



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİ DOĞAN KÜVÖZLERİ İÇİN KABLOSUZ
ALGILAYICI AĞ TASARIMI**

**Elektrik - Elektronik Müh. İlkay DURGUN
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof.Dr. Aydın AKAN**

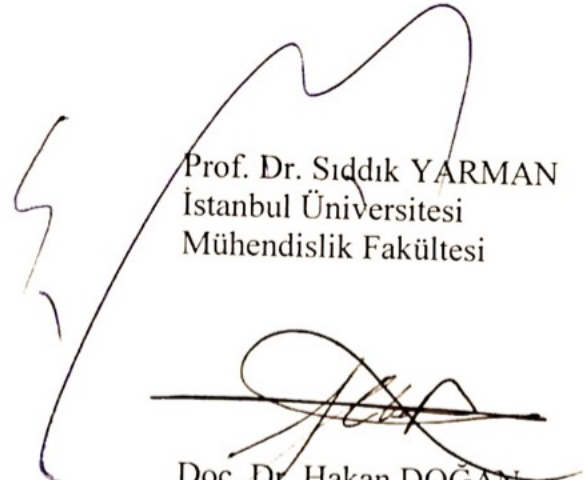
Ağustos, 2012

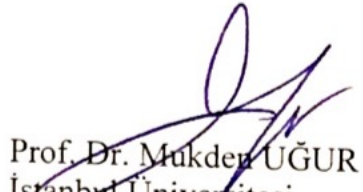
İSTANBUL

2601090324 Öğrenci numaralı İlkay DURGUN tarafından hazırlanan bu çalışma 07/08/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik-Elektronik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Prof. Dr. Aydın AKAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Sıddık YARMAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Mukden UĞUR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Hakan DOĞAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Yrd. Doç. Dr. Merve SEZDİ
İstanbul Üniversitesi
Teknik Bilimler M.Y.O.

ÖNSÖZ

Tez konusunun seçiminde ve yürütülmesinde yol gösterici olan ve her türlü desteği sağlayan Sayın Hocam Prof. Dr. Aydın AKAN'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma, aileme ve sevdiklerime teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2012

İlkay DURGUN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. KABLOSUZ ALGILAYICILARA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR	3
2.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI	4
2.3. ZIGBEE.....	5
2.4. KABLOSUZ AĞLARIN ELEKTROMANYETİK ETKİLEŞİMİ.....	11
2.3.1. SAR Değeri ve Limitleri	11
3. MALZEME VE YÖNTEM	13
3.1. ZIGBEE MODÜLLERİ	13
3.2. CC DEBUGGER.....	19
3.3. SICAKLIK VE NEM SENSÖRÜ.....	19
3.3. KAPASİTİF MİKROFON	21
4. BULGULAR	22
4.1. KÜVÖZ SENSÖRÜ.....	22
4.2. AĞ KOORDİNATÖRÜ	24
4.3. BİLGİSAYAR YAZILIMI	26
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	29
KAYNAKLAR	31

ÖZGEÇMİŞ	33
-----------------------	-----------



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Kablosuz algılayıcı ağlar	4
Şekil 2.2: Kablosuz standartların kullanım alanları	5
Şekil 2.3: IEEE 802.15.4 and ZigBee çalışma modeli	7
Şekil 2.4: IEEE 802.15.4’de kullanılan ağ yapıları	8
Şekil 2.5: Zigbee ağı	10
Şekil 3.1: Microchip Zigbee çözümü	13
Şekil 3.2: Atmel Zigbee çözümü	14
Şekil 3.3: CC2530 pin yapısı	14
Şekil 3.4: CC2530 iç yapısı	15
Şekil 3.5: Texas Zigbee çözümü	16
Şekil 3.6: CC2530ZDK Texas Zigbee geliştirme kiti	17
Şekil 3.7: CC2530 modül	17
Şekil 3.8: CC2530 modül pin yapısı	18
Şekil 3.9: CC Debugger’ın SmartRF05BB kartına bağlantısı	19
Şekil 3.10: SHT75 nem ölçüm tolerans grafiği	20
Şekil 3.11: SHT75 sıcaklık ölçüm tolerans grafiği	20
Şekil 3.12: SHT75 Yapısı	21
Şekil 3.13: Kapasitif Mikrofon	21
Şekil 4.1: Küvöz sensörünün akış diyagramı	23
Şekil 4.2: Küvöz sensörünün rapor gönderme kodu	24
Şekil 4.3: Ağ koordinatörünün akış diyagramı	25
Şekil 4.4: Ağ koordinatörünün rapor alma kodu	26
Şekil 4.5: Bilgisayar yazılımı akış diyagramı	27
Şekil 4.6: Bilgisayar yazılımının ekran görüntüsü	28

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: ZigBee genel karakteristikleri.....	8
Tablo 2.2: ZigBee’de kullanılan frekans bantları.....	8



SEMBOL LİSTESİ

GHz	: Gigahertz
kb/s, kpbs	: Kilo bits per second
MHz	: Megahertz

Kısaltmalar

EKG	: Electrocardiogram
EN	: European Standards
FFD	: Full Function Device
IEC	: International Electrotechnical Commission
ISM	: Industrial, Scientific and Medical
PAN	: Personal Area Network
PDA	: Personal Digital Assistant
RFD	: Reduced Function Device
TS	: Türk Standardı
WLAN	: Wireless Local Area Network
WPAN	: Wireless Personal Area Network

ÖZET

YENİ DOĞAN KÜVÖZLERİ İÇİN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ TASARIMI

Yeni doğan küvözlerinin sıcaklık ve nem değerlerinin üzerindeki kontrol devreleri ile ölçülüp lokal olarak takip edilmesi gerekmektedir. Sıcaklık ve nem değerleri ayarlanan değerlerin üzerine yada altına düştüğünce küvözler lokal olarak uyarı verebilmektedirler.

Bu çalışmada yeni doğan küvözlerinde kablosuz sensör ağları kullanılarak küvöz içerisinde ölçülen sıcaklık, nem değerlerinin ve ses seviyesinin ortak bir merkezden takibi ve küvöz üzerindeki ısıtıcı ve fanın kontrol edilmesi hedeflenmiştir. Böylece küvözler ile ilgili uyarıların bir merkezde takip edilmesi sağlanacaktır. Çalışmada ölçülen veriler kablosuz algılayıcı ağı ile merkeze iletilmekte ve bu bilgiler merkezdeki bir bilgisayar ekranından anlık izlenebilmektedir. Gerekğinde limit değerler ayarlanarak her bir küvöz için sistemin alarm vermesi sağlanmıştır.

Kablosuz algılayıcı ağ yapıları, çok sayıda algılayıcı düğümünün bir araya gelmesinden oluşur. Bu algılayıcı düğümleri kendi ağlarını organize edebildiğinden, gönderilen bilgi uzak mesafelere düğümler üzerinden atlaya atlaya gidebilmektedir. Bu projede kablosuz algılayıcı ağlarını seçmemizin bir nedeni de, bilgiyi daha az güç kullanarak uzun mesafelere gönderebilmektir.

Kablosuz algılayıcı ağlarda pil gücü yaşam ömrünü belirlediği için buna bağlı olarak bazı kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple algılayıcı düğümler, zamanlarının büyük bir kısmını düşük güç tüketimi ilkesine bağlı olarak “uyku” durumunda geçirirler. Düğüm diğer düğümlerden veri geldiği zaman uykudan uyanır ve gelen veriyi işler. Bu projede, kablosuz algılayıcı ağların bu özelliği de kullanılarak ortama yayılacak enerjinin azaltılması ve kullanılacak güç miktarının düşürülmesi hedeflenmiştir. Böylece ortamda ölçülecek SAR değerlerinin de düşmesi sağlanmıştır.

SUMMARY

DESIGN OF A WIRELESS SENSOR NETWORK FOR NEW-BORN INCUBATORS

Temperature and humidity values of New born incubator should be measured and followed by control circuit locally. Incubator can give a warning locally when the temperature and humidity values are lesser or more than adjusted value.

In this study, measuring temperature, humidity values and sound volume by using wireless sensor network from one common center inside of incubator and controlling of heater and fan integrated on incubator have been targeted. Thus, it will provide to follow warning about incubator from one common center. The values measured in this study can be transmitted to center by wireless sensor network and these data can be seen on the computer screen at the center momentarily. If it is needed, it is provided that system's limit values can be adjusted for each of incubator in order to give alarm.

Wireless sensor network frameworks consists of many sensor nodes which are connected to each other. Send data can be transfered to long distance by jumping through the nodes, because these sensor nodes have ability to organize their own network. In this project, the one reason of choosing wireless sensor networks is to transfer the data long distance by using less power.

For wireless sensor networks, life time is specified by battery power therefore, there can be some limitation. That's why, sensor nodes are on the "sleep" mode according to power consumption rule most of their time. When the node received a data from other nodes, it wake up and process received data. In this project, to reduce spreading energy to environment and to reduce the power consumption by this specialty of wireless sensor networks have been targeted. Thus reducing the measured value of SAR is provided in environment.

1. GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağı, algılayıcılar vasıtasıyla topladıkları verileri kablosuz olarak ileten ve düşük enerji gerektiren sistemlerdir. Kablosuz algılayıcı ağı, kablosuz haberleşme sistemlerindeki gelişmeler ile birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma haline gelmeye başlamıştır. Donanım maliyetlerin düşük olması, zamanla daha düşecek olması, kablolama gerektirmediği için kurulumunun kolay ve ucuz olarak çözülebilmesi, esnek kullanım imkanı sunması ve hızla gelişen algılayıcı teknolojisi nedeniyle kullanım alanları giderek artmaya başlamıştır (Sağlık uygulamaları, askeri uygulamalar ve çevresel gözleme uygulamalar vb.) [1].

Mevcut durumda sağlık kuruluşlarında yeni doğan küvözlerinin sıcaklık ve nem değerleri cihazın üzerindeki algılayıcılar yardımı ile ve görevli personel tarafından cihaz başında takip edilmektedir. Bazı durumlarda küvöz üzerindeki algılayıcılar ve monitör sistemi arızalar verebilmekte ve küvöz ayarlanan sıcaklık ve nem değerlerinin dışında çalışır duruma gelebilmektedir. Böyle durumlarda yeni doğan ünitelerinde bebek ölümüne varan kazalar ortaya çıkabilmektedir. Çok sayıda küvözün sıcaklık ve nem değerlerinin, merkezi bir üniteden izlenebilmesi, hem ilave bir güvenlik unsuru sağlayacak, hem de personel iş gücünün daha verimli olarak kullanılmasına imkan verebilecektir.

Bu çalışmada hızla gelişmekte olan kablosuz algılayıcılar ele alınarak tıbbi alanda önemli bir ihtiyaca cevap verecek bir uygulamanın tasarımı ve geliştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Yeni doğan küvözlerinin içine konulacak kablosuz bir algılayıcı modül yardımıyla küvöz ile ilgili sıcaklık, nem parametrelerinin ve küvöz içerisindeki ses seviyesinin kablosuz olarak bir merkeze aktarılabilmesi ve küvöz üzerindeki ısıtıcı ve fanın kontrolü hedeflenmiştir.

Küvözler ile ilgili Türk Standartları Enstitüsünün TS9896 numaralı “Bebek Küvözlerinin Güvenliği ile İlgili Belirli Özellikler” isimli standartında küvözler için sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülmesi zorunluluk olarak belirtilmektedir. 2007 yılında bu standart yürürlükten kalkmış ve yerine TS EN 60601-2-19 (ya da IEC-601-2-19) numaralı “Bebek

İnkübatörlerinin Güvenliği ile İlgili Özel Kurallar” isimli standart geçerli olarak kabul edilmiştir.

