerinin zamanlarının çoğunu uyku modunda geçirdiklerini düşünecek olursak çizelge 3.4'teki değerlerle karşılaştırıldığında PIC18F4620'nin sahip olduğu değerler oldukça iyi olduğu görülebilir.

Çizelge 3.4. Mevcut bazı mikrodenetleyicilere ait bir karşılaştırma(Lynch ve O'Reilly, 2005).

	AVR	PIC16	PIC18	MSP	8051
Kelime Boyutu	8 bit	8 bit	8 bit	16 bit	8 bit
3V'ta Maks. F	8Mhz	10Mhz	20Mhz	6Mhz	6.3Mhz
Kapalı İken	8µA	20µA	2.6µA	1.8µA	21µA
Boşta(1MHz)	0.5mA	220µA	120µA	55µA	n/a
Boşta(8MHz)	4mA	1.5mA	843µA	440µA	n/a
Aktif(32k)	88µA	n/a	35µA	19.2µA	2.78mA
Aktif(1M)	2mA	220µA	480µA	240µA	4.05mA
Aktif(8M)	8mA	1.5mA	2.4mA	1.9mA	13.3mA
Uyanma Zamanı	2ms	102µs	10µs	6µs	20µs

3.5.2.2. Analog dijital çevirici(ADC)

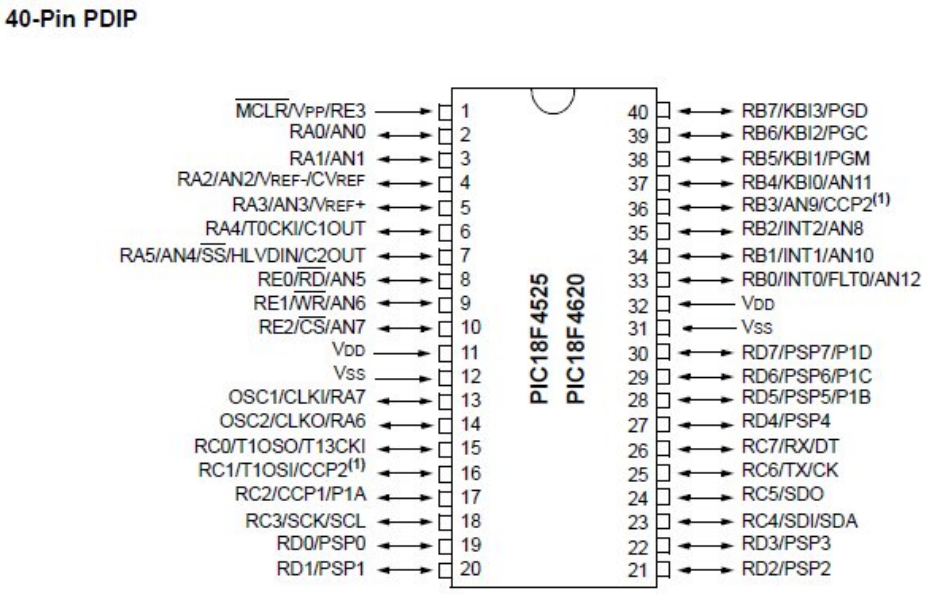
Sensör düğümlerinin en önemli ihtiyaçlarından biri de ADC'lerdir. Bu bazı durumlarda sensörler üzerinde bulunan ADC'ler vasıtası ile karşılanabilsede pek çok sensör de analog değerler üretmektedir. Bu analog değerlerin işlenebilmesi için dijital değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Seçmiş olduğumuz mikrodenetleyici 10-bit ve 13 kanal bir ADC'ye sahiptir.

3.5.2.3. Hafıza yapısı

Sensör düğümleri, sınırlı hafıza ve güç kapasiteleri açısından verilerin saklandığı birimler olarak kullanılamazlar. Veriler ancak geçici olarak sensör düğümleri üzerinde bulunurlar. Ancak çok küçük hafıza yapıları da sensör düğümleri için uygun değildir. Üzerlerinde bazı durumlarda çok karmaşık protokollerde çalışabileceğinden program hafızası ve RAM yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Seçilen mikrodenetleyici 64 KB flash ROM ve 4 KB SRAM'e sahiptir. Bu nedenle de yeterlidir.

3.5.2.4. Giriş-çıkışlar

Yapılacak olan uygulamaya göre değişmekle birlikte sensör düğümlerinde genelde çok miktarda giriş çıkış portuna ihtiyaç duyulur. Seçilen mikrodenetleyici 40 bacaklı bir entegre olup 5 adet giriş çıkış protuna sahiptir. Giriş-çıkış ve pin yapısı şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10. PIC18F4620 giriş-çıkış ve pin yapısı(Microchip Technology Inc., 2004).

3.5.2.5. İletişim ve zamanlayıcı

Bir ağ aygıtı tasarlandığı için iletişim önemlidir. Mikrodenetleyici bir adet EUSART portuna sahiptir. Dış dünya ile bütün iletişim bu port üzerinden seri olarak yapılmaktadır.

Pek çok uygulamanın ihtiyaç duyduğu zamanlayıcılar sensör düğümleri için de vazgeçilmez unsurlardır. Gerek uyuma-uyanma zamanları gerek paket zamanlamaları olsun sensör düğümünde önemli bir yere sahiptirler. PIC18F4620 mikrodenetleyicide 3 adet 16-bit ve 1 adet 8-bit olmak üzere 4 adet zamanlayıcı mevcuttur.

3.6. Sensörler

3.6.1. Genel açıklamalar

Kablosuz sensör ağları konusunun iki asli unsurundan biri sensörlerdir. Her bir sensör düğümü üzerinde uygulamaya göre değişmek kaydıyla sensör ya da sensörler taşırlar. Aşağıda sensör düğümlerinde kullanılan bazı sensörler belirtilmiştir(Çimen, 2007).

- Sıcaklık ölçümü,
- Nem ölçümü,
- Hareket algılama,
- Aydınlık tespiti,
- Basınç olcumu,
- Sismik değer ölçümü,
- Görüntü tespiti,
- Gürültü algılama/ölçümü,
- Canlı/cansız varlık tespiti,
- Mekanik gerginlik algılama/ölçümü,
- Hız, yon, miktar tespiti/ölçümü.

Görüldüğü üzere pek çok fiziksel büyüklük sensör düğümlerine yerleştirilen sensörler vasıtasıyla ölçülebilmektedir.

3.6.2. LM35 sıcaklık sensörü

Yapılan tasarımda devreye tümleşik olarak bir LM35 sıcaklık sensörü yerleştirilmiştir. Aşağıda LM35'e ait bazı özellikler verilmiştir(National Semiconductor, 2000).

- Celcius birimine kalibre edilmiştir.
- 10mV/°C olarak ölçeklenmiştir.
- 0.5°C doğrulukla ölçebilmektedir.
- -55°C ile +150°C arasında ölçüm yapabilir.
- 60µA'den daha az güç harcamaktadır.

Şekil 3.11'de LM35 sıcaklık sensörü görülmektedir.



Şekil 3.11. LM35 sıcaklık sensörü(Anonymous, 2010).

3.6.3. Işığa duyarlı direnç(LDR)

Yapılan tasarımda devreye tümleşik olarak bir LDR yerleştirilmiştir. LDR almış olduğu ışık değerine göre direncini değiştiren bir elemandır. Bir çeşik ışık sensörü de denilebilir. Şekil 3.12'de çeşitli boyutlarda LDR'ler görülmektedir.



Şekil 3.12. Işığa duyarlı direnç(LDR)(Anonymous, 2010).

Çeşitli ışık değerlerindeki direnç değerlerini çizelge 3.5'te görebilirsiniz.

Çizelge 3.5. LDR'nin çeşitli ışık değerlerindeki direnç değerleri(Sunrom Technologies, 2008).

1000 LUX	-	400	-	Ohm
10 LUX	-	9	-	K Ohm
-	-	1	-	M OhM

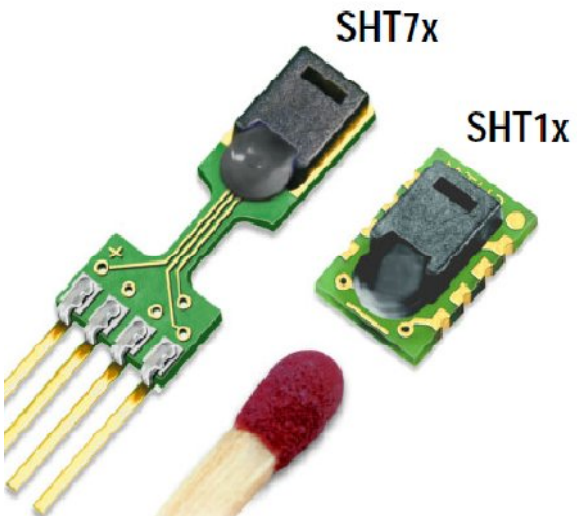
Gündelik hayattaki bazı ışık kaynaklarının LUX cinsinden değerlerini çizelge 3.6'da görebilirsiniz.

Çizelge 3.6. Gündelik hayattaki bazı ışık kaynaklarının LUX cinsinden değerleri(Sunrom Technologies, 2008).

Işık Kaynağı	LUX
Ay Işığı	0.1
60 W Lamba 1m'de	50
1 W Küçük Lamba 0.1m'de	100
Floresan Lamba	500
Gün Işığı	30.000

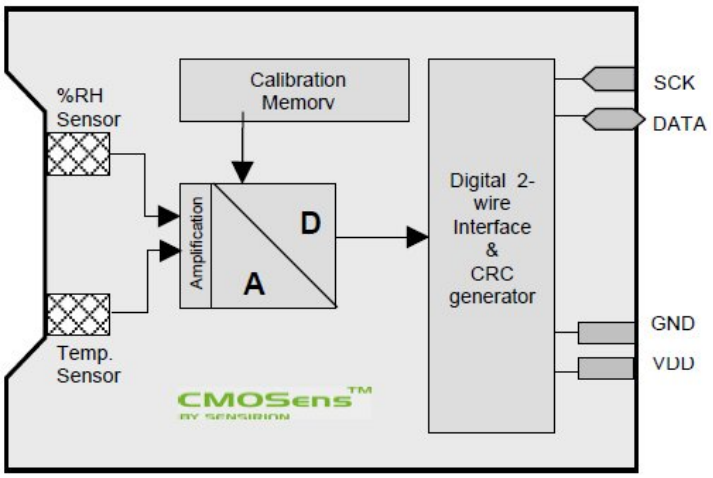
3.6.4. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü

SHT11, veri alışverişini dijital olarak gerçekleştirebilen nem ve sıcaklık sensörüdür. Devremize tümleşik olarak yerleştirilmemiş olup genişleme yuvası vasıtasıyla devreye bağlanmıştır. Şekil 3.13'te SHT11 görülmektedir.



