KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İÇİN RSSI DEĞERİ İLE YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMLI KONUM BULMA

Bil. Müh. Resul DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM

AĞUSTOS-2018

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI İÇİN RSSI DEĞERİ İLE YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMLI KONUM BULMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Resul DOĞAN

121129102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Temmuz 2018
Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Ağustos 2018

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Muhammed Fatih TALU (İ.Ü)
Doç. Dr. Taner TUNCER (F.Ü)

Ağustos-2018

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında gerek yönlendirmeleriyle gerekse desteğiyle sürekli yanımda olan, sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ERDEM'e, yüksek lisans yapmama vesile olan sayın hocam Prof. Dr. Ahmet Bedri ÖZER'e ve vermiş oldukları değerli derslerle, bu tez çalışmamı bitirmemde yardımcı olan başta Prof. Dr. Yetkin TATAR'a, Doç.Dr. Taner TUNCER'e ve Doç. Dr. Burhan ERGEN hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine (FÜBAB) MF.16.05 Projesi dâhilinde yüksek lisans tezime yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Resul DOĞAN
ELAZIĞ – 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **II**
İÇİNDEKİLER ..... **III**
ÖZET ..... **V**
SUMMARY ..... **VI**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **VII**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **IX**
KISALTMALAR ..... **X**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Kablosuz Sensör Ağ Mimarileri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar 1
2. KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR **4**
2.1. Genel Tanım 4
2.2. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Uygulama Alanları 5
2.2.1. Askeri Uygulamalar 5
2.2.2. Çevre Uygulamaları 5
2.2.3. Sağlık Uygulamaları 6
2.2.4. Ev Uygulamaları 6
2.2.5. Ticari Uygulamalar 6
2.3. Kablosuz Sensör Ağlarının Sıkıntıları 7
2.4. Kablosuz Sensör Ağlarda Kullanılan Sensör Düğümlerinin Yapısı 7
2.5. Memsic TELOSB TPR2420CA Sensör Düğümü 8
2.6. Kablosuz Sensör Ağlar İçin Gömülü İşletim Sistemleri 9
2.6.1. TINYOS 10
2.7. XBee RF Haberleşme Modulleri 10
2.7.1. XBee AT ve API Çalışma Modları 12
2.7.2. XBee XCTU Konfigürasyon Yazılımı 12
3. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARDA KONUM BULMA YÖNTEMLERİ **14**
3.1. Genel Bilgi 14
3.2. Mesafe Bağımlı Yöntemler (Range Based – Distance Based) 15

3.2.1. Time of Arrival (TOA) 16
3.2.2. Time Difference of Arrival (TDOA) 16
3.2.3. RSSI 16
3.2.4. Angel of Arrival (AOA) 17
3.3. Mesafe Bağımsız Yöntemler (Range Free – Distance Free) 17
3.3.1. DV-Hop 17
3.3.2. APIT 18
3.3.3. Centroid 18
3.3.4. Bounding Box Yöntemi 18
4. YAPAY SİNİR AĞLARI 20
4.1. Genel Bilgi 20
4.2. Matlab İle Yapay Sinir Ağları Kullanımı 21
5. SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI 23
5.1. Genel Açıklama 23
5.2. Xbee Modüllerin Parametre Ayarlarının Yapılması 24
5.3. Lineer Hareket Eden Araç Tasarımı ve Programlanması 26
5.4. Üç Adet Köşe Düğümün Hazırlanıp Programlanması 32
5.5. 4. Köşe Düğümün (Base Station) Hazırlanıp Bu Düğüm İle Bilgisayar Haberleşmesini Sağlayan Yazılımın Yazılması 33
5.6. Deney Ortamının Seçilmesi ve Uygulamanın Gerçekleştirilmesi 34
5.7. RSSI - Mesafe Kalibrasyonu ve Konum Bulma 36
6. SONUÇ 41
REFERANSLAR 42
EKLER 44
ÖZGEÇMİŞ 59

ÖZET

Kablosuz sensör ağlarda RSSI ile mesafe kalibrasyonu ve konum bulma üzerine birçok yöntem, algoritma ve çalışma mevcuttur. Bu tez çalışmasında RSSI ile mesafe kalibrasyonu ve konum bulmaya, yapay sinir ağları kullanarak farklı bir bakış açısı getirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle kablosuz sensör düğüm ihtiva eden hareketli bir araç tasarlanmıştır. Bu araç 4 bir köşesinde kablosuz sensör düğüm bulunan ve her birimi 60 cm olan 16x14'lük bir deney ortamında, 60 cm'lik ilerlemelerle köşe düğümlere olan uzaklık – RSSI değerleri ve aracın x, y koordinatları bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır. Bu işlemler her noktada her düğüm için, gürültüden etkilenen ölçümlerin sonuca etkisini azaltmak için, 100 kez tekrarlanmış, sonuç olarak toplamda 4x100x(16x14) adet RSSI mesafe ve konum bilgisi kayıt altına alınmıştır. Bu veriler sonraki aşamada, MATLAB ortamında tasarlanan yapay sinir ağlarında eğitim ve test verisi olarak kullanılmış ve ağırlıkları hesaplanan yapay sinir ağları fonksiyonları elde edilmiştir. Aynı şekilde yine MATLAB ortamında Bounding Box algoritması için bir fonksiyon yazılmış, hem Bounding Box algoritmasına göre hem de elde edilen YSA'lardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Uygulamanın gerçekleştirilmesinde Arduino IDE, MATLAB, Netbeans IDE yazılım gerçekleştirme ortamları yanında, uygulama sonucunda elde edilen verilerin saklanması amacıyla MySql veri tabanı kullanılmıştır. Kablosuz sensör düğümler Arduino ve XBee modüller kullanılarak oluşturulmuş, XBee modüllerin konfigürasyonu, XCTU ara yüzü kullanılarak USB üzerinden yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, YSA, Kablosuz Sensör Ağlar, WSN, MATLAB, Arduino, Java, XBee, Zigbee

SUMMARY

An Artificial Neural Network Approch For Wireless Sensor Networks Localization With RSSI Value

A great deal of method, algorithm and study on distance calibration and positioning through RSSI in wireless sensor networks are available. In this dissertation, it is intended to provide a different perspective using artificial neural networks to distance calibration and positioning through RSSI. To that end, a mobile tool carrying wireless sensor node has been designed. In an experiment environment where this tool has a wireless sensor node at its each four corners and each unit equals to 60 cm at 16x14, the distance to corner nodes with 60 cm advancement – RSSI values and x, y coordinates of the tool have been recorded in the computer. In order to mitigate the effects of measurements affected by the noise on the results, these processes have been repeated 100 times for each node at each point and consequently, a total of 4x100x(16x14) RSSI distance and positioning information have been recorded. In the next stage, these data have been used as training and test data in artificial neural networks designed in MATLAB environment and the functions of artificial neural networks, whose weight was counted, have been obtained. Similarly again in MATLAB environment, a function was coded for Bounding Box algorithm and both results obtained from Bounding Box algorithm and ANN's have been compared.

While realizing the application, in addition to Arduino IDE, MATLAB, Netbeans IDE software realization environments, MySql database has been used in order to store the data obtained from the application. Wireless sensor nodes have been produced using Arduino and XBee modules and the configuration of XBee modules has been made through USB using XCTU interface.

Keywords: Artificial Neural Networks, ANN, Wireless Sensor Networks, WSN, MATLAB, Arduino, Java, XBee, Zigbee

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Kablosuz Sensör Ağların Genel Mimarisi [4] 4
Şekil 2.2. MacroMote Minyatür Sensörü 5
Şekil 2.3. Ev Kontrol Otomasyonu 6
Şekil 2.4. Endüstriyel Otomasyon Sistemi 7
Şekil 2.5. Sensör Düğümün Yapısı 8
Şekil 2.6. TelosB TPR2420CA Blok Diyagramı [13] 9
Şekil 2.7. TelosB TPR2420CA Genel Görünümü [13] 9
Şekil 2.8. TinyOS İşletim Sistemi Mimarisi [14] 10
Şekil 2.9. XBee Modül Genel Görünümü 11
Şekil 2.10. Arduino ve XBee Bağlantı Şeması 12
Şekil 2.11. XCTU Yazılımın Genel Görünümü 13
Şekil 3.1. Temel Konum Bulma Yöntemleri 14
Şekil 3.2. Konum Bulma Yöntemlerinin Düğüm Sayısına Göre Maaliyet Grafiği [16] 15
Şekil 3.3. Konum Bulma Yöntemlerinin Düğüm Sayısına Göre Enerji Tüketimleri Grafiği [16] 15
Şekil 3.4. XBee ve CC2420 Yongasının RSSI - Mesafe Grafiği [18] 17
Şekil 3.5. APIT Yöntemi İle Konum Bulma 18
Şekil 3.6. Bounding Box Algoritması ile Konum Bulma [19] 19
Şekil 4.1. İnsan Sinir Hücresi Yapısı [21] 20
Şekil 4.2. Yapay Sinir Ağı Genel Topolojisi [22] 21
Şekil 4.3. Matlab Neural Fitting Aracı 22
Şekil 5.1. Uygulamanın Genel Algoritması 24
Şekil 5.2. XCTU Yazılımın Genel Görünümü 25
Şekil 5.3. AP ve AO Konfigürasyon Ayarları 25
Şekil 5.4. meOrion Kontrol Kartı 26
Şekil 5.5. Step Motor Sürücü Kartı 27
Şekil 5.6. mOrion Kontrol Kartı Genel Görünümü ve Pin Yapısı 27
Şekil 5.7. Çalışmada Kullanılan Stepper Motor 28