TS EN 60601-2-19 standartına göre sıcaklık ölçüm toleransı ± 0.5 °C olarak verilmiştir. Projemizde standarda uygun olarak ölçüm hassasiyeti ± 0.3 °C olan SHT75 sensörü kullanılmıştır. Standarda göre küvöz içindeki gürültü düzeyi en çok 60 dBA, sesli alarm devreye girdiğinde ise 80dBA olabilir. Projemizde kullandığımız mikrofon yardımı ile küvöz içersindeki ses seviyesinin de standart değerler içinde olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Belirli bir alanda çok sayıda yeni doğan küvözü bulunması ve küvöz parametrelerinin gerçek zamanlı olarak bir merkezden izlenmesi istendiğinden Zigbee tabanlı haberleşme arayüzüne sahip bir çözüm üretilmiştir. Zigbee, düşük güçlü, düşük hızlı, küçük paket boyu olan, kısa mesafeli uzaktan izleme ve kontrol sistemlerini hedefleyen bir kablosuz haberleşme standartıdır.

Ayrıca Zigbee cihazları herhangi bir iletişim yapmadığı anlarda uyku moduna geçme özellikleri sayesinde pil ömrü uzatılmakta ve enerji yayılımı düşmektedir. Bu nedenle bu çalışmada Zigbee haberleşmesi tercih sebebi olmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. KABLOSUZ ALGILAYICILARA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

VAISH'in 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada MicaZ algılayıcısı kullanılarak 5 ayrı noktaya algılayıcılar yerleştirilmiş ve düğümlerdeki sıcaklık ve ışık bilgisi algılanarak merkez düğüme bu bilgiler gönderilmiştir [2].

Great Duck Island projesinde kablosuz algılayıcı ağ kullanılarak 32 adet düğüm ile kuş yaşamının uzaktan gözlemlenmesi gerçekleştirilmiştir. Kuşların yuvalama bölgesindeki sıcaklık, nem, basınç, ışık seviyesi ve basınç bilgileri merkeze gönderilmiştir [3].

FANG ve KEDAR'ın 2008 yılında yaptığı çalışmada aktif bir volkana kablosuz algılayıcılar yerleştirilmiştir. Ayrıca bu algılayıcılara uyarı sistemi entegre edilerek tehlikeli bir durumun oluşması durumunda lavın hacmine göre uyarı vermektedir [4].

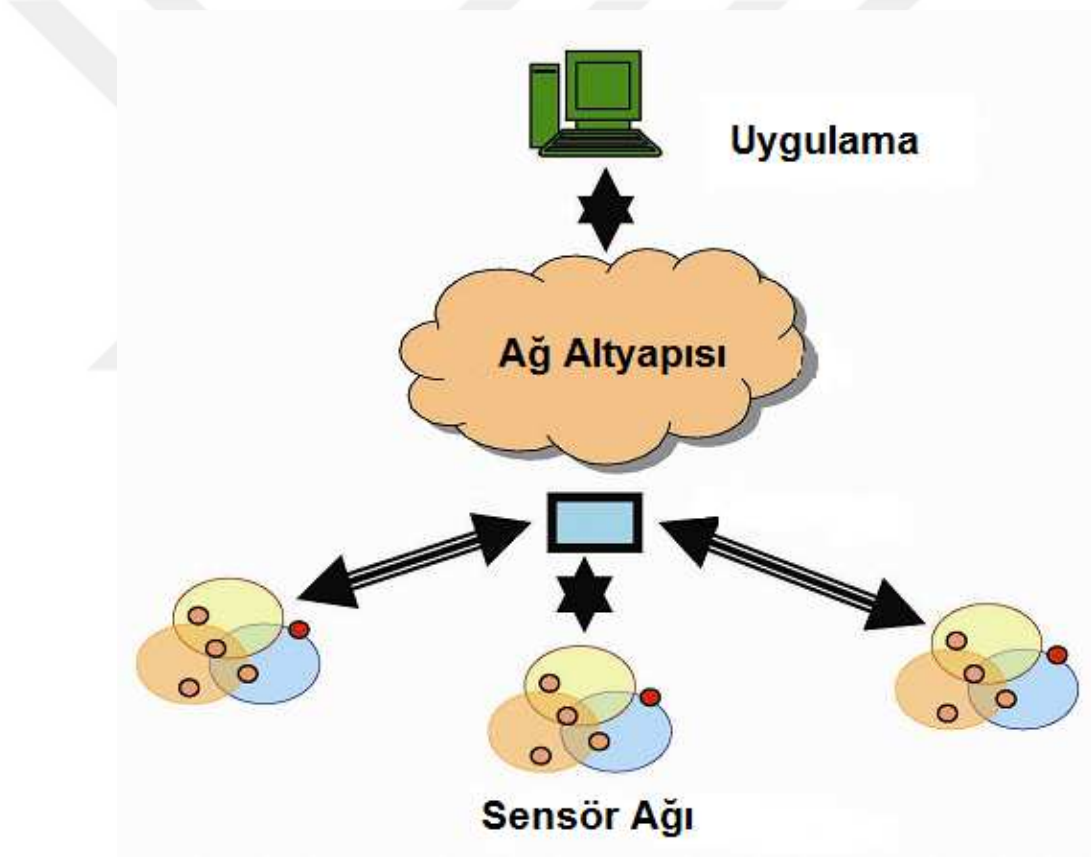
MALAN ve JONES'ın 2004 yılında yaptığı çalışmada kablosuz algılayıcı ağ kullanılarak bir hastanın nabızı ve EKG'sinin PDA'ya gönderilmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece PDA'yı kullanan kişi hasta ile ilgili bilgi sahibi olabilecek ve gerekli yönlendirmeleri yapabilecektir [5].

BAYILMIŞ'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada Matlab Web Sunucusu kullanılarak kablosuz algılayıcı ağlar için internet tabanlı izleme sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yine bu çalışmada MicaZ algılayıcısı tarafından gönderilen bilgilerin sadece internet tarayıcısı kullanılarak uzaktan izlenebilmesi için gerekli ortam oluşturulmuş ve oluşturulan arayüz programından kullanıcının parametreleri değiştirerek çeşitli grafiklere erişmesi ve bu grafikleri karşılaştırabilmesi sağlanmıştır [6].

Bu tez çalışmasında yeni doğan küvözleri için kurulan uzaktan izleme sisteminde ilgililerin küvözlerin parametrelerini tek bir merkezden görmesi sağlanmıştır.

2.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI

Kablosuz algılayıcı ağlar (Wireless Sensor Networks) algılayıcı düğümlerin bir araya gelmesi ile oluşan ağıdır. Tez çalışmasının belkemiğini kablosuz algılayıcı ağlar oluşturmaktadır. Kablosuz algılayıcı ağlar, son yıllarda günlük hayatta karşılaştığımız açlık, kuraklık gibi sorunlardan sanayide, imalat ve yönetim izlemeye kadar pek çok konuda devrim niteliğinde değişiklikler getirmiştir. Kablosuz algılayıcı ağlar sayesinde artık bir yangın çıktığı andan itibaren merkeze bilgi ulaştırılabilmekte, su seviyesi azalan bir nehir hakkında bilgi alınabilmekte veya korunan bir bölgeye olası sızmalar algılanabilmektedir. Şekil 2.1’de kablosuz algılayıcı ağların genel kullanılış şekilleri yer almaktadır.



Şekil 2.1: Kablosuz algılayıcı ağlar [7]

Kablosuz algılayıcılarının sivil uygulamaları tespit ve izleme sistemlerini içermektedir. Algılayıcılar istenilen olayı takip eder ve durumu merkeze ulaştırır. Bu şekilde algılayıcılar yardımı ile bir bölgenin sıcaklık, fırtına ve yağış durumu takip edilebilir

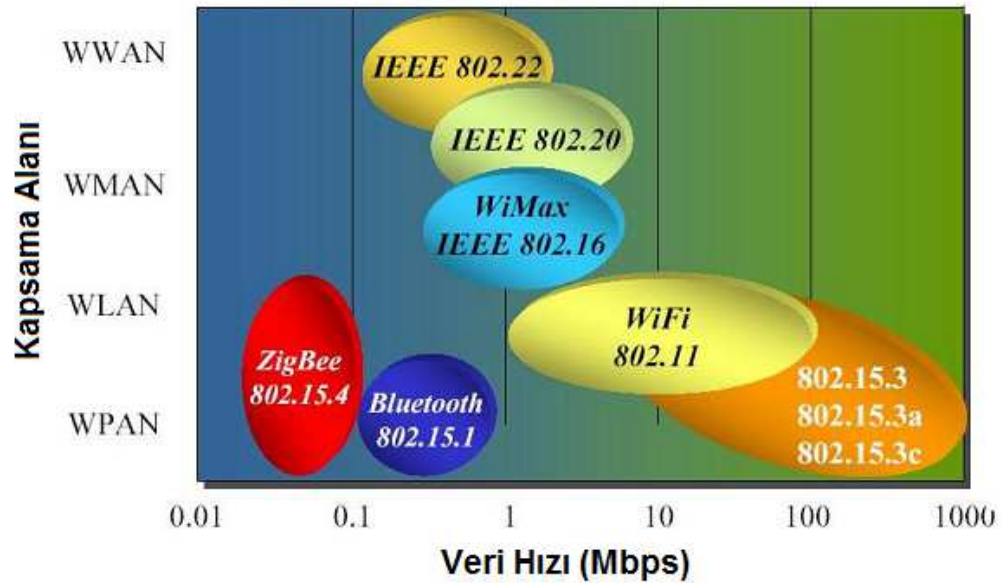
Kablosuz algılayıcı ağ kullanarak hasta durumunun izlenmesi medikal alanda yeni bir çağır açmıştır. Böylece hasta klinik de tutulmak zorunda olmayacak, istediği yeri gezebilecek, ilaca veya tedaviye ihtiyaç olduğu zaman merkezden kendisine ulaşılıp tedavi edilebilecektir. Kablosuz algılayıcı ağların medikal uygulamasında, bir hastanın kalp ritminin izlenmesi verilebilir [5].

Bu çalışmada da yeni doğan küvözlerindeki sıcaklık ve nem değerleri sensörler yardımı ile ölçülerek merkeze ulaştırılacaktır. Böylece ilgili kişiler küvözleri tek tek gezmeden hepsinin durumunu tek bir merkezden görebileceklerdir.

2.3. ZIGBEE

ZigBee, düşük güçlü ve kısa mesafeli bir kablosuz haberleşme standardıdır. WPAN'larda kullanılan IEE 802.15.4 standardı üzerine kuruludur. Diğer WPAN çözümlerine (Bluetooth gibi) göre daha basit ve ucuz bir teknolojiye sahiptir.

ZigBee, kullanım alanı olarak; sık veri aktarma ihtiyacı olmayan, düşük hızlı ve küçük paket boyutuna sahip kontrol ve uzaktan izleme sistemlerini hedeflemektedir. Bu özelliği ile Şekil 2.2 'de görüldüğü gibi diğer WLAN çözümlerinin kapsamadığı ve özellikle endüstride ihtiyaç duyulan bir alandaki ihtiyacı karşılamaktadır.