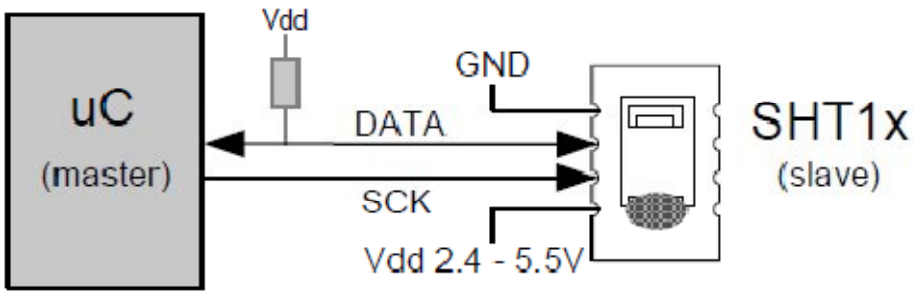
Şekil 3.13. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü(The Sensiron Company, 2005).

SHT11, verilerini analog olarak ölçsede kendi içerisinde barındırdığı ADC vasıtasıyla dijital bir formata dönüştürerek mikrodenetleyiciye göndermektedir. Şekil 3.14'te SHT11 blok şemasında dahili ADC görülmektedir.



Şekil 3.14. SHT11 blok diyagramı(The Sensiron Company, 2005).

SHT11, mikrodenetleyici ile olan veri iletişimi için arayüz olarak çift yönlü 2-wire arayüzünü kullanmaktadır. Devreye genişleme yuvası üzerinden bağlantı şekli şekil 3.15.'te görülmektedir.



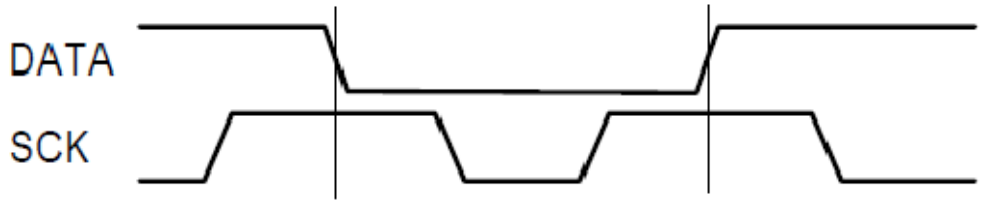
Şekil 3.15. Uygulama devresi(The Sensiron Company, 2005).

SHT11, dijital bir sensör olduğundan ne zaman hangi veriyi göndermesi gerektiği kendisine iletilmesi gerekmektedir. Kendisine ait komut yapısı sayesinde hangi komut gelmişse ona göre davranmaktadır. Çizelge 3.7.'de bu komut listesini bulabilirsiniz.

Çizelge 3.7. SHT11 komut listesi(The Sensiron Company, 2005).

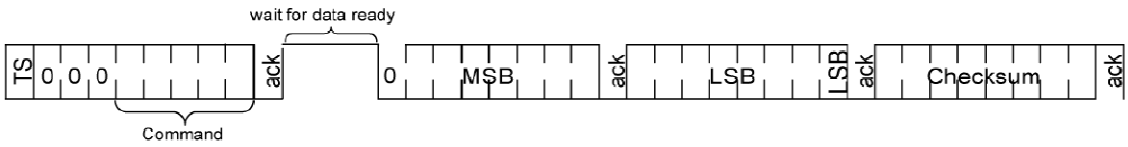
Komut	**Kod**
Rezerve	0000x
Sıcaklık ölç	00011
Nem ölç	00101
Status registerini oku	00111
Status registerine yaz	00110
Rezerve	0101x-1110x
Reset	11110

SHT11 seri iletişim arayüzü olarak I²C arayüzüne benzer bir çift yönlü 2 telli seri arayüz kullanır. İletişim başlatıldıktan sonra çizelge 3.7'de belirtilen komutlar kullanılarak ölçümler yaptırılıp sonuçlar okunur. Şekil 3.16'da veri iletişim başlangıcı görülmektedir.



Şekil 3.16. İletişim başlangıcı(The Sensiron Company, 2005).

Şekil 3.17'de komut gönderimi, cevap bekleme ve gelen cevap görülmektedir.



Şekil 3.17. Bir ölçüm işlemine genel bakış(The Sensiron Company, 2005).

SHT11, sensörünün çıktıları sıcaklık bilgisi için 14 veya 12 bit, nem bilgisi için 12 veya 8 bit olabilmektedir. Bu bilgilerin kalibrasyonu ise, bit sayısına göre belirlendiğinden nem için formül 3.2. ve çizelge 3.8., sıcaklık için ise formül 3.3. ve çizelge 3.9'daki değer ve hesaplamalara göre yapılmaktadır.

$$= + * + * ^{2} \quad (3.2)$$

Çizelge 3.8. Nem kalibrasyon katsayıları(The Sensiron Company, 2005).

12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10

Sıcaklık = + * (3.3)

Çizelge 3.9. Sıcaklık kalibrasyon katsayıları(The Sensiron Company, 2005).

VDD	[°C]	[°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

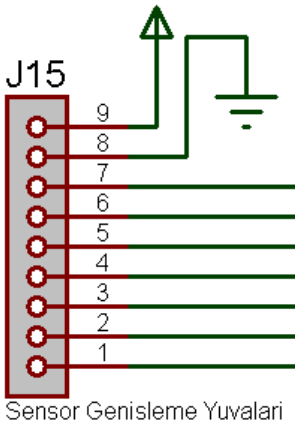
	[°C]	[°F]
14 bit	0.01	0.018
12 bit	0.04	0.072

Kalibrasyon sonuçlarında üretilen sıcaklık bilgisi °C ya da °F cinsinden olabilmektedir. Nem bilgisi ise bağıl nem oranı olarak kalibre edilmektedir.

3.6.5. Sensörler için genişleme yuvası

Devreye eklenebilecek olası diğer sensörler için hem yazılımsal hem de donanımsal altyapı hazırlanmıştır. Yapılan tasarımda devreye monte edilmiş olan 2 sensörün dışında 7 adet analog ya da dijital sensör daha devreye eklenebilmesine olanak tanınmıştır.

Şekil 3.18'da bu genişleme arabirimi görülmektedir.



Şekil 3.18. Genişleme yuvaları.

Şekilde görülen 9 ve 8 numaralı pinler harici sensör ya da sensörlerin güç ihtiyacını karşılamak içindir. Diğer 1-7 arası pinler ise harici analog ya da dijital sensörler içindir.

3.7. Kablosuz İletişim

3.7.1. Genel açıklamalar

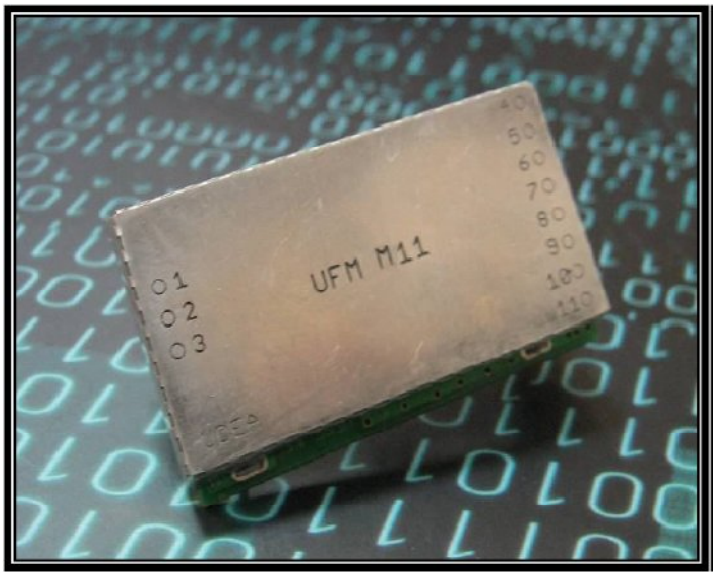
Kablosuz sensör ağlarının iki asli unsurundan biri de kablosuz iletişimdir. Her bir sensör düğümünde ister mikrodenetleyici üzerinde olsun ister harici bir kablosuz alıcı-verici birim olsun mutlaka kablosuz iletişim vardır. Kablosuz iletişim birimleri de diğer elemanlar gibi bir takım kriterlere uygun olarak seçilirler. Bu yüzden mevcut pek çok sensör düğümünde farklı kablosuz iletişim birimleri kullanılmıştır. Hangi kablosuz iletişim biriminin kullanılacağının kesin bir cevabı yoktur. Uygulamadaki ihtiyaçlar, güç sarfiyatı, boyutlar, mekan, kapsama alanı, bant genişliği, çalışma frekans aralığı, maliyet ve iletişim teknolojisi gibi kriterler ışığında en uygun kablosuz iletişim birimi seçilir.

Çizelge 3.10. Bazı sensör düğümü platformları ve kullandıkları alıcı-verici birimler(Lo ve Yang, 2005).

Platformlar	CPU	Radyo Alıcı-Verici	Organizasyon
Telos M1010	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	UC Berkeley MoteIV
BSN node	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	Imperial College
Mica-Z	Atmel Atmega 128L	Chipcon CC2420	Crossbow
CIT Sensor Node	PIC 16F877	Nordic nRF903	Cork Institute of Techonology
MITes	8051	Nordic nRF24E1	MIT
Particle2/29	PIC 18F6720	RFM TR1001	Teco
Pluto	TI MSP430F149	Chipcon CC2420	Harvard
DSYS25	Atmel Atmega 128	Nordic nRF2401	UCC
eyesIFXv2	TI MSP430F1611	Infineon TDA5250	TU Berlin
iMote 2	Intel PXA 2/1	CC2420	Intel
uPart0140ilmt	rfPIC16F675	rfPIC16F675	Teco
Tmote Sky	TI MSP430F1611	Chipcon CC2420	UC Berkeley MoteIV
EmberNet	Atmel Atmega 128L	Ember 250	Ember
XYZ sensor	ARM/THUMB	Chipcon CC2420	Yale
Ant	TI MSP430F1232	Nordic nRF24AP1	Dynastream Innovation

3.7.2. UDEA UFM-M11 alıcı-verici birimi

Tasarımda yerli bir firma olan UDEA firmasına ait UFM-M11 alıcı-verici birimi kullanılmıştır. UFM-M11 bir önceki konuda belirtilen kriterlerin çoğundan iyi not almaktadır. Şekil 3.19'da UFM-M11'in genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 3.19. UDEA UFM-M11 genel görünüm(UDEA, 2008).