Şekil 5.8. Kontrol Kartı, Step Motor Sürücü Kartı ile Step Motor Bağlantı Şeması 29
Şekil 5.9. Aracımızın Genel Görünümü 29
Şekil 5.10. Aracımızın Kontrol Akış Diyagramı 31
Şekil 5.11. Aracımızdan Adresi Belirli Bir Düğüme Gönderilen Veri Paketi Çerçeve Yapısı 31
Şekil 5.12. Arduino Uno ve XBee Modül Bağlantısı 32
Şekil 5.13. Köşe Düğümün Genel Görünümü 33
Şekil 5.14. Çalışma Ortamı ve Köşe Düğümlerin Konumlarının Grafiksel Görünümü 34
Şekil 5.15. Uygulamanın Gerçekleştirildiği Odanın Genel Görünümü 35
Şekil 5.16. Mesafe Kalibrasyonu Amaçlı Oluşturulan Yapay Sinir Ağımızın Genel Görünümü 36
Şekil 5.17. Mesafe Kalibrasyonu Amaçlı Oluşturulan Yapay Sinir Ağımızın Genel Görünümü 37
Şekil 5.18. Matlab Ortamında Konum Bulma Komutumuz 38
Şekil 5.19. Yapay Sinir Ağı İle Bulunan Konumların Hata Oranlarını Bulan Fonksiyonun Çağrılması ve Sonucu 39
Şekil 5.20. Bounding Box algortiması ile Konum Bulan Fonksiyonun Çağrılması 39
Şekil 5.21. Bounding Box Algoritması İle Bulunan Konumların Hata Oranlarını Bulan Fonksiyonun Çağrılması ve Sonucu 39

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 5.1. Örnek XBee Veri Paketi 35
Tablo 5.2. Bulunan Tahmini Koordinat Tablosu 38
Tablo 5.3. Yapay Sinir Ağı ve Bounding Box Yöntemleri İle Elde Edilen Sonuçlar 40

KISALTMALAR

WSN	: Wireless Sensor Network
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ANN	:Artificial Neural Networks
APIT	: Approximate Point in Triangulation
GPS	:Global Positioning System
TOA	: Time of Arrival
TDOA	:Time Difference of Arrival
MEMS	:Micro-Electro-MechanicalSystems
RSSI	: ReceivedSignalStrengthIndicator
LQI	:Link QualityIndicator

1. GİRİŞ

Birçok alanda uygulanabilir olması, araştırmaya ve geliştirmeye uygun yapısıyla son zamanlarda gündemde oldukça yer tutan Kablosuz Sensör Ağlar çevresindeki fiziksel büyüklükleri sensörler ile algılayıp birbirleri ile kablosuz olarak haberleşebilen ve sahip oldukları kısıtlı kaynakları (pil, hafıza vb.) en verimli şekilde kullanmayı amaçlayan yüzlerce hatta binlerce düğümden oluşan ağlardır. Teknolojinin düşük güç tüketen ve maliyeti düşük kablosuz sensör düğümlerin üretimine olanak sağlamasıyla kablosuz sensör ağlar klasik kablolu sensör sistemlerinin yerine geçmeye başlamıştır. Kablosuz sensör ağlar çevresel sıcaklık, nem kontrolü, askeri ortam izleme, düşman tespiti endüstriyel sensör değerlerinin takibi gibi değişik birçok uygulama alanına sahip bir teknolojidir. Kablosuz sensör ağlar 21. yüzyılın en önemli teknolojilerinden biri olarak tanımlanmaktadır [1].

Kablosuz sensör ağların temelini oluşturan kablosuz sensör düğümler 4 temel unsurdan oluşur. Bunlar algılama ünitesi, işlem ünitesi, haberleşme ve güç ünitesidir. Güç tüketimi sensör düğümlerin tasarımını kısıtladığından dikkate alınması gereken bir konudur. Çoğu durumda haberleşme devreleri enerjinin en çok tüketildiği en temel bölümdür [2,3].

Wi-Fi, Bluetooth, 3G, 4G gibi kablosuz haberleşme teknolojileri büyük boyutlu verilerin taşınmasına olanak sağlarlar ancak bununla birlikte enerji tüketimleri ve sistem gereksinimleri de fazladır. Kablosuz sensör ağlarda kaynakların yetersiz olması bu teknolojileri kullanmaya olanak sağlamamaktadır. IEEE 802.15.4 standardı ile sistem kaynaklarını en verimli kullanmayı amaçlar ve kablosuz sensör ağlarında en çok kullanılan ZigBee protokolünün temelini oluşturur.

Kablosuz sensör ağlarda enerji kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı konum bulmaya yardımcı donanımlar kablosuz sensör düğümlerde genellikle bulunmamaktadır. Ayrıca kablosuz sensör ağların genellikle dağıtık mimaride olması ağdaki herhangi bir düğümün konumunun hesaplanabilmesi önemli bir araştırma konusudur.

1.1. Kablosuz Sensör Ağ Mimarileri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Kablosuz sensör ağlarla ilgili askeri, çevre, sağlık ve ticari birçok uygulamanın yanı sıra akademik olarak da birçok çalışma ve araştırma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Askeri algılama, fiziksel güvenlik, hava trafik kontrol, endüstriyel

otomasyonlar, trafik gözetim, doğal sınır gözetleme, bina ve inşaat gözetleme Kablosuz Sensör Ağların, mevcut ve potansiyel uygulamalarıdır [1].

Şanlıurfa Bozova ilçesinde bulunan Atatürk Barajı gövdesinde bulunan tünellerde sıcaklık ve nemin kablosuz sensör düğümlerden oluşan bir ağla takibi ve klima sisteminin devreye girip çıkma zamanının belirlenmesi amaçlı bir uygulama yapılmıştır [4].

Kablosuz sensör ağlarda veri bütünlüğü, veri güvenliği ve enerji verimliliği konularında, geleneksel yöntemler yerine yapay zekâ algoritmaları kullanılarak iyileştirmeler yapılmıştır [5].

Biyoalgılayıcalar kullanılarak sağlık sektöründe hastaların, sağlık verilerinin uzaktan takibi ve erken uyarı amaçlı kablosuz sensör ağları kullanılmıştır [6].

Gaz, alev ve sıcaklık sensörleri kullanılarak, ev içi yangın tespit ve uyarı sistemi kablosuz sensör ağlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir [7].

Manyetik sensörler ihtiva eden kablosuz sensör düğümlerden oluşan bir ağ kullanılarak trafikteki ağaç yoğunluğu tespit edilmiştir [8].

Yeraltı su seviyesi ve boşluk suyu basıncını ölçmeye yarayan piyezometre sensörlerle baraj rezervuarının durumunu takip etmek ve erken uyarı verebilmek için kablosuz sensör ağlar kullanılarak bir çalışma yapılmıştır [9]. Benzer bir çalışma toprak dolgu baraj gövdelerindeki jeofiziksel değişimleri izlemek amaçlı, jeofiziksel sensör düğümler kullanılarak yapılmıştır [10].

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında dağıtık mimariye sahip ve GPS, GNSS gibi konum bulma donanımlarının enerji tüketimi, maliyet gibi konulardan dolayı kullanılamayacağı kablosuz sensör ağlarda, yapay sinir ağı kullanılarak, kablosuz sensör düğümlerin koordinatlarının en doğru şekilde bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla hareketli bir araç uygun donanımlar seçilerek tasarlanmış, kablosuz düğümler (Node), uygun donanımlar seçilerek oluşturulmuş ve tasarlanan yapay sinir ağlarını eğitip test etmek için gerekli olan veri setleri uygulama ortamında bu donanım ve araçlarla elde edilip bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır.