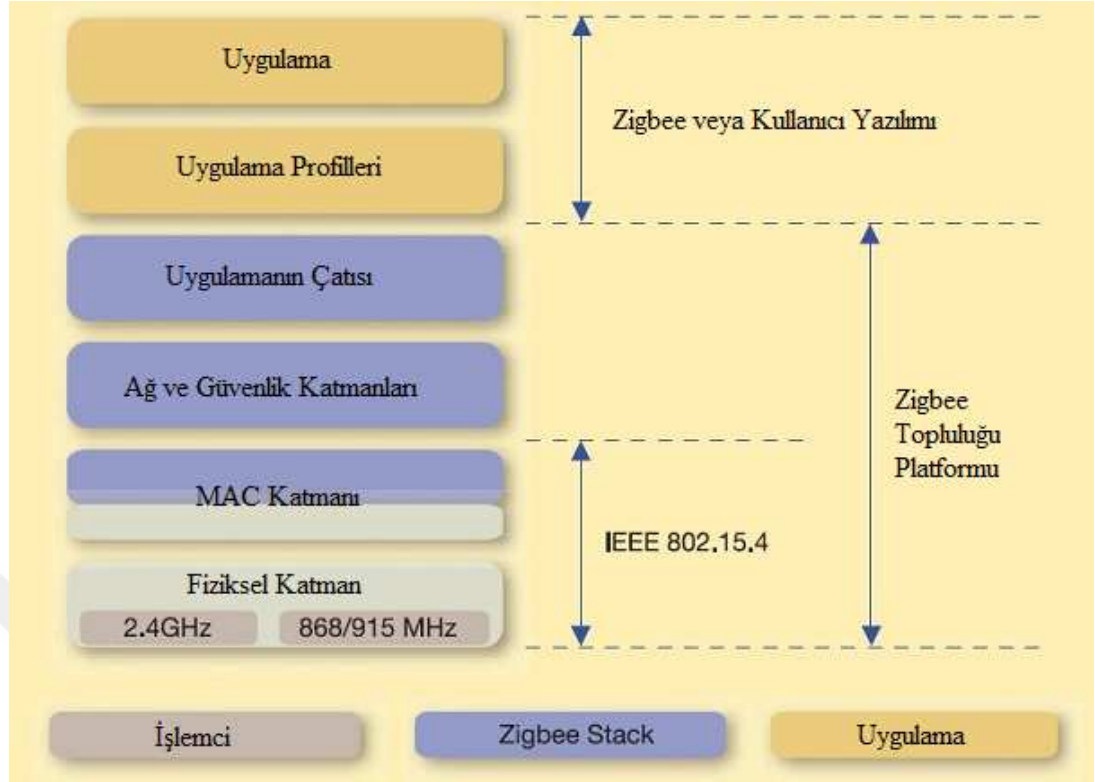
Şekil 2.2: Kablosuz standartların kullanım alanları [8]

ZigBee, düşük güç ve düşük maliyet ilkesi üzerine tasarlanmıştır. Pahalı olmayan alkalın piller ile beş yıla kadar çalışma ömrüne sahip tasarımlar mümkündür. Hem açık arazi gibi hazır elektrik besleme hattının bulunmadığı durumlarda, hem de iş yeri, ev veya fabrika gibi alanlarda esnek, ucuz ve kurulumu kolay bir çözüm olmaktadır.

ZigBee, IEEE 802.15.4 global standardın Physical (PHY) and Medium Access Control (MAC) katmanları üzerine uygulama profilleri, güvenlik ve ağ katmanlarının eklenmiş halidir (Bkz Şekil 2.3). IEEE 802.15.4 standardının özelliğini kullanarak güvenilir, düşük güçlü izleme ve kontrol ürünlerinin kablosuz iletişimini sağlamaktadır.

802.15.4 Standardının belirgin özellikleri;

1. CSMA(Carrier Sense Multiple Access) ile kanal erişimi, çarpışma önleme ve opsiyonel zaman dilimleme.
2. Mesaj alındı bilgilendirilmesi (transfer güvenliği için el sıkışmalı protokol) ve opsiyonel yol bulma(en optimum yolu bulabilme) algoritması
3. Çok seviyeli güvenlik.
4. Optimize edilmiş.
 - 4.1. Uzun pil ömrü, denetleyiciler için seçilebilir gecikme, sensörler, uzak görüntüleme ve taşınabilir elektronik cihazlar.
 - 4.2. İzleme ve kontrol uygulamaları.
5. Maksimum pil ömrü için kurulmuş, çoğu pilin raf ömrü kadar çalışabilme.
6. İki yönlü haberleşme – half duplex.
7. IEEE 802.15.4 D18 protokol üzerine kurulu.
8. Yıldız veya noktadan noktaya (peer-to-peer) çalışma.
9. Düşük gecikmeli cihazları destekleme.
10. AES-128 kullanan simetrik anahtarlı güvenlik.



Şekil 2.3: IEEE 802.15.4 and ZigBee çalışma modeli [9].

Hemen hemen dünyanın her yerinde lisansız olarak kullanılabilen 2.4 GHz ISM(Endüstri, Bilim ve Tıp) bandının dışında Avrupa’da 868 MHz’lik band ve ABD’de 915 MHz’lik band bu standart için ayrılmıştır. 2.4 GHz’lik band 250kb/s’lik data hızı sağlarken 868 MHz’lik band 20 kb/s ve 915 MHz’lik band 40 kb/s’lik data hızı sağlamaktadır. Bu üç frekans bandında toplam 27 frekans kanalı kullanılabilmektedir. 868 MHz için 868.0 ve 868.6 MHz arasında tek bir kanal sağlamakta, 915 MHz için ise 902.0 ve 928.0 MHz’leri arasında 10 kanala imkan vermektedir. 2.4 GHz’lik band 2.4 GHz ve 2.4835 GHz arasında her biri 5 MHz’lik genişliğe sahip 16 kanala bölünmüştür. Bu standartta tek bir paket yapısı kullanılmaktadır. Her bir paket bir senkronizasyon başlığı, paket uzunluğunu gösteren bir başlık ve payload (asıl bilgi) kısımlarından oluşmaktadır. Tablo 2.1’te ZigBee’nin belirgin karakteristikleri, Tablo 2.2 ise kullanılan frekans bantları listelenmektedir.

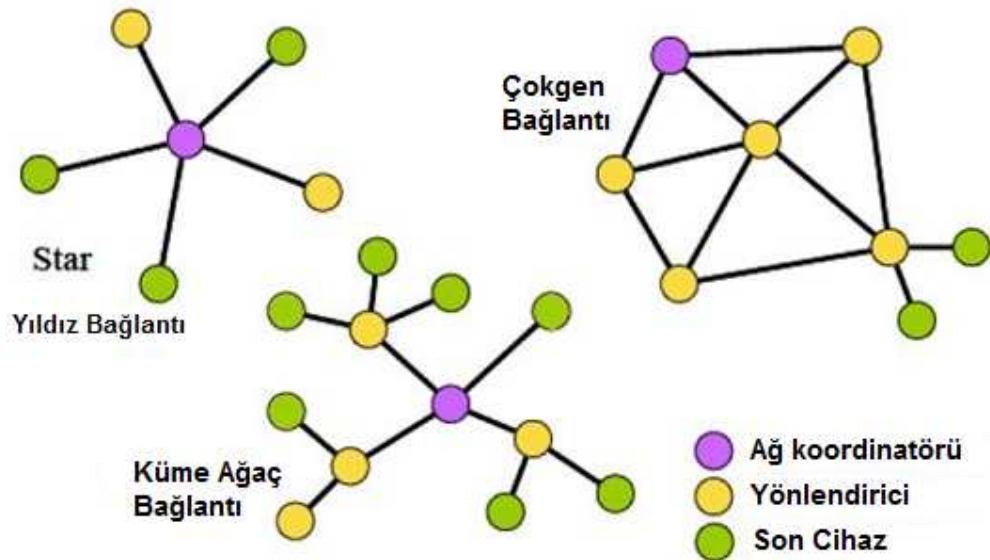
Tablo 2.1: ZigBee genel karakteristikleri [10].

Özellik	Değer
Data Hızı	868 MHz-20kb/s, 915 MHz-40kb/s, 2.4 GHz-250kb/s
Ünite Sayısı/Ağ	255
Mesafe	100m (Açık alanda)
Batarya Ömrü	Uygulamaya göre 6 Ay – 5 Yıl
Kanal Sayısı	868, 915 MHz – 11 Kanal, 2.4 GHz – 16 Kanal
Adres	8 bit veya 64 bit

Tablo 2.2: ZigBee’de kullanılan frekans bantları [10].

Frekans	Band	Kapsam	Veri Oranı	Kanal Sayısı
2,4 GHz	ISM	Dünya çapında	250 kpbs	16
868MHz	ISM	Avrupa	20 kpbs	1
915 MHz	ISM	Amerika	40 kpbs	10

IEEE 802.15.4 standardı çoklu ağ topolojisine sahiptir. Bu ağ topolojileri yıldız, noktadan noktaya, çokgen ve küme ağacı şekillerini içermektedir. Şekil 2.4’de bağlantı şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 2.4: IEEE 802.15.4’de kullanılan ağ yapıları [8]

IEEE 802.15.4 standardında üç farklı tipte cihaz mevcuttur. Bunlar Ağ Koordinatörü (PAN Coordinator), Yönlendirici (Router) ve Son Cihaz (End Device)'dir. Bu tipler kendi aralarında Tam Fonksiyonlu Cihaz (Full Function Device) ve Azaltılmış Fonksiyonlu Cihaz (Reduced Function Device) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ağ Koordinatörü ve yönlendirici tam fonksiyonlu cihaz, son cihaz ise azaltılmış fonksiyonlu cihazdır.

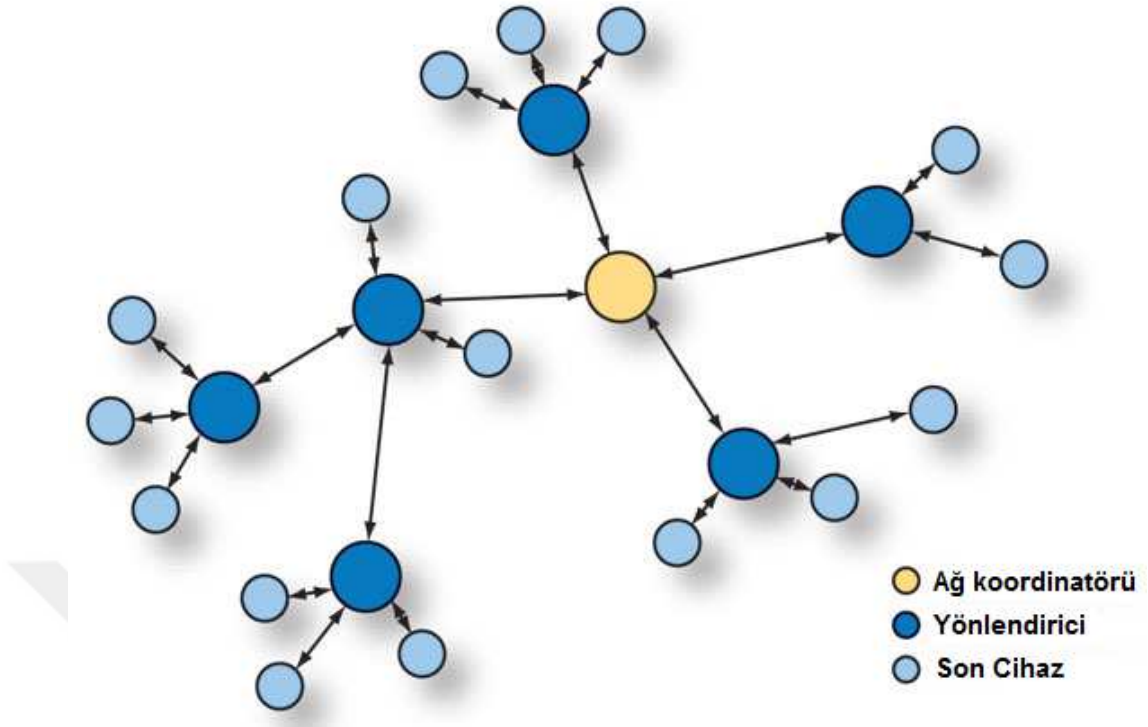
Son Cihaz (End Device): Ağ içerisindeki en zayıf elamandır. Görevi elde ettiği mesajı bir sonraki düğüme iletmektir. Diğer aygıtlara göre daha az enerji tüketirler ve herhangi bir haberleşme yapmadıkların uyku moduna geçerler. Uyku modu sayesinde çevreye yaydıkları enerji seviyeleri düşer.