UFM-M11 434 MHz ISM bandında çalışan bir modem modüldür. Çizelge 3.11'de bu cihaza ait teknik özellikler verilmiştir.

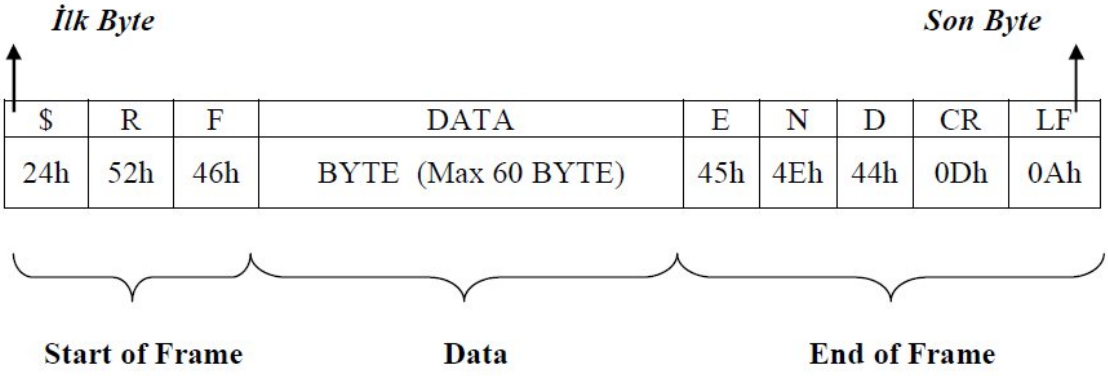
Çizelge 3.11. UFM-M11 teknik özellikler(UDEA, 2008).

	Min.	Typ.	Max	Unit	Not
Besleme Voltajı	**2,7**		**3,3**	**Vdc**	Regule edilmiş voltaj kaynağı kullanılmalıdır. **+100 mV, 100mA**
Akım Sarfiyatı TX mod		**40**		**mA**	"
Akım Sarfiyatı RX mod		**25**		**mA**	
Çalışma Sıcaklığı	**-20**		**+55**	**°C**	ETSI 300 220
Depolama Sıcaklığı	**-50**		**+150**	**°C**	
Ebat	**40,7 X 23,8 X 8 mm**				
RF Özellikler					
Alıcı duyarlılığı		**-105**	**-107**	**dBm**	9.6 kBaud
Bandwidth		**50**		**kHz**	9.6 kBaud
Data Rate		**9.6**		**Kbps**	Manchester
Saturation (maximum input lavel)		**5**		**dB**	Modülleri birbirine 3 mt.den daha az mesafede antenleri takılı olarak kullanmak kalıcı zarar verebilir.
Çıkış Gücü		**10**		**dBm**	

3.7.2.1. Veri iletişimi

UFM-M11 asenkron(UART) olarak 9.6 Kbps bant genişliğinde çalışmaktadır. Veri formatı olarak 8-bit veri 1-bit stop biti kullanmakta, parity biti, RTS ve CTS kullanmamaktadır(UDEA, 2008). Genel veri formatı çizelge 3.12'de görülmektedir.

Çizelge 3.12. Genel veri formatı(UDEA, 2008).



Arka arkaya yapılacak olan paket gönderimleri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$T = (300 + \text{Veri Boyutu} * 2) \text{ msn.} \quad (3.4)$$

UFM-M11 içerisinde gömülü olarak bulunan yazılım sayesinde bir takım gelişmiş yeteneklere de sahiptir. Bunlar, yazılım ile kanal değiştirebilme, yazılım ile donanım versiyonu öğrenme ve yazılım ile sinyal kalitesini öğrenebilme yetenekleridir. Bu yeteneklerden yararlanabilmek için komutlar bir standart komut yapısı ile modüle gönderilmektedir. Bu komutlar ve komut yapısı çizelge 3.13 ve 3.14'te görülebilir.

Çizelge 3.13. UFM-M11 komut çizelgesi(UDEA, 2008).

KOMUT	FONKSİYON	CEVAP
$C0 ~ SC9	Frekans Değiştirme	
$CV	Version No?	version x.x.x
$CR	RSSI Level?	$Cx

Çizelge 3.14. UFM-M11 komut yapısı(UDEA, 2008).

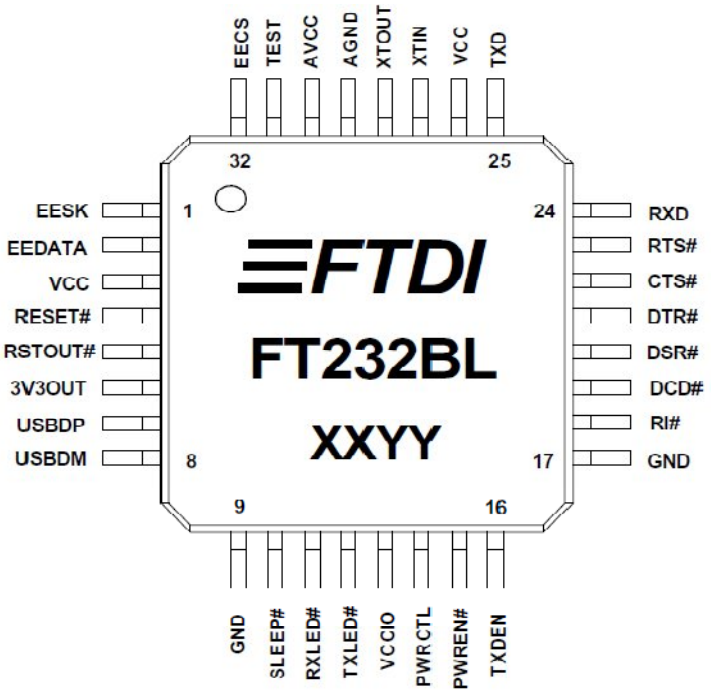
$	C	DATA
24h	43h	Komut

Start of Frame **Data**

3.8. USB Arayüz

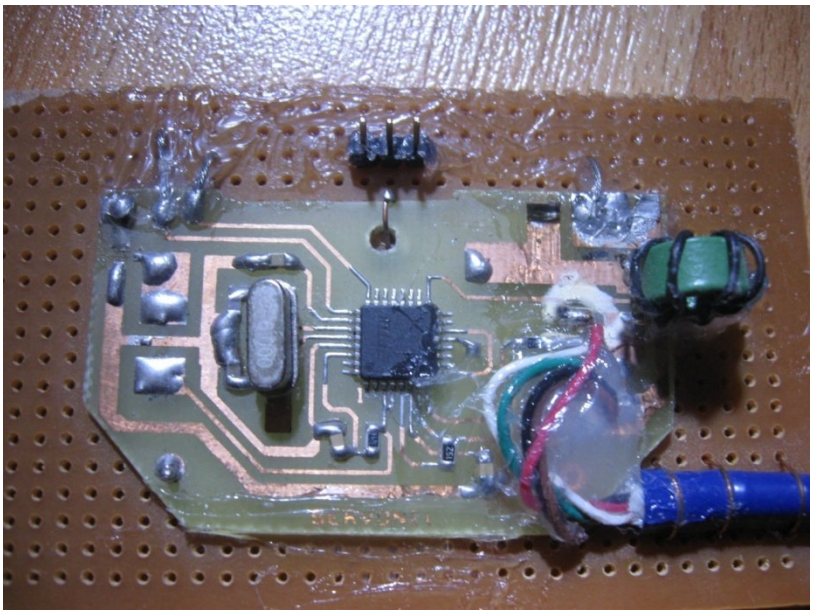
Kablosuz sensör düğümleri üzerindeki veriler çoğu uygulamada bir PC'ye gözlem ya da kayıt amaçlı olarak aktarılır. Bu aktarım için kullanılacak iletişim yöntemi günümüzde PC'lerde standart donanım haline gelen wifi ve bluetooth olabilir, ancak bu teknolojiler sensör düğümlerinin kapasiteleri ile karşılaştırıldığında aşırı güç harcayan bileşenler olduğundan sensör düğümlerinde pek kullanılmazlar. Bu durumda sensör düğümlerinden bir tanesi baz istasyonu olarak seçilir ve PC'ye kablo vasıtası ile bağlanır. Bu kablo bağlantısı genellikle seri portlardan biri vasıtası ile yapılır.

Tasarımda PIC ile PC kablo bağlantısı USB arayüzü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ancak PIC üzerinde USB iletişimi için herhangi bir yazılımsal düzenleme ya da entegre USB birim olmadığından PIC ile PC arasına çevirici bir birim yerleştirilmiştir. Çevirici birim olarak kullanılan FT232BL entegresinin blok şeması şekil 3.20'de görülmektedir.



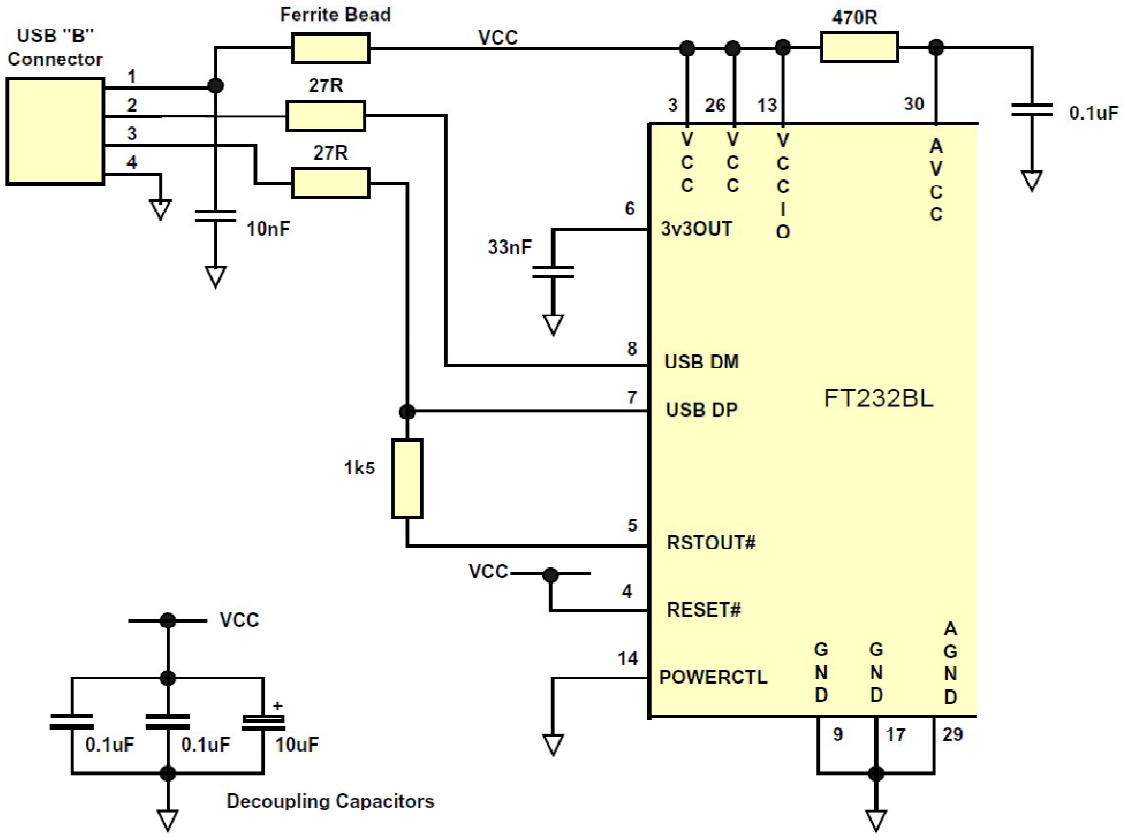
Şekil 3.20. FT232BL(Future Technology Devices, 2005).