Bu tez çalışması, kablosuz sensör ağlar (Wireless Sensor Network - WSN) hakkında bilgi verildiği birinci bölüm, kablosuz sensör ağlarda konum bulma yöntemleri ve bu yöntemlere ait algoritmaların açıklandığı ikinci bölüm, yapay sinir ağları ve MATLAB ortamında YSA araçları hakkında bilgilerin bulunduğu üçüncü bölüm, yapılan çalışmanın

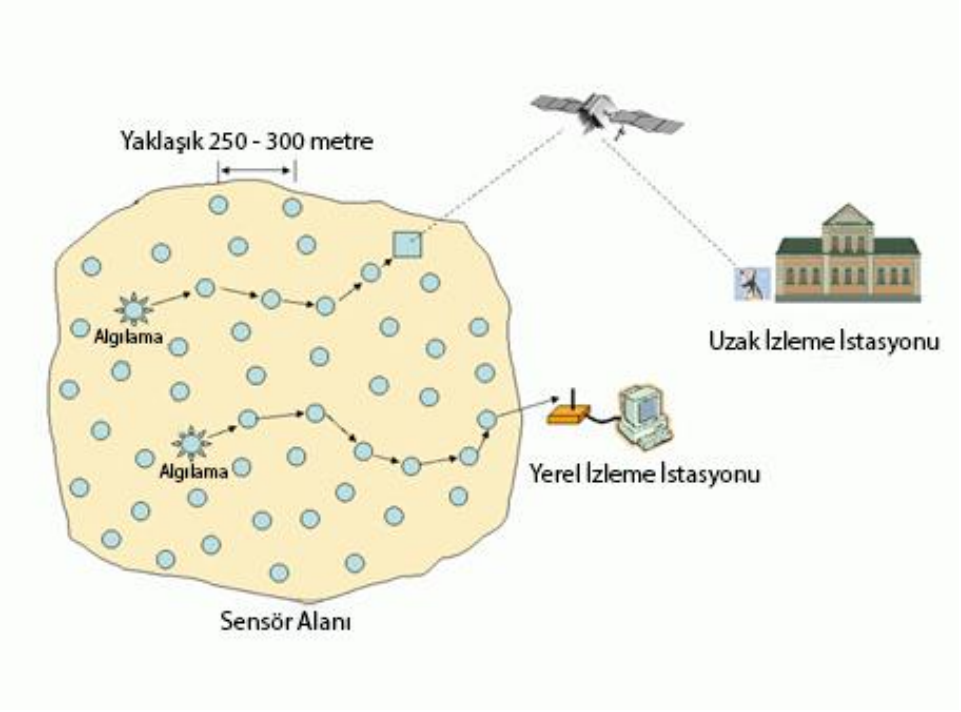
yapım ve uygulama aşamalarının açıklandığı dördüncü bölüm ve çalışma sonucu elde edilen sonuçların paylaşıldığı beşinci bölüm olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır.

Bu tez çalışması, FÜBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi) tarafından MF.16.05 numaralı proje ile desteklenmiştir.

2. KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR

2.1. Genel Tanım

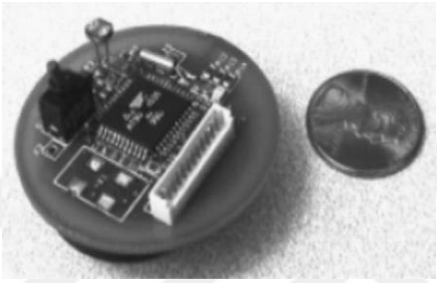
Çevreyi daha iyi algılayabilmek ve analiz edebilmek için düşük güç tüketen, kısıtlı işlemci ve hafızaya sahip kablosuz düğümlerden (node) oluşan büyük ölçekli sensör ağları, yapılan çalışmalar sonucunda araştırmacıların ilgi odağı olmuştur [11]. Askeri güvenlik, fiziksel algılama, hava trafik kontrolü, akıllı bina uygulamaları, endüstriyel otomasyonlar, trafik gözetim ve denetleme ve doğal sınır izleme, kablosuz sensör ağların ihtiva ettiği mevcut ve potansiyel uygulamalardan birkaçıdır [1]. Kablosuz sensör ağlar (wireless sensör network – WSN) kavramı ilk kez 1980'lerin başlarında karşımıza çıkmıştır. Mikro elektromekanik sistemlerdeki (MEMS) gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. İlk zamanlarda askeri alanda kullanılan kablosuz sensör ağları; zamanla maliyetlerin düşmesi ile çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [12]. Şekil 2.1'de Kablosuz sensör ağların genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.1. Kablosuz Sensör Ağların Genel Mimarisi [4]

Birçok alanda uygulanabilir olması, araştırmaya ve geliştirmeye uygun yapısıyla son zamanlarda gündemde oldukça yer tutan kablosuz sensör ağlar, çevresindeki fiziksel büyüklükleri sensör düğümleriyle algılayıp birbirleri ile kablosuz olarak haberleşebilen ve

sahip oldukları kısıtlı kaynakları (pil, hafıza vb.) en verimli şekilde kullanmayı amaçlayan yüzlerce hatta binlerce düğümden oluşan ağlardır. Teknolojinin düşük güç tüketen ve maliyeti düşük kablosuz sensör düğümlerin üretimine olanak sağlamasıyla kablosuz sensör ağlar klasik kablolu sensör sistemlerinin yerine geçmeye başlamıştır. Kablosuz sensör ağlar, çevresel sıcaklık ve nem kontrolü, askeri ortam izleme, düşman tespiti, endüstriyel otomasyon takibi gibi değişik birçok uygulama alanına sahip bir teknolojidir. Kablosuz sensör ağlar 21. yüzyılın en önemli teknolojilerinden biri olarak tanımlanmaktadır [1]. Şekil 2.2'de MacroMote kablosuz sensör düğümü görülmektedir.



Şekil 2.2. MacroMote Minyatür Sensörü

2.2. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Uygulama Alanları

Sensör ağları, nem, sıcaklık, basınç, ses, ışık ve hareketlilik gibi durumsal değişiklikleri takip edebilecek yapıdaki termik, sismik, manyetik ve görsel birçok farklı tipte algılayıcı içerebilir. Bu ağların uygulama alanları askeri, çevre, sağlık, ev ve diğer ticari alanlar olmak üzere sınıflandırılabilir. Kablosuz sensör ağların, sensör çeşitliliğine göre kullanım alanları çok fazladır. Kablosuz sensör ağ uygulamalarının başlıcaları aşağıda listelenmiştir.

2.2.1. Askeri Uygulamalar

- Düşman kuvvetlerini izleme
- Tatbikat veya savaş alanı gözetleme
- Hedefleme
- Muharebe hasar tespiti
- Nükleer, biyolojik ve kimyasal saldırı tespiti

2.2.2. Çevre Uygulamaları

- Mikroklima
- Orman yangınlarının algılanması

- Taşkınların algılanması
- Hassas tarım

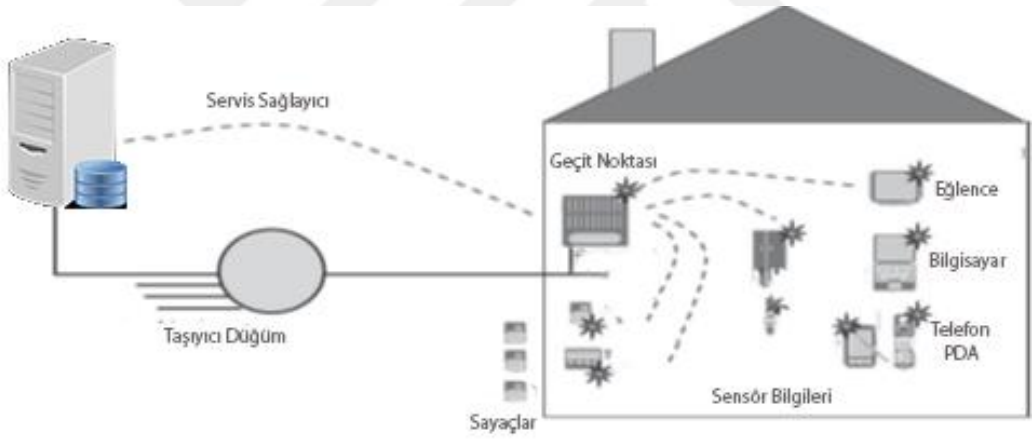
2.2.3. Sağlık Uygulamaları

- Fizyolojik dataların uzaktan takibi
- Doktorların ve hastaların hastane içinde takibi
- İlaç yönetimi
- Yaşlı yardımı

2.2.4. Ev Uygulamaları

- Ev otomasyonu
- Otomatik sayaç okuma

Şekil 2.3'de bir ev kontrol otomasyonunun genel yapısı görülmektedir.

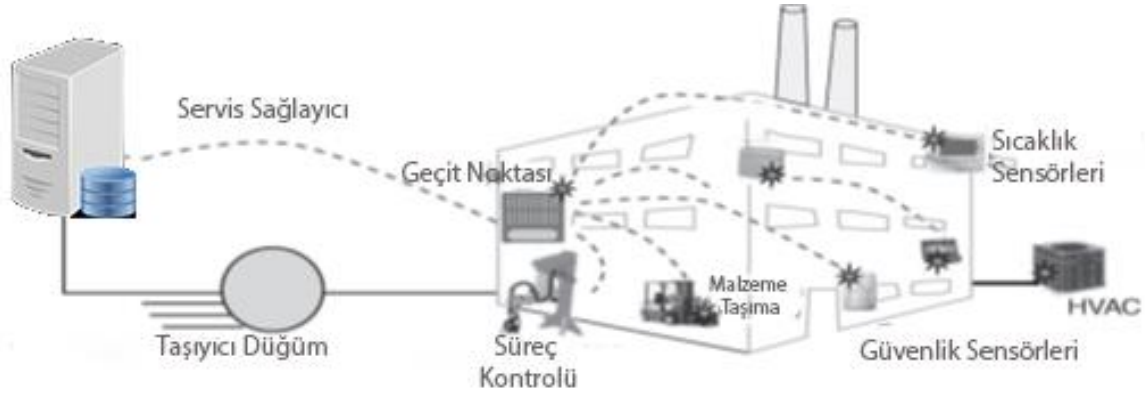


Şekil 2.3. Ev Kontrol Otomasyonu

2.2.5. Ticari Uygulamalar

- Endüstriyel ve ofis binalarının çevresel kontrolü
- Araç takibi ve tespiti
- Trafik akışının gözetimi
- Envanter kontrolü

Şekil 2.4'te kablosuz sensör ağlarla gerçekleştirilmiş endüstriyel kontrol otomasyonunun genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.4. Endüstriyel Otomasyon Sistemi

2.3. Kablosuz Sensör Ağlarının Sıkıntıları

Kablosuz sensör ağlarındaki belli başlı sıkıntılar şunlardır:

- Sensör düğümler yoğun olarak yerleştirildiğinden maliyet artar.
- Sensör düğümler hatalara eğilimlidirler
- Sık sık ağ topolojisi değişir.
- Hafıza ve hesaplama güçten dolayı sınırlıdır.
- Çok sayıda sensör düğüm olduğundan sensör düğümler global haberleşme yapamazlar.