Ağ Koordinatörü (PAN Coordinator): Her Zigbee ağında sadece bir tane vardır. Görevi ağı başlatmak, aygıtlara PAN ID denilen ağ adını atamak, ağ operasyonunu yürütmektir.

Yönlendirici (Router): Düğümler arasında yönlendirme yapmakla görevlidir. Yapılan bu yönlendirmelerle kullanılan ağın kapsamını artırır. Ayrıca adresleme yapılıp yapılmaması işlevini yönetmektedir.

Cihaz tiplerinin ağ içerisinde alabildiği roller örnek bir ağ yapısında şekil 2.5'de gösterilmiştir. Tüm bu cihaz tiplerini gerçeklemek için gerekli donanım, alıcı-verici donanımdan daha karmaşık değildir. Basit bir sekiz bitlik işlemci ve bir çift AAA pil yeterlidir.

Genel olarak Ağ Koordinatörü, tüm ağın bilgisini tutmaktadır. En çok bellek ihtiyacı olan ve en çok güç tüketimine sahip olan cihaz türüdür. Tam fonksiyonlu cihaz 802.15.4' te tanımlanan özelliklerin çoğunu taşımaktadır. Ek bellek ve işlem gücü ile bir ağ yönlendiricisi(router) rolünü üstlenebilir (Bkz Şekil 2.5). Azaltılmış fonksiyonlu cihaz ise maliyet ve karmaşıklığı kontrol etmek amacı ile standartta belirtilen kadar özellik barındırmaktadır.



Şekil 2.5: Zigbee ağı [11]

ZigBee’de kullanılan cihazlar üç farklı tipte sınıflandırılabilir. Bunlar; Uygulama Cihaz Tipi, ZigBee Mantıksal Cihaz Tipi ve ZigBee Fiziksel Cihaz Tipi’dir. Uygulama Cihaz Tipi, son kullanıcı bakış açısından görülen cihazı belirler. Örnek olarak bir ışık algılayıcısı, ışık denetleyicisi verilebilir. Mantıksal Cihaz Tipi, belirli bir ZigBee ağında kullanılan fiziksel cihaz tiplerini belirler. Örnek olarak ZigBee Koordinatör, ZigBee Yönlendiricisi verilebilir. Fiziksel Cihaz Tipi ise 802.15.4 teki FFD ve RFD tanımlarına dayalı ZigBee donanımının tipini belirler.

Zigbee kullanacaklar için ilgili bazı önemli ve belirleyici kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Dünya çapında standart bir protokol olması
2. Basit bir protokol ve 2,4 GHz frekansının dünya çapında kullanılıyor olması
3. Düşük güç tüketimi (Uygulamaya göre 6 ay ile 5 yıla kadar)
4. Düşük maliyet
5. Ağ başına yüksek uçbirim yoğunluğu
6. Veri hızı gereksinimleri (250kpbs’a kadar yeterli)

2.4. KABLOSUZ AĞLARIN ELEKTROMANYETİK ETKİLEŞİMİ

Bugün kullandığımız çok sayıda aletler, cihazlar ve makineler çevreye elektromanyetik radyasyon yaymaktadır. Evlerimizde kullandığımız elektrikli cihazların tümü, çevremizi bir ağ gibi kuşatan elektrik iletim hatları, antenler, vericiler ve günümüzde çok sayıda insanın kullandığı cep telefonları bu radyasyonun başlıca kaynaklarıdır. Tabii ki bu ortamda yaşamak ve bu cihazları kullanmak zorundayız. Aynı şekilde bu cihaz ve makinelerde bir arada çalışmalıdır.

Elektromanyetik radyasyonun iki türlü etkileşimi vardır:

- a) Elektromanyetik dalgalarla çalışan cihazların birbirleri arasındaki etkileşim
- b) Elektromanyetik dalgalarla çalışan cihazların canlılarla etkileşimi

Cihazlar arası etkileşimde, bu cihazların düzgün çalışabilmeleri için gerekli önlemler alınır. Aksi halde biri çalışırken diğerini olumsuz yönde etkilemesi tehlikelere yol açabilir. Bugün uçaklar, otomobiller ve daha pek çok kullandığımız araç gereçte böyle bir tehlikenin yol açabileceği sonuçlar bilinmemekle birlikte, bunları önleyebilmek adına değişik uyarılar yapılmaktadır.

Diğer etkileşim yolu ise özellikle insanlar için çok daha önemlidir. Çünkü elektromanyetik radyasyon dokular üzerinde birim yüzey başına düşen güç yoğunluğunun (SAR=Specific Absorbtion Rate – özgül soğurulma oranı) canlı vücudunda soğurulmasına ve doku ısınması yoluyla hasar oluşmasına neden olurlar [12].

2.4.1. SAR Değeri ve Limitleri

SAR (Specific Absorption Rate) özgül soğurma oranı, kilogram doku başına yutulan elektromanyetik gücü gösterir. Canlılarda SAR değerinin ölçülmesi için (akupunktur iğnelerine benzeyen) küçük, ince antenlerin doku içerisine sokularak elektrik alan değerinin ölçülmesi gerekir. Günümüzde SAR değeri ya elektriksel özellikleri insana benzeyen robotlar kullanarak laboratuarlarda ya da bilgisayarda matematiksel modellerle elde edilmektedir.

Limit değerleri ABD'deki FCC "Federal Communications Commission" 'in belirlediği değerlerdir. Kablosuz cihazlar için tanımlanmış en yüksek değer 1,6W/kg 'dır [13].

ICNIRP tarafından belirlenen iki limit vardır. Bunlar; temel ve türetilmiş limitlerdir. Temel limit olarak "insanın vücut sıcaklığını ortalama 1 °C derece arttıracak elektromanyetik enerji yutulmasının zararlı olduğu" düşüncesinden yola çıkılmıştır. Temel limitler sadece dokularda yutulan ve ısıya dönüşen güçle ilgilenir. SAR değerinin ölçülmesindeki zorluklardan dolayı, ICNIRP tarafından daha kolay ölçülebilir değerlere göre türetilmiş limitler ortaya konmuştur. Burada esas alınan ise "elektromanyetik güç yoğunluğu"dur. Türetilmiş limitler frekansa göre, ortamda izin verilen en yüksek değerleri belirlemektedir [14].

Araştırmaların sonucuna göre kilogram başına dokuların yutabileceği en yüksek güç değeri 4W bulunmuştur. Bu değer; insanların bulunduğu değişik ortamlar için yeniden düzenlenmiştir. Buna göre, işyerlerinde 10 kat, genel ve meskun yerler için ise 50 kat güvenlik önlemi alınmasının gerektiği belirtilmiştir. Alınacak güvenlik önlemleri uygulandığında;

İşyerleri için (fabrika, atölye, sanayi vb.)	0,4 W/kg	(SAR)
Genel yerler için (örneğin evlerde)	0,08 W/kg	(SAR)

olarak belirlenmiştir [15].

FCC standartlarında yeni doğanlar için ayrıca bir limit değer verilmemiştir. 2400–2483.5 MHz bandında çıkış gücü sınırı maksimum 125mW olarak verilmiştir [16].

Bu tezde kullanılan Zigbee cihazların maksimum çıkış gücü 10mW'tır. Haberleşme olmadığı sürelerde cihazlar uyuduğundan ortalama güç seviyeleri daha da aşağıya düşmektedir.

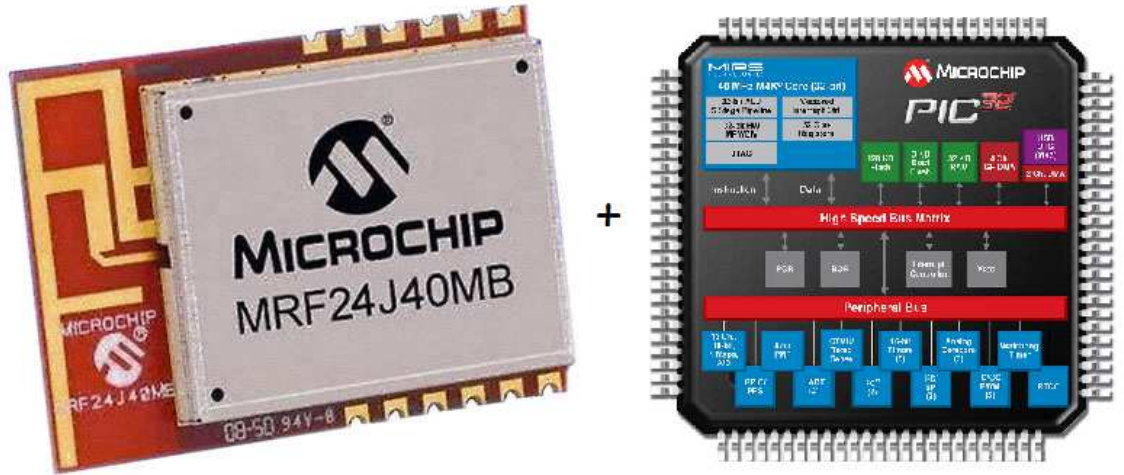
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ZIGBEE MODÜLLERİ

Bu çalışmada Zigbee modül yapısı olarak Microchip, Atmel ve Texas Instruments olmak üzere 3 firmanın ürünleri incelenmiştir.

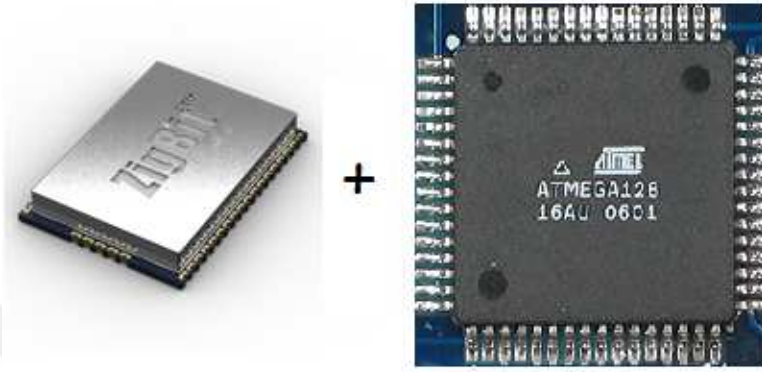
Microchip firmasından, Zigbee katmanını modül olarak alınmaktadır [17]. Yanına zorunlu olarak yine Microchip firmasından bir mikroişlemci seçilerek ikisi beraber kullanılması gerekmektedir. Zigbee yığını (stack) yazılımını kullanıcılara paralı olarak sağlanmaktadır.

Atmel firmasında Zigbee katmanı yine modül olarak verilmektedir [18]. Atmel firması modülü ile başka bir firmanın mikroişlemcisi yada kendi mikroişlemci ailelerinden birini kullanmanıza izin vermektedir. Zigbee yığını (stack) yazılımını kullanıcılara ücretsiz olarak sağlamaktadır.