Future Technology Devices firmasının üretmiş olduğu FT232BL kodlu ürünü USB ile USART iletişim teknolojileri arasında çift yönlü dönüşüm uygulamaktadır. FT232BL ile kurulan dönüştürücü devrenin genel görünümü şekil 3.21'de görülmektedir.



Şekil 3.21. USB arayüz genel görünüm

USB arayüz devresi gücünü USB'den sağlayacak şekilde ek devre elemanlarıyla birlikte şekil 3.22'deki gibi tasarlanmıştır.



Şekil 3.22. USB arayüz devresi(Future Technology Devices, 2005).

3.9. Yazılım Tasarımları

3.9.1. Mikrodenetleyici yazılımı

Kablosuz sensör düğümlerinde kullanılan mikrodenetleyiciler ve harici hafıza yapıları oldukça kısıtlı olduğundan, uygulamadan bağımsız, yerleşik bir işletim sistemi sensör düğümü üzerine yerleştirilememektedir. Bunun yerine yapılacak uygulama ile sensör düğümünü işleten yazılım birlikte ele alınmaktadır. Yani, her yeni uygulama için işletim sistemi de yeniden yüklenmiş olmaktadır.

Mikrodenetleyici yazılımı için Hi-Tech firmasına ait PIC-C derleyicisi ve PIC-C dili kullanılmıştır.

Uygulamada geliştirilen yazılımın görevleri aşağıdaki gibi listenebilir.

- Sensörlerden verileri okumak
- Diğer sensörler ile veri iletişimini sağlamak
- Sistem içerisinde veri akışını düzenlemek

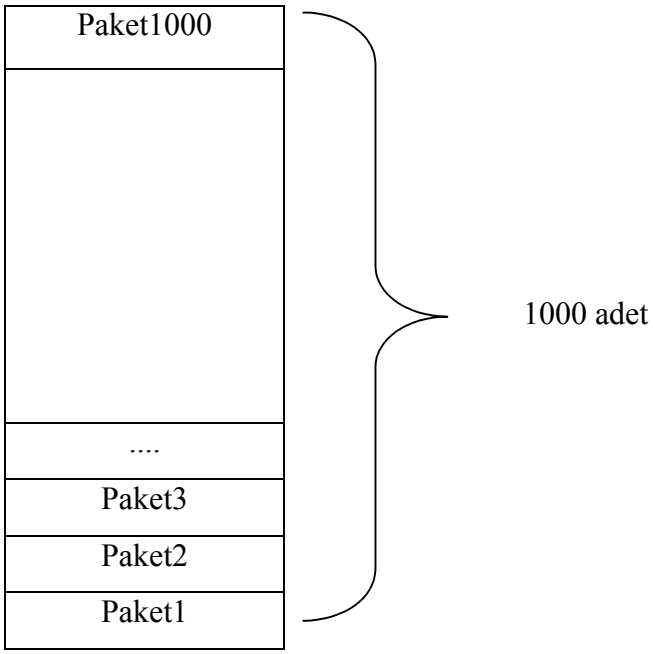
Sistem içerisinde birbiriyle bağlantılı ya da bağlantısız paralel işlem parçacıkları işlediğinden bunları ayrı ayrı ele almak daha doğru olacaktır.

Veri akışı için tek bir veri paketi yapısı kullanılmıştır. Çizelge 3.15.'de bu paket yapısı görülmektedir.

Çizelge 3.15. Veri paketi yapısı

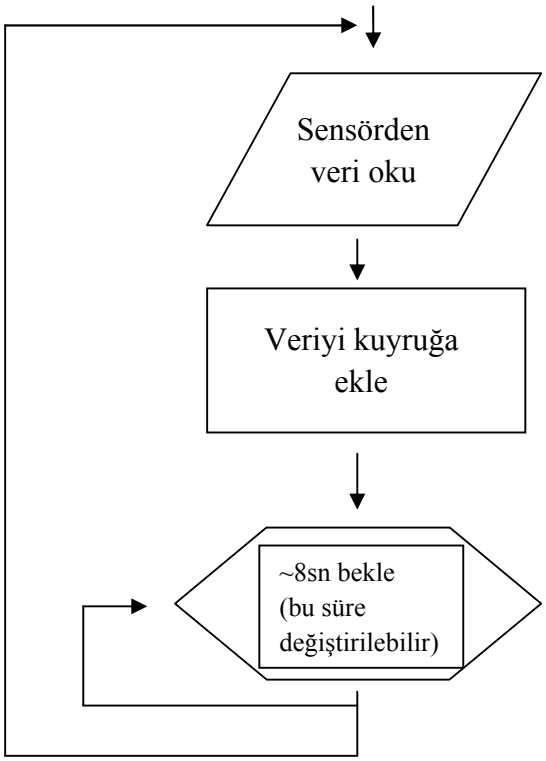
CihazId	VeriId	Veri
1 byte	1 byte	1 byte

Sistemde gerek sensörden gelen gerekse diğer sensörlerden gelen tüm veri tek bir kuyrukta toplanmaktadır. Kuyruk şekil 3.23.'de gösterildiği gibidir.



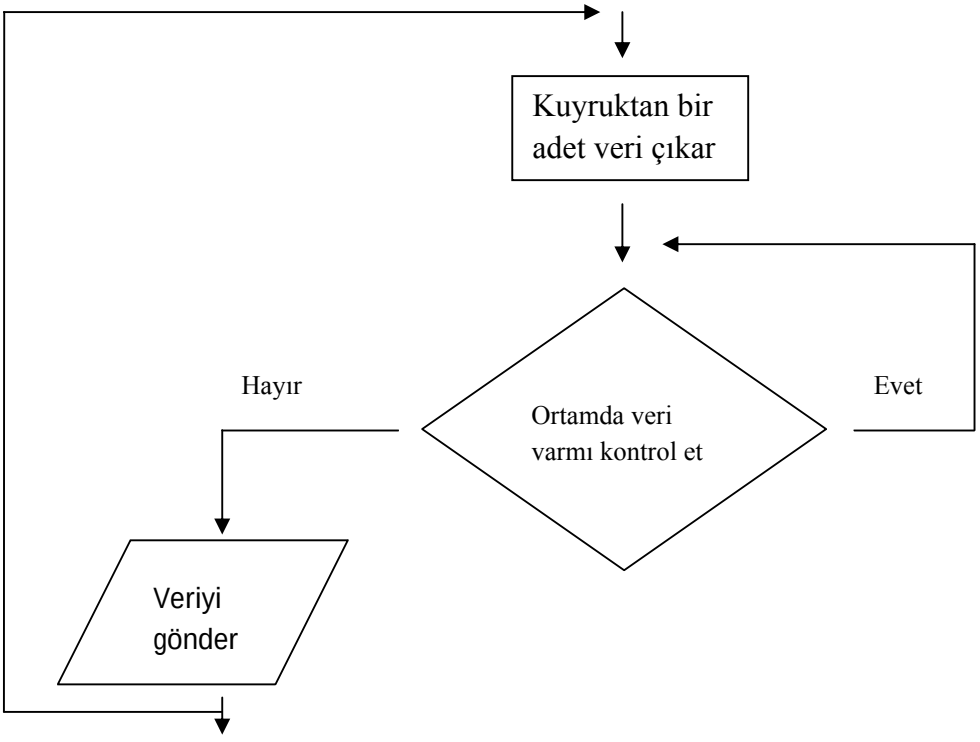
Şekil 3.23. Veri kuyruğunun yapısı.

Sensörlerden gelen her bir veri kuyruğa aktarılmaktadır. Sensörlerin okunma zamanlaması ise zamanlayıcılar kullanılarak yapılmaktadır. Belirli zaman aralıklarıyla sensörler okunarak veriler kuyruğa aktarılmaktadır. Şekil 3.24.'de sensörlerden gelen verilerin kuyruğa aktarılma şeması verilmiştir.



Şekil 3.24. Sensörlerden gelen verilerin kuyruğa aktarılması.

Verinin gönderilmesi ise diğer işlemlere paralel olarak yapılmaktadır. Şekil 3.25.'te verinin gönderilmesinde dair şema verilmiştir.



Şekil 3.25. Verinin diğer sensörlere veya baz istasyonuna gönderilmesi.

Verinin alınması USART arayüzü kullanılarak yapılmaktadır. Veri akışı kesmelerle kontrol edilmektedir. Kesme vasıtasıyla gelen veri gönderim için kuyruğa aktarılmaktadır.

3.9.1.1. Ortam erişim protokolü(MAC)

Ortam erişim protokolü olarak TRAMA(Traffic-adaptive medium access protocol) kullanılmıştır. Bu protokolde birlikte ya da farklı zamanlarda iletişime başlayan sensörler birbirlerinin ortam erişimlerini bekleyerek senkronize olurlar. Ve herhangi bir kısıtlama olmadan ortam boş olduğunda sensörler ortama erişirler(Karl ve Willig, 2005).

3.9.1.2. Yönlendirme protokolü

Yönlendirme protokolü olarak Flooding algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmaya göre bir sensör düğümünden çıkan veri tüm sensörlere ulaşacaktır. Her bir sensör kendi verisini bir defa gönderebildiğinden dolayı veri tüm sensörlere ulaştığında ağdaki yolculuğu sona erer(Karl ve Willig, 2005).

