

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YERALTI SİSTEMLERİ İÇİN KABLOSUZ HABERLEŞME
TABANLI AKILLI SENSÖR AĞI UYGULAMASI**

H. EMRE GÜNER

KOCAELİ 2014

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ




YERALTI SİSTEMLERİ İÇİN KABLOSUZ HABERLEŞME
TABANLI AKILLI SENSÖR AĞI UYGULAMASI

H. EMRE GÜNER

Prof. Dr. Cüneyt OYSU
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. H. Metin ERTUNÇ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 15.07.2014

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, son yıllarda sıklıkla meydana gelen maden kazalarının azaltılması ve iş güvenlik şartlarının artırılması için yeraltı sistemlerinde uygulanabilecek kablosuz haberleşme tabanlı akıllı sensör ağı uygulaması yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca akademik anlamda gösterdiği destek ve çalışmalarım süresince gösterdiği yakın ilgisi ve sabrı için değerli danışmanım ve hocam Prof. Dr. Cüneyt OYSU' ya teşekkür ederim. Ayrıca, kıymetli bilgilerini yüksek lisans tez çalışmamın başından sonuna kadar paylaşarak destek veren çalışma arkadaşlarıma ve değerli hocalarıma yapmış olduğu yardımlardan dolayı teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans tez dönemim boyunca yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Melih KUNCAN, Murat AMBARKÜTÜK ve PLC ve Tasarım Laboratuvarı çalışanlarına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak hayatım boyunca desteklerini bir an olsun esirgemeyen ve beni bugünlere getiren annem, babam ve ablama sonsuz minnet duygularımı sunarım. Onların destekleri ve duaları olmadan hayatta başarılı olabilmem imkânsız olurdu. Bu tez çalışması, ekmeğini yerin yüzlerce metre altından çıkarmak için maden ocaklarında çalışan tüm maden emekçilerine ithaf olunur.

Temmuz – 2014

Hüseyin Emre GÜNER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	4
1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Motivasyonu	8
1.2. Literatürde Yapılan Çalışmalar	8
2. ZİGBEE HABERLEŞME PROTOKOLÜ	16
2.1. ZigBee Ağlarının Karakteristik Yapısı.....	18
2.2. ZigBee Cihazlarının Özellikleri	19
2.3. ZigBee Topolojileri	21
2.3.1. Yıldız topolojisi	21
2.3.2. Ağaç topolojisi.....	22
2.3.3. Örgü topolojisi.....	23
2.4. Uç Birim Adresleri	24
2.5. ZigBee Ağ Katmanları.....	25
3. DIGIMESH AĞ YAPISI VE DÜĞÜMLERİ.....	27
3.1. Uyku Modülü	27
3.1.1. XBee modülleri.....	28
3.1.2. XBee seri 1	28
3.1.3. XBee seri 2	28
4. SİSTEMDE KULLANILAN SENSÖRLER VE KARTLAR.....	30
4.1. Sistemde Kullanılan Algılayıcılar	30
4.1.1. Oksijen sensörü.....	30
4.1.2. Karbondioksit sensörü.....	31
4.1.3. Karbonmonoksit sensörü.....	31
4.1.4. Metan gazı sensörü	32
4.2. Mikroişlemci Kartı	32
4.3. XBee Cihazlarının Haberleştirilmesi.....	33
4.3.1. XBee bağlantısının kurulması	33
4.4. XBee Cihazlarının Haberleştirilmesi.....	35
5. KABLOSUZ SENSÖR AĞININ KURULMASI	38
5.1. Raporlama Sistemi	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	52
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Taş kömürü ve linyit kömürü maden ocaklarındaki ölüm oranları.....	5
Şekil 1.2.	ATEKS kalite belgesi.....	7
Şekil 1.3.	Araç park yerinin kablosuz olarak belirlenmesi	9
Şekil 1.4.	Şehir hava kirlilik oranının kablosuz olarak belirlenmesi	10
Şekil 1.5.	Şehir içi otobüs trafiğinin kablosuz olarak belirlenmesi	10
Şekil 1.6.	ATMega kontrol devresi.....	11
Şekil 1.7.	Maden ocakları için tasarlanmış kontrol kartı	12
Şekil 1.8.	Kablosuz kontrol kartları	12
Şekil 1.9.	Doğadaki zebraların kablosuz olarak izlenmesi.....	13
Şekil 1.10.	Tıp uygulaması.....	14
Şekil 1.11.	Kablosuz sensör ağ yapısı.....	15
Şekil 2.1.	ZigBee ailesi	17
Şekil 2.2.	Kablosuz alıcı-verici bağlantı şeması.....	20
Şekil 2.3.	Yıldız topolojisi bağlantı şeması.....	22
Şekil 2.4.	Ağaç topolojisi bağlantı şeması	23
Şekil 2.5.	Örgü ağ yapısı	24
Şekil 2.6.	ZigBee katmanının yapısı	26
Şekil 3.1.	DigiMesh ağ yapısı.....	27
Şekil 3.2.	XBee serileri	28
Şekil 4.1.	Oksijen sensörü	30
Şekil 4.2.	Karbondioksit sensörü.....	31
Şekil 4.3.	Karbonmonoksit sensörü	31
Şekil 4.4.	Arduino uno kartı	32
Şekil 4.5.	XBee deney kartı.....	33
Şekil 4.6.	XBee ara yüzü.....	34
Şekil 4.7.	XBee bağlantı şeması	35
Şekil 4.8.	Arduino Programı.....	36
Şekil 4.9.	XBee ve Arduino bağlantı şeması.....	36
Şekil 5.1.	Sistemin ara yüz ekranı.....	39
Şekil 5.2.	DigiMesh ağ yapısı.....	40
Şekil 5.3.	Tasarımı yapılan modüller	41
Şekil 5.4.	Gelen veriler.....	41
Şekil 5.5.	Veri tabanı.....	42
Şekil 5.6.	Düğüm seçilmiş sistem.....	43
Şekil 5.7.	Anlık takip ekranı.....	44
Şekil 5.8.	Anlık ekran bilgisi.....	45
Şekil 5.9.	Raporlama sistemi	45
Şekil 5.10.	Anlık raporlama sistemi.....	46
Şekil 5.11.	Tüm düğümlerin raporlanma sistemi	47
Şekil 5.12.	Veri tabanı.....	47

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Ülkelere göre değişen maden kazası oranları	5
Tablo 2.1. Kablosuz ağ protokollerinin özellikleri.....	19
Tablo 3.1. ZigBee ağ yapısında kullanılan frekans bantları.....	25
Tablo 4.1. XBee serilerinin özellikleri.....	29

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

A : Akım, (A)
V : Gerilim, (V)

Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliği
APL : Application Layer (Uygulama Katmanı)
ATEKS : Alev Sızdırmazlık Belgesi
EEPROM : Electronically Erasable Programmable Read Only Memory (Elektronik Olarak Silinip Programlanabilinir Salt Okunur Bellek)
FFD : Full Function Device (Tam Çalışma Modu)
GHz : Gigahertz
GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
KB : Kilobayt
KSA : Kablosuz Sensör Ağı
MAC : Media Access Control (Denetim Katmanı)
MHz : Megahertz
NWK : Network Layer (Ağ Katmanı)
PDF : Portable Document Format (Taşınabilinir Belge Biçimi)
PHY : Physical Layer (Fiziksel Katman)
PPM : Part Per Million (Milyonda Bir Birim)
PWM : Pulse Width Modulation (Sinyal Genişlik Modülasyonu)
RFD : Reduced Function Device (İndirgenmiş Çalışma Modu)
SRAM : Static Random Access Memory (Durağan Rastgele Erişimli Bellek)
WIFI : Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)
WLAN : Wireless Local Area Network (Kablosuz Yerel Alan Ağı)

YERALTI SİSTEMLERİ İÇİN KABLOSUZ HABERLEŞME TABANLI AKILLI SENSÖR AĞI UYGULAMASI

ÖZET

Gelişen teknolojiyle beraber birçok alanda yeniliklere ve yeni uygulamalara ihtiyaç duyulmaya başlamıştır. Haberleşme teknolojilerinde de birçok yenilik meydana gelmiştir. Bu gelişmeler ve ilerlemeler sayesinde kablosuz haberleşme teknolojisi de bu kapsamda birçok uygulamada kullanılmaktadır. Günümüzde, izleme ve takip uygulamalarında kullanılan bu teknoloji ile tarımdan endüstriye endüstriden savunma sanayine kadar birçok alanda hayatı kolaylaştıracak uygulamalar yapılmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında, ülkemizde sıklıkla meydana gelen maden kazalarının önlenmesi ve maden ocaklarında ortamda bulunan gaz verilerinin takibinin yapılması için kablosuz haberleşme teknolojisinden faydalanılmıştır. Yeraltı sistemleri için DigiMesh ağ yapısı kullanılarak kurulan kablosuz sensör ağı ile verilerin internetten takibi ve kontrolü sağlanmıştır. Böylece kullanıcılar sistemin takibini yaparak olası tehlike anında uyarı yollayabilmekte ve internet ortamından izleme ve kontrol yapabilmektedirler. Sonuç olarak yapılan bu çalışma sayesinde, maden ocaklarında kazaların minimuma indirilmesi ve çalışma ortamında yaşanacak olumsuzlukların giderilmesi adına kablosuz haberleşme tabanlı akıllı sensör ağı kurulmuştur.

Anahtar Kelimeler: DigiMesh, Kablosuz Haberleşme, Sensör Ağları.

WIRELESS COMMUNICATION BASED INTELLIGENT SENSOR NETWORK APPILCATION FOR UNDERGROUND SYSTEMS

ABSTRACT

Developments of the technology force the need of innovations and new applications. As parallel to this situation, communication technologies also experience the same phenomenon. Thanks to those innovations and improvements, wireless communication technology finds itself usage in many applications in that scope. Today, wireless technologies used in monitoring and tracking applications, make life's easier and utilize many industries such as agriculture, automotive and defense. In this thesis, the main focus is to use wireless technologies for monitoring gas data in the mine to prevent mining accidents. Wireless sensor network by using DigiMesh network topology ensures the data tracking and control via internet. In this way, users are able to track and control the instant cases and send early warnings in the event of dangerous situations. As a consequence, wireless communication based intelligent sensor network developed during in this thesis work may be used for minimizing mining accidents and resolving negations in work environment.

Keywords: DigiMesh, Wireless Communication, Sensor Networks.

GİRİŞ

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler neticesinde birçok alanda yenilikler ve gelişmeler meydana geldiği gibi haberleşme yöntemlerinde ve standartlarında da önemli gelişmeler ve yenilikler meydana gelmiştir. Bu kapsamda, bundan önce çeşitli uygulamalarda sıklıkla kullanılan kablolu iletişim modülleri maliyet, kurulum ve uzaklık gibi konulardaki dezavantajları yüzünden yerini zamanla kablosuz iletişim modüllerine bırakmıştır.

Gelişen teknoloji sayesinde kablosuz iletişim modülleri birçok uygulamada kullanılarak zaman ve maliyet açısından kolaylıklar sunmuştur. Kablosuz ağ yöntemlerini kullanarak belirli alanlardaki sıcaklık, basınç, nem vb. değerleri okuyup belirli bir merkeze iletilmesini sağlayan sensörlerin oluşturduğu yapı kablosuz sensör ağı (KSA) olarak adlandırılmaktadır. KSA'lar sayesinde ev otomasyonu, sulama, ışık şiddetinin kontrolü, uzaktan kontrol, medikal, yangın tespit sistemleri gibi birçok alanda uygulama yapılmakta ve bu uygulamalarda kablosuz sensör ağları kullanılmaktadır.

Kablosuz iletişim modüllerini kullanarak oluşturulan KSA'ların çalışmalarında, uygulamanın çeşidine göre farklı yapıda kablosuz ağ protokolleri kullanılmaktadır. WIFI (Wireless Fidelity) ve Bluetooth gibi kablosuz ağ yapılarının yanı sıra son yıllarda görüntüleme ve takip sistemlerindeki uygulamaların artması neticesinde getirmiş olduğu kolaylıklar ve kullanım avantajından dolayı ZigBee kablosuz ağ yapısı kullanılmaya başlanmıştır.

ZigBee kablosuz ağ yapısı gerek maliyet ve birçok ağ topolojilerini desteklemesi gerekse kurulum kolaylığından dolayı birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu alanların başında uzaktan kontrol ve takip uygulamaları gelmektedir. Yapılan bu çalışmada ise ilk önce ZigBee kablosuz ağ yapısının getirmiş olduğu kolaylıklar incelenmiştir. Uygulanacak olan sisteme DIGI firmasının bir ürünü olan XBee Seri 1 ürünlerinin desteklediği DigiMesh ağ yapıyla çalışan ürünler kullanılmıştır. DigiMesh ağ yapısı ise DIGI firmasının bu ağ yapısına uygun bir yazılım üretmesiyle ortaya

ıkan bir üründür. Bu ağ yapısı ZigBee ağ protokolüne göre sahip olduğu avantajlar neticesinde uzaktan takip uygulamalarında günümüzde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Bu tez alışması T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının Teknogirişim Sermayesi desteği ile desteklenmiştir. Bu proje 2012 yılında yapılan Teknogirişim proje başvuruları arasındaki yaklaşık 2500 proje içinde 280 adet destek almaya hak kazanmış projeden biridir. T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji bakanlığının vermiş olduğu 100 bin TL'lik hibe desteği sayesinde kurulan Robotik Maden Arge Otomasyon Teknolojileri şirketi bünyesinde yapılan çalışmalar neticesinde bu tez çalışması ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında kablosuz haberleşme sistemi kullanılarak yer altı sistemleri için akıllı kablosuz sensör ağı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamanın gerçekleştirilmesi için 9 adet kablosuz alıcı verici kullanılmış ve birbirileriyle haberleştirilmesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra gelen sensör verilerinin internetten gözlemlenmesi ve raporlama çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca sistem olası tehlike anlarında yollamış olduğu sinyaller vasıtasıyla çalışanların güvenliğini sağlamayı amaçlamıştır.

Bölüm 1'de yeraltı sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiş olup, kablosuz haberleşme teknolojisi kullanılarak yapılan uygulamalardan bahsedilmiştir. Ayrıca, izleme ve kontrol uygulamalarında sıklıkla kullanılan kablosuz ağ yapıları hakkında literatür araştırması yapılmıştır.

Bölüm 2'de kablosuz sensör ağı uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir ağ protokolü olan ZigBee ağ yapısından ve bu ağ yapısının çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir. Aynı zamanda, bu ağ yapısının desteklemiş olduğu ağ topolojileri incelenmiştir.

Bölüm 3'de ise DigiMesh ağ yapısının temel özelliklerinden ve sunmuş olduğu avantajlardan bahsedilmiştir. Ayrıca kurulacak olan kablosuz sensör ağ yapısında kullanılacak olan XBee'lerin temel özellikleri incelenmiştir.

Bölüm 4’de ise bu tez çalışması için yapılan, elektronik tasarım ve bilgisayar yazılımı detaylı olarak anlatılmıştır. Sensör ağlarından gelen verilerin takibi ve kurulan internet sitesinden ve raporlama çalışmasından bahsedilmiştir.

Bölüm 5’de sonuçlar ve öneriler kısmında ise bu tez çalışması kapsamında elde edilen tüm çıktılar özet halinde sunularak genel bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca bundan sonra yapılabilecek çalışmalar ve iyileştirmeler hakkında fikirler sunulmuştur.

1. GENEL BİLGİLER

Günümüzde birçok uygulamada getirmiş olduğu kolaylıklar ve esneklikler sayesinde kablosuz haberleşme uygulamalarından yararlanılmaktadır. Bu avantajları sayesinde uzaktan izleme, görüntüleme takip, medikal vb. birçok uygulamada kablosuz sensör ağları kullanılarak gerekli işlemlerin yapılması sağlanmaktadır.

KSA'lar, tarımdan, trafiğe, trafikten medikal uygulamalara kadar birçok alanda kullanıldığı gibi kazaların sıklıkla meydana geldiği madencilik sistemlerinde de zamanla kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde iş kazalarının meydana gelme oranı sektörel olarak incelendiğinde madencilik ve taş ocakçılığı sektörü iş kazası geçirme oranında ilk sırada yer almaktadır [1]. Bu kapsamda yapılan çalışmalar doğrultusunda, kazaların minimize edilmesinin sağlanmasında teknolojik imkânların en üst düzeyde kullanılması gerekmektedir. Dolayısıyla ülkemizde uygulanan mevcut madencilik çalışma planının yeni bir anlayışa ve stratejiye ihtiyaç duymaktadır.

Madenlerde yaşanan kaza oranları Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırıldığında uluslararası çalışma örgütünün verilerine göre 2004-2006 yılları maden ocaklarında yaşanan kazalar karşılaştırıldığında AB ülkelerinde bu oran yüz binde 20,15 iken ülkemizde %92,47dir. Diğer bir deyişle maden kazalarında hayatını yitirenlerin oranı Avrupa ortalamasının yaklaşık 4,5 katıdır [2].