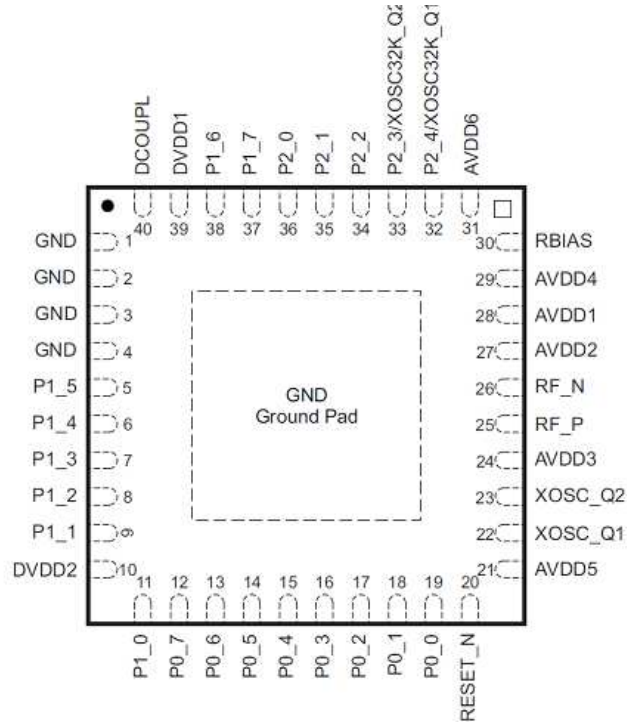
Şekil 3.1: Microchip Zigbee çözümü [17]

Texas Instrument firması Zigbee katmanını ve mikroişlemciyi tek bir yapıda vermektedir [19]. Bu yapıda dışarıdan bir mikroişlemci kullanılmasına gerek kalmadan tek bir yapı ile haberleşme ve işlemci çözülebilmektedir. Zigbee yığını (stack) yazılımını kullanıcılara ücretsiz olarak sağlamaktadır.

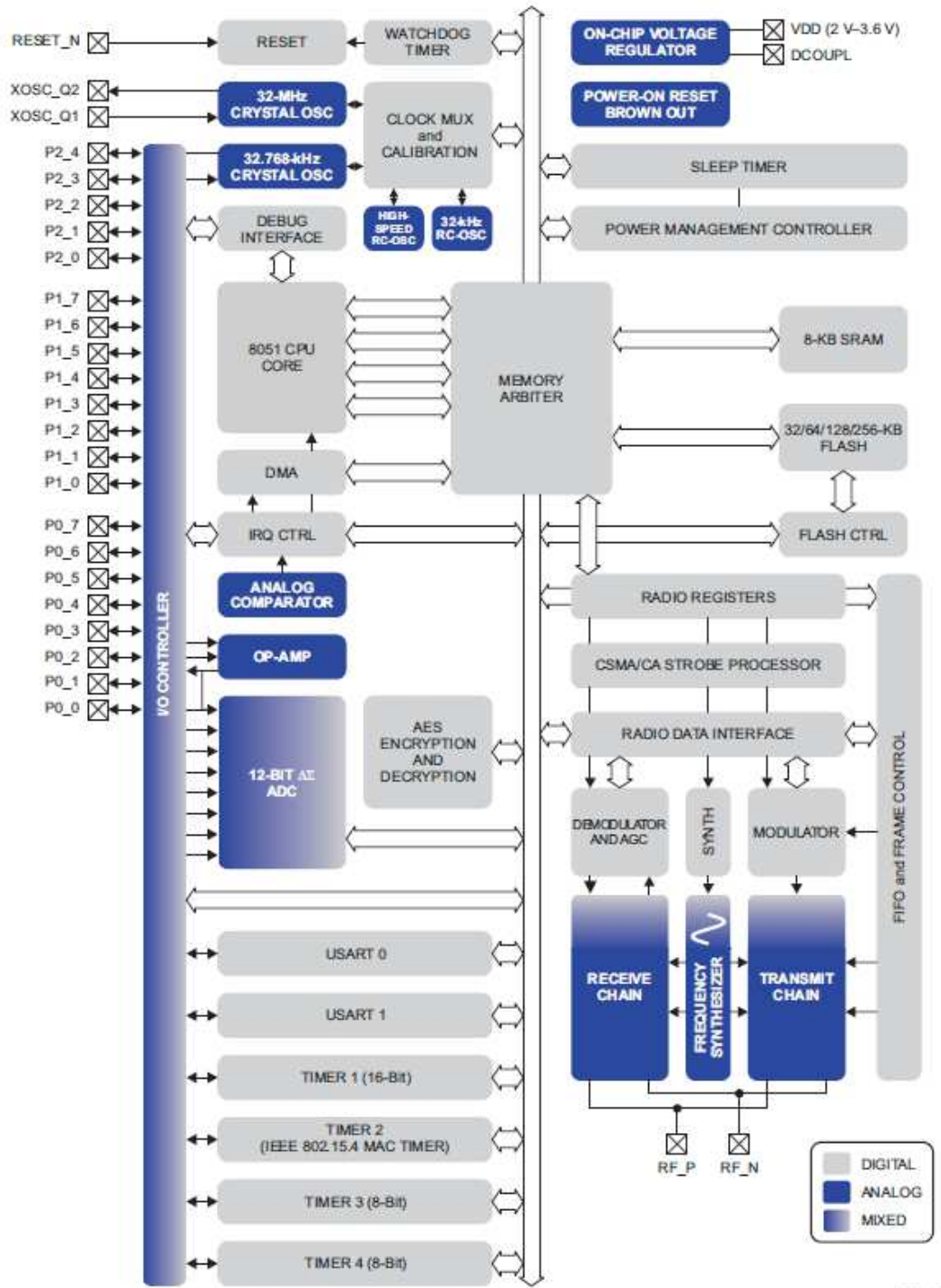


Şekil 3.2: Atmel Zigbee çözümü [18]

Çalışmamızda bu araştırmalardan sonra tek bir katmanda çözüm sağlayan ve Zigbee yığını (stack)'ı ücretsiz olarak sağlayan Texas Instruments firmasının CC2530 serisini kullandık.



Şekil 3.3: CC2530 pin yapısı [20].



80/301-02

Şekil 3.4: CC2530 iç yapısı [20].

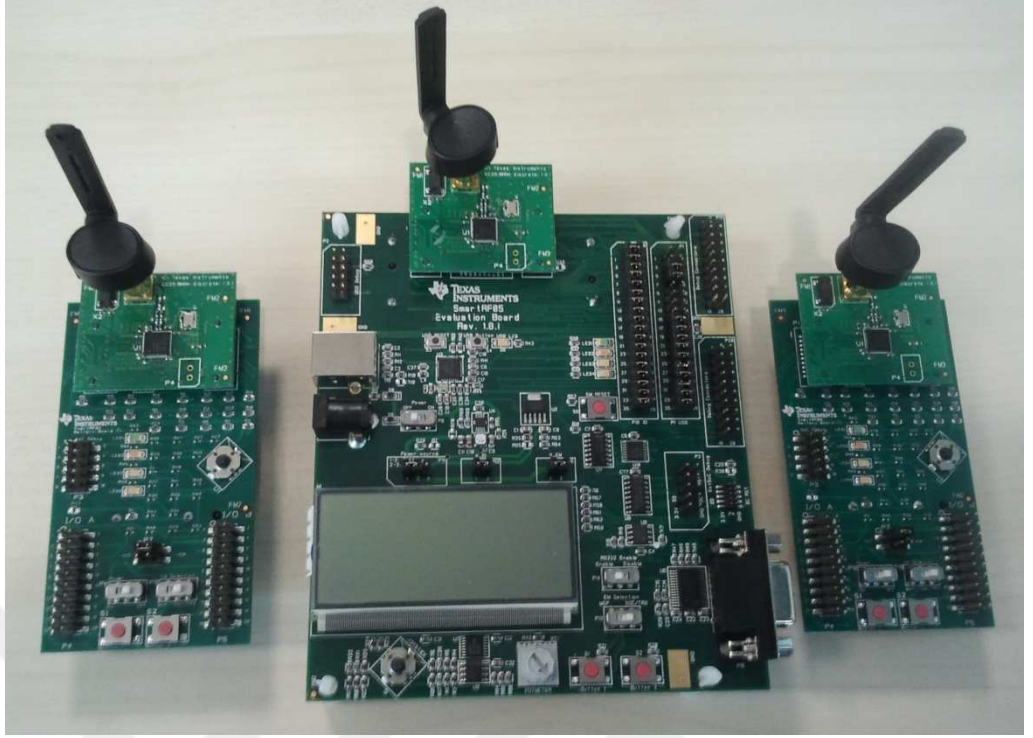


Şekil 3.5: Texas Zigbee çözümü [21]

Yazılımın geliştirilmesi ve denemeler CC2530'un CC2530ZDK geliştirme kiti üzerinde yapılmıştır [21]. Prototiplerde ise Tayvan'lı bir üreticinin hazır modülleri kullanılmıştır.

CC2530ZDK geliştirme kitinin yapısı şekil 3.6'te görüldüğü gibidir. Kit içinden 2 adet SmartRF05EB(büyük olan board), 5 adet SmartRF05BB(küçük olanlar board) çıkmaktadır.

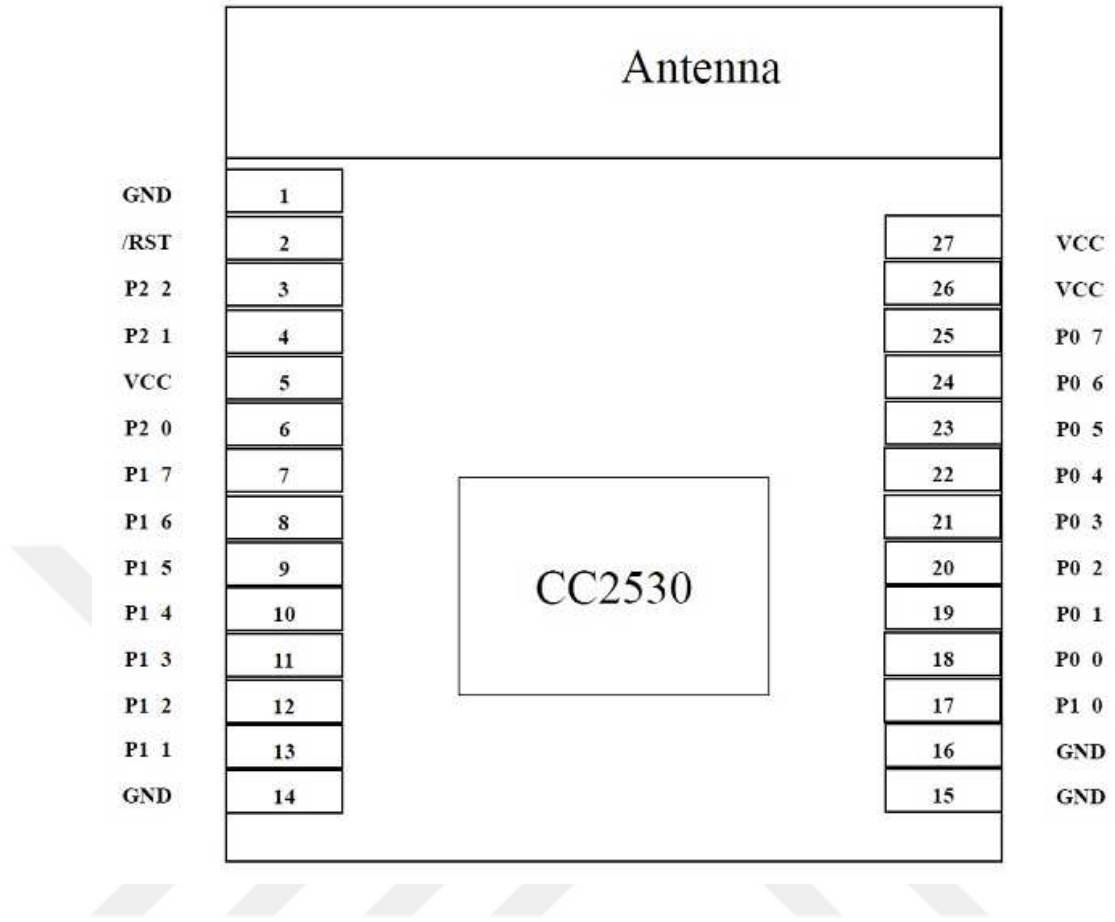
Şekil 3.7'te CC2530 kullanılarak üretilmiş hazır modül görülmektedir. Projemizin son prototiplerinde bu modül kullanılmıştır. Modülün pin yapısı şekil 3.8'te gösterilmiştir.