3.9.1.3. Sayısal veriler

Yazılan programın mikrodenetleyici hafızasında ne kadar yer kapladığı gibi bilgiler çizelge 3.16.'da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Programın mikrodenetleyici hafızasında kapladığı alan.

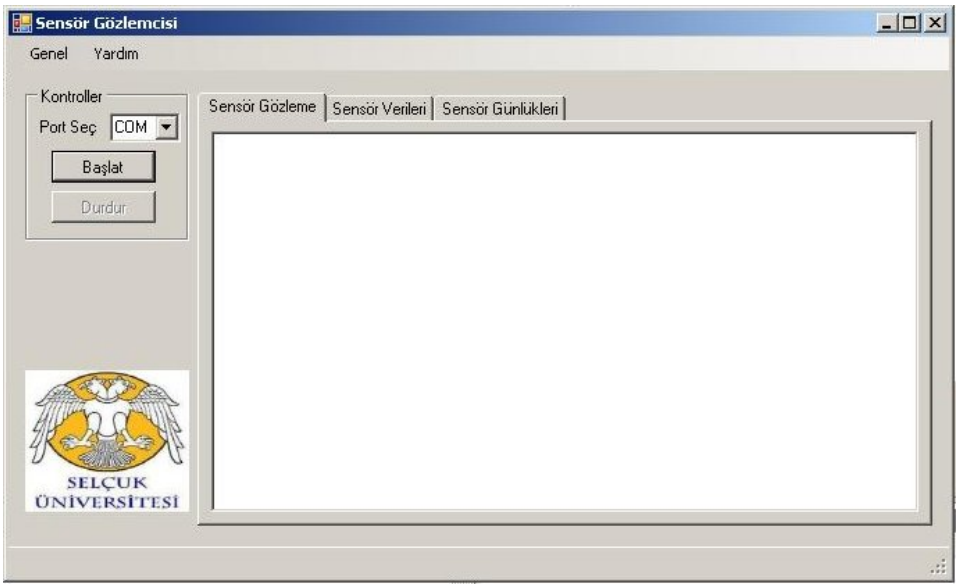
	Kullanılan	Toplam	%
Program hafızası	C35h(3125)	10000h byte	%4.8
Veri hafızası	C16h(3094)	F80h byte	%78.0
EEPROM	0h	400h byte	%0.0

3.9.2. USB arayüz yazılımı

USB veri iletişimi bir tarafta bilgisayar, diğer tarafta FT232BL entegresi olmak üzere FT232BL entegresi üzerinden yapılmaktadır. FT232BL entegresi ile mikrodenetleyici kendi aralarından USART arabirimi üzerinden haberleşmektedir.

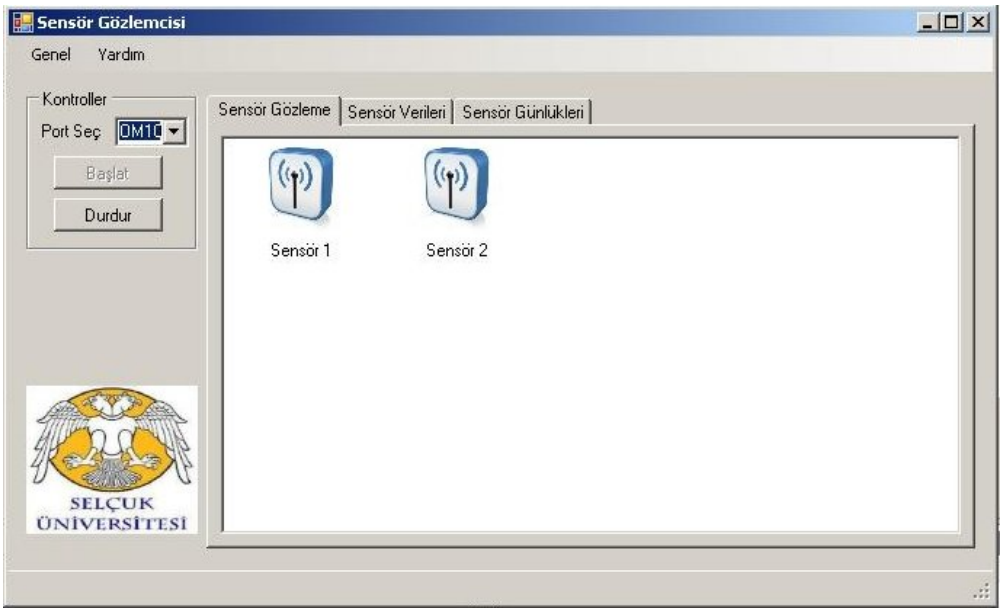
FT232BL ile bilgisayar arasından veri iletişimi ise firmanın kendi sunmuş olduğu sürücü yazılım vasıtasıyla yapılmaktadır. Sürücüsü yüklendikten sonra FT232BL kendisine boş bir COM port bularak yerleşir ve herhangi bir seri port olarak herhangi bir programlama dilinden erişilebilir hale gelir.

3.9.3. Sensör gözlem yazılımı



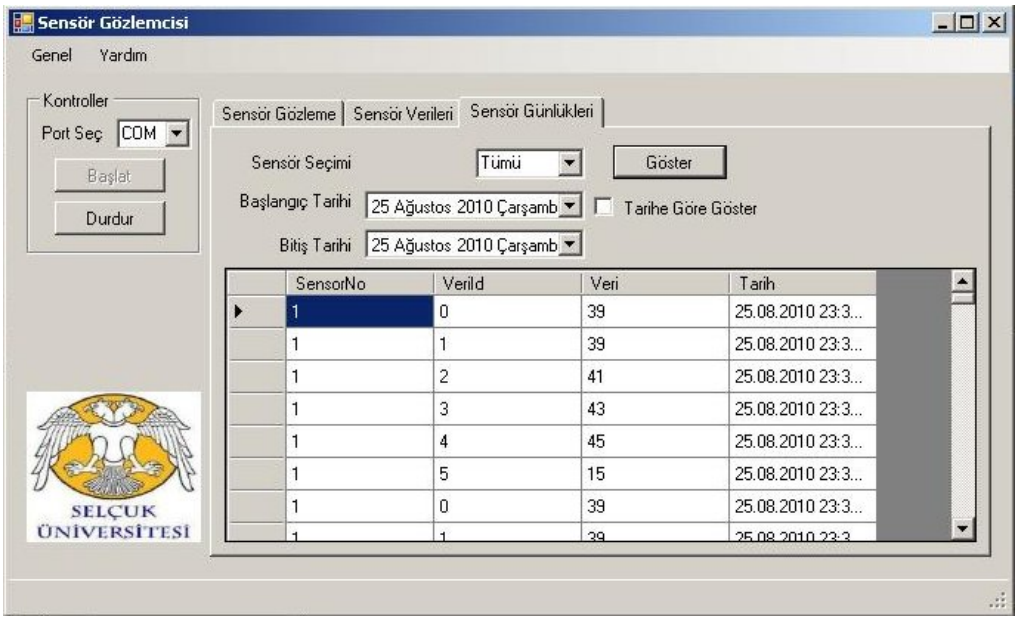
Şekil 3.26. Sensör gözlem yazılımı.

Kablosuz sensör ağlarında pek çok uygulamada sensör düğümleri üzerinde herhangi bir görüntüleme birimi bulunmaz. Ancak uygulamaların tamamında verilerin görüntülenmeye ihtiyacı vardır. Çalışmamızda Microsoft Visual Studio üzerinde ve C# dilinde ağın gözlenmesi için bir uygulama geliştirilmiştir. Şekil 3.26'da geliştirilen uygulamanın arayüzü görülmektedir.



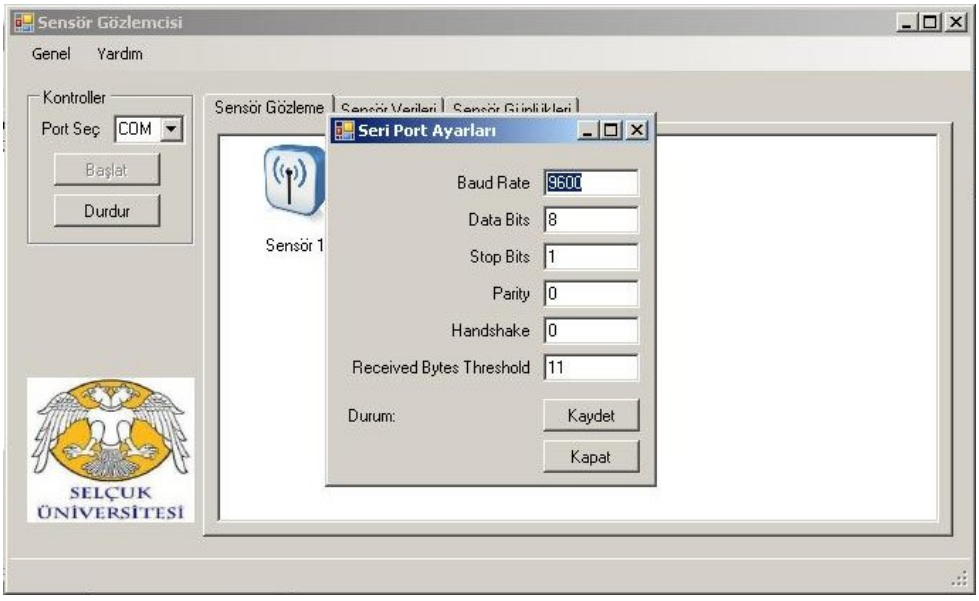
Şekil 3.27. Ağa bağlı bulunan sensörlerin uygulamadaki görüntüsü.

Şekil 3.27'de ağa bağlı olan sensörler görülmektedir.