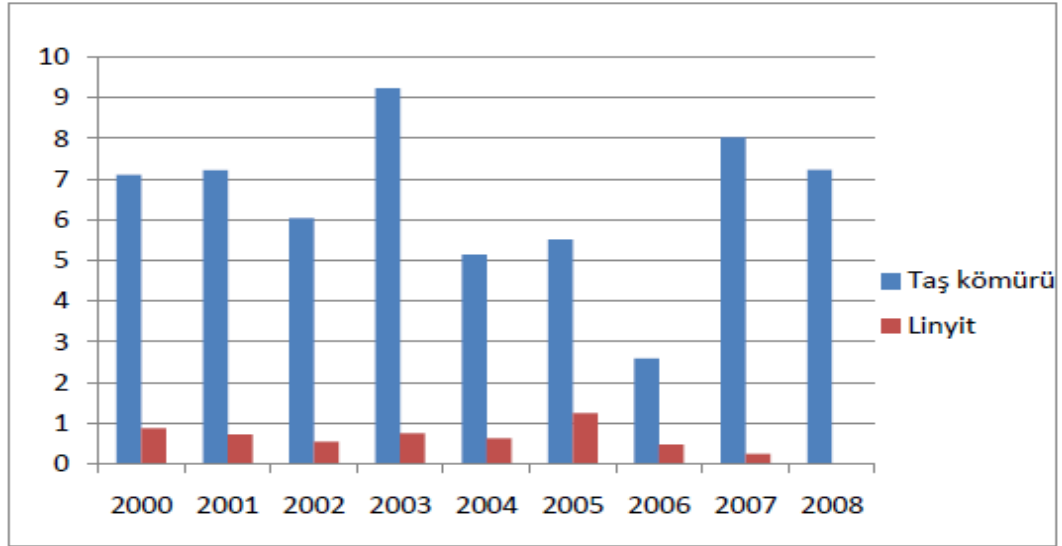
Dünyada kömür üretiminde iki ülke başı çekmektedir. Bunlar sırasıyla Çin ve ABD'dir. Kömür üretiminde lider olan bu ülkelerle ülkemizde yaşanan maden kaza oranları Tablo 1'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde, dünya piyasasında önemli yere sahip olan bu iki ülkenin iş kazalarında meydana gelen ölüm sayısını milyon taşkömürü ölçeğinde kıyasladığımızda büyük bir fark gözükmektedir.

Çin'de meydana gelen kazaların ve ölümlerin sıklıkla yaşanmasına rağmen taş kömürü üretiminde lider ülke olduğu için milyon taş kömürü başına düşen ölüm sayısı oranında düşüş meydana geldiği Tablo 1' de verilen verilerden de gözükmektedir.

Tablo 1.1. Ülkelere Göre Değişen Maden Kazası Oranları [3]

YIL	Ölüm sayısı			Düşen ölüm sayısı		
	Türkiye	Çin	ABD	Türkiye	Çin	ABD
2000	17	5300	18	7,10	4,08	0,03
2001	18	5670	13	7,22	4,11	0,02
2002	14	5791	19	6,04	3,98	0,04
2003	19	6995	19	9,23	4,06	0,04
2004	10	6027	14	5,14	3,03	0,03
2005	12	5986	7	5,51	2,72	0,01
2006	6	4746	33	2,59	2,00	0,06
2007	20	3786	20	8,02	1,50	0,04
2008	19	3215	9	7,22	1,27	0,02

Ortaya koyulan verilerden yola çıkıldığında maden ocaklarında meydana gelen kazaların ve ölüm oranları ilişkisi göz önüne alındığında kullanılan sistemler ve teknolojiyle ilişkili olduğu gözükmektedir. Kazaların başlıca nedenlerinin alt yapı ve teknoloji ile ilgili önlenemez sorunlardan kaynaklanması, denetim ve yaptırımların tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1.1. Taş kömürü ve linyit kömürü maden ocaklarındaki ölüm oranları [3]

Ülkemizde, taş kömürü madenciliğinin yanı sıra linyit kömürü madenciliğinde de üretim yapılmaktadır. Şekil 1.1’de linyit kömürü ve taş kömürü madenciliğinde yıllara göre meydana gelen kazalardaki ölüm oranları verilmiştir. Taş kömürü madenciliğinde

yaşanan ölüm oranlarının ve kazaların daha çok olmasına rağmen linyit kömürü madenciliğinde de önemli oranda kazalar ve ölümler yaşanmaktadır.

Ülkemizde madencilik sektöründe yaşanan kazalar incelendiğinde 3 Mart 1992 tarihinde Zonguldak'ın Kozlu ilçesinde 263 madenci yaşanan grizu patlaması (metan gazı patlaması) nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Yaşanan bu kazadan sonra alınan önlemlerin ve çalışmaların yetersiz olması nedeniyle maden kazaları ülkemizde hala sıklıkla yaşanmaktadır.

Son olarak, 13 Mayıs 2014'te Türkiye'nin Manisa ilinin Soma ilçesindeki kömür madeninde çıkan yangın nedeniyle yaşanan facia da 301 işçinin yaşamını yitirmesine neden olmuştur. Yaşanan bu kaza, Türkiye Cumhuriyeti'nin tarihi boyunca yaşadığı en büyük maden kazası olmuştur. Meydana gelen bu kazaya ise, yangın esnasında ortaya çıkan karbon monoksit gazının neden olduğu ortaya çıkmıştır [4].

Madencilik sektöründe yaşanan iş kazaları, yaralanmalar ve ölümlere sebep olduğu kadar ekonomik anlamda da zarara neden olmaktadır. Ekonomik kayıpların en aza indirgenmesi için teknolojik altyapıda iyileştirilmeler yapılması ve iş güvenliği bilincinin yerleştirilmesi gerekmektedir.

Maden Otomasyon sisteminin temel yapı taşı iletişimdir. Ülkemizde ve dünyada bu kapsamda bir takım iletişim yöntemleri kullanılmaktadır. Modern tekniklerin kullanıldığı bir maden ocağı ile klasik yöntemler ile çalıştırılan bir maden ocağının karşılaştırıldığı bir çalışmada, yeni teknolojilerin kullanılmasının klasik yöntemlere göre hem verimliliği arttırdığı hem de kazalar sonucu zarar gören kişi sayısını azalttığı anlaşılmaktadır.

Bir diğer önemli sorun ise yeraltına kurulacak olan sistemlerin alev-sızdırmazlık özelliğine sahip olmasıdır. Alev-sızdırmazlık özelliği ise ATEKS (Alev Sızdırmazlık Belgesi) belgesi alınarak sağlanmaktadır.

ATEKS maden ocakları için kullanılan malzemelerin patlayıcı, yanıcı ve alev sızdırmazlık özelliklerine sahip olduğunu gösteren belgedir. Maden ocaklarında güvenliğin artırılması hususunda yapılan çalışmalar neticesinde Temmuz 2003 itibariyle, AB kuruluşları patlayıcı atmosfere sahip alanlarda patlama riskine karşı

Çalışanları korumak için direktifler oluşturmuşlardır. Bu direktiflerin temelini ATEKS kalite belgesi oluşturmaktadır. Şekil 1.2’de ise ATEKS kalite belge işareti gösterilmiştir.



Şekil 1.2. ATEKS kalite belgesi [5]

Yeraltında kurulacak olan bir otomasyon sisteminin en önemli yapıtaşı ise haberleşmedir. Günümüzde 3 çeşit iletişim sistemi, yeraltında bulunan sistemlerde kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla kablolu, yarı kablolu ve kablosuz haberleşme sistemleridir.

Bu sistemlerden, ülkemizde en yaygın olarak kullanılanı ve en maliyetli olanı kablolu iletişim sistemidir. Bu sistem artık dünyada yavaş yavaş geçerliliğini kaybetmesine rağmen ülkemizde halen kullanılmaktadır.

Diğer bir sistem ise ülkemizde bazı zel Őirketlerin bünyesinde bulunan kömür havzalarında kullanılan yarı kablolu sistemdir. Bu sistemde kablolu ve kablosuz sistemlerin birleşmesinden oluşmaktadır. Fakat bu sisteminde madencilik sektörü için maliyetlidir. Her iki sistem de genellikle yurt dışından ithal edilmektedir. Kablolu sistemler, kablo maliyetleri, işçilerin çalışma alanlarını kısıtlamaları ve yeterince güvenli olmamaları sebebiyle büyük sorunlar oluşurmaktadır.

Kablosuz maden otomasyon sistemleri ise gelişen teknoloji ile birlikte yeni yeni kullanılmaya başlanan sistemlerdir. Bu sistemler getirmiş olduğu avantajlar sayesinde günümüzde birçok maden ocağında kullanılmaya başlanmıştır.

Kablosuz maden otomasyon sistemi gerek kurulum kolaylığı gerekse düşük maliyeti sebebiyle gelişmiş ülkelerde tercih edilen bir sistem olarak pazarda yerini almaya başlamıştır.

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Motivasyonu

Bu tez çalışmasının temel amacı, yeraltı sistemleri için kablosuz sensör ağı uygulaması geliştirerek ortamdaki verilerin internetten takibinin ve kontrolünün yapılmasını sağlamaktır. Ayrıca gerçekleştirilen bu uygulamanın benzer çalışmalar için de örnek olması hedeflenmektedir.

Maden otomasyon sistemleri genellikle yurt dışından ithal edilmekte ve kurulumu sağlanmaktadır. Ülkemizde faaliyet gösteren maden otomasyon firmaları ise merkezi yurt dışında bulunan firmaların temsilciliklerini yapmaktadır. Bundan dolayı maden otomasyon sektöründe ciddi bir teknolojik alt yapı ve tecrübe eksikliği bulunmaktadır. Gerek yazılımların ithal olması gerekse kullanılan devre ve sensörlerin yurt dışından temin edilmesi büyük bir sorun teşkil etmektedir. Zaman içinde bozulan elektronik devrelerin tamiri ve yedek parçaların temini ekonomik olarak çok masraflı olmaktadır. Yer altı sistemleri için kablosuz haberleşme tabanlı akıllı sensör ağı uygulaması ile daha önce ülkemizde yapılmamış bir sistemin uygulamasının gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Kablosuz haberleşme sistemi ile yapılan bu çalışma sayesinde, mevcut kablolu alternatiflerine göre maliyeti daha düşük ve daha verimli çalışan bir sistemin yapılması amaçlanmıştır.

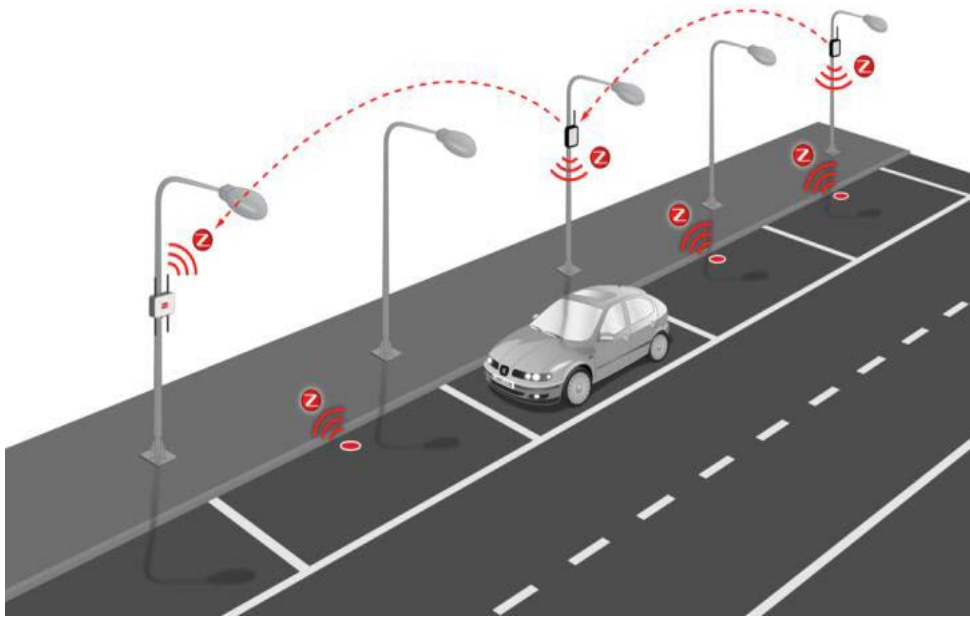
1.2. Literatürde Yapılan Çalışmalar

Gelişen teknoloji sayesinde son yıllarda kablosuz sensör ağları ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı da artmıştır. Literatürde hem gerçek uygulama hem de sanal senaryo şeklinde olmak üzere KSA'lar ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Tez sürecinde ise çeşitli KSA uygulamalarının hem sanal senaryo şeklinde olan hem de uygulaması yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Sanches vd. [6] AB (Avrupa Birliği) projesi kapsamında internet araştırmaları adlı konu için dünyadaki en büyük akıllı bir şehir kurmayı amaçlamışlardır. Yazarların yaptığı bu çalışmada İspanya'nın Santander ili için KSA uygulaması yapılmıştır.

Yapılan bu uygulamada, Santander şehri için akıllı park, hava kirliliği ve kalitesi ölçümü, trafik durumu ve otobüslerin geliş saatleri konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde ilk etapta şehirdeki 740 noktaya 50 adet gürültü sensörü, 600 adet sıcaklık sensörü, 500 adet ışığın şiddetini ölçen sensör, 30 adet ise karbonmonoksit sensörü koyulmuştur.

İkinci kısımda ise arabaların yoğun trafik içerisinde park yeri bulmasını kolaylaştırmak için trafiğin yoğun olduğu 375 noktaya manyetik sensörler kurularak boş park alanlarının algılanması sağlanmıştır. Sistem de toplam 1000'den fazla XBee ve mikroişlemci kartı kullanılmıştır. Park durumunu görüntülemek içinse, Şekil 1.3'de gösterildiği gibi yolun altına yerleştirmiş oldukları manyetik sensörler vasıtasıyla, araç geldiği zaman algılama işleminin yapılması sağlanmıştır. İlgili alana araç park ettikten sonra aktif hale geçen sensörler üzerlerindeki kablosuz haberleşme devreleriyle veri tabanına sürekli bilgiler yollanmaktadır. Yollanan bu bilgiler neticesinde araç kullanıcıları park yeri aramak için zaman kaybetmeden cep telefonlarındaki uygulamayı kullanarak kendileri için uygun park yerini bulabilmektedirler.



Şekil 1.3. Araç park yerinin kablosuz olarak belirlenmesi [6]

Şekil 1.4' de ise Santander şehir merkezinin hava kalitesi ölçülme işlemi yapılmıştır. Bu sayede şehirde yaşayan insanlar, havanın kalitesi hakkında bilgi alabilecekler ve olası hava kirliliği durumlarında gerekli önlemlerin alınması sağlanmış olacaktır. Yapılan çalışmanın bu kısmında ise aydınlatma direklerine yerleştirilen kablosuz

haberleşme düğümleri sayesinde sensörler vasıtasıyla hava kalitesinin ölçümü ve takibi yapılmıştır.



Şekil 1.4. Şehir hava kirlilik oranının kablosuz olarak belirlenmesi

Şekil 1.5'te ise, şehirde bulunan otobüslere yerleştirilen GPS (Global Positioning System) sayesinde araçların mevcut hızları durumları ve durağa olan mesafeleri sisteme rapor edilmektedir. Bu sayede yolcuların otobüs bekleme süreleri en aza indirgenmiştir.

Son olarak bu çalışmada, yapılan tüm uygulamalar akıllı telefonlarda adapte edilmiştir. Böylece, kullanıcıların kullanmış olduğu akıllı telefonlar sayesinde de mevcut cihazlara erişim sağlanabilmektedir.



Şekil 1.5. Şehir içi otobüs trafiğinin kablosuz olarak belirlenmesi

Yapılan bu çalışmada oluşturulan kablosuz haberleşme düğümlerinde sensörlerin kontrolü için ATmega 1281 mikroişlemcisi kullanılmıştır. Bu mikroişlemcinin özellikleri sayesinde sensörlerin kontrolü sağlanmıştır. Ayrıca mikroişlemci kartı

üzerinde bulunan alıcı-vericiler sayesinde kablosuz haberleşme modülleriyle de haberleşme sağlanmaktadır. Mikroişlemci kartı 7 adet analog, 8 adet dijital giriş/çıkıştan oluşmaktadır. Bu giriş/çıkışlar sayesinde sensör bağlantıları yapılabilmektedir.

Bayo vd. [7] ise bu çalışmada orman yangınları için bir kablosuz sensör ağ yapısına sahip olan erken uyarı ve görüntüleme sistemi geliştirmişlerdir. Bu sayede orman yangınlarının önlenmesi amaçlanmıştır. Şekil 1.6' da yapılan devre çalışması gösterilmektedir.