2.4. Kablosuz Sensör Ağlarda Kullanılan Sensör Düğümlerinin Yapısı

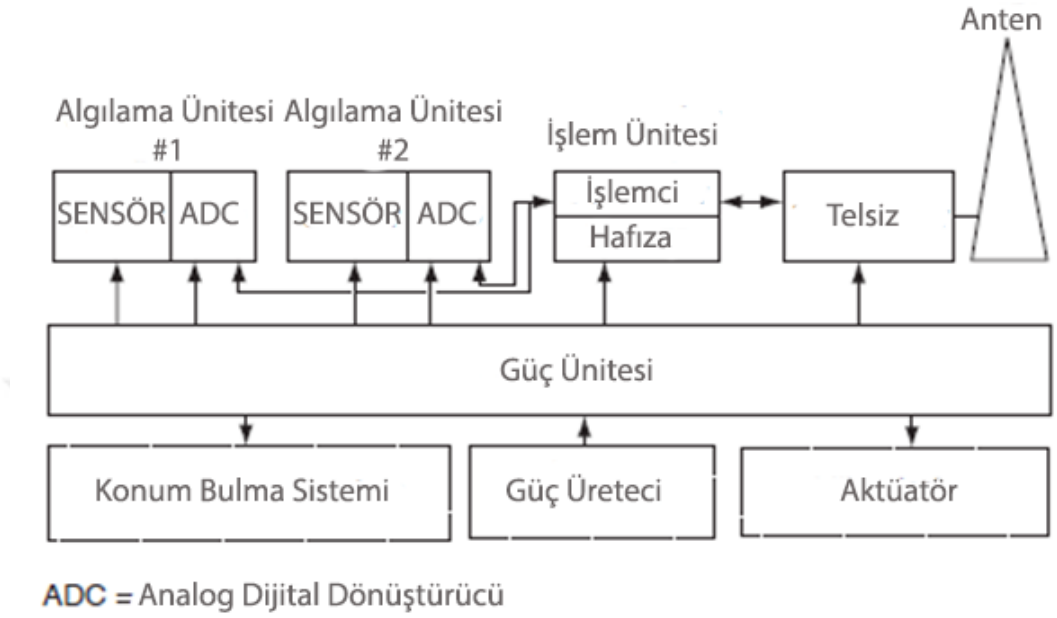
Kablosuz sensör ağların temelini oluşturan kablosuz sensör düğümler 4 temel unsurdan oluşur. Bunlar algılama ünitesi, işlem ünitesi, haberleşme ünitesi ve güç üniteleridir. Güç tüketimi sensör düğümlerin tasarımını kısıtladığından dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Çoğu durumda haberleşme devresi, enerjinin en çok tüketildiği temel sensör bölümüdür [2,3]. Kaynakların verimli kullanılmasını amacıyla birçok gömülü işletim sistemi tasarlanmıştır. Ayrıca yine kaynakların kısıtlı olmasından dolayı, kullanılamayan her kaynağın eksikliğini gidermek için birçok araştırma konusu oluşmuştur.

Ayrıca bu 4 temel birimin yanında uygulamaya yönelik konum bulma sistemi, güç üretici gibi ek sistemler ya da üniteler kullanılabilir.

Şekil 2.5'de kablosuz sensör düğümlerin genel yapısı ve bu genel yapıya ek olabilecek diğer üniteler görülmektedir.

IRIS, MicaZ, TelosB, Imote2, Cricket gibi birçok hazır sensör düğümü piyasada mevcuttur. Bunların yanında kendi sensör düğümümüzü tasarlayabileceğimiz giriş çıkış birimleri bulunan Zigbee protokolünü destekleyen kablosuz haberleşme modülerlide

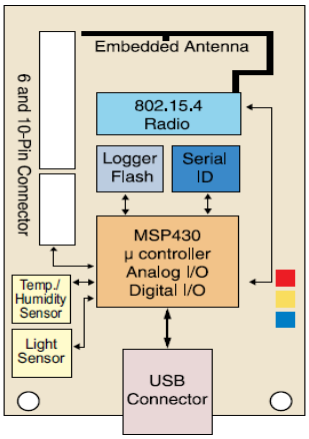
bulunmaktadır. Bu çalışmada Digi firmasının üretmiş olduğu XBee haberleşme modülleri kullanılmış bu modüle ek olarak güç ünitesi merkezi işlem birimi harici olarak bağlanarak kablosuz düğüm elde edilmiştir.



Şekil 2.5. Sensör Düğümün Yapısı

2.5. Memsic TELOSB TPR2420CA Sensör Düğümü

TelosB kablosuz sensör düğümü işlem ünitesi olarak; 16-bit RISC mimarisine sahip, aktif durumda 1.8 mA, uyku modunda ise 5.1 uA akım çeken TI (Texas Instrument) firmasının MSP430 işlemcisini kullanır. Haberleşme ünitesi olarak 2400 Mhz ile 2483.5Mhz frekansları (ISM) arasında açık alanda 75 ile 100 metre kapalı alanda ise 20 m ile 30 metre arasında haberleşmeyi mümkün kılan TI firmasının CC2420 zigbee radyo devresini, algılama ünitesi olarak Hamamatsu S1087 ışık sensörü, Sensorion SHT11 nem sensörü ve bir adet sıcaklık sensörü, güç ünitesi olarak ise 2 adet AA pil kullanır. Şekil 2.6'da TelosB sensör düğümünün blok diyagramı Şekil 2.7'de ise genel görünümü yer almaktadır [13].



Şekil 2.6. TelosB TPR2420CA Blok Diyagramı [13]

Şekil 2.7. TelosB TPR2420CA Genel Görünümü [13]

2.6. Kablosuz Sensör Ağlar İçin Gömülü İşletim Sistemleri

Geleneksel işletim sistemlerinin sistem yazılımları, bilgisayar kaynaklarını yöneten programları, çevresel aygıtların kontrolünü gerçekleştiren programları ve uygulama yazılımlarının yazılım soyutlamasını gerçekleştiren programları içirir. Geleneksel işletim sistemlerinin temel fonksiyonları süreç yönetimi, hafıza yönetimi, CPU zamanı yönetimi, dosya sistemi yönetimi ve cihaz yönetimidir.

Kablosuz sensör düğümlerin kısıtlı kaynaklara sahip olmasından dolayı geleneksel işletim sistemleri kablosuz sensör ağlar için uygun işletim sistemleri değillerdir. Kablosuz sensör ağlar kendilerine özel yeni işletim sistemlerine ihtiyaç duyar ve bu işletim sistemlerinin ortak özellikleri şunlar olmalıdır.

- Hafızanın en verimli şekilde kullanılmasını hedeflemelidir.
- Gerçek zamanlı uygulamalar için gerçek zamanı desteklemelidirler.
- Güç yönetimini desteklemelidirler.
- Değişik türden düğümlere özgü ara yüzleri içermelidirler.

Kablosuz sensör düğümleri destekleyen işletim sistemlerine TinyOS, Mate, MagnetOS, MANTIS, OSPM, EYES OS, SenOS, EMPERALDS ve PicOS örnek olarak verilebilir.

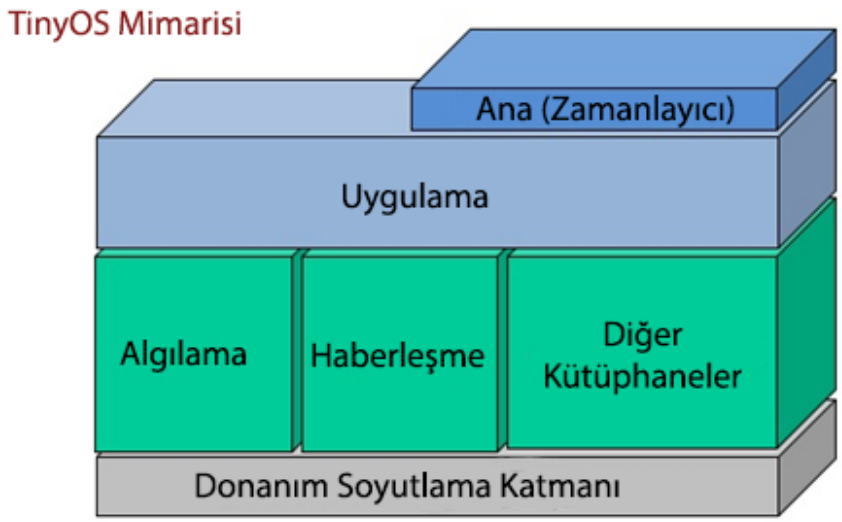
2.6.1. TINYOS

TinyOS açık kaynak kodlu, esnek, bileşen tabanlı kablosuz sensör ağlar için tasarlanmış uygulamaya özel bir işletim sistemidir. TinyOS çok düşük bellek gereksinimleri ile eşzamanlı programları destekler.