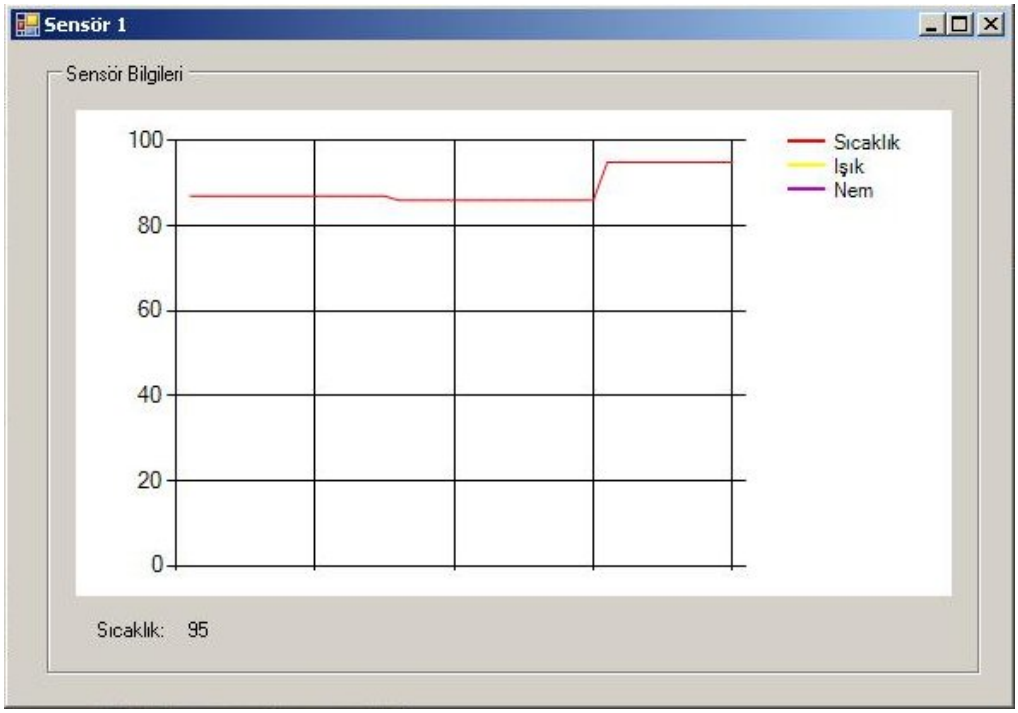
Şekil 3.28. Uygulama günlükleri.

Sensörlerden alınan veriler xml dosyaları halinde kayıt altına alınıp görüntülenebilmektedir. Şekil 3.28'de xml dosyalarına kaydedilen veriler görülmektedir.



Şekil 3.29. Seri port ayarları.

Seri iletişim ile ilgili ayarlar program içerisinde sonradan da yapılabilmektedir ve bu ayarlar xml dosyalarında saklanır ve her açılışta yeniden ayar gerektirmez. Şekil 3.29'da bahsedilen ayarlar görülmektedir. Şekil3.30'da ise sensörden gelen veri ve grafiği görülmektedir.



Şekil 3.30. Sensör verilerinin grafik ve yazı ile gösterimi.

3.10. Kablosuz Sensör Düğümü Örnek Uygulama Alanı

3.10.1. Zirai don uyarı sistemi

Don olayı bitkisel üretimi olumsuz olarak etkileyen en önemli doğal afetlerden birisidir. Özellikle ilkbahar geç donları meyve ve sebze üretimde ciddi zarara yol açmaktadır. Don olayının önceden tahmini üretim açısından hayati önem taşımaktadır(Şimşek ve ark., 2010).

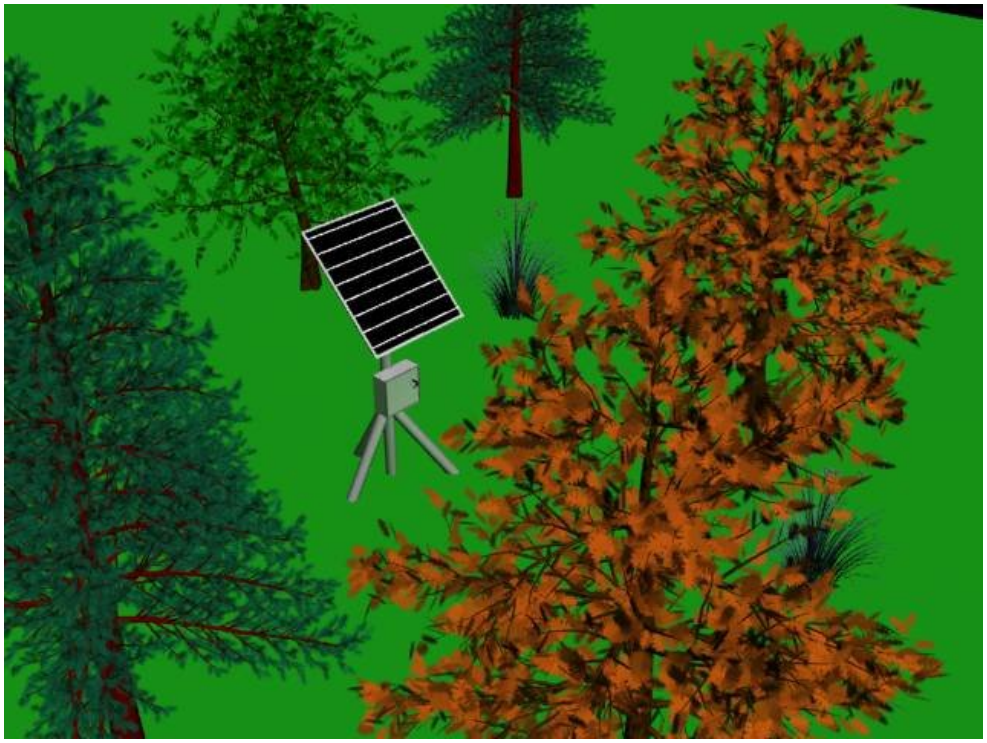
Tarımla uğraşan kişilerin, don gibi meterolojik olayları önceden tahmin edebilmesi onlara önceden bir takım önlemler alabilmesi için zaman sağlar.

Bu ölçümler kablolu ya da kablosuz pek çok yöntemle ölçülebilir. Ancak bu yöntemlerin hem ekonomik hem de uygulanabilirlik açısından değerlendirilmesi gerekir. Kablolu yöntemlerin pek çoğu tarımsal arazi kullanımına uygun değildir. Kabloların yer altından ya da yer üstünden döşenmesi maliyetli olacak ve sabit konumlu bir sistem olacaktır.

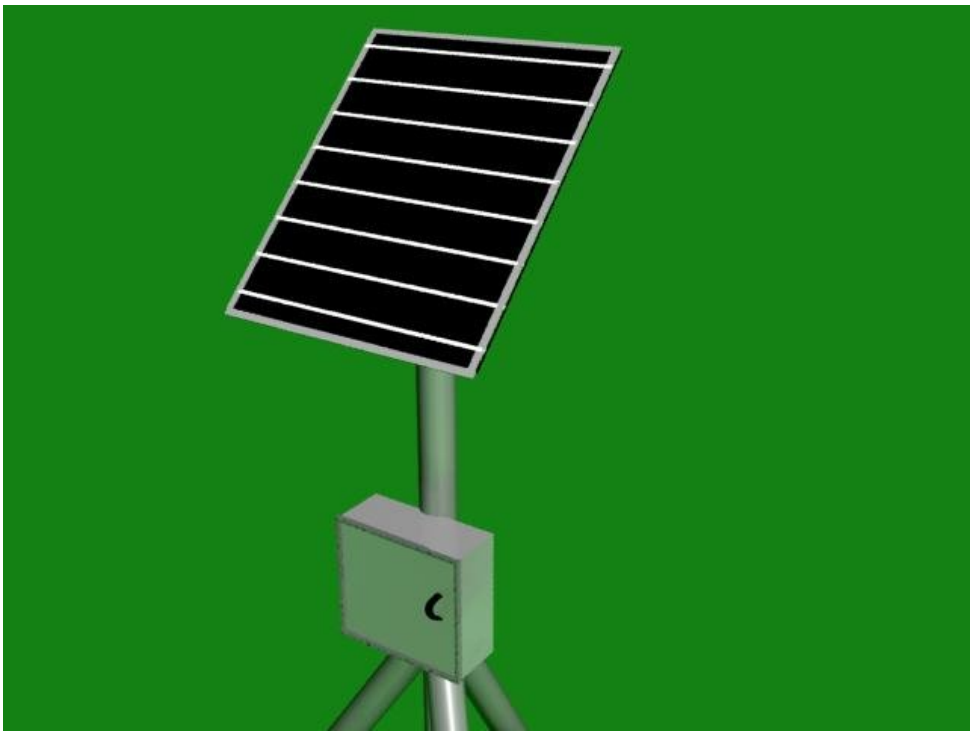
Kablosuz yöntemler günümüzde en yaygın sistemlerdir ve çok çeşidi bulunmaktadır. Bu çeşitlerden bir tanesi de kablosuz sensör ağları teknolojisinin kullanıldığı sistemlerdir.

Kablosuz sensör ağlarını eğer enerji problemine iyi bir çözüm bulunabilirse zirai don uyarı sisteminde kullanmak en mantıklı çözüm olacaktır. Kablosuz sensör düğümlerinin kullanıldığı bu sistemde ne veri için ne de elektrik için herhangi bir kablo kullanılmayacaktır. Bazı kablosuz sistemlerde olduğu gibi pahalı iletim direklerine de ihtiyaç duyulmayacaktır.

Tasarlanmış olan sensör düğümünün zirai don uyarı sisteminde kullanımı için şekil 3.31 ve şekil 3.32'de görülen sistem düşünülmüştür.