Bu çalışmada ATmega1281 mikroişlemcisinden oluşan bir kart kullanılmıştır. Bu kart DigiMesh özelliğine sahip olan 2,4GHz (Gigahertz) frekans bandında çalışan XBee radyo cihazına bağlanmıştır. Görüntüleme sistemi için ise sıcaklık ve nem sensörlerinden gelen verilerin ana bilgisayarda toplanmasını ve takip edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 1.6. ATmega kontrol devresi

Yang vd. [8] ise ZigBee temelli maden ocakları için görüntüleme sistemi çalışması yapmıştır. Çalışma yer altı ve yer üstü olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Şekil 1.7' de bu çalışma, için tasarlanmış olan kontrol kartı ve mevcut ekipmanlar gösterilmiştir.

Maden ocağının içine kablosuz sensör düğümleri yerleştirilmiştir ve bir ağ geçidi kullanılarak ZigBee verileri yeryüzündeki ana bilgisayara aktarılma işlemi yapılmıştır. Bu sayede verilerin takibi ana bilgisayar üzerinden yapılmaktadır.

ZigBee haberleşmesi için CC2431 mikroişlemcisi kullanılmıştır. ZigBee uyku modu kullanılarak haberleşmede düşük enerji tüketimi sağlanmıştır.

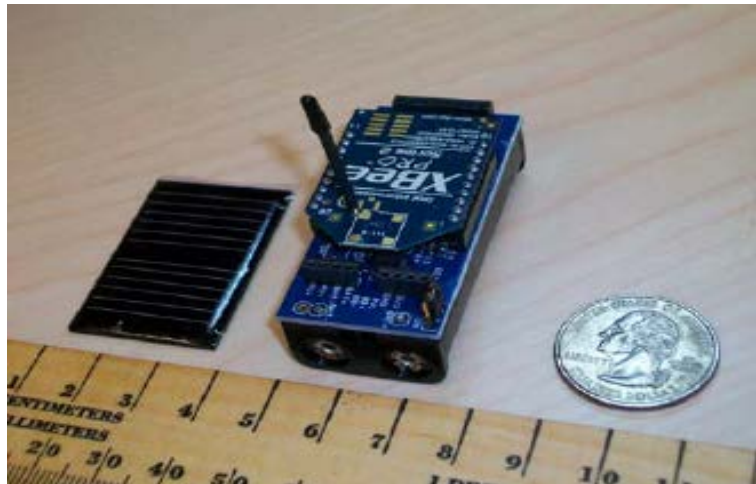
Sistemde kullanılan bilgisayar üzerinden yazılan yazılım ile gelen verilerin kaydedilme işlemi yapılmıştır. Her 50 metrede bir kablosuz haberleşme düğümü kullanılarak sistemin kontrolü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1.7. Maden ocakları için tasarlanmış kontrol kartı

Li vd. [9] ZigBee temelli kablosuz sensör ağı kullanarak toprak nem ölçüm çalışması yapmışlardır. Şekil 1.8'de gösterilen çalışma ile mevcut sistem için kontrol kartı ve kablosuz haberleşme bağlantısı yapılmıştır.

Bu sayede oluşturulan botanik bahçe sistemiyle bitiklerden elde edilen verimin artırılması ve bitiklerin daha sağlıklı bir şekilde büyümesi hedeflenmiştir.



Şekil 1.8. Kablosuz kontrol kartları

KSA'ların otonom koordinasyon yeteneğine sahip olmasından dolayı çevresel birçok uygulamada da kullanılmaktadırlar. KSA'lar kullanılarak yapılan bazı çevresel

uygulamalardan bahsetmek gerekirse kuşların ve küçük hayvanların takibi, kuraklık ve yangın uyarımı, çevre kirliliği, akıllı tarımsal sulama gibi çevre şartlarının görüntülenmesi uygulamaları yapılmaktadır. Bunun yanı sıra meteorolojik değişimler ve anlık görüntü ve uyarı sistemlerinde yapılmaktadır [10].

ZebraNet ise zebraların hayatları boyunca yapmış oldukları hareketleri takip eden bir hayvan takip sistemidir. Bu sistem iki çeşit zebra türünü takip etmek için Kenya'da kurulmuştur. ZebraNet sistemi zebraların boyunlarına takılan tasmalar sayesinde onların yerleşim bilgilerini toplama işlemini yapmıştır.

Her bir tasmada bir adet mikroişlemciyle çalışan GPS, kısa ve uzun mesafeli radyo alıcıları, lityum polimer pil ve bu pilleri şarj etmek için güneş panel hücresi konulmuştur. Şekil 1.9'da zebraların boyunlarına takılmış olan bu birim gösterilmiştir [10].



Şekil 1.9. Doğadaki zebraların kablosuz olarak izlenmesi

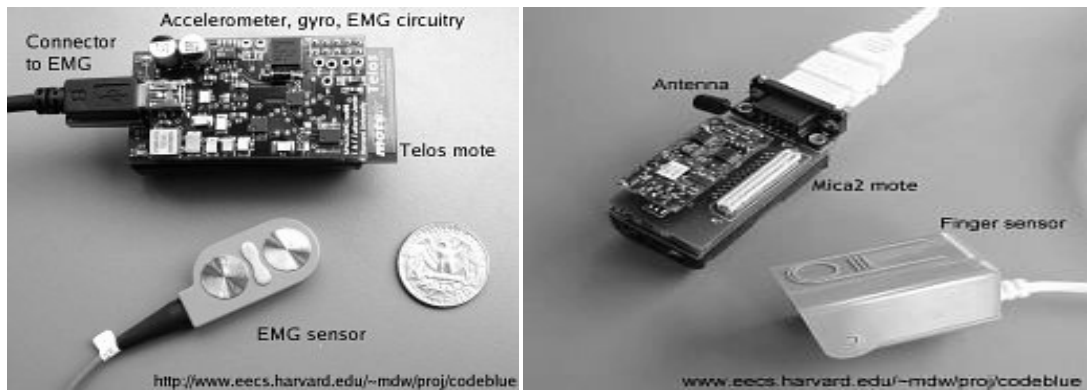
Zebraların boyunlarına takılan tasmalardan her 3 dakikada bir gelen GPS verisi sayesinde konumları hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Biyolojik çalışmalarda kullanılan bu veriler ana istasyondaki bilgisayara aktarılma işlemi yapılmıştır. Ana istasyona aktarılan zebraların hareket verileri kullanılarak onların yaşam alanları için hareket modelleri çıkarılmıştır. Her bir sensör düğümünden gelen yer değiştirme verileri ana istasyona aktarılmaktadır.

Yapılan literatür çalışmalarına göre KSA'lardan aynı zamanda birçok sağlık uygulamasında da faydalanılmaktadır. Hastaların sağlık durumları sensörler vasıtasıyla gözlemlenmektedir. Uyuşturucu gibi zararlı maddeleri kullanan bağımlıların kurtulması için yattığı hastanede, hastalar ve doktorlar KSA kullanılarak takip edilmekte ve gözlenmektedir [10].

Harvard üniversitesi tarafından tasarlanan CodeBlue projesi ile hastaların bileklerine takılan sensörler vasıtasıyla günlük olarak hastaların gözlemlenmesi sağlanmıştır. Kullanılan sensör kartı sayesinde hastaların nabız değerleri ve kan basınç değerleri okunabilmektedir. Bu sayede hastaların, nabız değerleri, kan basınçları ve hastanın yer değişim hareketinin görüntüleme ve takip işlemi yapılmıştır.

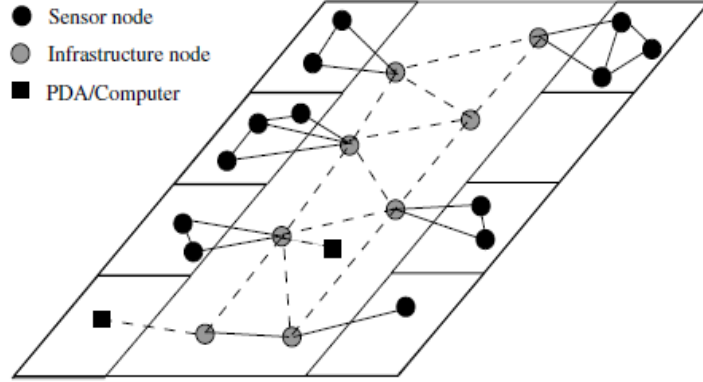
CodeBlue yazılımı ile doktorlar ve görevliler hastaların verilerini bilgisayarlarından anlık olarak takip edebilmektedirler. Şekil 1.10'da bu proje kapsamında yapılan devre tasarımı ve kontrol kartı gösterilmiştir.

CodeBlue ağ yapısının mimarisi Şekil 1.11' de gösterilmiştir. Bu yapıya göre hastalara takılan sensörler kurulan düğümler sayesinde hastane koridorunda bulunan düğümlere veri aktarımını yapılmaktadır. Daha sonra ise mevcut verilerinin, da ana bilgisayara veri akış işlemi sağlanmıştır.



Şekil 1.10. Tıp uygulaması [10]

Şekil 1.11' de CodeBlue projesi kapsamında yapılmış olan kablosuz sensör ağ yapısı sayesinde, doktorlar hastaların anlık olarak durumlarını takip edebilmektedirler.



Şekil 1.11. Kablosuz sensör ağ yapısı

Sonuç olarak, yapılan literatür çalışmaları neticesinde KSA'lar günümüzde birçok uygulamada tercih edilmektedir. Madencilik sektörü, grizu ve kömür tozu patlamalarının, su baskınları ve göçükler gibi toplu ölümlerin meydana geldiği riskli bir çalışma alanı olduğu görülmektedir. Maden ocaklarında kurulacak olan kablosuz haberleşme tabanlı akıllı sensör ağı sistemiyle kazaların ve ekonomik kayıpların minimize edilmesi hedeflenmektedir.

2. ZİGBEE HABERLEŞME PROTOKOLÜ

Kablosuz haberleşme protokolleri günümüzde birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu bölümde ise uzaktan takip ve izleme uygulamalarında sıklıkla kullanılan ZigBee haberleşme protokolünden bahsedilecektir. ZigBee telsiz haberleşme protokolü düşük maliyet, düşük veri aktarım hızı, kısa mesafe haberleşme ve özellikle geniş telsiz sensör ağlarında uzun batarya sürülerini sağlamak amacı ile standartlaşmış uluslararası bir haberleşme protokolüdür. ZigBee teknolojisi IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802,15,4 standart temeli olan kablosuz algılayıcı ağıdır. Günümüzde, ZigBee teknolojisi uzaktan takip ve gözleme, güvenlik, tarım uygulamaları gibi geniş çaplı birçok uygulamada kullanılmaktadır [11-13].

ZigBee ağ yapısı, ismini arıların çiçekten çiçeğe dolaşırken izledikleri zig-zag şeklindeki yoldan almıştır. Bu dolaşım sırasında, diğer arıların bu kaynaklara (çiçeklere) nasıl ulaşmış oldukları, diğer bir deyişle nereden ulaşmış oldukları bilgisiyle hareket ederler. Kablosuz ağ yapısı içinde yeni bir standart olan ZigBee, IEEE tarafından duyurulan IEEE 802.15.4 standardını temel alır ve ZigBee Birlikteliği (ZigBee Alliance) ilk genel standardını uygulamalarda kullanılmak üzere sağlamıştır. ZigBee ağ yapısı, Ivensys, Honeywell, Mitsubishi Electric, Motorola ve Philips gibi 200 kadar firmadan oluşmaktadır.

Yapılan çalışmalarda ve uygulamalarda ZigBee ve XBee kavramlarının iç içe girmesinden dolayı çoğu zaman ikisinde aynı şey olduğu düşünülmektedir. Fakat böyle bir ifade doğru değildir. ZigBee düşük enerji tüketen bir protokol türüdür. XBee ise değişik haberleşme protokollerini destekleyen(ZigBee, WIFI, 802.15.4) bir telsiz (radyo) çeşididir [14].

Tüm ağ yapıları sinyalin doğru bir şekilde iletilmesini sağlayan bir fiziksel katmanda oluşmuştur. Örneğin, bilgisayarlar internete bağlanmak için ethernet kablosunu kullanarak bu işlemi yapmaktadır. Diğer bir yandan da bazı bilgisayarlar internete bağlanmak için radyo sinyallerini kullanarak WIFI (Wireless Fidelity) bağlantısını kullanmaktadır. Bu işlemlerin hepsi fiziksel katmanda meydana gelen değişiklikler

olarak ortaya çıkmaktadır. ZigBee protokolünü kullanan cihazlar, 868MHz (Megahertz) , 915MHz ve 2.4GHz frekans bantlarında çalışabilmektedir. ZigBee cihazlarının maksimum veri transfer hızı ise 250 KB/saniyedir. ZigBee cihazlarının genel olarak kullanıldığı uygulamalarda cihazların haberleşme aktivitesi düşüktür ve cihazlar güç tasarrufu diğer bir deyişle uyku modunda bulunabilmektedirler. Bu sayede ZigBee cihazları senelerce pilleri değiştirilmeden çalışabilmektedir.

ZigBee haberleşme protokolü Şekil 2.1' de gösterilen yüzlerce firmanın üye olduğu ZigBee topluluğu tarafından geliştirilmiştir. 2002 yılında kurulan ZigBee topluluğu kar amacı gütmeyen ve isteyen entegre üreticilerinin katıldığı bir topluluk olma özelliğini taşımaktadır. ZigBee haberleşme protokolü ilk olarak IEEE 802.15.4 standardına adapte edilmiş ve bu standardın fiziksel katmanını ve MAC (Media Access Control) protokolünü kullanmaktadır. Bu sayede ZigBee araçları IEEE 802.15.4 standardıyla uyumlu olarak çalışabilmektedir [15].



Şekil 2.1. ZigBee ailesi [15]

ZigBee haberleşme standardının kullandığı IEEE 802,15,4 standardının yanında farklı haberleşme standartlarında da kablosuz sensör ağ uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bunlardan biri Bluetooth diğeri ise IEEE802,11 WLAN (Wireless Local Area Network) haberleşme standardıdır. Aslında her haberleşme standardının kendisine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır ancak ZigBee haberleşme standardı

diğer haberleşme standartlarına göre sahip olduğu avantajlar sayesinde uzaktan izleme ve takip uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

2.1. ZigBee Ağlarının Karakteristik Yapısı

Kablosuz haberleşmede çeşitli standartlar kullanılmaktadır. Bunları sırasıyla Bluetooth, WIFI, ve ZigBee olarak adlandırabiliriz. ZigBee genel olarak kablosuz sensör ağı uygulamalarında ve kontrolünde kullanılmaktadır. ZigBee haberleşme ağı yapısının özellikleri aşağıdaki gibidir:

- ZigBee haberleşme cihazları düşük enerji tüketirler. Böylece uç birimler bataryalarını değiştirmeden aylarca çalışabilmektedirler.
- Diğer kablosuz haberleşme cihazlarına göre düşük maliyetlidir.
- Düşük veri aktarımını sağlamaktadırlar. ZigBee cihazlarının maksimum veri aktarım hızı 250 KB/s.
- Kurulumu çok kolaydır.
- ZigBee cihazlarından oluşan bir sensör ağı uygulaması maksimum 65bin adet düğümden oluşabilmektedir. Böylece, çok büyük alanlarda dahi kullanılabilirler.
- ZigBee cihazları otomatik olarak ağı yapısını oluşturabilmektedirler.
- ZigBee, Bluetooth ve WIFI'ye oranla daha küçük veri paketleri kullanmaktadır.

Tablo 2.1 ' de görüldüğü gibi Bluetooth teknolojisi ile ZigBee haberleşme teknolojisi benzer özelliklere sahip olmasına rağmen Bluetooth teknolojisi ZigBee kadar ağı topolojine sahip değildir ve aynı zamanda ZigBee teknolojisinden yaklaşık 70 kat daha fazla akım tüketmektedir [16].

Üç ağı yapısı karşılaştırıldığında sadece ZigBee ağı yapısını örgü topolojisine sahiptir ve aynı zamanda ZigBee ağı yapısında bulunan uç birimlerin uyku özelliği sayesinde düşük enerji tüketimi sağlanmaktadır.