Şekil 3.6: CC2530ZDK Texas Zigbee geliştirme kiti



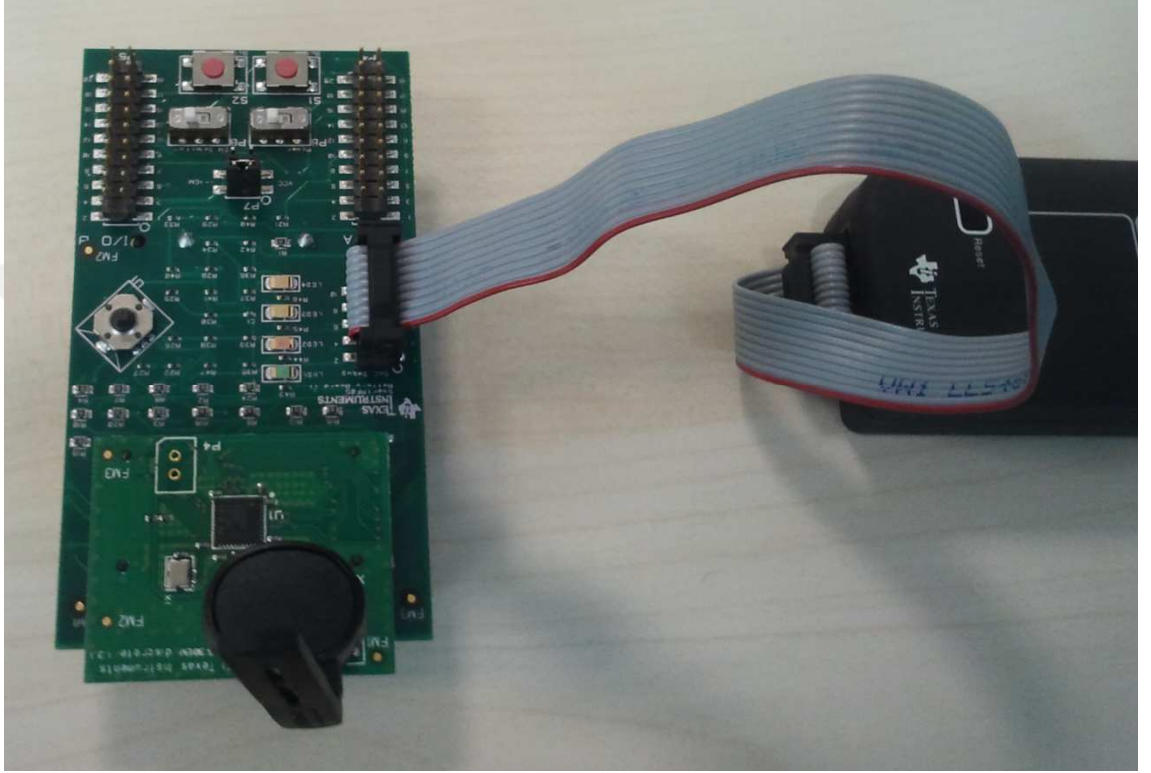
Şekil 3.7: CC2530 modül



Şekil 3.8: CC2530 modül pin yapısı

3.2. CC DEBUGGER

CC Debugger Texas'ın CC serisi mikroişlemcilerini programlayabilen ve debug etmenizi sağlayan gelişmiş bir programlayıcısıdır [22]. Şekil 3.9'de CC Debugger'ın SmartRF05BB kartına bağlantı şekli gözükmemektedir.



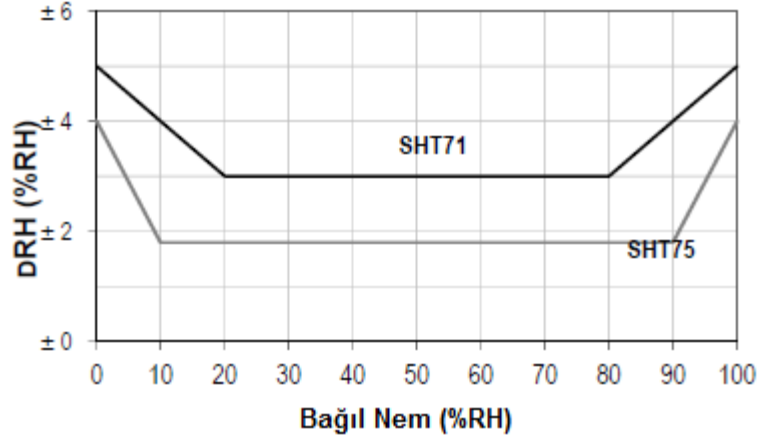
Şekil 3.9: CC Debugger'ın SmartRF05BB kartına bağlantısı

3.3. SICAKLIK VE NEM SENSÖRÜ

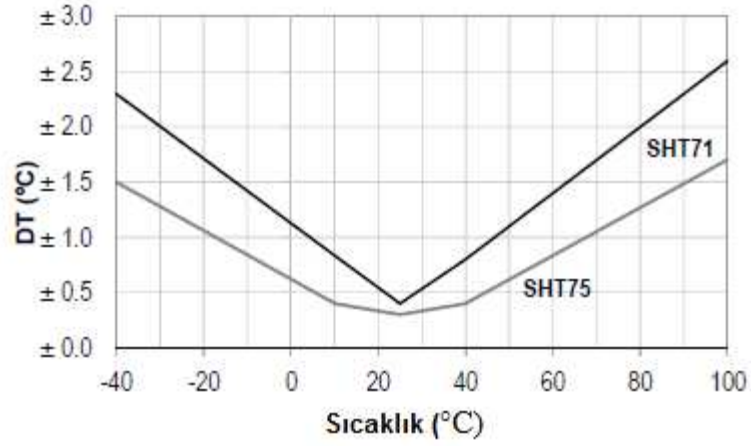
Sıcaklık ve nem sensörü olarak her iki sensörü de tek bir yapıda içinde bulunduran Sensirion firmasının SHT75 isimli sensörü kullanılmıştır [23]. SHT75'in yapısı şekil 3.12'de gözükmemektedir.

SHT75, Zigbee modülümüz üzerindeki 8051 mikroişlemcimiz ile kendisine özel "Digital Sbus" haberleşme protokolü ile haberleştirilecektir. Bu sensör $\pm 1.8\%RH$ hata ile nem ölçümü, $\pm 0.3^{\circ}C$ hata ile sıcaklık değerini ölçebilmektedir.

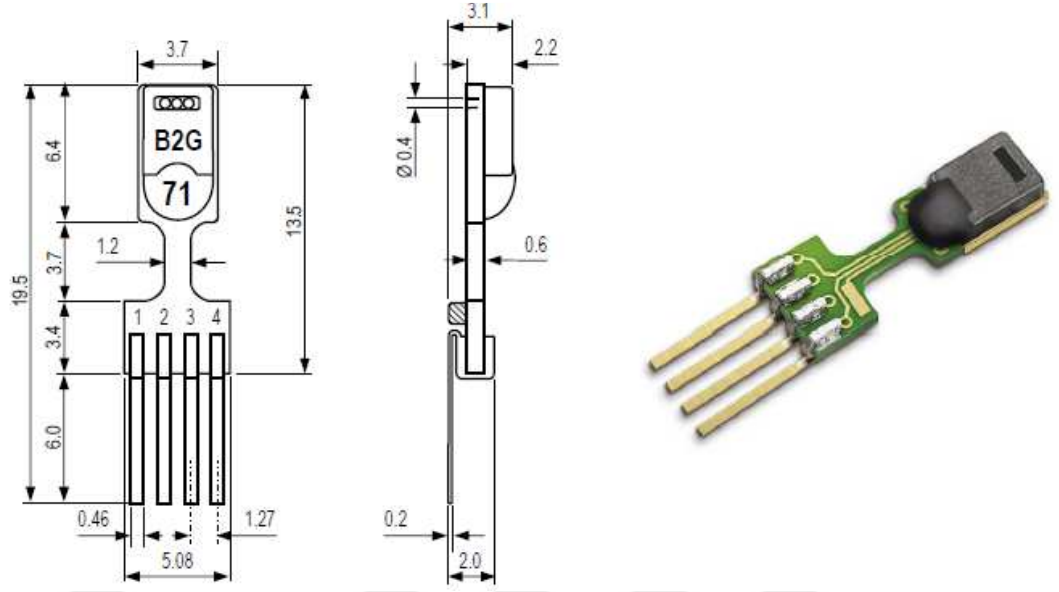
SHT75 için şekil 3.10'den hangi nem aralıklarında ne tolerans ile ölçüm yapabildiği ve şekil 3.11'den hangi sıcaklık aralığında hangi tolerans ile ölçüm yapabildiği görülmektedir.



Şekil 3.10: SHT75 nem ölçüm tolerans grafiği [23].



Şekil 3.11: SHT75 sıcaklık ölçüm tolerans grafiği [23].



Şekil 3.12: SHT75 Yapısı [23].

3.4. KAPASİTİF MİKROFON

Küvöz içindeki ses seviyesinin ölçülmesi için kapasitif mikrofon kullanılmıştır. Mikrofon üzerinden mikroişlemcinin analog/dijital dönüştürücüsü ile küvöz içerisindeki ses seviyesi ölçülmekte ve istenilen değerler arasında olup olmadığı kontrol edilebilmektedir.