Şekil 3.31. Zirai don uyarı sistemi

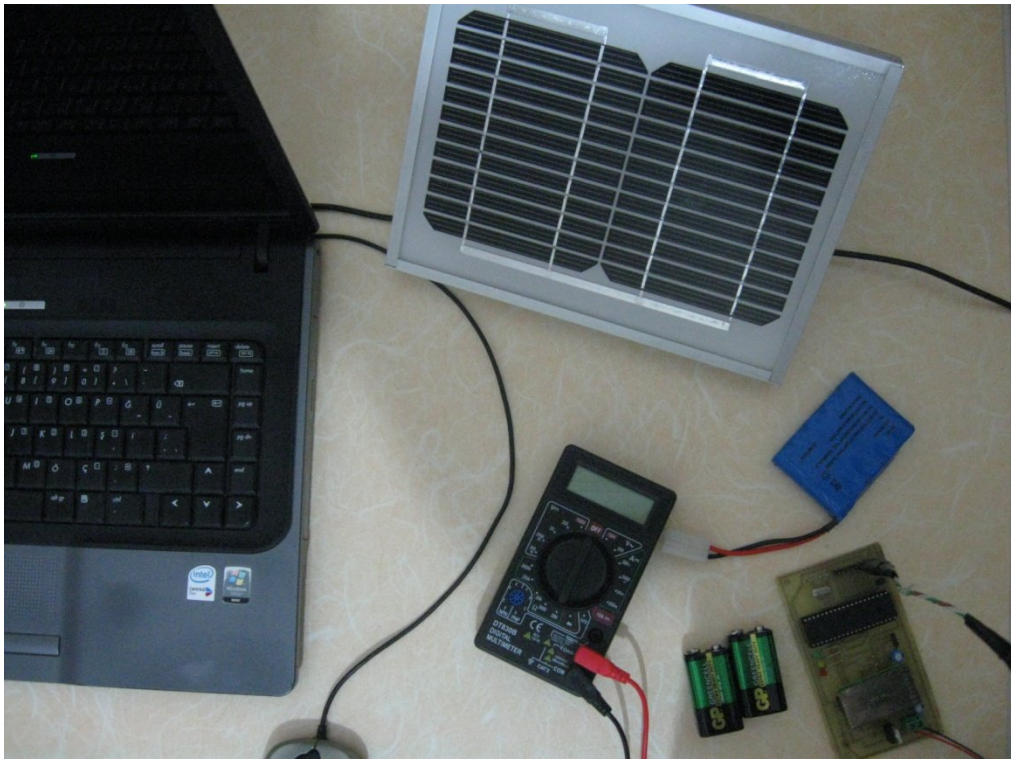


Şekil 3.32. Zirai don uyarı sistemi donanımı

Zirai don uyarı sistemi için tasarlanan sistem batarya + güneş enerjisinden oluşan sistemle beslenecektir. Tasarlanan sensör düğümünün çizelge 3.17'de görülen güç ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda 2000 mAh'lik bir batarya ile minimum 50 saat sistem çalışabilecektir. Sisteme entegre edilecek olan 3W'lık bir güneş paneli yardımıyla batarya şarj edilecek olursa sistem 7/24 ayakta tutulabilir. Şekil 3.33'te kullanılabilecek batarya ve güneş paneli görülmektedir.

Çizelge 3.17. Tasarlanan sensör düğümünün güç ihtiyacı.

Parametreler	Tasarlanan Düğüm
Mikrodenetleyici	PIC18F4620
Aktif Mod(mA)	10
Uyuma Modu(µA)	7(mA)
Tx(mA)	40
Rx(mA)	13
Besleme Voltajı(V)	3
Veri Hızı(kbps)	9.6
Tx Çıkış Gücü(dBm)	10.00
Tx Giriş Gücü/Tx Çıkış	5.00
Rx hassasiyet(dBm)	-107.00



Şekil 3.33. Don uyarı sistemini destekleyebilecek enerji kaynakları.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada yazılımsal ya da donanımsal pek çok birim bulunduğundan bunları ayrı ayrı ele alıp değerlendirmek gerekir. Çalışmanın donanımsal kısımları aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Mikrodenetleyici
- Kablosuz iletişim birimi
- Sensörler
- Güç ünitesi
- USB arayüz
- Genişleme yuvası

Çalışmanın yazılımsal kısımları aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Mikrodenetleyici yazılımı.
- Sensör izleme yazılımı

4.1. Mikrodenetleyici

Çalışmada kullanılan mikrodenetleyici, Microchip firmasına ait olan 18F4620 mikrodenetleyicisidir. Bu mikrodenetleyici 4 KB RAM ve 64 KB ROM'u ile uygulamamızın her türlü hafıza ihtiyacını karşılamıştır. Buna ek olarak kullanılmasa dahi 1 KB'lık EEPROM'u da hazırda beklemektedir. Barındırdığı USART arabirimi vasıtasıyla seri iletişim rahatlıkla gerçekleştirilebilmiştir. Dahili ADC vasıtasıyla da gerek duyulduğunda analog veriler dijitale çevirilebilmiştir. Güç harcamalarına bakıldığında ise diğer mikrodenetleyicilerle karşılaştırıldığında oldukça iyi durumdadır. Sonuç olarak diğer sensör düğümlerinde kullanılan mikrodenetleyiciler ile karşılaştırıldığında 18F4620 mikrodenetleyici böyle bir uygulamayı başarabileceğini göstermiştir.

4.2. Kablosuz İletişim Birimi

Çalışmamızda kullanılan kablosuz iletişim birimi, UDEA firmasına ait olan UFM-M11 alıcı-verici birimidir. 9.6 Kbps bant genişliğine sahip ve 434 Mhz frekansında çalışmaktadır. Frekans olarak bu ISM bandında çalışan başka sensör düğümleri de mevcut ve herhangi bir sorun çıkmamaktadır. Ancak 9.6 Kbps'lik veri iletişimi böyle bir uygulama için yetersiz gelmektedir. Buna ek olarak iki veri arasında bırakılması gereken(300+paketBoyutu*2 ms) zaman dilimi de iletişimi yavaşlatan bir başka etkendir. Güç harcaması açısından bakıldığında ise diğer alıcı-verici birimlerle kıyaslandığında gayet iyi durumdadır. Genel olarak değerlendirildiğinde güç ihtiyacı az olsada bant genişliği yetersiz olduğundan ağda düğüm sayısı arttıkça daha da artacak olan senkronizasyon sorunlarına yol açacaktır.

4.3. Sensörler

Uygulamada sensörler değiştirilebilir parçalar olduğundan sensörlerin başarımı sistemin genelini çok fazla etkilemez. Yinede değerlendirmek gerekirse LM35 sıcaklık sensörü ve LDR az bir farkla doğru ölçüm yapabilmektedir. Çok hassas olmayan uygulamalar için yeterlidir. SHT11 sıcaklık ve nem sensörü ise oldukça hassas ölçüm yapabilmesiyle hem endüstriyel hem deney amaçlı uygulamalar için yeterlidir.

4.4. Güç Ünitesi

Sensör düğümünün tamamı tek bir LM317 regülatöründen beslenmiştir. Zaten çok az olan güç ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilmektedir.

4.5. USB Arayüz

Mikrodenetleyici ile PC arasındaki seri iletişimlerde, pek çok uygulamada RS232 arayüzü kullanılıyordu. Ancak son yıllarda çıkan PC'lerde RS232 arayüzü bulunmamaktadır. Bu yüzden neredeyse artık tüm cihazların PC'ye USB üzerinden bağlandığı günümüzde USB arayüzünün kullanılması oldukça yerinde olmuştur. Bunun için kullanılan FT232 USB-USART dönüştürücü arabirimi bu işi başarıyla gerçekleştirmiştir.

4.6. Genişleme Yuvası

Sensör düğümlerinde yerleşik olarak sensörler bulunsa da çok fazla sensör çeşidi bulunduğundan dolayı bir genişleme yuvasına her zaman ihtiyaç vardır. Tasarlanan sistemde 7 adet analog ya da dijital olarak ayarlanabilen veriyolu içeren bir genişleme yuvası vardır. Bu genişleme yuvası üzerinden istenirse ayrı ayrı sensörler bağlanılabileceği gibi istenirse bir sensör kartı tasarlanarak da sensörler bağlanabilir.

Tasarlanan genişleme yuvasının yerine daha gelişmiş bir genişleme yuvası da tasarlanabilirdi. Örneğin USART, I²C ve SPI gibi portlar da genişleme yuvasına dahil edilebilirdi.

4.7. Mikrodenetleyici Yazılımı

PIC-C ile tasarlanan mikrodenetleyici yazılımı, PIC-C'nin kolay tasarım araçları sayesinde ve C dili bilen birisi için sorun olmamaktadır. Bazı sensör düğümü ve işletim sistemleri için yine C dilinden türetilmiş olan NESC dili kullanılsa da PIC-C'de tüm işlemler için yeterli olmaktadır.

4.8. Sensör İzleme Yazılımı

Sensör izleme yazılımının geliştirilebilmesi için üst seviye dillerden herhangi biri kullanılabilir. Yapılan çalışmada günümüzün en çok kullanılan dillerinden biri olan C# dili kullanılmıştır. C#'ın pek çok dilde olmayan seri iletişim kütüphanesi vasıtasıyla seri iletişim kolay bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Uygulamada kullanılan diğer öğeler ise tüm dillerde standart olarak bulunan rutin işlemlerdir. Genel olarak bakıldığında C#, belkide bu iş için en uygun dil ve Microsoft Visual Studio'da en uygun uygulama geliştirme ortamıdır.

4.9. Sensör Düğümü Güç Karşılaştırmaları

Çizelge 4.1. Platform karşılaştırması.

Parametreler	EnOcean TCM	Crossbow Mica 2	Telos	Tasarlanan Düğüm
Mikrodenetleyici	PIC18F452	ATMEL 128 L	TI MSP 430	PIC18F4620
Aktif Mod(mA)	13.40	8.90	1.70	10
Uyuma Modu(µA)	8.00	27.70	3.30	7(mA)
Tx(mA)	9.90	15.50	19.40	40
Rx(mA)	15.80	10.70	21.10	13
Besleme Voltajı(V)	4.75	2.70	1.80	3
Veri Hızı(kbps)	120.00	38.40	250.00	9.6
Tx Çıkış Gücü(dBm)	10.00	5.00	0.00	10.00
Tx Giriş Gücü/Tx Çıkış	4.70	13.23	34.92	5.00
Rx hassasiyet(dBm)	-95.00	-98.00	-94.00	-107.00

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Başlangıçta da anlatıldığı gibi kablosuz sensör ağları, çeşitli sebeplerden dolayı günümüzde yeterli ilgiyi görememektedir. Tabi ki bu ilgisizlik kablosuz sensör ağlarında kullanılan sensör düğümlerinin kapasite ve maliyet sorunlarından kaynaklanmaktadır. Bu sorunlar aşıldıktan sonra hayatımızın neredeyse tamamında kablosuz sensör düğümlerini kullanmaya başlayacağız.

Çalışmamızda en büyük iki soruna da çare bulunmaya çalışılmıştır. Maliyet açısından değerlendirildiğinde bu iş için uygun olan, piyasada kolayca bulunabilen düşük maliyetli devre elemanları kullanılmıştır.

Kapasite açısından değerlendirildiğinde pek çok mikrodenetleyici ya da kablosuz iletişim birimi işlem kapasitesi bakımından yeterlidir. Ancak bu birimlerin sensör düğümlerinde kullanılabilmeleri için en az miktarda güç harcamaları gerekmektedir.

Kablosuz alıcı-verici birimleri kapasite açısından değerlendirmek gerekirse, sensör düğümündeki en çok enerji harcayan elemanlar olarak henüz mevcut pil batarya vb. güç kaynaklarıyla çok uzun süreler idare edebilecek bir birim geliştirilememiştir.

Güç kaynağı yönünden değerlendirmek gerekirse hayatın her alanında pil ve bataryalar kullanılmakta ancak depolama kapasiteleri yetersiz gelmektedir.