Tablo 2.1. Kablosuz ağ protokollerinin özellikleri [17]

	WIFI 802.11	Bluetooth IEEE 802.15.1	ZigBee IEEE 802.15.4
Uygulama Alanı	Kablosuz Ağ	Kablo	Kontrol ve görüntüleme
Frekans Bandı	2.4 GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868MHz, 915 MHz
Pil Ömrü(gün)	0-5	1-7	100-7000
Düğüm Sayısı (maksimum)	255	7	65000
Haberleşme Hızı	2-100Mb/saniye	1Mb/saniye	20-250Kb/saniye
Haberleşme Mesafesi (metre)	1-100	1-10	1-500
Topoloji	Ağaç	Ağaç	Ağaç, yıldız, örgü

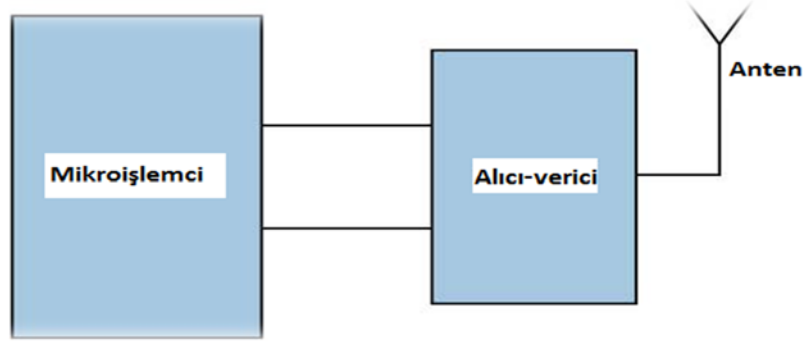
2.2. ZigBee Cihazlarının Özellikleri

ZigBee ağ yapısını ZigBee düğümleri oluşturmaktadır. Şekil 2.2’de gösterildiği gibi ZigBee düğümleri, anten mikroişlemci ve alıcı vericiden oluşan yapılar şeklindedir.

ZigBee düğümleri çeşitli uygulamaların örneğin ev güvenlik sistemleri, ışık kontrolü ve gaz algılama gibi uzaktan cihazların ve sensörlerin kontrolünde kullanılmaktadırlar.

Her bir düğüm ya FFD (Full Function Device) modunda ya da RFD (Reduced Function Device) modunda çalışabilmektedir.

FFD modundaki tüm çalışmalar ZigBee protokol standardında gerçekleşmektedir ve bu standart IEEE 802.15.4 MAC katmanlarını kullanarak işlemlerini yapmaktadır.



Şekil 2.2. Kablosuz alıcı-verici bağlantı şeması

RFD standardında ise ancak belirli işlemler yapılmaktadır. ZigBee ağ yapısı koordinatör, yönlendirici (router) ve uç birimden (end-device) oluşmaktadır. Bu yapıların her birinin kendine ait görevleri bulunmaktadır. ZigBee ağ yapısı hiyerarşik bir ilişkiye sahip olan ağ yapısıdır. Bu ağ yapısını oluşturan her bir birimin belirli görevleri bulunmaktadır. Bu görevler neticesinde, işlemlerini gerçekleştirmektedir. Hiyerarşik yapıya sahip olan ağ protokolleri aile-çocuk (parent-child) ilişkisi şeklinde adlandırılan görev dağılımına sahiptir.

Koordinatör: FFD görevine sahiptir ve koordinatör olan düğüm tüm ağın yönetiminden sorumludur. Kurulan her ağ yapısında bir adet koordinatör olmak zorundadır. Koordinatörler aşağıdaki görevleri yerine getirmektedir:

- Ağ tarafından seçilen uygun kanalın kullanılmasını sağlamaktadırlar.
- Ağın başlamasını sağlarlar.
- Her bir düğüm ve yönlendiriciye uygun adresin tahsis etmektedirler.
- Dışarıdan başka bir cihazın ağa katılmasına veya ağda bulunan bir cihazın ağdan ayrılması koordinatörlerin iznine bağlıdır
- Paketlerin transfer işlemini yapmaktadırlar.

Uç birim: Uç birim özelliğine sahip olan cihaz RFD özelliğine sahip olmaktadır. Uçbirimler, IEEE 802,15,4 MAC katmanının tüm özelliklerini kullanamadıkları için daha az enerji tüketmektedir. ZigBee ağ yapısında hiyerarşik bir ilişki olduğu için uçbirim çalışabilmesi ve verilerini yollayabilmesi için mutlaka bir yönlendirici veya koordinatöre bağlı olmak zorundadır. Uçbirim olan cihazlar sadece veri alışverişinde enerji harcadıkları için uzun süre çalışabilmektedirler.

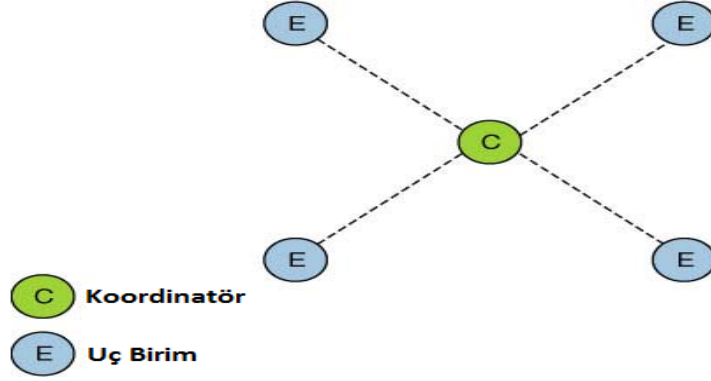
Yönlendirici: FFD özelliğini taşımaktadır. Genellikle yönlendirici cihazları bir ağa o ağın kapsama alanını genişletmek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, yönlendirici cihazları ağaç ve örgü topolojilerinde kullanılmaktadır. Yönlendiricilerin çalışma özellikleri koordinatörlere benzemektedir. Koordinatörlerden tek farkları ise bir ağ kurma özelliklerinin bulunmamasıdır.

2.3. ZigBee Topolojileri

Bu kısımda ZigBee ağ yapılarının kullandıkları topolojileri açıklanacaktır. ZigBee ağ yapısı IEEE 802,15,4 fiziksel katmanını ve MAC katmanını kullanmasına rağmen ZigBee sadece yıldız, ağaç ve örgü topolojilerini desteklemektedir. Hâlbuki IEEE 802,15,4 ağ yapısı bunun yanı sıra ağaç kümesi şeklinde olan ağ topolojisini de desteklemektedir [18].

2.3.1. Yıldız topolojisi

Bu topoloji şekilde gösterildiği gibi bir koordinatör ve birden fazla uç birimden oluşmaktadır. Yıldız topolojisinde uç birimler sadece koordinatörlerle iletişime geçmektedirler. Yıldız topolojisinin en büyük dezavantajı, ağın çalışması için uç birimlerden gelen tüm bilgilerin koordinatör vasıtasıyla aktarılması gerekmektedir. Eğer koordinatör cihazı ile iletişim bir şekilde kesilirse tüm ağın iletişimi sona ermektedir. Yıldız topolojisinin avantajı ise kurulumu çok kolay olup, ağ üzerinde transfer edilen veriler(paketler) hızlı bir şekilde hedefe ulaşabilmektedir. Bu ağın yapısı Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



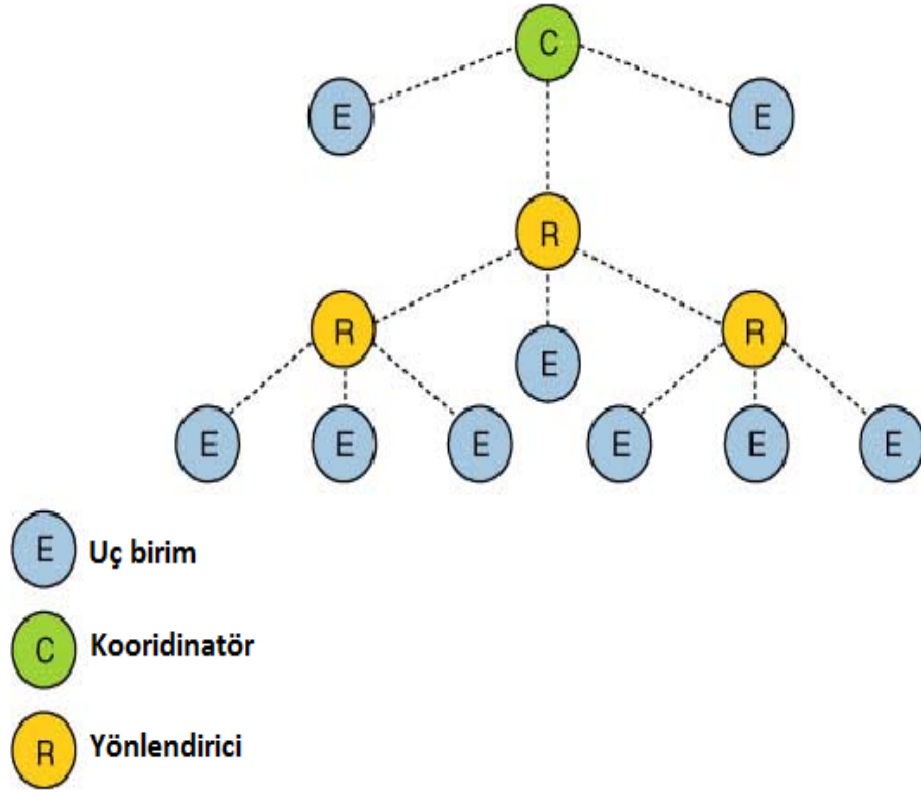
Şekil 2.3. Yıldız topolojisi bağlantı şeması

2.3.2. Ağaç Topolojisi

Bu topolojinin çalışma prensibi ise bir merkezi kök düğümün diğer bir deyişle koordinatörün birden fazla yönlendirici ve uç birimle iletişime geçmesi sayesinde olmaktadır. Topolojide bulunan yönlendiriciler sayesinde ağın kapsama alanı genişlemektedir. ZigBee yapısının hiyerarşik özelliğinden dolayı uç birimler yönlendirici veya koordinatörlere bağlı olmak zorundadır ve uç birimler hiyerarşik ağ yapılarında çocuk olarak adlandırılmaktadır. Ağlarda sadece yönlendirici ve koordinatörlerin çocukları olmaktadır.

Bu ağ yapısını kurarken, her bir uç birimin ailesiyle(yönlendirici veya koordinatör) ile bağlantılı olması gerekmektedir. Sadece yönlendirici ve koordinatörler çocuğa sahip olabilirler.

Uç birimler çocuğa sahip olamazlar bu yüzden de aile olamazlar. Ağaç topolojisinin dezavantajı ise, eğer aile özelliğine sahip herhangi bir düğüm ile bağlantı kesilirse, bu düğüme bağlı olan uç birim ağda bulunan diğer cihazlarla iletişim kuramaz. Bu ağın özelliği Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Ağaç topolojisi bağlantı şeması

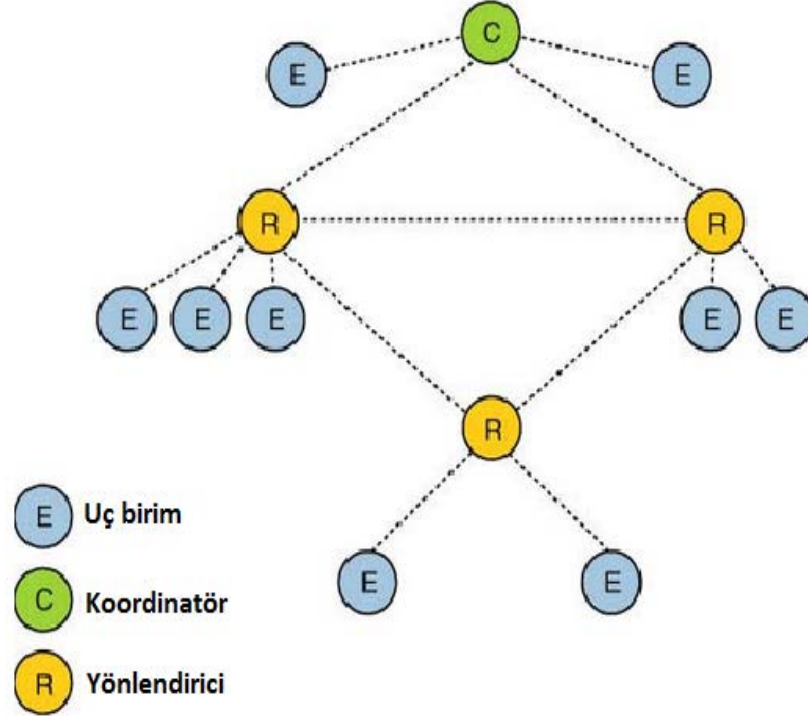
2.3.3. Örgü Topolojisi

Örgü topolojisi şekilde gösterildiği gibi bir adet koordinatör ve birden fazla yönlendirici ve uçbirimden oluşmaktadır. Örgü ağ yapısı çok sekmeli bir ağ yapısıdır. Ağ yapısının veri iletişimi birden fazla yol ile sağlandığından dolayı, veriler farklı yollardan koordinatöre ulaşabilmektedir. Ağın kapasitesi yeni cihazlar eklenerek genişletilmektedir. Şekil 2.5’de bu ağın özelliği gösterilmiştir.

Örgü ağ yapısının en önemli özelliklerinden biri ise düğümler arasındaki iletişim kopsa bile farklı alternatif yollardan ağ kendini tamir ederek tamamlanmaktadır. Böylece veri alışverişinde sıkıntı yaşanması engellenmektedir.

Örgü Ağ yapısı verilerin aktarımının sağlanmasında kullanılan en kuvvetli yapılardan biridir. Düğümler arası veri transferinin mesafesi bu ağ yapısı ile kolaylıkla arttırılmaktadır. Bir düğümde herhangi bir sorun meydana geldiğinde verilerin diğer düğümler üzerinden aktarılma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Örgü ağ yapısının en önemli protokollerden biri de ZigBee protokolüdür. ZigBee genellikle düşük veri aktarımı ve düşük güce ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. Örgü ağ yapısı

2.4. Uç Birim Adresleri

Klasik ZigBee Ağına bir düğüm eklendiği zaman koordinatör veya yönlendirici bu cihaza 16-bitten oluşan bir adres atamaktadır. Aynı zamanda her düğüm (cihaz) 64 bitlik IEEE adresine sahiptir.

Tüm düğümlerin adresleri birbirinden farklı olacak şekilde verilmiştir. 16 bitlik adresler kurulan ağda kullanılmaktadır. Bu şekilde adres yapısı kullanmanın en önemli avantajı ise pil ömrünü uzatmayı sağlamaktır. Dezavantajı ise kurulan sensör ağının yapısı büyük ise iki düğüm aynı adrese olma ihtimali bulunmaktadır.

ZigBee topluluğu, IEEE 802,15,4'ü temel alan bir yapılanma izlediği için ilk iki katman PHY (Physical Layer) ve NWK (Network Layer) katmanı bir değişikliğe uğramamıştır. ZigBee, IEEE 802.15.4 standardında komşu düğümlere sürekli veri yollayarak iletişim kurabilmektedir. Diğer bir deyişle, bir düğüm komşusuna devamlı olarak kendisinin ağda var olduğunu gösteren paketler yollamaktadır.

ZigBee protokolü dünya genelinde kullanım izni gerektirmeyen bir haberleşme bandı olan 2,4 GHz frekans bandını kullanmakta, Amerika da ve Avustralya da 915 MHz ve Avrupa da 868 MHz frekans bantlarında kullanılabilir. 868-868,6 frekans bantlarında 1 kanal ile 20 KB/saniye, 902-923 MHz frekans bantlarında 10 kanal ile 40 KB/saniye, 2,4-2,4835 frekans bantlarında 20 kanal ile 250 KB/saniye hızında veri transferi sağlanabilmektedir. Tablo 3.1’de ZigBee’nin frekans bantları ve özellikleri görülmektedir [19].

Tablo 3.1. ZigBee ağ yapısında kullanılan frekans bantları

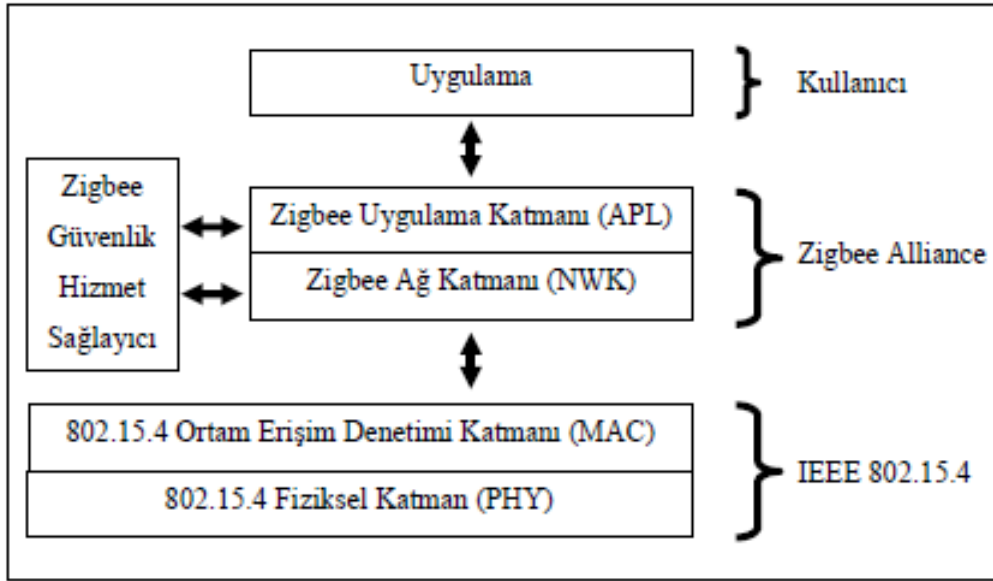
Frekans Bandı	Frekans Aralığı	Kanal sayısı	Maksimum Veri Boyutu	Kullanılan Yerler
868MHz	868-868,6MHz	1	20 KB/saniye	Avrupa
915MHz	902-923 MHz	10	40 KB/saniye	Amerika, Avustralya
2.4GHz	2,4-2,4835 GHz	16	250 KB/saniye	Dünya Geneli

2.5. ZigBee Ağ Katmanları

ZigBee’de cihazlar arası haberleşme mesafesi kapalı ortamlarda, ortamın yoğunluğuna bağlı olarak 100 metreye kadar çıkabilmektedir. İki den fazla cihaz kullanımında ise cihaz sayısının arttırılmasıyla kapsama alanında arttırılmaktadır.