Şekil 3.13: Kapasitif Mikrofon

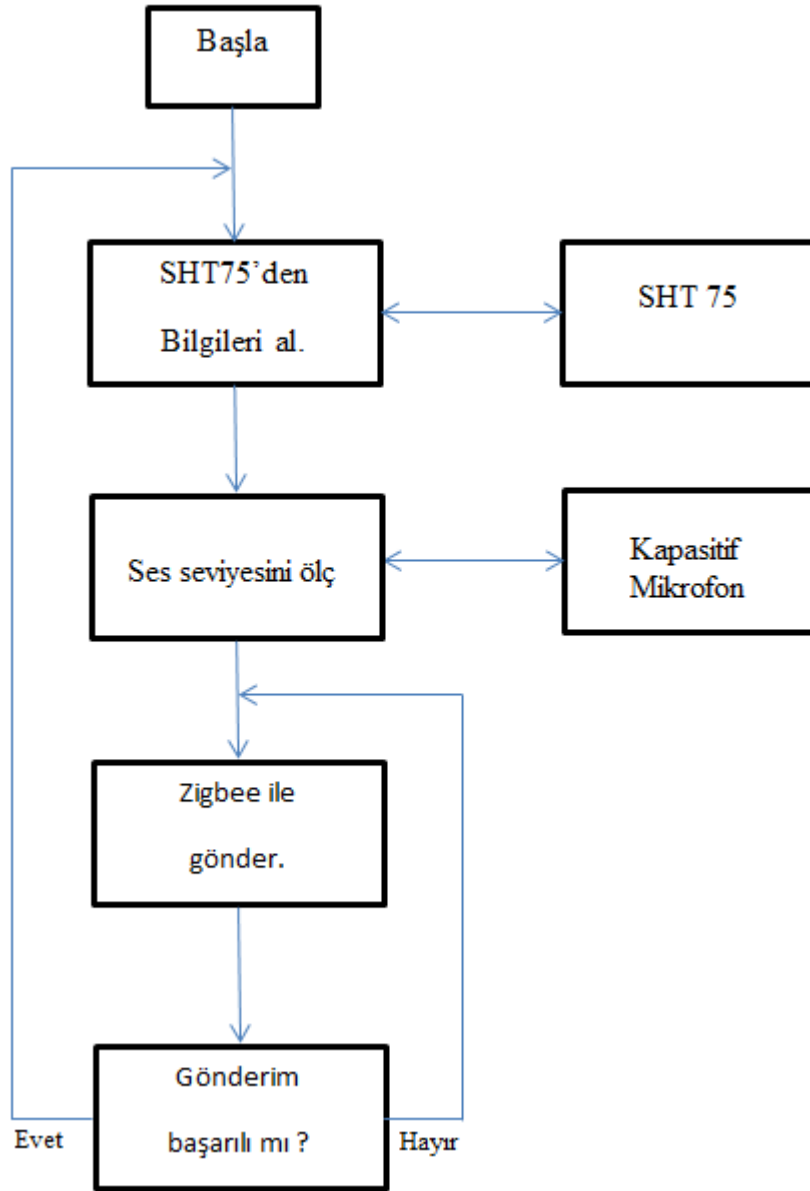
4. BULGULAR

Bu proje gerçeklenirken sistem küvöz sensörü, ağ koordinatörü ve bilgisayar yazılımı olmak üzere 3 parça olarak dşnlmş ve tasarlanmıştır. Bu bölümde bu yapıların sistemdeki görevleri, çalışma şekilleri ve akış diyagramlarına yer verilecektir.

4.1. KÜVÖZ SENSÖRÜ

Sistemde küvöz sensörü, SHT75 sensörü üzerinden küvözün sıcaklık, nem değerlerini ve ses seviyesini ölçen ve ağ koordinatörüne gönderen birimdir. Küvöz sensörü ayrıca sıcaklık ve nem değerlerine göre küvöz üzerindeki ısıtıcı ve fanın kontrolünü yapmaktadır. Küvöz sensör kartının denemeleri geliştirme kitinin SmartRF05BB kartı kullanılmıştır.

SHT75 sensörünün ölçtüğü sıcaklık ve nem değerlerini belirli periyotlar ile Digital Sbus üzerinden sensörden alarak, önceden ayarlanan ses seviyesinde bir yükselme olup olmadığı bilgisi ile birlikte ağ koordinatörüne yollamaktadır. Sistem üzerinde daha uzak mesafelere ulaşılabilmesi için yönlendirici olarak planlanmıştır. Küvöz sensörünün akış diyagramı şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1: Kuvöz sensörünün akış diyagramı

Kuvöz sensörünün sıcaklık ve nem değerlerini ölçerek ağ koordinatörüne gönderdiği kod parçacığı şekil 4.2’de görülmektedir. “RaporGonder” fonksiyonu SHT75 sensöründen alınan sıcaklık ve nem değerlerini ağ koordinatörüne göndermektedir. Ana kod parçacığında bu fonksiyon belirli zamanlar aralıklarında çağırılarak sensörden alınan bilgiler ağ koordinatörüne Zigbee aracılığı ile gönderilmektedir.

```

static void RaporGonder(void)
{
    uint8 BILGI[BILGI_UZUNLUGU];
    uint8 txOptions;
    uint8 byteno = 0;

    for(byteno = 0;byteno < 6;byteno++)
    {
        BILGI[SENSOR_BYTE] = byteno;

        switch(byteno)
        {
            case 0:
                BILGI[SENSOR_SICAKLIK] = Sicaklik();
                break;
            case 1:
                BILGI[SENSOR_NEM] = Nem();
                break;
        }

        BILGI[SENSOR_PARENT_OFFSET] = HI_UINT16(parentShortAddr); // Sensör adresi burada gönderiliyor.
        BILGI[SENSOR_PARENT_OFFSET+ 1] = LO_UINT16(parentShortAddr);

        // ACK alınıyor.
        if ( ++reportNr<ACK_REQ_INTERVAL && reportFailureNr==0 )
        {
            txOptions = AF_TX_OPTIONS_NONE;
        }
        else
        {
            txOptions = AF_MSG_ACK_REQUEST;
            reportNr = 0;
        }

        // BILGI isimli dizimiz Zigbee'nin SendDataRequest isimli fonksiyonu ile merkeze gönderiliyor.
        zb_SendDataRequest( 0xFFFFE, REPORT, BILGI_UZUNLUGU, BILGI, 0, txOptions, 0 );
    }
}

```

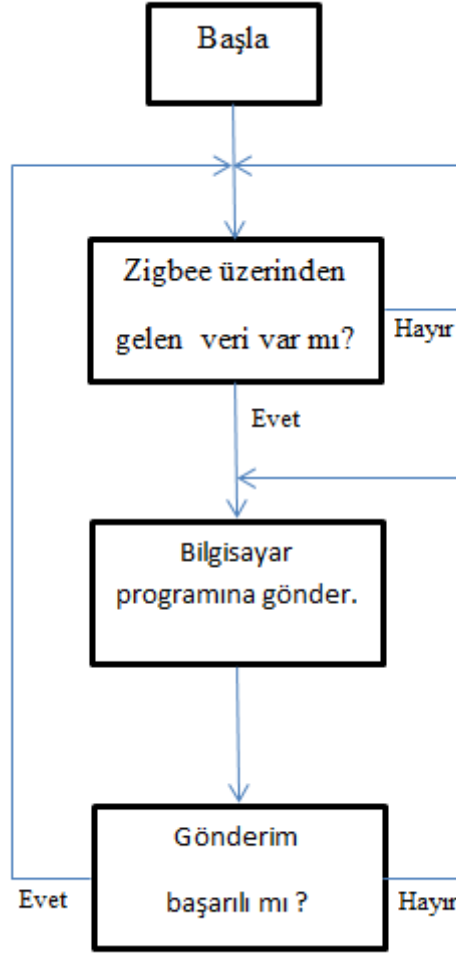
Şekil 4.2: Kuvöz sensörünün rapor gönderme kodu

4.2. AĞ KOORDİNATÖRÜ

Sistemde ağ koordinatörü, Zigbee ağını kurmak ve ağ üzerindeki kuvöz sensörlerinden gelen bilgileri RS232 portu üzerinden bilgisayar yazılımına göndermek ile görevlendirilmiş birimdir. Ağ koordinatörü kartının denemeleri geliştirme kitinin SmartRF05EB kartı kullanılmıştır.

Kuvöz sensörlerinin Zigbee üzerinden gönderdiği bilgilerin koordinasyonunu ve RS232 portu üzerinden bilgisayar yazılımına gönderilmesi ile görevlendirilmiştir. Ağ koordinatörü daha sonra kuvöz üzerindeki ısıtıcıların kontrol edilebilsini sağlayabilmek için kuvöz sensörlerine bilgi gönderebilecek şekilde düşünülmüştür ve planlanmıştır. Ağ

koordinatörü bu projede sadece bilgi toplama amaçlı kullanılmıştır. Ağ koordinatörünün akış diyagramı şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3: Ağ koordinatörünün akış diyagramı

Ağ koordinatörünün sensör noktalarından gelen bilgileri aldığı ve bilgisayara gönderdiği kod parçacığı şekil 4.4’te görülmektedir. “zb_RaporAl” fonksiyonu Zigbee formatında gelen datayı alarak, sıcaklık ve nem değerlerini ayrıştırdıktan sonra bilgisayar yazılımına “HalUARTWrite” fonksiyonu ile RS232 üzerinden gönderilmektedir.

```

void zb_RaporAl( uint16 source, uint16 command, uint16 len, uint8 *bilgi )
{
    static uint8 doldur[8]; //Gelen bilginin doldurulduğu dizi

    gelen_bilgi.parent = BUILD_UINT16(bilgi[SENSOR_PARENT_OFFSET+ 1], bilgi[SENSOR_PARENT_OFFSET]);
    gelen_bilgi.source=source; //Gelen bilginin geldiği sensör adresi
    gelen_bilgi.bilgi=*bilgi;

    switch(gelen_bilgi.bilgi)
    {
        case 0:
            doldur[0] = 0x02; //bilgi paketi başlangıç adresi
            doldur[1] =gelen_bilgi.source;
            doldur[2] =*(bilgi+1);
            break;
        case 1:
            doldur[3] = *(bilgi+1);
            break;
        case 2:
            doldur[4] =*(bilgi+1);
            break;
        case 3:
            doldur[5] =*(bilgi+1);
            break;
        case 4:
            doldur[6] =*(bilgi+1);
            break;
        case 5:
            doldur[7] =*(bilgi+1);
            HalUARTWrite(HAL_UART_PORT_0,doldur, 8); //Bilgiyi bilgisayara gönderiyoruz.
            // Bilginin gittiğini görmek amacı ile LED'i yakıp söndürüyoruz.
            HalLedSet ( HAL_LED_3, HAL_LED_MODE_TOGGLE );
            break;
    }
}

```

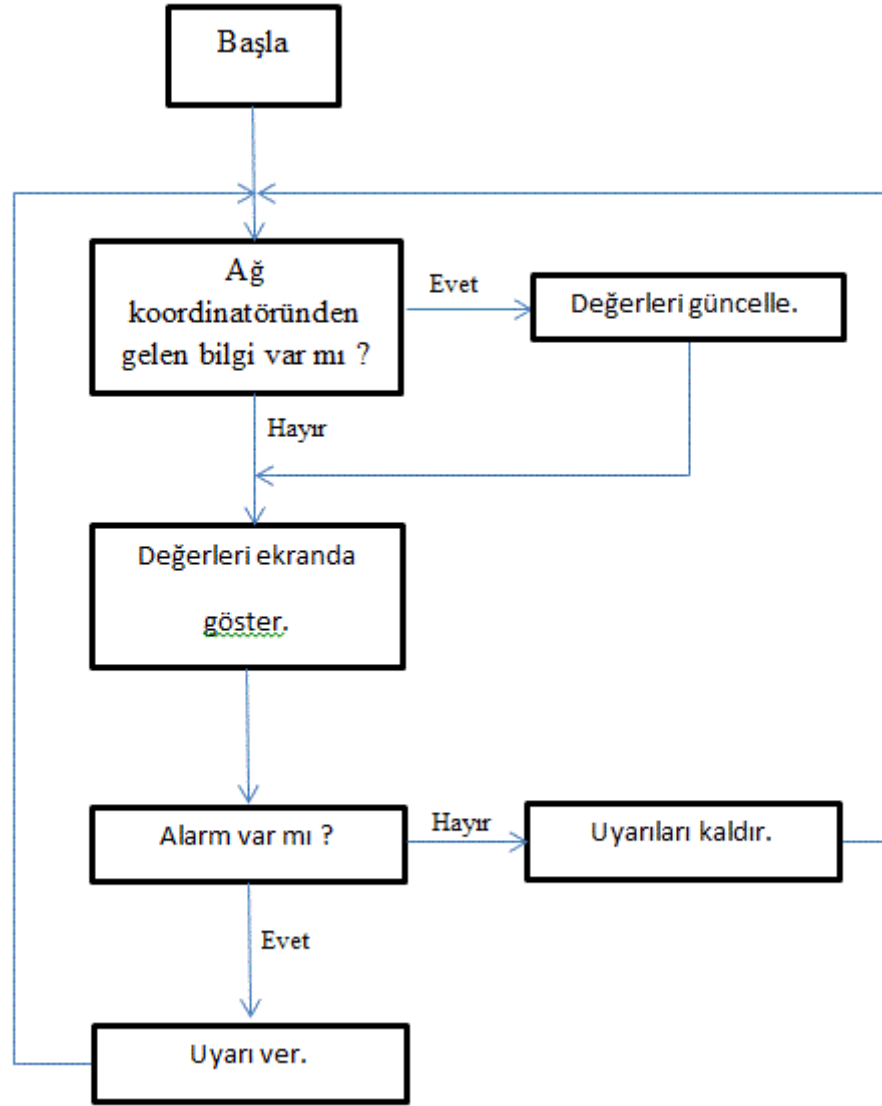
Şekil 4.4: Ağ koordinatörünün rapor alma kodu

4.3. BİLGİSAYAR YAZILIMI

Sistemin, küvözlerden gelen sıcaklık ve nem bilgilerinin bilgisayar ortamında toplanması ve ayarlanan değerlerin dışına çıktığında uyarı vermesini sağlayan birimdir.