Gelecekte yapılacak olan sensör düğümünde bu tasarımdan öğrenilen pek çok unsur göz önünde bulundurulacaktır.

Gelecek sensör düğümü çalışmasında bu çalışmada yer almayan, sensör kartı tasarlanacaktır. Sensör kartı tasarımında uygulama bazlı çalışılacatır. Yani sensör düğümü bir sulama sisteminde kullanılacaksa kartın üzerinde nem, sıcaklık, rüzgar hızı ve su seviye sensörü gibi sensörler bulunacaktır. Kart üzerine bir adet düşük güç tüketimli mikrodenetleyici yerleştirilerek seri iletişim ve sensörlerin okunması işlemleri bu mikrodenetleyiciye yaptırılacaktır. Sensör kartı, sensör düğümüne genişleme yuvası üzerinden bağlanacaktır.

Gelecek çalışmada üzerinde durulacak olan bir diğer olguda kablosuz alıcı-verici birimdir. Kullanılacak olan birim IEEE 802.15.4 Zigbee standardını destekleyecektir. Bu sayede hem daha hızlı veri aktarımı yapılabilecek hem de diğer seri üretim sensör düğümleri ile ortak çalışılabilecektir.

İkinci çalışmada üzerinde durulacak olan bir diğer husus ise kullanılan entegrelerin paket yapılarının TQFP yapısı gibi daha küçük paket yapılarında olmasına dikkat edilerek daha küçük boyutlu sensör düğümü tasarlanmaya çalışılacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2010, Bluetooth, http://tr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth[Ziyaret Tarihi: 05.09.2010].

Anonim, 2010, 3Cmobil telemetri sistemleri, http://3cmobil.com/TelemetriSistemleri.aspx[Ziyaret Tarihi: 05.09.2010].

Anonymous, 2010, Network/ wireless network/ mobile devices network/ wireless sensor network and network equipments, http://nishantha4u.blogspot.com/[Ziyaret Tarihi: 05.09.2010].

Anonymous, 2010, Cds photoconductive cell photoresistor LDR, http://www.made-in-china.com[Ziyaret Tarihi: 07.09.2010].

Anonymous, 2010, Wireless sensor networks, http://www.xbow.com/index.html[Ziyaret Tarihi: 07.11.2010].

Anonymous, 2010, An ınterdisciplinary program, http://www.princeton.edu/eeb/gradinitiative/decisionmaking/[Ziyaret Tarihi: 07.11.2010].

Anonymous, 2010, Custom sensors[online], http://www.smdsensors.com/custom-sensors.php[Ziyaret Tarihi: 27.08.2010].

Akkaya, K., Younis, M., 2003, A survey on routing protocols for wireless sensor networks, *Ad hoc networks 3 (2005)*, Baltimore-USA, 325-349.

Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Çayirci, E., 2002, A Survey on Sensor Networks, *IEEE Communications Magazine,* 0163-6804/02, 103-114.

Al-Karaki, J. N., Kamal, A. E., 2004, Routing Technics in Wireless Sensor Networks: A Survey, *IEEE Wireless Communications*, 1536-1284/04, 14-15.

Ammar, Y., Buhrig, A., Marzencki, M., Charlot, B., Basrour, S., Matou, K., Renaudin, M., 2005, Wireless sensor network node with asyncronous architecture and vibration harvesting micro power generator, *Joint sOc-EUSAI conference*, Grenoble-France.

Aslan, Ş. Ş., 2006, Computer controlled robot car, *Instıtute Of Natural And Applıed Scıences Unıversıty Of Cukurova,* Adana, 24-36.

Beutel, J., 2006, Metrics for sensor network platforms, *REALWSN'06*, Uppsala-Sweden.

Ceylan, O., Sümbüllü, D., 2007, Telsiz sensör ağlarında konum belirleme, *KONTROL,1,3-5.*

Chang, K., 2000, RF and microwave wireless systems, ISBNs: 0-471-35199-7, *John Wiley & Sons, Ltd.*

Çakıroğlu, M., 2010, Kablosuz algılayıcı ağlar, http://www.muratc.sakarya.edu.tr/index-10.html[Ziyaret Tarihi: 04.09.2010].

Çetin, Y., 2008, Demiryollarında ATC ve ATO sistemler, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Malatya, 37-100.

Çimen, Ç., 2002, Yaklasan Teknoloji: Sensör Ağlar[online], http://www.teknoturk.org/docking/yazilar/tt000112-yazi.htm[Ziyaret Tarihi: 0 8.11.2010].

Future Technology Devices Intl. Ltd., 2005, FT232BL USB UART (USB - Serial) I.C.[online], http://www.ftdichip.com[Ziyaret Tarihi: 30.08.2009].

Gans, J. S., King, S. P., Wright, J., 2005, Wireless communications, ISBN: 0444514236, *Handbook of Telecommunications Economics, Volume 2.*

Gerhke, J., Calimlim, M., Fung, W. F., Sun, D., 2010, Cougar Design and Implementation[online], http://www.cs.cornell.edu/boom/2002sp/ extproj/www.cs.cornell.edu/database/cougar/cougardesigndoc.pdf [Ziyaret Tarihi:13.12.2010].

Hovasapian, K., Agarwal, N., 2004, A low power modular wıreless sensor network, *Department of Electrical and Computer Engineering University of Nevada,* Las Vegas-USA, 5-39.

Kalaycı, T. E., 2009, Kablosuz sensör ağlar ve uygulamaları, *Akademik Bilişim 2009*, Şanlıurfa, 197.

Karasulu, B., Toker, L., Korukoğlu, S., 2009, Zigbee 802.15.4. standardı temelli kablosuz algılayıcı ağları, *Inet-Tr 2009*, Bornova-İzmir.

Karl, H., Willig, A., 2005, Protocols and architectures for wireless sensor networks, ISBN: 0-470-09510-5, *John Wiley & Sons, Ltd.*

Kini, A., Veeraraghavan, V., Weber, S., 2004, Fast and efficient randomized Flooding on lattice sensor networks*, the 3rd International Symposium on Modeling and Optimizaton in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks(WiOpt)*, Philadelphia-USA.

Kiremitçi, A. F., 2007, PIC18f4550 mikrodenetleyicisi ile Usb-pc veri aktarım arabirimi gerçeklenmesi, Yüksek lisans, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Erzurum, 3-58.

Körber, H. J., Wattar, H., Scholl, G., Heller, W., 2005, Embedding a Microchip PIC18F452 based commercial platform into TinyOS, *REALWSN'05*, Stocholm-Sweden.

Lee, J. S., Huang, Y. C., 2006, ITRI ZBnode: A ZigBee/IEEE 802.15.4 Platform for Wireless Sensor Networks, *2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics October 8-11*, Taipei-Taiwan, 15 – 20.

Lewis, F. L., 2004, Wireless sensor networks, *To appear in Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications*, New York-USA.

Li, Y., Newe, T., 2006, Wireless sensor networks– selection of routing protocol for applications, *The 5th workshop on the internet, telecommunications and signal processing*, Hobart-Australia.

Lo, B., Yang, G. Z., 2005, Architecture body for sensor networks, *Conference or workshop paper perspective in pervasive computing*, London-England, 23-28.

Lorincz, K., Chen, B. R., Challen, G. W., Chowdhury, A. R., Patel, S., Bonato, P., Welsh, M., 2009, Mercury: A wearable sensor network platform for high-fidelity Motion analysis, *SenSys'09*, CA-USA.

Lynch, C., O'Reilly, F., 2004, PIC based sensor operating system, *Irish signals and systems conference 2004*, Belfast-Ireland, 237.

Lynch, C., O'Reilly, F., 2005, Processor choice for wireless sensor networks, *REALWSN'05*, Stocholm-Sweden.

Microchip Technology Inc, 2004, PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet[online], http://www.microchip.com[Ziyaret Tarihi: 29.05.2009].

National Semiconductor, 2000, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors[online], http://www.national.com[Ziyaret Tarihi: 07.09.2010].

National Semiconductor, 2010, LM317 3-Terminal Adjustable Regulator [online], http://www.national.com[Ziyaret Tarihi: 06.09.2010].

Ovalı, B., Uzun T., 2005, Bir radyo modem aracılığıyla kablosuz RS232 haberleşmesi, *11. Elektrik elektronik bilgisayar mühendisliği ulusal kongresi*, İstanbul, 243.

Sadagopan, N., Khrishnamachari, B., Helmy, A., 2003, The ACQUIRE mechanism for efficient querying in sensor networks, *Sensor Network Protocols and Applications*, Los Angales-USA, 149-155.

Sensiron the sensor company, 2005, SHT1X / SHT7X humidity & temperature sensor[online], http://www.sensiron.com[Ziyaret Tarihi: 18.09.2010].

Shah, R. C., Rabaey, J. M., 2002, Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks, *Wireless communications and networking conference*, CA-USA, 350-355.

Sunrom Technologies, 2008, Light dependent resistor-LDR[online], http://www.sunrom.com[Ziyaret Tarihi: 07.09.2009].

Suyabatmaz, B. B., 2006, Kablosuz veri iletimi için alıcı-verici geliştirme kartı tasarımı ve örnek bir uygulama, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü,* Gebze, 26-39.

Şimşek, O., Nadaroğlu, Y., Ayvacı, H., Zirai Don Uyarı Sistemi, *Uluslarası Katılımlı 1. Meteroloji Sempozyumu,* Ankara-Türkiye, 241-251.

UDEA Wireless Technologies, 2008, UFM-M11 modem modül ürün kılavuzu[online], http://www.udea.com.tr[Ziyaret Tarihi: 14.07.2009].

Uğurlu, İ., 2010, RF modül[online], http://www.udea.com.tr[Ziyaret Tarihi: 05.09.2010].

Welsh, M., 2005, CodeBlue: A wireless sensor network for medical care and disaster response, *Mobisys 2004 workshop on applications of mobile embedded systems (WAMES 2004)*, Massachusetts-USA.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ömer ÖZCAN
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Çumra-1984
Telefon : 5445445334
e-mail : oozcan42@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Çumra Cumhuriyet Lisesi, Çumra, KONYA	2003
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği	2007
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği	-
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-	Selçuk Üniversitesi Bozkır MYO	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Yazılım, gömülü sistemler.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Özsağlam, M. Y., Çunkaş, M., Özcan, Ö., Tongur, V., 2009, Optimizasyon Problemlerinin Çözümü İçin Elit Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması, *UMYOS'09*, Konya, 2653-2662.