TinyOS bileşen kütüphanesi ağ protokollerini, dağıtık hizmetleri, sensör sürücüleri ve veri toplama araçlarını içerir.

TinyOS monolotik mimari sınıfı altında incelenebilir. Monolotik mimari, görevler arası iletişimi, çekirdek sürücüleri ve görevler arasında hızlı geçişi sağlayabilen tek başına büyük bir program tabanlı bir mimaridir. TinyOS paylaşımlı tek bir yığın kullanır ve kullanıcı ve çekirdek alanı bu yığını kullanır.

TinyOS bileşen modelini kullanmaktadır. Bir uygulamanın ihtiyaçlarına göre farklı bileşenlerin düğüm üzerine zamanlanmış statik imajları yapıştırılır. Bir bileşen bir ya da daha fazla ara yüzden oluşur. Bileşenler arası iletişim için komutlar ve olaylar kullanılır. Görevler ise bileşen içi eşzamanlılık için kullanılır. Şekil 2.8'de TinyOS işletim sisteminin genel mimarisi görülmektedir.



Şekil 2.8. TinyOS İşletim Sistemi Mimarisi [14]

2.7. XBee RF Haberleşme Modulleri

XBee modüller Digi Firması tarafından geliştirilip üretilen farklı çıkış güçlerine sahip 802.15.4, Zigbee Mesh, multipoint haberleşme protokollerini destekleyen kablosuz haberleşme modülleridir. Bu modüllerin en büyük avantajlarından biri mikrodenetleyici sistemler ve bilgisayarlarla AT komut seti kullanmasından dolayı kolay bir şekilde seri haberleşme ile haberleşebilmesidir.

ATtention kelimesinin kısaltması olan AT komut seti “Hayes” adında bir telekomünikasyon firmasının belirlediği bir komut seti standardıdır. Komut setindeki komutlar AT karakterleri ile başlar. Genellikle modemlerde kullanılan bu standart XBee modüllerde de kullanılmaktadır.

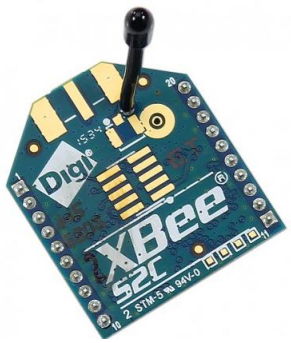
Uygulamamızda kullandığımız XBee modülü 2mW çıkış gücüne sahip açık alanda 120 metreye kadar haberleşme imkânı sağlayan XB24-CZ7WIT-004 modelidir. Genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

- 3.3V @ 40mA
- Veri Hızı: 250kbps
- 2mW çıkış (+0dBm)
- Haberleşme Mesafesi: 120m
- Anten Tipi: Kablo Anten
- FCC sertifikası
- 6 adet 10-bit ADC giriş pini
- 8 adet dijital I/O pini
- 128-bit Şifreleme
- Kapalı veya açık alan konfigürasyonu
- AT ve API ayar komutları

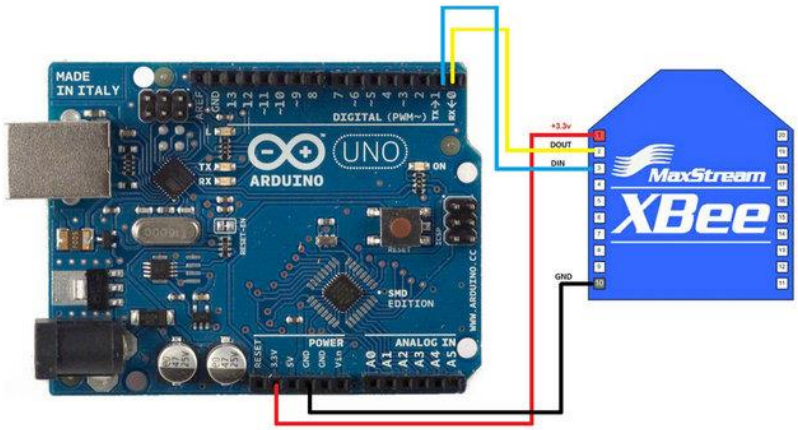
XBee modüller parametre ayarlamaları dışında programlanamadıkları için harici bir merkezi işlem birimine ihtiyaç duyarlar.

Şekil 2.9’de XBee modülün genel görünümüne yer verilmiştir.

Şekil 2.10’da merkezi işlem birimi olarak Arduino elektronik kartı kullanılmış ve XBee modül ile bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 2.9. XBee Modül Genel Görünümü



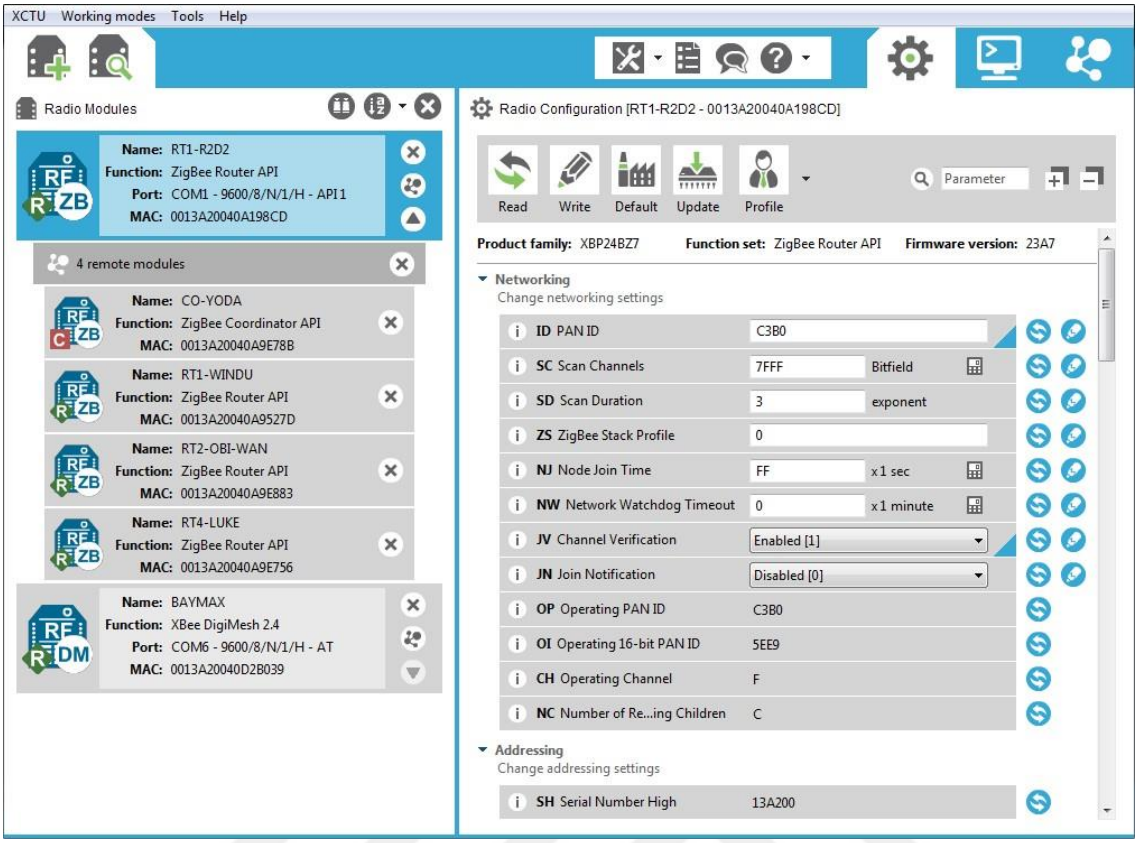
Şekil 2.10. Arduino ve XBee Bağlantı Şeması

2.7.1. XBee AT ve API Çalışma Modları

AT modu "Şeffaf" mod ile eşanlamlıdır. AT modunda, XBee modülüne gönderilen herhangi bir veri, hafızadaki hedef adresi tanımlanan uzak modüle gönderilir.Paket oluşturma gerekli değildir. Veri, gönderici XBee'nin RX'ine yazılır ve hedef düğümün RX'inden okunur. Hiçbir paket oluşturulmadığından, hedef adresi ve türü hep sabittir. API modunda ise frame yapısı oluşturulup değişken adreslere veriler gönderilebilir. AT modunda XBee module sadece veri gönderilirken API modunda çerçevenin tamamı gönderilir.

2.7.2. XBee XCTU Konfigürasyon Yazılımı

XCTU Konfigürasyon yazılımı XBee modüllerin konfigürasyonunu, mesafe testlerini ve ağdaki diğer XBee modüller ile ilişkilerini görüp değiştirebileceğimiz bir yazılımdır. Ayrıca bu yazılım ile gerekli çerçeve tipinde çerçeveler üretebiliriz. XBee modüllerimizin PAN ID ve Node ID gibi önemli parametrelerinin yanı sıra XBee modülerimiz üzerinde bulunan IO portlarımızın giriş çıkış bilgileri yine bu yazılım ile kolaylıkla değiştirilebilir. Şekil 2.11'de XCTU yazılımının genel görünümüne yer verilmiştir.