ZigBee protokolü, IEEE 802.15.4 standardının katmanlarından olan PHY ile ortam erişim denetimi katmanının (MAC) üzerine ZigBee Topluluğu tarafından NWK ve APL (Application Layer) katmanı eklenerek belirlenmiştir.

ZigBee, aynı zamanda IEEE 802.15.4’ün diğer bir deyişle düşük güçlü kablosuz kişisel alan ağlarının bütün özelliklerini üzerinde barındırmaktadır. Şekil 2.6’da ZigBee ağ yapısında kullanılan katmanların özelliğinden bahsedilmiştir [20-23].



Şekil 2.6. ZigBee Katmanının yapısı

PHY: Radyo frekans haberleşmesini gerçekleştiren bu katman en alt seviyedeki katmanı oluşturmaktadır. IEEE 802,15,4 standardının 868/915 MHz ve 2,4 GHz frekanslarında çalışan iki tane PHY katmanı vardır. 868 MHz Avrupa bandını ve 915 MHz bandını içeren PHY katmanı ABD ve Japonya gibi ülkelerde kullanılmaktadır. 2.4GHz frekans bandını oluşturan PHY katmanı ise tüm dünya genelinde kullanılma özelliğine sahiptir.

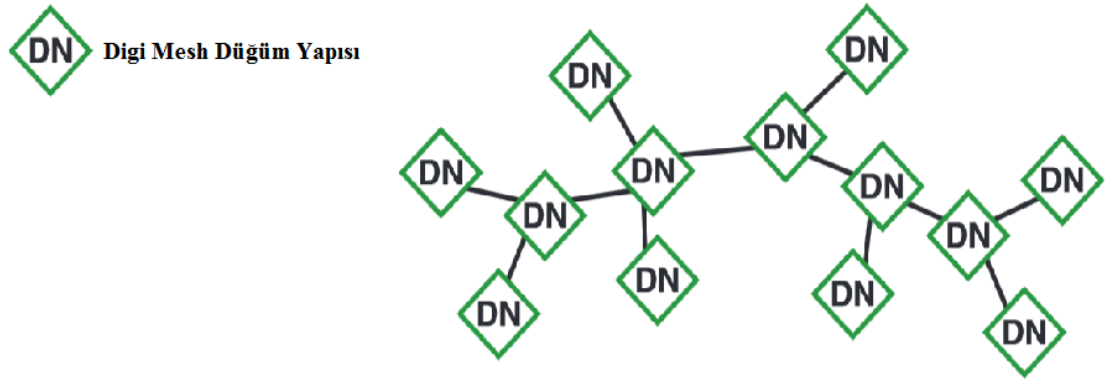
MAC: İki düğüm arasındaki güvenilir haberleşmeyi sağlayan bu katman ile haberleşme iletimi ve senkronizasyonu sağlanmaktadır.

Ağ Katmanı: Kompleks ağ topolojilerinde haberleşme düzenini oluşturur.

Uygulama Katmanı: Ağ yönetim fonksiyonlarını, mesaj formatlarını, güvenlik uygulamalarını belirler.

3. DIGIMESH AĞ YAPISI VE DÜĞÜMLERİ

Bu kısımda ise Digi firması XBee Seri 1 üzerine yazılan yazılım sayesinde yeni bir ağ topolojisi kurulmuştur. DigiMesh topolojisinde ZigBee ağ yapısının aksine, tüm düğümler tek tiptir. Diğer bir deyişle homojen yapıda bulunmaktadır. Aralarında çocuk-aile ilişkisi bulunmamaktadır. ZigBee ağ yapısında uç birimler az enerji tüketmesi için ayarlanırken DigiMesh ağ yapısında tüm düğümler az enerji tüketmesi için ayarlanma işlemi yapılabilmektedir. Şekil 3.1’de ise DigiMesh ağının oluşturduğu yapı gösterilmiştir [24, 25].



Şekil 3.1. DigiMesh Ağ Yapısı

DigiMesh ağ yapısının sağlamış olduğu avantajlardan bahsetmek gerekirse:

- Ağ yapısı kurmak kolaydır ve aynı zamanda ağı genişletmek esnekler.
- Tüm düğümler uyuma özelliğine sahiptir
- ZigBee ağ yapısına göre daha uzun mesafelerle veri akarımı yapabilmektedir

3.1. Uyku Modülü

DigiMesh ağ yapısında tüm modülleri istenildiği zaman uyku konumuna geçilerek enerji tüketiminde düşmelerin meydana gelmesi sağlanmaktadır. ZigBee de ise bu durum sadece uç birimde bulunan cihazlarda gerçekleştirilmektedir.

3.1.1. XBee modülleri

XBee radyo cihazları Digi firması tarafından üretilmektedir. Farklı protokol ve farklı anten yapısından oluşan 30'dan fazla XBee çeşidi bulunmaktadır. Aslında bu cihazlar temel olarak iki çeşit XBee donanımından oluşmaktadır.

Bunlar sırasıyla XBee Seri 1 ve XBee Seri 2 olarak adlandırılmaktadırlar. Bu serilerin temel özellikleri aşağıda açıklanmıştır. Şekil 3.2'de XBee seri 1 ve XBee seri 2 cihazlarının yapısı gösterilmiştir [26].

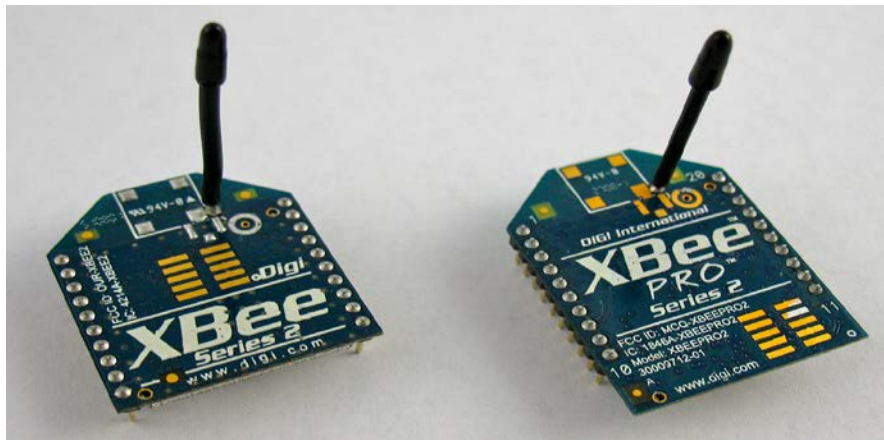
3.1.2. XBee seri 1

XBee Seri 1 yapısına sahip cihazlar Freescale firması tarafından üretilen mikroişlemciyi kullanmaktadır. IEEE 802.15.4 standart yazılımı yüklü olan bu cihazlar da noktadan noktaya ve yıldız topolojilerinde kullanılmaktadır.

Digi firmasının yüklemiş olduğu yazılım sayesinde DigiMesh topolojisinde de kullanılmaktadır. Böylece XBee Seri 1 ürünleri kullanılarak DigiMesh ağ yapısının sağlamış olduğu avantajlardan yararlanılmaktadır.

3.1.3. XBee seri 2

Bu telsizlerde ise Ember Networks firmasının ürettiği mikroişlemci kullanılmaktadır. Bu telsizler ZigBee yapısının özelliğini kullanarak noktadan noktaya, yıldız ve örgü (mesh) ağ sistemini kullanmaktadır.



Şekil 3.2. XBee serileri

XBee modüllerinin karşılaştırma tablosu aşağıda gösterilmiştir. DigiMesh yapısı ise XBee Seri 1lere özel bir yazılım yüklenmesiyle sağlanmaktadır.

Tablo 4.1. XBee serilerinin özellikleri

Özellikler	XBEE Seri-1	XBEE SERİ-2
İç ortam iletişim mesafesi	30 metreye kadar	40 metreye kadar
Dış mekan iletişim mesafesi	100 metreye kadar	120 metreye kadar
Desteklediği ağ topolojileri	Noktadan-noktaya, yıldız, örgü	Noktadan-noktaya, yıldız örgü
Güç iletim Mesafesi	1 mW	2 mW

Tablo 4.1’de XBee serilerinin karşılaştırma tablosu verilmiştir. XBee serilerinin birbirinden farklı özelliklere sahip olmasına rağmen genel olarak aşağıdaki özellikleriyle ortak bir yapıya sahiptir.

- Kapalı alanda 150 metreye kadar açık alanda ise 4kmye kadar veri alış verişini sağlamaktadır.
- 4 adet 10 bitlik analog veri bağlantısı bulunmaktadır.
- DigiMesh, yıldız ve noktadan noktaya ağ yapılarını desteklemektedir.
- -40° C dan +85° C kadar olan sıcaklık aralıklarında çalışabilmektedir

4. SİSTEMDE KULLANILAN SENSÖRLER VE KARTLAR

Bu bölüm 2 ana alt başlık altında anlatılacaktır. İlk kısımda sistemde kullanılan sensörlerin özelliklerinden bahsedilecektir. İkinci kısımda ise kullanılan mikroişlemci ve kablosuz alıcı-verici görevi yapan XBee cihazlarından bahsedilecektir.

4.1. Sistemde Kullanılan Algılayıcılar

Yapılan çalışmalar neticesinde maden ocaklarında sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı olabilmesi için minimum 4 adet gaz verisi hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Bunlar sırasıyla oksijen, karbondioksit, karbonmonoksit ve metan gazlarının sensörler kullanılarak ölçümü yapılması gerekmektedir. Yapılan tez çalışmasında ilk olarak yukarıda bahsedilen 4 adet gazın anlık ölçümleri yapılmış ve ana merkezdeki bilgisayara yollanması sağlanmıştır. Daha sonra bu verilerin anlık olarak internet ortamında gözlemlenmesi ve uyarı yollama işlemi gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Oksijen sensörü

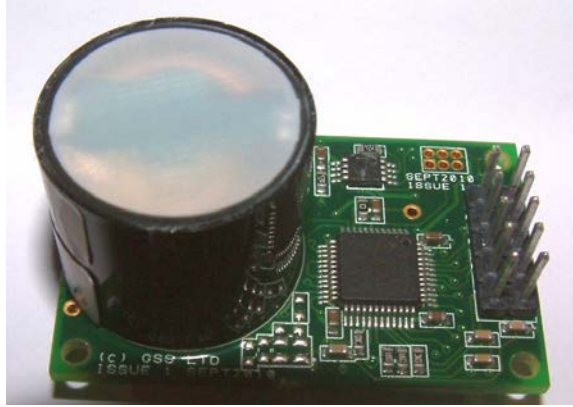
SST firması tarafından üretilen oksijen sensörü Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Oksijen sensörü 3,3 V ile çalışmakta ve 0,25 mA akım tüketmektedir. Oksijen sensörü ortamda %0-25 arasında bulunan oksijeni ölçmektedir. Yeraltındaki ve kapalı ortamlardaki sistemlerde %19'un altına indiği zaman tehlike oluşturmaktadır [27].



Şekil 4.1. Oksijen Sensörü

4.1.2. Karbondioksit sensörü

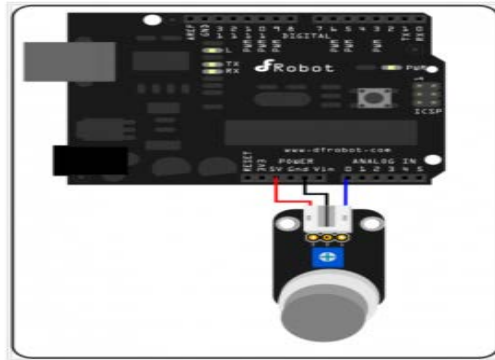
GSS firması tarafından üretilen bu sensör 3,3 V ile çalışmaktadır. Analog olarak veri veren sensörün verileri seri olarak 9600 iletişim hızı ile aktarılmaktadır. Sensör modellerine göre % 0-5, % 0-20 ve % 0-100 aralıklarında çalışmaktadır. Yeraltında bulunan maden ocaklarında ise karbondioksit değerinin %3'ün üzerine çıkması tehlikeli bir durumu ifade etmektedir. Bu yüzden sistemde % 0-5 modeline sahip olan sensör kullanılmıştır. Şekil 4.2'de ise bu sensörün devresi gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Karbondioksit Sensörü

4.1.3. Karbonmonoksit sensörü

Sensör, havadaki karbonmonoksit değerini ölçmektedir. Sensörün hassasiyeti üzerinde çalışan potansiyometre vasıtasıyla ayarlanmaktadır. Şekil 4.3'de sensörün, kullanılan mikroişlemciye uygun bir şekilde çalışmasını sağlayacak olan bağlantı şeması gösterilmiştir. Maden ocaklarında bulunan karbonmonoksit değeri 50 PPM (Part Per Million) değerinin üzerine çıktığında tehlike bir durum oluşturmaktadır. Sensör 0-2000 PPM aralıklarında çalışmaktadır.



Şekil 4.3. Karbonmonoksit Sensörü

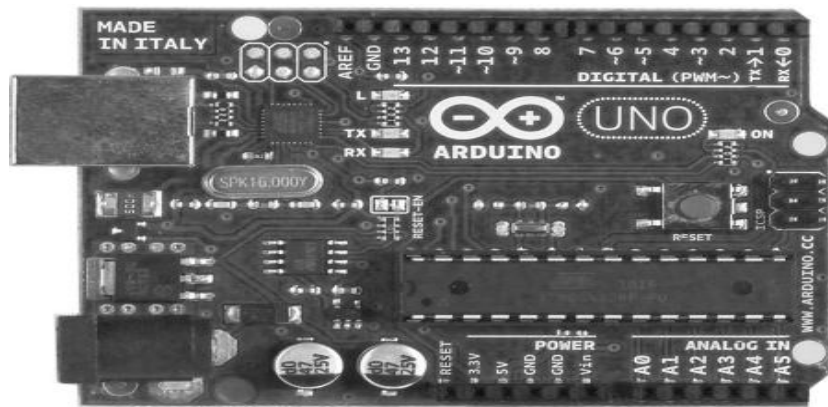
4.1.4. Metan sensörü

Maden ocaklarında patlamanın en önemli sebeplerinden biri de metan gazının açığa çıkmasıdır. Metan gazının ortaya çıkmasıyla grizu patlamaları meydana gelmektedir. Karbonmonoksit gazını ölçen sensöre benzer şekilde üzerinde bulunan potansiyometre (ayarlı direnç) kullanılarak hassasiyeti ayarlanmaktadır.