Bilgisayar yazılımı, ağ koordinatörü ile RS232 portu üzerinden haberleşerek sensör noktalarından gelen sıcaklık ve nem bilgilerini alarak ekranda anlık olarak göstermektedir. Kuvözlerin sıcaklık veya nem değerleri, ilgili kişinin ayarladığı değerlerin dışında bir değer ölçülürse bilgisayar yazılımı kullanıcıya uyarı vermektedir.

Bilgisayar yazılımı C# dilince yazılmıştır ve akış diyagramı şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4.5: Bilgisayar yazılımı akış diyagramı

Bilgisayar yazılımının ekran görüntüsü şekil 4.6’da görülmektedir. Küvöz 1 ve Küvöz 2’nin sıcaklık ve nem değerleri anlık olarak ekranda görülmektedir. İlgili kişi küvözlerin sıcaklık ve nem değerlerinin üst sınır değerlerini yazılıma girerek, gerektiğinde sistemin uyarı vermesini sağlamaktadır.



Şekil 4.6: Bilgisayar yazılımının ekran görüntüsü

Sıcaklık ve nem değerleri her bir küvöz için ayrı ayrı ayarlanabilmekte ve birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Sıcaklık ve nem değerlerinin sınırları girildikten sonra “Uygula” butonuna basılarak sınır değerleri yazılıma tanıtılabilir. “Bağlan” butonuna basıldığında yazılım, bilgisayara bağlı olan Ağ Koordinatörü ile haberleşmeye başlayarak sistem üzerindeki sensörlerin değerlerini anlık olarak ekranda gösterebilmektedir.

Bilgisayar yazılımının ağ koordinatörüne hangi port üzerinden bağlanacağı “Ayarlar” kısmından ayarlanabilmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yeni doğan küvözlerindeki sıcaklık, nem değerlerinin ve ses seviyesinin bir merkezi bilgisayardan izlenmesi ve bu değerlere gönder küvöz üzerindeki ısıtıcı ve fanın kontrolü için Zigbee haberleşmesi önerilmiştir. Çalışma boyunca geliştirme ortamı olarak Texas Instrument CC2530ZDK geliştirme kitini kullanılmıştır. Kit üzerinde SmartRF05EB kartı ağ koordinatörü, SmartRF05BB kartı ise küvöz sensörü olarak tanımlanmış ve programlanmıştır.

Bu proje kapsamında kablosuz sensör ağları kullanılarak yeni doğan küvözlerinin sıcaklık, nem değerlerinin, ses seviyesinin izlenilmesi ve küvöz üzerindeki ısıtıcı ve fanın kontrolü hedeflenmiştir. Sistem tasarlanan küvöz sensörü, ağ koordinatörü ve bilgisayar yazılımı hedeflendiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

Hastanelerde mevcut durumda kullanılan yeni doğan küvözlerindeki sıcaklık ve nem değerlerinin lokal olarak kontrol edilmesinde olabilecek hataların, gözden kaçabilecek durumların ve sensör arızalarının bebek ölümlerine varabilecek sorunlara yol açabileceği gözlemlenmiştir. Proje kapsamında bu tip sorunların önüne geçmek amacı ile bütün yeni doğan küvözlerinin bir merkezden izlenmesi planlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir. Küvöz sensörleri, küvözlerdeki sıcaklık, nem değerlerini ile ses seviyesini ağ koordinatörü yardımıyla bilgisayar yazılımına göndermektedir. Bir bilgisayar yardımı ile bütün küvözler tek bir ekrandan kontrol edilebilmekte, küvözler için ayarlanan değerler dışında değerler ölçüldüğünde yine aynı ekrandan uyarı ilgili kişilere verilebilmektedir ve küvözün ayarlanan değerler içinde kalması için ısıtıcı ve fanın kontrolü yapılmaktadır. Bilgisayar yazılımı belirli bir süre küvöz sensörlerinden herhangi birinden sıcaklık ve nem bilgisini alamıyorsa o küvöz ile ilgili sorun olduğunu varsayarak ilgili kişiye o küvözden bilgi alınamadığı ve sensörlerde sorun olabileceği uyarısını verebilmektedir. Bu özellikler ve korumalar ile bu projemizde sistemden yada ilgili kişilerin hatasından oluşabilecek sorunların, bebek ölümlerine yol açacak boyutlara ulaşmasını engellemek hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir.

Çalışma boyunca Texas Instrument Zigbee yapısının çalıştırılmasını, Zigbee ağının kurulmasını, koordine edilmesini ve Zigbee protokolünün yapısını incelenmiş ve gerçekleştirilmiştir.

Zigbee haberleşmesi başka uygulamalarda kullanılmak istenildiğinde öncelikle uygulama alanında Zigbee çalışma frekanslarının (868MHz, 915MHz ve 2,4GHz) performansını incelemeleri gerekmektedir. Diğer önemli bir nokta ise seçilen çalışma frekansına göre data hızlarının uygulamanın gereksinimlerini karşılayıp karşılamayacağını değerlendirilmesidir. Bu çalışmada bu iki koşulun sağlandığı uygulama alanlarında Zigbee ağlarının kullanılmasının uygun olduğu sonucu ortaya konulmuştur.



KAYNAKLAR

- [1]. AKYILDIZ, I. F., SU, W., SANKARASUBRAMANIAM, Y., ÇAYIRCI, E., 2002, “Wireless Sensor Networks” A Survey Elsevier Computer Networks.
- [2]. VAISH, R., 2009, *Application of Wireless Sensor Networks For Environmental Monitoring And Development Of Energy Efficient Cluster Based Routing*, Yüksek Lisans Tezi, National Institute of Technology.
- [3]. MAINWARING, A., POLASTRE, J., 2002, *Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring*, ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA'02), pp.88-97, Atlanta, GA.
- [4]. FANG, W., KEDAR, S., 2008, *System Architecting and System-on-Chip Design of Intelligent Sensor Networks for Active Volcanoes*, IEEE Systems Conference, vol., pp.1-8, 7-10.
- [5]. MALAN, D., THADDEUS, F., WELSH, M., 2005, *Codeblue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure For Emergency Medical Care*, Harward University.
- [6]. BAYILMIŞ C., ÇAKIROĞLU, M., ÖZTÜRK, S.Ş., ÇANKAYA, İ., *Matlab Web Sunucusu Kullanılarak Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin İnternet Tabanlı İzleme Sistemi Tasarımı*, Gazi Üniversitesi Mim.Müh.Fak. (Kabul Edildi).
- [7]. Krazytech [online], <http://www.krazytech.com/technical-papers/computer-science-technical-papers-technical-papers/security-requirements-in-wireless-sensor-networks> [Ziyaret Tarihi : 30 Ocak 2012].
- [8]. Specifications [online], http://www.specifications.nl/zigbee/zigbee_UK.php [Ziyaret Tarihi : 30 Ocak 2012].
- [9]. LE, KHANH TUAN, 2004, *Designing a ZigBee-ready IEEE 802.15.4 compliant radio transceiver* [online], [www.rfdesign.com, http://rfdesign.com/mag/411rfd4.pdf](http://www.rfdesign.com/mag/411rfd4.pdf) [Ziyaret Tarihi : 15 Aralık 2011].
- [10]. Zigbee FAQ [online], <http://www.zigbee.org/About/FAQ.aspx> [Ziyaret Tarihi : 20 Ocak 2012].
- [11]. *Electronic Design* [online], <http://electronicdesign.com/article/communications/what-s-driving-the-success-of-ieee-802-15-4-radios-> [Ziyaret Tarihi : 26 Haziran 2012].

- [12]. ŞEKER, S., ÇEREZCİ O., 2000, *Radyasyon Kuşatması, Elektriğin ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri*
- [13]. FCC [online], <http://www.fcc.gov/encyclopedia/radio-frequency-safety> [Ziyaret Tarihi : 26 Haziran 2012].
- [14]. SEVGİ, L., 2000, a) *Elektromanyetik kirlilik, cep telefonları ve baz istasyonları, EMO İstanbul şubesi.* b) *Elektromanyetik kirlilik, cep telefonları ve baz istasyonları, TÜBİTAK-MAM Bilişim Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, Türkiye.*
- [15]. DİNÇER, H., 2000, *Elektromagnetik Işınımın İnsan Sağlığına Etkisi*, Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Sistemleri Araştırma ve Uygulama Merkezi EHSAM, İzmit, Türkiye.
- [16]. *Electronic Code of Federal Regulations* [online], <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=e1a5d8b0578b585ce9d9e2f08c010ee8&rgn=div8&view=text&node=47:1.0.1.1.16.3.234.31&idno=47> [Ziyaret Tarihi : 20 Haziran 2012].
- [17]. *Microchip Zigbee* [online], www.microchip.com/zigbee/ [Ziyaret Tarihi : 12 Mart 2012].
- [18]. *Atmel Zigbee* [online], www.atmel.com/tools/BITCLOUD-ZIGBEEPRO.aspx [Ziyaret Tarihi : 12 Mart 2012].
- [19]. *Texas Instruments Zigbee* [online], <http://www.ti.com/lscs/ti/analog/zigbee.page> [Ziyaret Tarihi : 12 Mart 2012].
- [20]. *CC2530 Datasheet* [online], <http://www.ti.com/product/cc2530> [Ziyaret Tarihi : 15 Mart 2012].
- [21]. *CC2530 Development Kit* [online], <http://www.ti.com/tool/cc2530zdk> [Ziyaret Tarihi : 15 Mart 2012].
- [22]. *CC Debugger* [online], <http://www.ti.com/tool/cc-debugger> [Ziyaret Tarihi : 15 Mart 2012].
- [23]. *SHT75 Datasheet* [online], http://www.sensirion.com/en/01_humidity_sensors/06_humidity_sensor_sht75.htm [Ziyaret Tarihi : 05 Nisan 2012].

ÖZGEÇMİŞ

İlkay DURGUN, 01.05.1983'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü bitirdi. 2009 yılında EAE Elektrik Aydınlatma A.Ş.'de elektronik arge bölümünde işe başladı ve halen aynı şirkette görev yapmaktadır.