Şekil 2.11. XCTU Yazılımın Genel Görünümü

3. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARDA KONUM BULMA YÖNTEMLERİ

3.1. Genel Bilgi

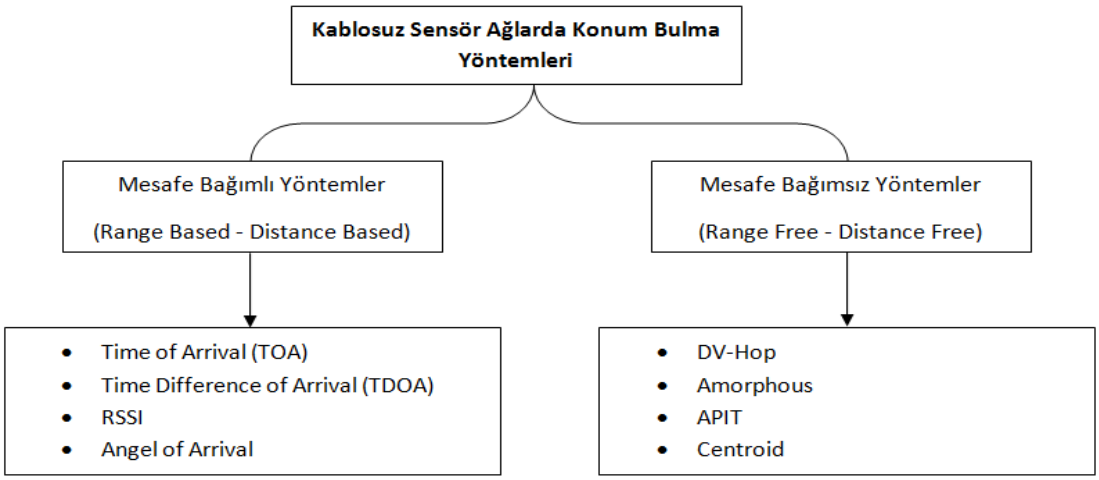
Kablosuz sensör ağlarda konum bulma, GPS kullanılmayan ağlarda ya donanım bağımlıdır ya da topoloji bağımlıdır [15]. Donanım bağımlı algoritmalar sinyal gücü, sinyalin geliş açısı gibi verileri elde etmek için ek donanımlara ihtiyaç duyarlarken topoloji bağımlı algoritmalar ek bir donanıma ihtiyaç duymazlar ancak kurulan topoloji içinde konumları belirli düğümlere ihtiyaç duyarlar.

GPS kullanılmayan kablosuz sensör ağlarda konum bulma algoritmaları temel olarak mesafe bağımlı ve mesafe bağımsız yöntemler olarak ikiye ayrılırlar.

Mesafe bağımlı yöntemler, temelde kablosuz sensör düğümlerinin birbirlerine olan uzaklıklarından yola çıkarak konum bulmayı amaçlarlar. Dağıtık bir mimaride düğümler arasındaki mesafeler bilinmediği için bu mesafeler değişik yöntemlerle tahmin edilmeye çalışırlar.

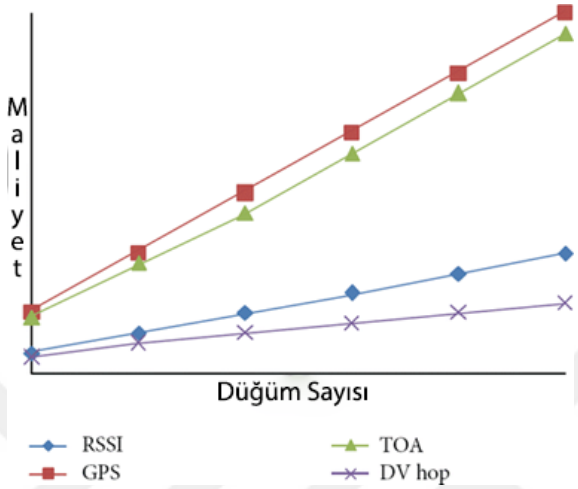
Mesafe bağımsız yöntemler donanım bağımsızdırlar bu yüzden maliyet yönünden en uygun yöntemlerdir ancak konum bulmadaki hata oranları mesafe bağımlı yöntemlere göre daha yüksektirler. Mesafe yerine, hop sayısı gibi değişik parametreler kullanarak konum bulma amaçlanmıştır.

Şekil 3.1'de temel konum bulma yöntemleri görülmektedir.

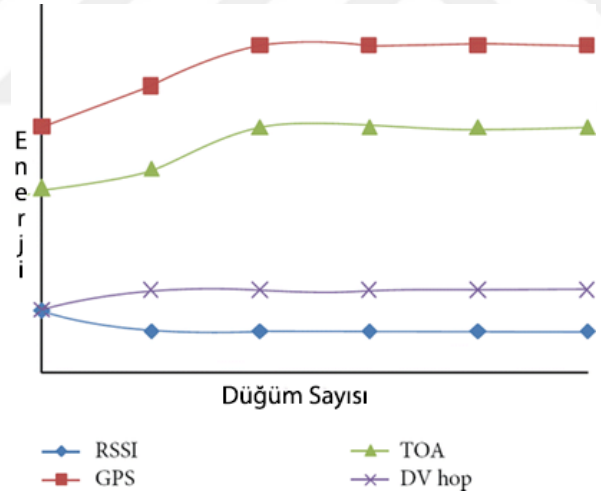


Şekil 3.1. Temel Konum Bulma Yöntemleri

Maliyetin ve güç tüketiminin önemli olmadığı kablosuz sensör ağlarda GPS ile konum bulma en güvenilir ve doğruluğu yüksek yöntemdir. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te, maliyet ve enerji ile bazı konum bulma yöntemlerinin, ağdaki düğüm sayısına göre olan ilişkisi gösterilmiştir [16].



Şekil 3.2. Konum Bulma Yöntemlerinin Düğüm Sayısına Göre Maaliyet Grafiği [16]



Şekil 3.3. Konum Bulma Yöntemlerinin Düğüm Sayısına Göre Enerji Tüketimleri Grafiği [16]

3.2. Mesafe Bağımlı Yöntemler (Range Based – Distance Based)

Mesafe bağımlı konum bulma yöntemlerinin, konum bulmada esas aldığı parametre mesafedir. Mesafeler değişken hata oranlarına sahip farklı yöntemler kullanılarak bulunabilirler.

3.2.1. Time of Arrival (TOA)

Gönderici ve alıcı düğümler arasındaki sinyalin yayılma hızı ve sinyalin gönderiminde geçen süre biliniyorsa, mesafe denklem 3.1 yardımıyla rahatlıkla bulunabilir.

$$Mesafe=(T_2-T_1)*V \quad \textbf{(3.1)}$$

3.1 numaralı denklemdeki T_2 varış zamanı T_1 sinyalin çıkış zamanını V ise sinyalin yayılma hızı değerleridir. Bu yöntemdeki temel problem alıcı ve gönderici düğüm arasında zaman senkronizasyonu zorunluluğudur[17]. Gönderici ve alıcı arasındaki senkronizasyondaki küçük değişiklikler mesafenin büyük hata oranlarıyla bulunmasına neden olmaktadır.

3.2.2. Time Difference of Arrival (TDOA)

TOA'daki zaman senkronizasyonu sorununu ortadan kaldırmak için kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin temel mantığı, yayılma hızları farklı olan iki ayrı sinyal kullanmaktır. Örnek olarak, yollayıcı düğüm tarafından T_1 zamanında radyo sinyali yollanıp, T_2 zamanında alıcıya ulaşsın ve bunu takiben ses sinyali 3.2 numaralı denklem ile bulunan T3 zamanında yollanıp T_4 zamanında alıcıya ulaşsın. Bu örnekteki mesafe, denklem 3.3 yardımı ile bulunur. Bu yöntemin dezavantajı iki ayrı sinyal için iki ayrı sinyal üretici donanıma ihtiyaç duyması ve bundan dolayı maliyetin artmasıdır.

$$T_3=T_1+T_{(bekleme)} \quad \textbf{(3.2)}$$

$$Mesafe=(V_1-V_2)*(T_4-T_2-T_{(bekleme)}) \quad \textbf{(3.3)}$$

3.2.3. RSSI

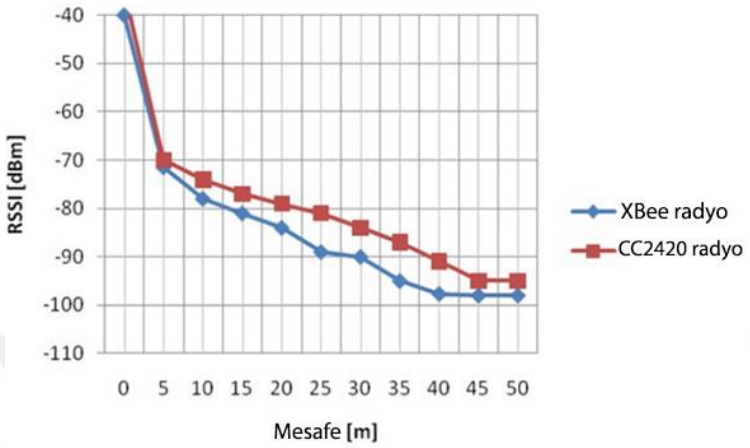
RSSI gelen sinyal gücünü belirten bir değerdir. Her yonga üreticinin RSSI değer aralığı 0 ile 255 arasında farklılık gösterir ve kullanımından önce dBm olarak hesaplanır. Sinyal gücü düştükçe, RSSI'nin dBm değeri eksi yönde düşer. Birçok kablosuz haberleşme yongasında RSSI değeri hesaplanabilir olduğundan ek donanım ihtiyacı yoktur ve bu yüzden RSSI ile konum bulma ekonomik bir yöntemdir.