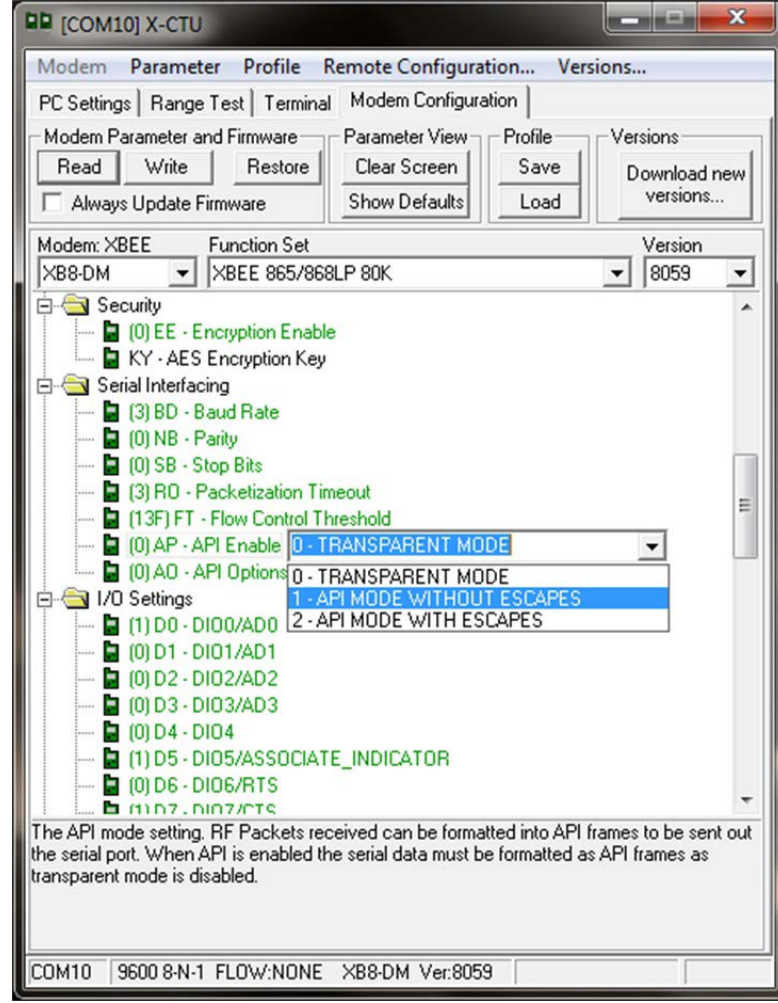
4.2. Mikroişlemci Kartı

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ATmega 328 entegresi kullanılarak dizayn edilen Arduino Uno ve ATmega 2560 entegresi kullanılarak dizayn edilen Arduino Mega mikroişlemci kartı kullanılmıştır [28-30]. Şekil 4.4'de gösterilen, Arduino Uno kartının temel özelliklerinden bahsetmek gerekirse;

- Kartın 14 adet dijital giriş ve çıkış pini bulunmaktadır.
- Bu pinlerin 6 tanesi PWM (Pulse Width Modulation) sinyali üretmek için kullanılır.
- 6 adet Analog çıkışı vardır.
- 16 MHz kristal hızına sahiptir.
- 32KB flaş hafızasına, 2KB SRAM (Static Random Access Memory) ve 1KB EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) hafızasına sahiptir.



Şekil 4.4. Arduino uno kartı

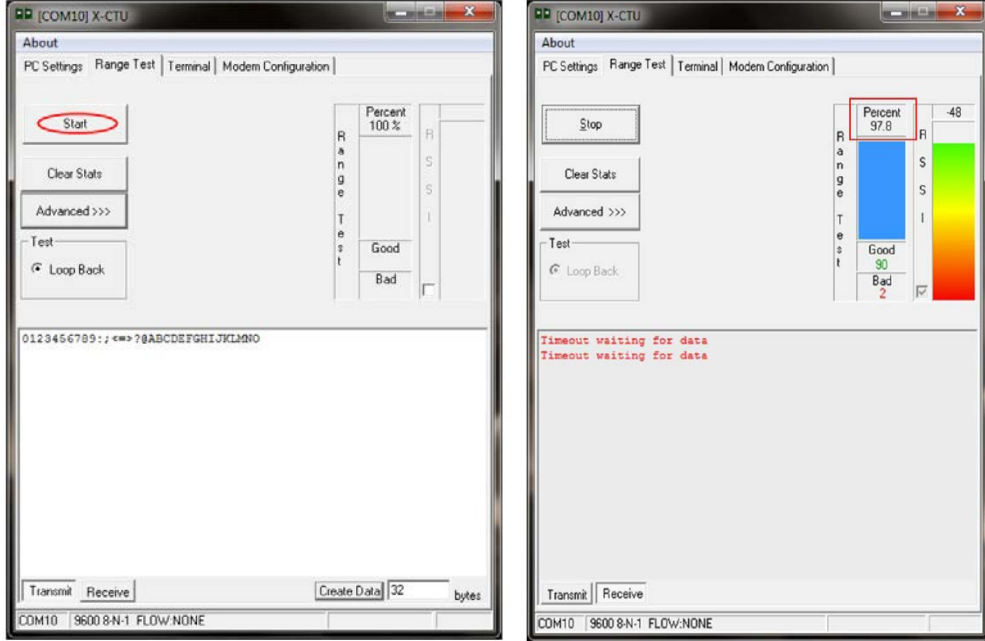


Şekil 4.6. XBee ara yüzü

X-CTU programı kullanılarak açılan menü de ilk olarak read (oku) tuşu kullanılarak yazılımın hangi XBEE modeli kullanılıyorsa onun tanınma işlemi yapılmaktadır. Bu işlem gerçekleştikten sonra AT komutlarını kullanmaya gerek duymadan XBee modeli üzerindeki ayarlamalar şekildeki ara yüz kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sistemde kullanılacak olan XBee modülü bağlanan tablodan seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra ara yüzde bulunan XBee giriş ve çıkış ayarları kullanılarak, modül üzerine bağlanan sensörlerin kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Şekil 4.8’de XBee modülünün bilgisayara bağlandıktan sonra bağlantısının nasıl olması gerektiğini gösterilmiştir. İki XBee arasındaki bağlantı programda bulunan mesafe testi kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

İki XBee' den biri bilgisayara takılıp, diğeri ise belli bir uzaklığa konulmaktadır. Bu sayede bilgisayara takılan XBee ile uzaktaki XBee birbirlerine belli veri paketleri yollayarak iletişim kurması sağlanmaktadır.

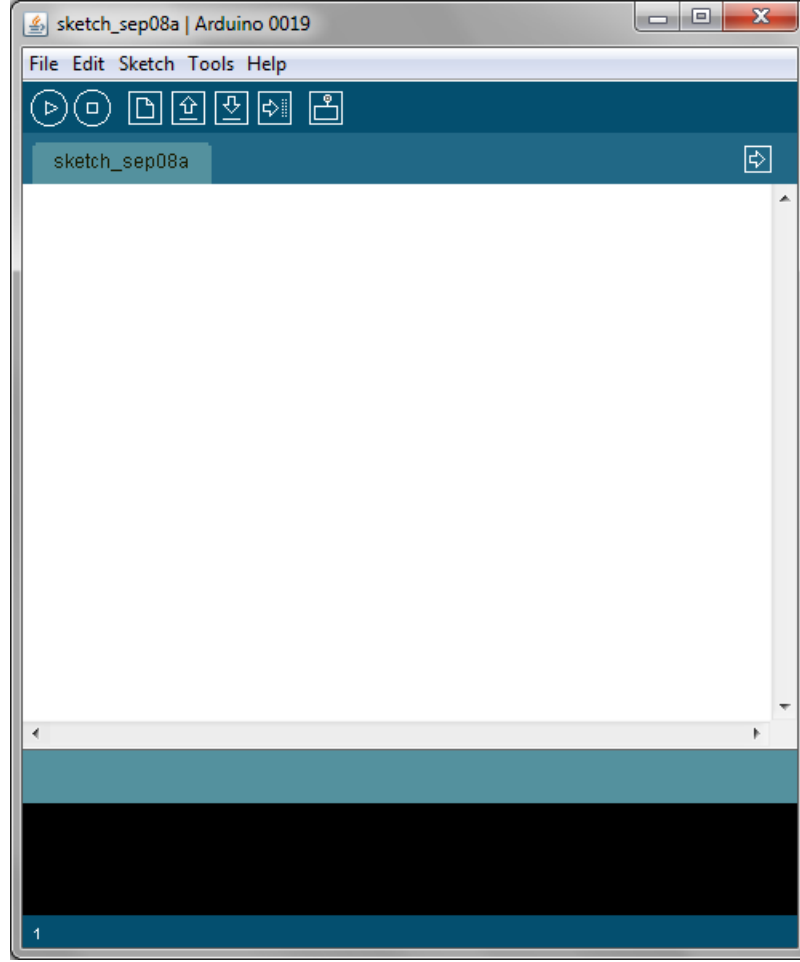


Şekil 4.7. XBee bağlantı şeması

4.4. XBee Cihazlarının Haberleştirilmesi

X-CTU programıyla 2 adet XBee'nin birbiriyle bağlantısı ve iletişimi kolaylıkla sağlanırken birden fazla XBee'nin birbiriyle olan iletişiminde yazılımın bize sunduğu imkânlar dışına çıkılmadığından bir takım sıkıntılar meydana gelmektedir. Ayrıca XBee'lerin üzerinde bulunan 4 adet Analog veriyi Dijital veriye dönüştüren pinlerin kullanımı yeteri kadar esnek olmadığından dolayı XBee cihazlarını mikroişlemcilerle haberleştirilerek kontrol edilmesi planlanmıştır.

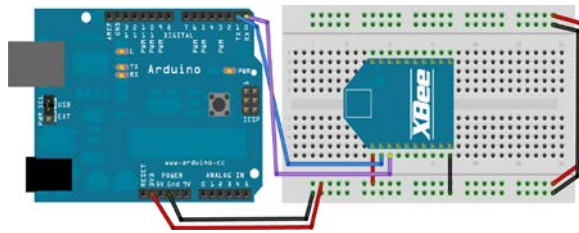
Arduino üzerinde bulunan 3,3V'luk güç girişi kullanılarak XBee'lerin beslemesi yapılmıştır. Arduino ve tüm sensörler ise bir pil üzerinden beslenerek çalışma işlemi gerçekleştirilmiştir. XBEE cihazları ile Arduino arasındaki seri bağlantıda Şekil 4.10'da gösterildiği şekilde XBee'nin alıcısı Arduino kartının vericisine, Arduino kartının vericisi ise XBee'nin alıcısına bağlanacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.8. Arduino Programı

Şekil 4.8’de Arduino programını ara yüzü gösterilmektedir. Bu program kullanılarak XBee’lerin programlama işleminin yapılması sağlanmıştır. Sistemde kullanılan mikroişlemciler bu program vasıtasıyla programlanmıştır.

İlk durumda X-CTU yazılımı kullanılarak birbirine bağlanmış olan XBEE ve Arduino mikro işlemci kartı uzakta bulunan bir XBEE ve Arduino ile sağlıklı bir şekilde veri alışverişi sağlanmıştır. Bu kapsamda Şekil 4.9’da gözüktüğü gibi XBee ve Arduino mikroişlemci kartı arasında seri birim üzerinden bağlantı yapılmıştır.



Şekil 4.9. XBee ve Arduino bağlantı şeması

9 adet mikroişlemci ve ona bağı olan XBee modüllerinden gelen veriler ana istasyondaki XBee'ye yollanmıştır. XBee modülüne bağı olan Arduino vasıtasıyla programının seri monitörüne modüllerden gelen bilgilerin yollanması sağlanmıştır. Uzak düğümden gelen verilerin birbiriyle karışmaması ve veri akışında herhangi bir kesintinin olup olmadığının anlaşılması için, ana istasyon ekranında gelen veriler düğüüm ismi, veri paketi numarası ve veri paketi tarihi gibi kimlik verilerek yollanma işlemleri yapılmıştır.

5. KABLOSUZ SENSÖR AĞININ KURULMASI

Bu kısımda, yer altı sistemleri için kurulan akıllı sensör ağının uygulama aşamasından bahsedilecektir. Yapılan bu uygulamada, tasarımı ve programı yazılan raporlama sistemi detaylı olarak anlatılacaktır.

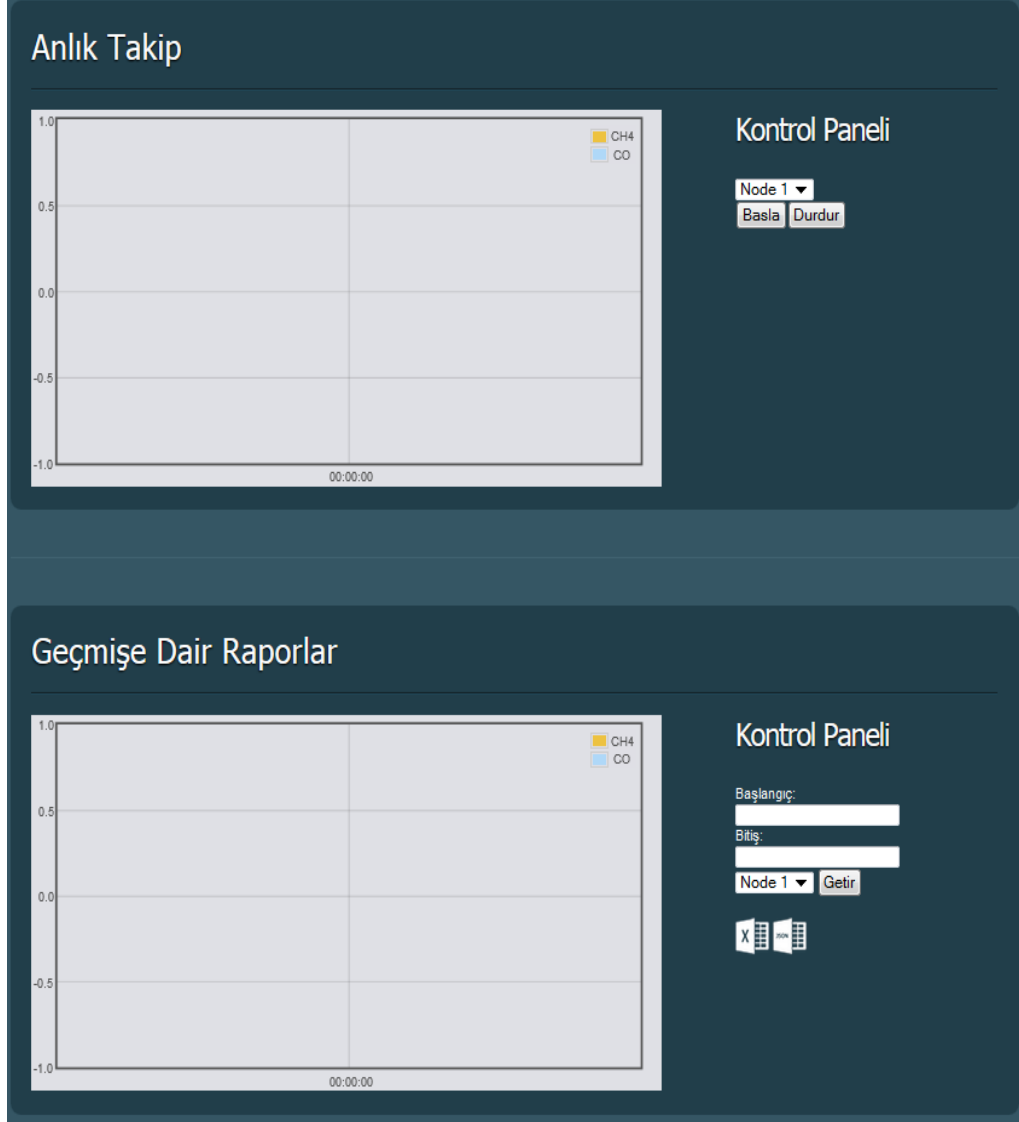
5.1. Raporlama Sistemi

Kurulan sensör ağ yapısının sürekli takibinin sağlanması için sistemin hem yerel ağda bulunan ekrandan hem de internet ortamından yapılacak şekilde bir senaryo oluşturulmuştur.

İlk olarak, kablosuz sensör ağını oluşturan uzak düğümlerden gelen verilerin ana istasyonda bulunan bilgisayara aktarılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece gelen verilerin ana bilgisayar ekranından takibi yapılmıştır. Ancak bu verilerin ana bilgisayar ekranında bulunan gözlemciden başkası takip edememektedir. Bu yüzden gelen verilerin internet ortamında da takip edilerek uzaktan kontrolünün yapılması gerekmektedir. DigiMesh ağ topolojisini kullanarak gelen ve IEEE 802,15,4 bandında çalışan kablosuz haberleşme düğümlerinin verilerinin internet ortamına aktarılması için bu frekans bandının WIFI ağ yapısına dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bunun için bir ağ geçidi (gateway) kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, gerek piyasada bulunan ağ geçidi özelliğine sahip cihazların çok pahalı olması gerekse de sistemin kullanımında yeteri kadar esnekliğin sağlayamamasından dolayı açık kaynak programlama dili olan Python programı kullanılarak gelen verilerin dönüştürülerek internet ortamına aktarılması sağlanmıştır. Python programı açık kaynaklı olduğu için birçok geliştiricisi tarafından çeşitli kütüphane kaynakları geliştirilmiştir. Günümüzde de geliştirilmeye devam etmektedir.

Python programı kullanılarak yazılan program neticesinde, XBee modüllerinden ana bilgisayar ekranına gelen verilerin internet ortamına aktarılmasını sağlanmıştır.