RSSI değeri mesafe tahmininde özellikle gürültülü ortamlarda bazen yetersiz kalabilmektedir. Böyle durumlarda RSSI değerine ek olarak sinyal kalitesinin de işe dahil edilmesi amacıyla LQI (Link Quality Indicator) değeride hesaplanır. LQI sinyal gücünü 0 ile 255 arasında bir değer ile belirten bir göstergedir. LQI ile RSSI arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

- Zayıf sinyal yüksek gürültüde, RSSI düşük LQI düşük
- Zayıf sinyal az gürültüde, RSSI düşük LQI yüksek

- Güçlü sinyal az gürültüde RSSI yüksek LQI yüksek
- Güçlü sinyal güçlü gürültüde RSSI yüksek LQI düşük.

Şekil 3.4'de iki ayrı kablosuz haberleşme yongasının, RSSI ile Mesafe arasındaki orantılarının grafiği görülmektedir.



Şekil 3.4. XBee ve CC2420 Yongasının RSSI - Mesafe Grafiği [18]

3.2.4. Angel of Arrival (AOA)

Bu yöntem ile kablosuz sensör düğümlerin birbirlerini direk olarak gördüğü açık ve engelsiz bir ortamda, gelen sinyal açısına göre konum saptama yapılır. Gelen sinyal açısını tespit amaçlı çanak, mikrofon gibi ek donanımlar kullanıldığından maliyeti ve konum bulmadaki kesinliği yüksektir.

3.3. Mesafe Bağımsız Yöntemler (Range Free – Distance Free)

3.3.1. DV-Hop

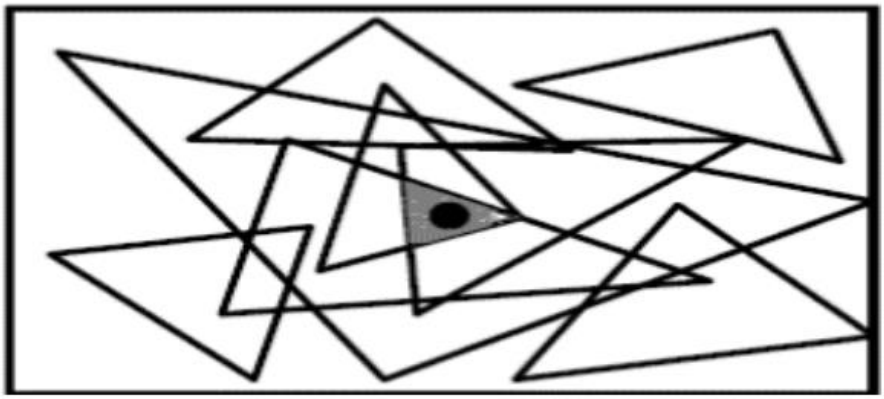
Konum bilgileri bilinen çapa düğümler, konum bilgileri ve başlangıç değeri 0 olan sayaç değişkeni bulunan bir veri paketini, ağdaki komşu düğümler aracılığıyla diğer çapa düğümlere iletirler. Veri paketleri ağdaki her düğüme iletildiğinde veri paketinde bulunan sayaç değeri bir artırılır. Veri paketleri değişik yollardan çapa düğüme ulaştığında, çapa düğüm sayaç değeri en küçük olan veri paketine göre ortalama atlama mesafesini, denklem 3.4'te bulunan matematiksel ifade ile hesaplar [19].

$$\text{HopSize} = \frac{\sum \sqrt{\left(x_i - x_j\right)^2 + \left(y_i - y_j\right)^2}}{\sum h_j} \qquad \textbf{(3.4)}$$

Ortalama atlama mesafesi hesaplandıktan sonra, konumu tespit edilecek düğüm, çapa düğümler arasındaki atlama sayısından yolla çıkarak çapa düğümlere olan uzaklıkları bulunur ve konumu konum bulma algoritmalarından uygun olanı seçilerek bulunur.

3.3.2. APIT

N adet çapa düğüm içinden her seferinde 3 adet çapa düğüm seçilir ve aranan düğümün bu 3 çapa düğümün köşelerini oluşturduğu üçgende olup olmadığı test edilir. Tüm çapa düğümler için bu işlem yapıldıktan sonra aranan düğümün bu üçgenlerin kesişim alanlarında olduğu varsayılır. Şekil 3.5'de örnek bir APIT algoritması görülmektedir [20].



Şekil 3.5. APIT Yöntemi İle Konum Bulma

3.3.3. Centroid

Serbest olan düğümü, en az 3 adet çapa düğümün kesişim noktasına konumlandıran hata oranı yüksek olan bir yöntemdir. Konum bulma yöntemlerinin en basitidir. Konumlandırma denklem 3.5'teki matematiksel yöntem ile yapılır [19].

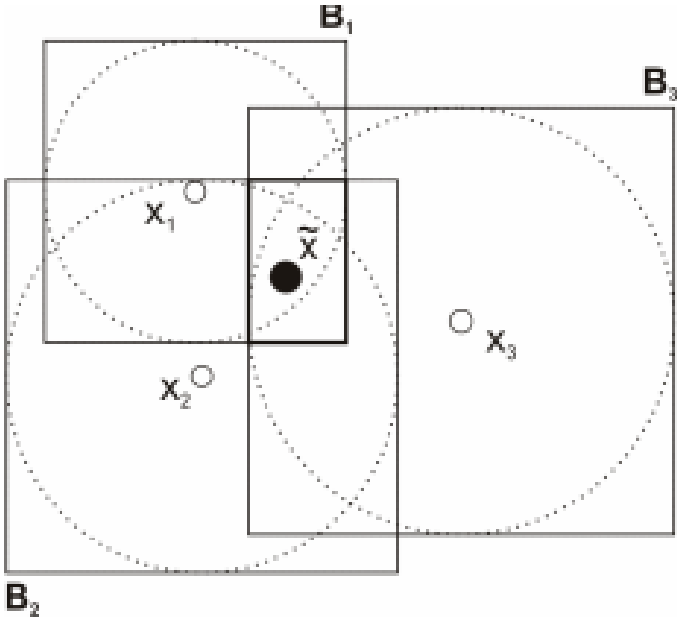
$$(X_{est}, Y_{est}) = \left(\frac{X_1 + \cdots + X_N}{N}, \frac{Y_1 + \cdots + Y_N}{N} \right) \quad \textbf{(3.5)}$$

3.3.4. Bounding Box Yöntemi

Bounding Box algoritmasının ana mantığı, çapa düğümlere olan tahmini uzaklıklar bulunduktan sonra, çapa düğümler etrafında uzaklık bilgisine göre kutular oluşturularak, konumu tespit edilecek düğümün kutuların kesişim alanında olduğunu varsaymaktır. Tahmin edilen konum kesişimin oluşturduğu alanın merkezidir ve denklem 3.6 ile bulunur.

$$\bar{x} \in \left\{ \bigcap_i B_i \right\} \quad \textbf{(3.6)}$$

Şekil 3.6'da Bounding Box algoritmasının genel yapısı görülmektedir.



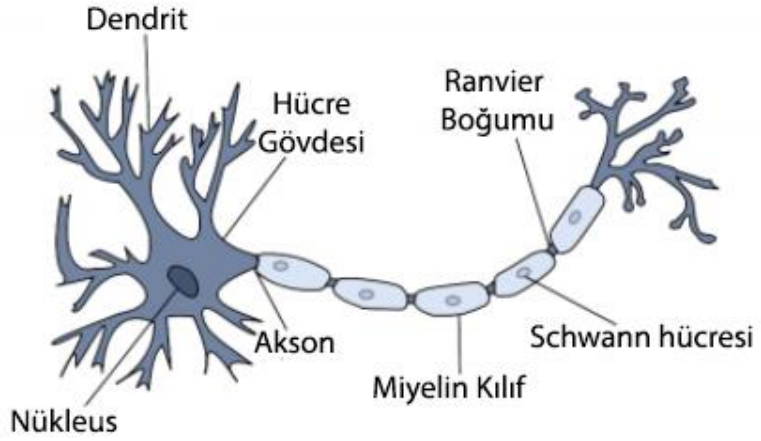
Şekil 3.6. Bounding Box Algoritması ile Konum Bulma [19]

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

4.1. Genel Bilgi

Yapay sinir ağları örneklerden yola çıkarak öğrenme fonksiyonunu yerine getiren bilgisayar sistemleridirler. İnsan beyninin yapısından yola çıkılarak modellenen bir yapıdır. İnsan beynindeki sinir hücreleri gibi yapay sinir ağları da yapay sinir hücreleri ve bu hücrelerin birbirleriyle, bir ağırlık değeri olan yapay sinir ağı bağlantılarından oluşur. Şekil 4.1'de insan sinir hüre yapısı görülmektedir[20]. Bağlantılardaki ağırlık değeri yapay sinir ağına has olup bu ağın bilgisini oluşturur. Örnekler ile yapay sinir ağları eğitilerek bu ağırlıklar hesaplanır ve eğer yapay sinir ağımızın sonuçlardaki hata oranı kabul edilebilir ise bu ağırlıklar kabul edilir değil ise yapay sinir ağımız tekrar tekrar eğitilerek hata oranı düşürülmeye çalışılır.