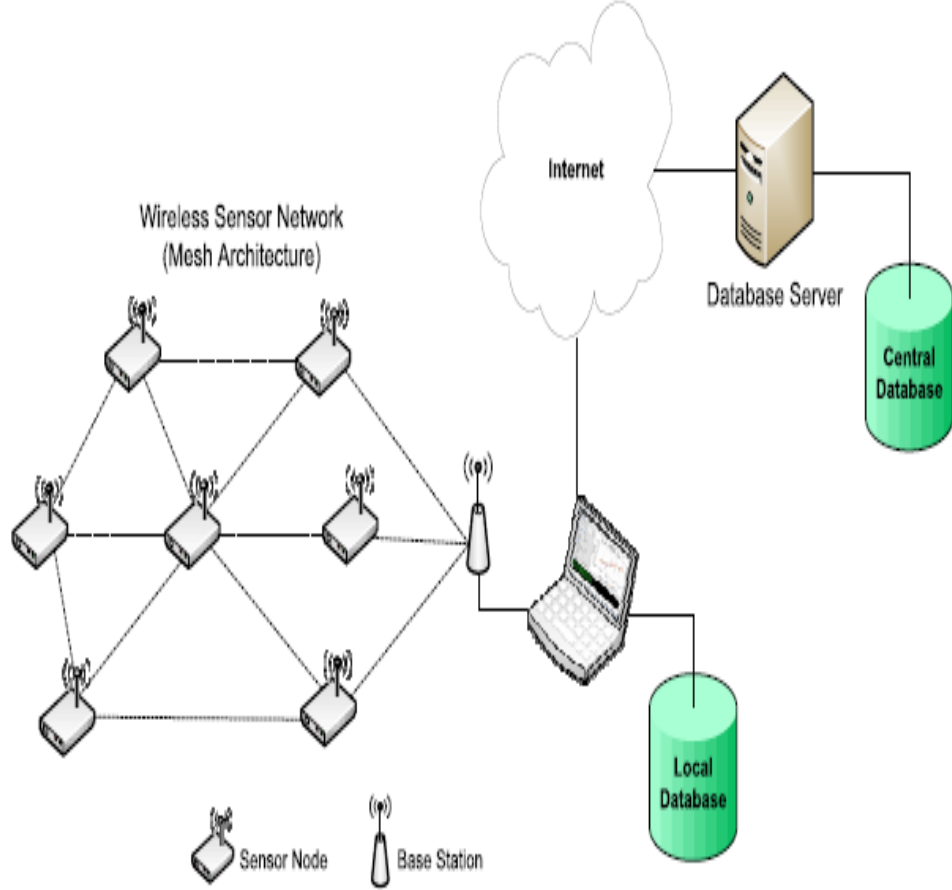


Şekil 5.1. Sistemin ara yüz ekranı

Şekil 5.1’de gösterildiği gibi ana istasyona bağlı olan düğüme gelen verilerin hem yerel ağda hem de Python programında bulunan internet kütüphane modülleri kullanılarak, yerel ağ ortamında bulunan verilerin internet ortamına gönderilmesi sağlanmıştır.

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından Teknogirişim sermayesi ile kurulan Robotik Maden Arge Otomasyon Teknolojileri şirketi tarafından açılan www.robomaden.com internet adresine verilerin Python programı kullanılarak yollanması sağlanmıştır. Anabilgisayar istasyonundan gelen veriler smartsens.robomaden.com adresinde bulunan ara yüze gönderilmektedir.

Kurulumu yapılan sensör ağının yapısı Şekil 5.2’de gösterilmiştir. İlk olarak birbirleriyle iletişimi sağlanan modüllerin almış olduğu verilerin ana istasyonda bulunan bilgisayara yollanmasının işlemi yapılmıştır. Bu sayede gelen verilerin yerel veri tabanında kayıt altında tutulması sağlanmıştır.



Şekil 5.2. DigiMesh ağ yapısı

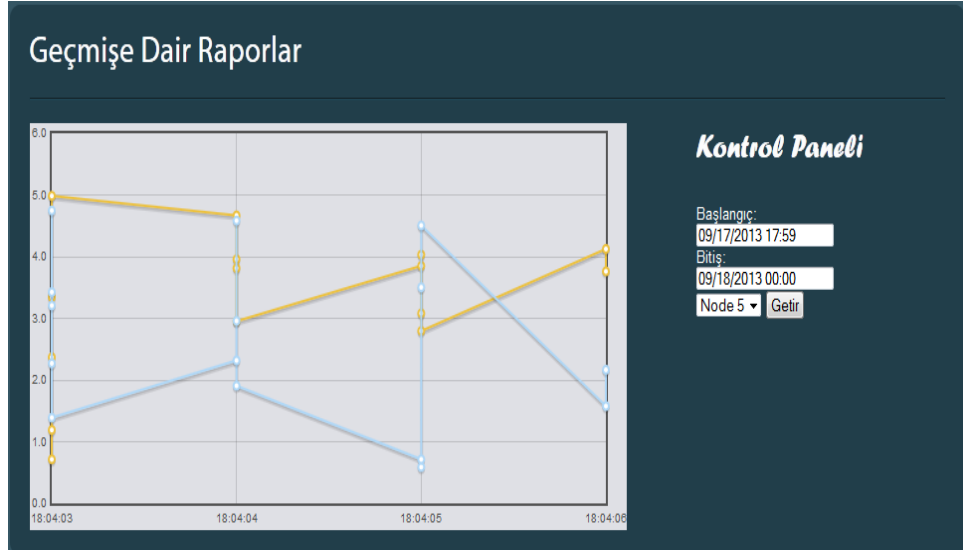
Verilerin yerel ağda tutulması uzaktan kontrol ve gözleme konusunda yeterli bir işlemi sağlamayacağından dolayı bu gelen sensör verilerinin internet ortamına aktarılma işleminin yapılması gerekmektedir. Bu işlem içinse, internet ortamında oluşturulan veri tabanı ile yerel ortamda bulunan sensör verilerinin internet ortamında depolanma işlemi yapılmaktadır. Böylece sistemi kullanan kullanıcı, veri tabanındaki verileri internet ortamından da anlık olarak takip edebilmektedir.

Şekil 5.3’de ise XBee DigiMesh sensör ağ yapısı kullanılarak tasarlanan modüller gösterilmektedir. Bu modüller maden ocağının ilgili yerlerine yerleştirilerek sensör verilerinin anlık olarak gözleme işlemi yapılmıştır.



Şekil 5.3. Tasarımı yapılan modüller

İlk olarak iki XBEE modülü arasında iletişim kurulmuş olup daha sonra sistemdeki diğer XBee'ler arasında bağlantı kurulmuştur. Şekil 5.4'de ise ana bilgisayarda bulunan verilerin internet ortamına aktarılmasıyla oluşturulan grafik gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Gelen veriler

Bu grafik ekranının elde edilme işlemi ilk olarak gaz sensörlerinden alınan analog verilerin, mikroişlemciler kullanılarak dijitalleştirilmesiyle başlamaktadır. Sistemde kullanılan haberleşme protokolü, diğer kablosuz ağlardaki gibi noktadan noktaya iletim şeklinde değildir. Aksine, bir düğüm noktasında hazırlanan veri paketi, daha önceden tanımlanan bir frekans ve kanal boyunca yayın yapılmaktadır. O sırada,

beklemekte olan diğer düğüm noktaları ise bu kanalı dinler. Eğer, bu kanaldan bir veri paketi alınmışsa, ilk olarak bu veri paketinin geçerliliği kontrol edilir. Veri paketi standart bir halde ise, bu düğüm noktalarından tekrar aynı kanal üzerinden yayımlanarak bu işlem devam etmektedir.

Bu işlemler, yapılırken aynı anda iki düğüm noktası birden aynı paketi yayınlanması problemi ile karşılaşmamak için, her düğüm noktası, paketi yayınlamadan önce kendisi için tanımlanmış olan rastgele bekleme süresi boyunca bekler. Standart hale getirilmiş olan veri paketi doğrudan bir noktadan diğerine aktarılması yerine, bir kanal boyunca durmadan tekrarlanarak, ana istasyondaki modüle kadar iletilerek veri transferi gerçekleştirilir.

Ana modülde çalışan bulut uygulaması sayesinde, paket önce ayıklanır ve daha sonra robomaden.com adresinde tutulan veri tabanına aktarım işlemi yapılmaktadır. Şekil 5.5'te ise internet adresinde tutulan veri tabanı gösterilmiştir. Yapılan bu işlemler sayesinde yerel ağ ortamında bulunan verilerin internet ağına dahil edilmesi gerçekleştirilmiştir.

←T→						id	nodeid	sensorType	rawvalue	date			
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2371	1	1	1.45161	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2372	2	0	0.544739	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2373	2	1	2.35837	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2374	4	0	2.38511	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2375	4	1	2.94269	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2376	5	0	3.55442	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2377	5	1	1.68541	1378840577
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2378	6	0	3.20646	1378840578
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2379	6	1	0.168194	1378840578
		Düzenle		Sıralı Düzenleme		Kopyala		Sil	2380	5	0	2.10366	1378840578

Şekil 5.5. Veri tabanı

Şekil 5.5'te internet ortamına aktarılan verilerin robomaden.com adresindeki sunucuda nasıl bir yer kapladığı gösterilmiştir. Sunucuda bulunan bu veri tablosunda her sütünün bir görevi bulunmaktadır.

Ana modülde çalışan bulut uygulaması sayesinde standart halde bulunan veri paketini, çözümledikten sonra internet sunucusunda bulunan veri tabanında, ilgili sütunları doldurarak veri aktarım işlemini gerçekleştirmektedir.

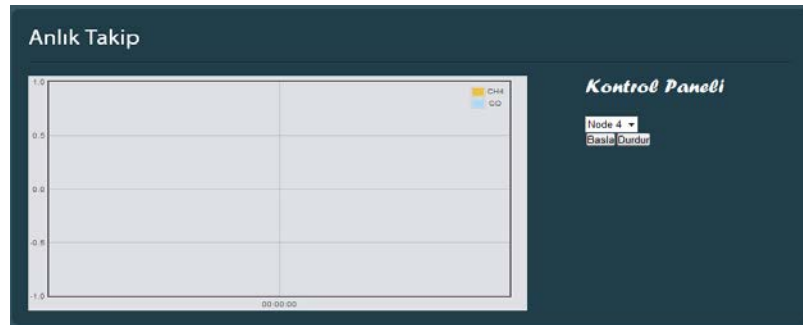
İnternet veri tabanındaki veriler 5 sütunlu bir halde saklanır. Şekil 5.5'teki birinci sütun gelen verilerin isimlendirildiği sütundur. Bu sütun gelen paketin numarasıdır ve veri tabanı tarafından otomatik olarak atanır.

İkinci sütun ise, gelen paketin hangi düğüm noktasına ait olduğunu gösteren sütundur. Bu sayede hangi düğümde, hangi verinin geldiği gösterilmektedir. Kullanıcı verilerin takibini kolayca yapabilmektedir.

Üçüncü sütun ise, paket ayıklanırken dijitalleştirilmiş verinin hangi gaz sensörüne ait olduğunu gösteren sütundur.

Dördüncü sütun ise pakette saklanan verinin değerini göstermektedir. Sensörlerden gelen verilerin değeri bu sütunda saklanmaktadır. Gaz verilerinin değişimi bu sütundaki veri değerleri gözlemlenerek takip edilmektedir.

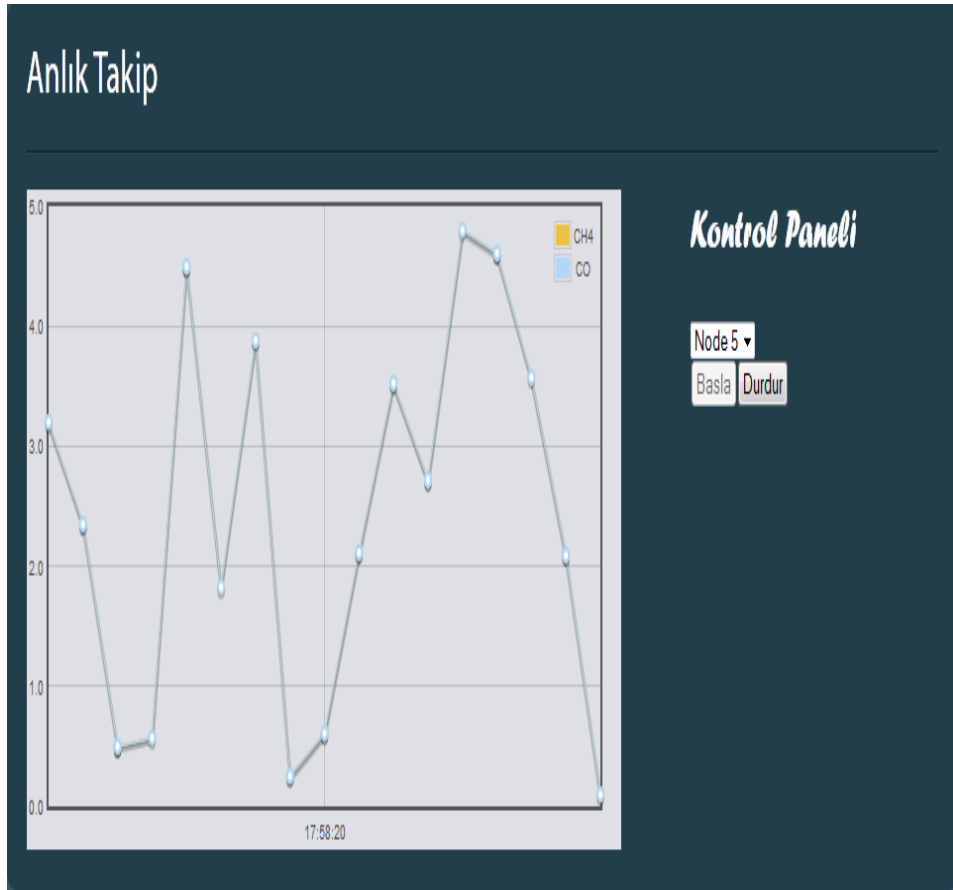
Beşinci sütun ise ana modüle ulaşan paketin ne zaman veri tabanına eklendiğini gösteren bir zaman damgasıdır. Bu zaman damgası ise, Unix standartlarında oluşturulmuştur. Bu sütun, 1 Ocak 1970 saat 00:00'dan itibaren geçen toplam saniyeyi göstermektedir. Bu zaman damgası, web uygulamasında kullanılan anlık takip aracının yapılmasını sağlamıştır.



Şekil 5.6. Düğüm seçilmiş sistem

Sistemde kullanılan 9 adet sensör düğümünden takip edilmek istenen düğüm noktası Şekil 5.6'da gösterildiği gibi kontrol panelinden seçilmektedir. Daha sonra ise Şekil 5.7'de gösterildiği gibi yerel ağ ortamından gelen verilerin internet ekranında anlık olarak verilerinin aktarılması gerçekleştirilmektedir. Veriler geldikçe anlık veri ekranı güncellenmektedir. Bu sayede olası tehlike durumları veri ekranından takip edilmektedir.

Sistemde, 4 adet gaz ölçüm sensörü kullanıldığından ve her sensörün kendisine ait bir ölçüm verisi olmasından dolayı yaşanabilecek karışıklıkların önlenmesi için bütün sensörlerin analog verileri olası tehlike durumları için grafikteki 4 değerine göre ayarlanmıştır. Diğer bir deyişle, sistemden seçilen sensörlerde, grafikteki 4 değeri aşıldığı zaman tehlike durumu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.7. Anlık takip ekranı

Projede son olarak geçmişe dair raporların grafiklerini hazırlayan başka bir program uygulaması daha vardır. Bu uygulama ile raporlanması istenilen tarih-saat aralıkları takvimden işaretlenir ve o zamana ait veriler grafik üzerinden kaydedilmektedir.

Sistem için yapılan ilk raporlama sisteminde kullanıcılardan gelen geri dönüşler sayesinde HTML5 ve bir Java Kütüphanesi olan JQuery alt yapısı kullanılarak, kullanışı daha kolay olan yeni bir raporlama sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemin mevcut sistemden farkı ise her bir sensör düğümünün ara yüzde kolaylıkla seçilmesinin sağlanmasıdır. Şekil 5.8’de geliştirilen anlık takip sistemi gösterilmiştir.



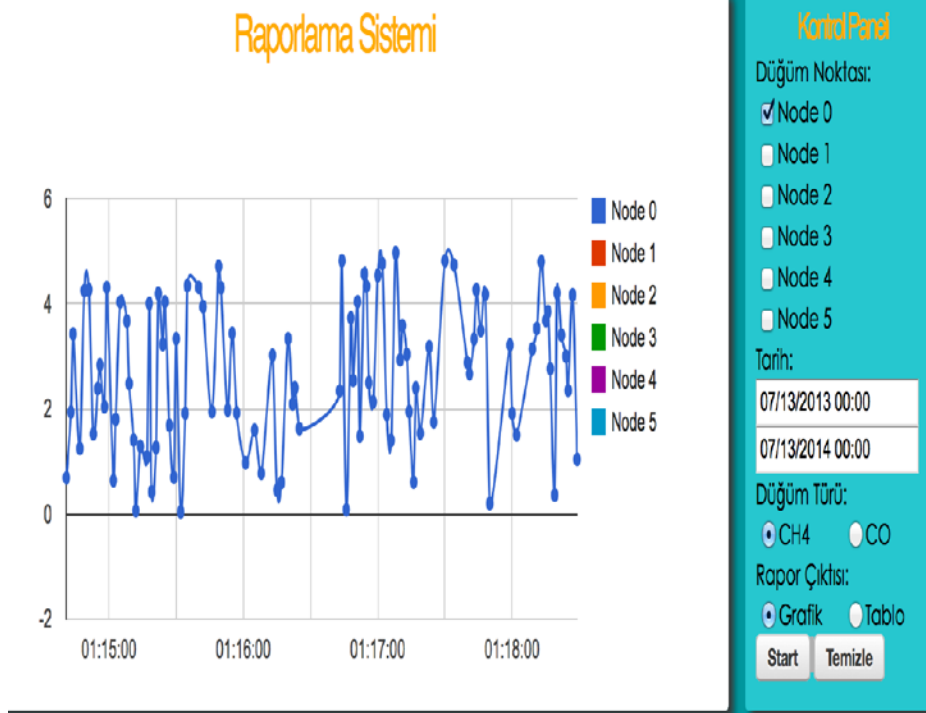
Şekil 5.8. Anlık ekran bilgisi

Sistem de yapılan ara yüz sayesinde ise raporlama sisteminde de bir takım geliştirmeler yapılmıştır. Şekil 5.9’da gösterildiği gibi başlangıç ve bitiş tarihlerinin daha kolay bir şekilde girilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.9. Raporlama sistemi

Yapılan raporlama sistemi sayesinde ilgili düğümlerden gelen verilerin seçilen başlangıç ve bitiş tarihinden itibaren gözlemlenmesi ve takibi yapılmaktadır. Şekil 5.10'da gösterildiği gibi sistem üzerinden gelen verilerin grafik ve tablo düzeni şeklinde görüntüleme işlemi gerçekleştirilmektedir.



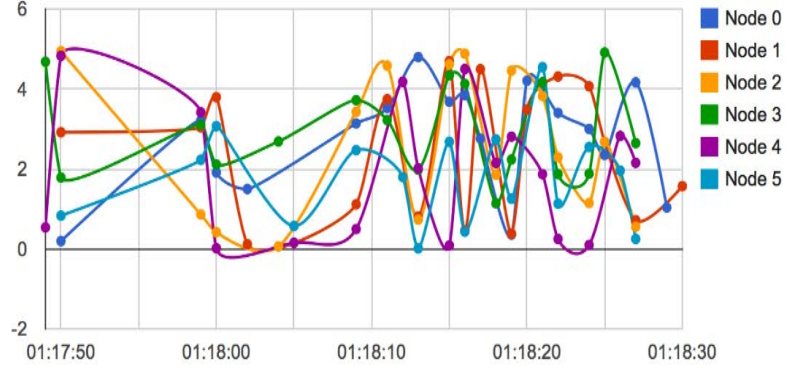
Şekil 5.10. Anlık raporlama sistemi

Sistem de geliştirilen diğer bir özellik ise tüm sensör düğümlerinden gelen verilerin tek bir ekranda aynı anda gösterilme işleminin yapılmasıdır. Bu sayede düğümlerde meydana gelen anlık değişimler ve tehlikeler tek bir ekran üzerinden takip edilmektedir.

Şekil 5.11'de ilgili düğümlere gelen sensör verilerinin toplu bir şekilde gösterilmektedir. Her sensör düğümü için seçilen renkler sayesinde grafiklerin takibi rahatlıkla yapılmaktadır.

Program üzerinde yapılan ayarlamalar neticesinde sensör verilerinin grafikte 4 sayısının üzerini aştığı durumlar tehlikeli durumu oluşturmaktadır. Bu durumda yerel ağ üzerinde bir uyarı yazısı çıkmaktadır. Aynı zamanda, hangi sensör modülü üzerinde bir tehlike durumu var ise mikroişlemci kartına bağlı olan led, kırmızı yanarak o bölgede çalışan madencileri uyarmaktadır.

Raporlama Sistemi



Şekil 5.11. Tüm düğümlerin raporlanma sistemi

İnternet ara yüzünde yapılan geliştirmeler sayesinde gelen sensör verilerinin tablo şeklinde de gösterilmektedir. Şekil 5.12’ de mevcut düğümlerden gelen veriler tablo halinde gösterilmiştir. Bu veriler aynı zamanda PDF (Portable Document Format) ortamına da aktarılarak bilgisayara kayıt edilmektedir.

Date	Node 0	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5
12 Kas 2013 01:18:30		1.57028				
12 Kas 2013 01:18:29	1.03706					
12 Kas 2013 01:18:27	4.16503					
12 Kas 2013 01:18:27		0.718781				
12 Kas 2013 01:18:27			0.555259			
12 Kas 2013 01:18:27				2.64555		
12 Kas 2013 01:18:27					2.15316	
12 Kas 2013 01:18:27						0.25046
12 Kas 2013 01:18:26					2.82421	
12 Kas 2013 01:18:26						1.9585
12 Kas 2013 01:18:25	2.34982					

Şekil 5.12. Veri tabanı

Sonuç olarak, yapılan raporlama sistemi ile hem yerel ağ üzerinde hem de internet üzerinde sensör verilerinin anlık olarak takibi yapılmaktadır. Aynı zamanda geliştirilen raporlama sistemi ile gelen sensör verileri belirli günler arasında da takip edilmekte ve bilgisayara kaydedilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında DigiMesh ağ yapısı kullanılarak gerçek zamanlı çalışan yeraltı sistemleri için kablosuz sensör ağı kurulumu ve uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda yeraltı sistemlerinde en çok ihtiyaç duyulan sensörler olan; metan, oksijen, karbonmonoksit ve karbondioksit gazı sensörleri kullanılarak ortamda bulunan gazların anlık durumunun yerel bilgisayara bağlanan alıcı-verici sayesinde takip edilmesi sağlanmıştır.

İkinci aşamada ise yerel ağda bulunan verilerin internet ortamına aktarılma işlemi yapılmıştır. Bunun için internet veri tabanı kullanılarak bir tablo oluşturulmuştur. Kurulmuş olan internet adresine bu verilerin anlık olarak aktarılma işlemi yapılmıştır. Geliştirilen raporlama sistemi ile sensör verilerinin belirli tarihler arasında da gözlemlenmesi sağlanmıştır.

Veri tabanına aktarılan verilerin internet ortamında anlık olarak görüntülenmesi sağlanarak olası tehlike anında gerekli uyarıların ve ikazların yapılması hedeflenmiştir. Bu sayede olası tehlike durumlarında mikroişlemci kartı üzerinde bulunan ledin ikaz ışığının yanması sağlanmıştır.

Ülkemizde iş kazalarında meydana gelen ölümler ve yaralanmaların yanı sıra oluşan ekonomik kayıp ülke ekonomisini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu yüzden, riskli çalışma sektörlerinde bu tip takip ve izleme sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Ancak, bu tip sistemlerin kurulabilmesi için kullanılan malzemelerin alev-sızdırmazlık özelliğine sahip olması gerekmektedir.

Fakat ülkemizde bu testleri yapacak bir merkez bulunmamaktadır. Dolayısıyla yakın bir gelecekte bu tip çalışmaların artması için böyle bir merkezin kurulması şarttır. Kurulan bu merkez ile tehlikeli çalışma ortamlarındaki veriler dışa bağımlı olmadan takip edilmesi sağlanacaktır.

Madenlerde meydana gelen iş kazası istatistiklerinin taşkömürü ve linyit ayrımında, üretim ve ithalat durumları ile birlikte ele alınarak değerlendirilmesi, maden sektörüne

yönelik bir yol haritası çıkarılması açısından oldukça önemlidir. Kazaların başlıca nedenlerinin alt yapı ve teknoloji ile ilgili önlenebilir sorunlardan kaynaklanması, denetim ve yaptırımların tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kazalar sonucu yaşanan kayıplar ile birlikte ekonomik boyutun da incelenmesi ve konu ile ilgili yapılan çalışmalar da dikkate alınarak bu tür kayıpların önlenmesi için bir madencilik sektörü stratejisi belirlenmesi gereklidir

Son olarak, ülkemizde Ar-Ge ye yapılacak olan yatırımlar sayesinde bu tip sistemlerin kurulması ve kendi yazılım sistemimizin oluşturularak ithal ikamenin azaltılması hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Arslanhan S., Cünedioğlu H. E., Madenlerde yaşanan iş kazaları ve sonuçları üzerine bir değerlendirme, *TEPAV*, 1279030826, 1-6, 2010.
- [2] <http://www.madencilik-turkiye.com/pdfler/mak-1379163177.pdf>, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2014).
- [3] Korkmaz O., İş kazaları ile verimlilik arasındaki ilişki: Türkiye taşkömürü kurumu örneği, *Journal of Yaşar University*, 2011, **23**, 3805-3813.
- [4] <http://www.madencilik-turkiye.com/haberler/haberdetay/882>, (Ziyaret tarihi: 30 Mayıs 2014).
- [5] <http://www.atex.org.tr>, (Ziyaret tarihi: 1 Eylül 2013).
- [6] Sanchez L., Munoz L., Galache J. A., Sotres P., Santana R. J., Gutierrez V., Ramdhany R., Gluhak A., Krco S., Theodoridis E., Pfisterer D., SmartSantander: IoT experimentation over a smartcity testbed, *Computer Networks*, 2014, **61**, 217–238.
- [7] Bayo A., Antolin D., Medrano., Calvo B., Celma S., Early detection and monitoring of fire with a wireless sensor network system, *Procedia Engineering*, 2010, **5**, 248-251.
- [8] Wang D., Honghoh F., Tianliang X., Jianan S., Optimized anchor nodes placement for underground mine localization system based on zigbee technology, *International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer*, Jilin, China, 19-22 August 2011.
- [9] Li K., Jia H., Liu M., Zigbee wireless sensor network using physics-based optimally sampling for soil moisture measurement, *3rd International Conference on Communications and Mobile Computing*, Qindao, China, 18-20 April 2011.
- [10] Akyıldız I. F., Vuran M.C., *Wireless sensor networks*, 1st ed., Wiley, UK, 2010.
- [11] Akyildiz I. F., Stuntebeck E. P., Wireless underground sensor networks: Research challenges, *Ad Hoc Networks*, 2006, **4**, 669-686.
- [12] Akyildiz I. F., Wang X., Wang W., Wireless mesh networks: A survey, *Computer Networks*, 2005, **47**, 445-487.
- [13] Bhattacharjee S., Roy P., Ghosh S., Misra S., Obaidat M., Wireless sensor network-based fire detection alarming, monitoring and prevention system for Bord-and-Pillar coal mines, *Systems and Software*, 2012, **85**, 571-581.
- [14] Faludi R., *Building wireless sensor networks*, 1st ed., O'Reilly, USA, 2010.

- [15] Farahini S., *Zigbee wireless networks and tranceivers*, 1st ed., Newnes, USA, 2008.
- [16] <http://www.zigbee.org/> (Ziyaret tarihi: 11 Ekim 2012).
- [17] Gislason D., *ZigBee wireless networking*, 1st ed., Newnes, USA, 2008.
- [18] Elahi A., Gschwender A., *ZigBee wireless sensor and control network*, 1st ed., Prentice Hall, USA, 2009.
- [19] <http://www.digi.com/wiki/developer/index.php/Channels> (Ziyaret tarihi: 1 Aralık 2013).
- [20] Yüksel E., Uzaktan ölçüm için Zigbee mimarisi kullanan sistem tasarımı, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010,282571.
- [21] Kızılırmak E. Y., Zigbee ile Endüstriyel vinç kontrolü, Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012, 321325.
- [22] Güney M., Zigbee tabanlı ev otomasyon sistemi, Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, 270259.
- [23] Başçiftçi N., Zigbee tabanlı mobil sağlık izleme sistem tasarımı ve uygulaması, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2011, 283464.
- [24] <http://www.digi.com/technology/digimesh>, (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2013).
- [25] http://www.digi.com/pdf/wp_zigbeevsdigimesh, (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2013).
- [26] Titus J., *The hands on Xbee lab manual experiments that teach you xbee wireless comunicacions*, 1st ed., Newnes, USA, 2012.
- [27] Bandyopadhyay L.K., Chauhya S.K., Mishra P.K., *Wireless communication in underground mines*, 1st ed., Springer, London, 2010.
- [28] Igoe T., *Making things talk*, 2nd ed., O'Reilly, Canada, 2011.
- [29] Margolis M., *Arduino cookbook*, 1st ed., O'Reilly, USA, 2011.
- [30] <http://arduino.cc/en/Guide/ArduinoWirelessShieldS2>, (Ziyaret tarihi: 22 Haziran 2012).

EKLER

EK-A

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# importserial
importMySQLdb
import time
importthread
importrandom
defremoteConnection(remoteIP = "94.73.150.247", username = "robomaden_root",
password = "eroneron", database = "robomaden",nodeid ="1", sensorType = None,
value = None):
try:
print "Trying Remote Connection.."
dbConn = MySQLdb.connect(remoteIP,username,password,database)
try:
print "Tryingto set cursor."
cursor = dbConn.cursor()
try:
#         for i in range(1,len(value)):
#                                     cursor.execute("INSERT INTO sensordb
(id,nodeid,sensorType,rawvalue,date)          VALUES          (%s,%s,%s,%s,%s)",
(None,nodeid,sensorType,value[i],int(time.mktime(time.gmtime()))))
#         dbConn.commit() #committhe insert
cursor.execute("INSERT INTO sensordb (id,nodeid,sensorType,rawvalue,date)
VALUES                                     (%s,%s,%s,%s,%s)",
(None,nodeid,sensorType,value,int(time.mktime(time.gmtime()))))
dbConn.commit() #committhe insert
cursor.close() #closethecursor
return 0
exceptMySQLdb.IntegrityError:
print "FailedtoInsert Data"
return -3
finally:
cursor.close() #closejustincase it failed
```

```

except:
print "Couldn't Set Cursor"
return -2
except:
print "Could not Connect to Database abo"
return -1
##def serialListener(device = "COM9", baud = 9600, times = 1):
##  rows = []
##  try:
##    print "Trying...",device
##    arduino = serial.Serial(device, baud)
##    for i in range(0,times):
##rows.append(arduino.readline())
##    arduino.close()
##    returnrows;
##  except:
##    print "Failedtoconnect on",device
##    return -1
def nerede(kardiz, harf):
lst = []
pos = []
for i in range(len(kardiz)):
lst.append(kardiz.find(harf, i))
final = set(lst)
for o in final:
ifint(o) > -1:
    #print o,
pos.append(o);
pos.sort()
return pos
defparseRawValues(rawValue, pos):

values = []

```

```

for i in range(0,len(pos)-1):
if(pos[i] != len(rawValue)):
values.append(rawValue[pos[i]+1:pos[i+1]])
returnvalues
def main():
# satirlar = serialListener()
# printsatirlar[0]
# pos = nereede(satirlar[0],"#")
# values = parseRawValues(satirlar[0],pos)
# printvalues
nodeID = random.randint(0,6)
sensortype = random.randint(0,1)
valuex = random.uniform(0, 5)
printnodeID, sensortype,valuex
remoteConnection(nodeid = nodeID,sensorType = sensortype,value = valuex)
definput_thread(L):
raw_input()
L.append(None)
defdo_print():
L = []
thread.start_new_thread(input_thread, (L,))
while 1:
time.sleep(.1)
if L: break
main()
while 1:
main()

```


KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Güner H. E.**, Ambarkütük M., Oysu C., Yeraltı sistemleri için kablosuz haberleşme tabanlı akıllı sensör ağı uygulaması, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı TOK-2014*, Kocaeli, Türkiye, 11-13 Eylül 2014.
- [2] **Guner H. E.**, Ambarkutuk M., Building wirelss mesh sensor networks, *6th Computer Science and Engineering Conference*, Lyiv, Ukrania, 21-23 November 2013.
- [3] Ekşi O. T., Durak M., Kaya Ü., **Güner H. E.**, Oysu C., İki boyutta çizim yapabilen delta robotun tasarımı ve gerçekleştirilmesi, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı TOK-2013*, Malatya, Türkiye, 26-28 Eylül 2013.
- [4] Ambarkutuk M., **Guner H.E.**, Bilginer L., Oysu C., Magnetic breaking and speed stabilization, *Proceedings of 18th International Conference Mechanika*, Kaunas, Lithuania, 4-5 April 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin Emre GÜNER, Aralık 1986, Zonguldak doğumludur. Orta ve lise öğrenimini Zonguldak'ta tamamlamıştır. 2005 yılında kazandığı Atılım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında Mekatronik Mühendisi olarak mezun oldu. 2010 yılında, Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde ÖYP araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır ve halen görevine devam etmektedir. 2011 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.