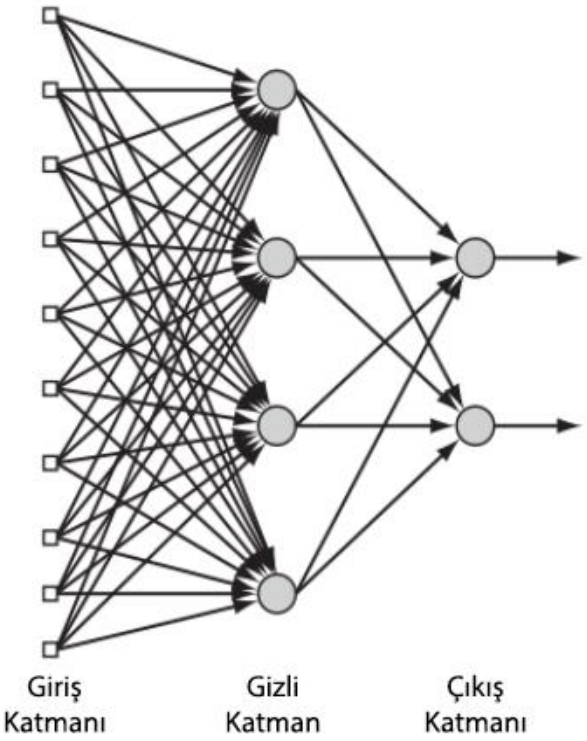
Örüntü tanıma, filtreleme, sınıflandırma, uydurma (fiting) yöntemleri için yapay sinir ağları en iyi yöntemlerden biridir [21].



Şekil 4.1. İnsan Sinir Hücresi Yapısı [21]

Yapay sinir ağları birbirlerine bağlı olmak üzere, girdi katmanı (input layer), ara yada gizli katman (hidden layer), ve çıktı katmanı (output layer) olmak üzere üç katmandan oluşur.

Yapay sinir ağlarının eğitimi, testi ve doğrulaması, öğrenmesini istediğimiz sistemden elde edilen örneklerle gerçekleştirilir. Yapay sinir ağları oluşturulurken, ağın topolojisi, ve eğitim algoritması doğru seçilmeli ve eğitim veri setimizin yeterli sayıda olmalıdır. Şekil 4.2'de bir yapay sinir ağı topolojisi görülmektedir [22].



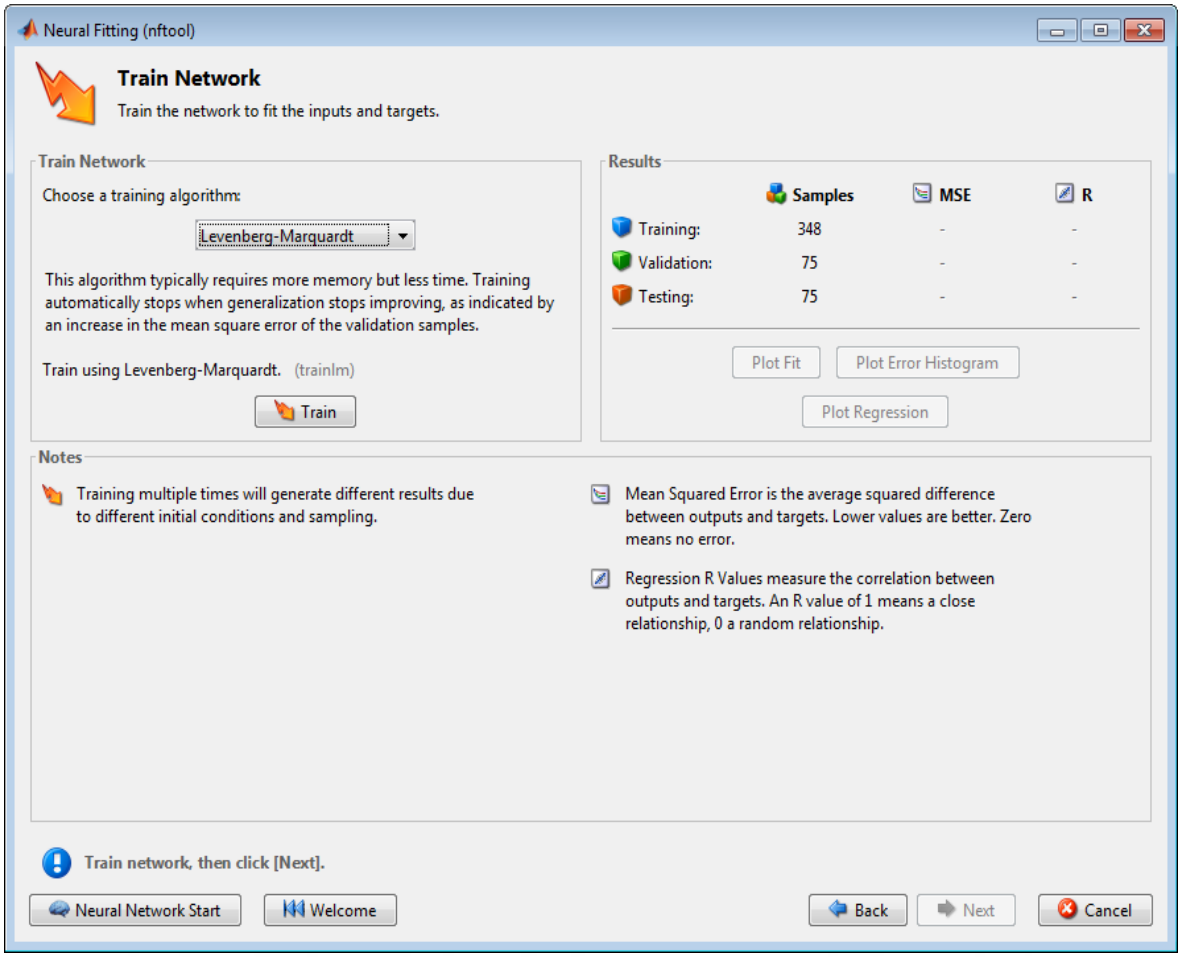
Şekil 4.2. Yapay Sinir Ağı Genel Topolojisi [22]

4.2. Matlab İle Yapay Sinir Ağları Kullanımı

Matlab ortamında eğri uydurma araçlarının başında Neural Fiting eğri uydurma aracı gelmektedir. Bu araç ile oluşturduğunuz yapay sinir ağını eğitim test verilerinizle eğitmeniz gerekmektedir. Bu araca parametre olarak, giriş çıkış matrislerinizi, bu verilerin yüzde kaçının eğitim için yüzde kaçının doğrulama ve yüzde kaçının test için kullanıldığını, gizli katmandaki hücre sayısını ve öğrenme algoritmasını girmeniz gerekmektedir. Bu araçta üç adet öğrenme algoritması mevcuttur bunlar, Levenberg-Marquardt (trainlm), Bayesian Regularization (trainbr) ve Scaled Conjugate Garadient algoritmalarıdır.

Birçok problem için Levenberg-Marquardt (trainlm) önerilir, ancak bazı gürültülü ve küçük problemler için Bayesian Regularization (trainbr) daha uzun sürmesine rağmen daha iyi bir çözüm elde edebilir. Bununla birlikte, büyük problemler için, diğer iki algoritmanın kullandığı Jacobian hesaplamalardan daha verimli bellek kullanımı olan gradient hesaplamaları kullanan Scaled Conjugate Gardient algoritması önerilir [23].

Şekil 4.3'teNeuralFitting aracının genel görünümü görülmektedir.



Şekil 4.3. Matlab Neural Fitting Aracı

Ağın performansından memnun kalınmadığı takdirde, ağ tekrar eğitmeli, nöron sayısını artırmalı ve daha büyük bir eğitim verisi seti oluşturulmalıdır. Eğitim setinin performansı iyi ancak test setinin performansı kötüyse nöron sayısını azaltmakta fayda vardır. Eğitim performansı zayıfsa, nöron sayısını artırmak sonuçları pozitif yönde etkileyecektir. Oluşturulan ağın performansından memnun kalındığı takdirde yapay sinir ağının fonksiyon bloğu oluşturulabilir ve matlab içinde tekrar tekrar bu ağ fonksiyonu çağrılıp kullanılabilir.

5. SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI

5.1. Genel Açıklama

Amaçlanan uygulamanın gerçekleştirilmesi için 5 adet Zigbee haberleşme modülüne, bu modüllerin kontrolü amaçlı elektronik kontrol kartlarına, hareketli programlanabilir bir araca ve sahadan elde edilen verileri kaydetmek ve kendisine bağlı Zigbee modül aracılığıyla hareketli araca veri göndermek amacıyla bir adet bilgisayara ihtiyaç duyulmuştur.

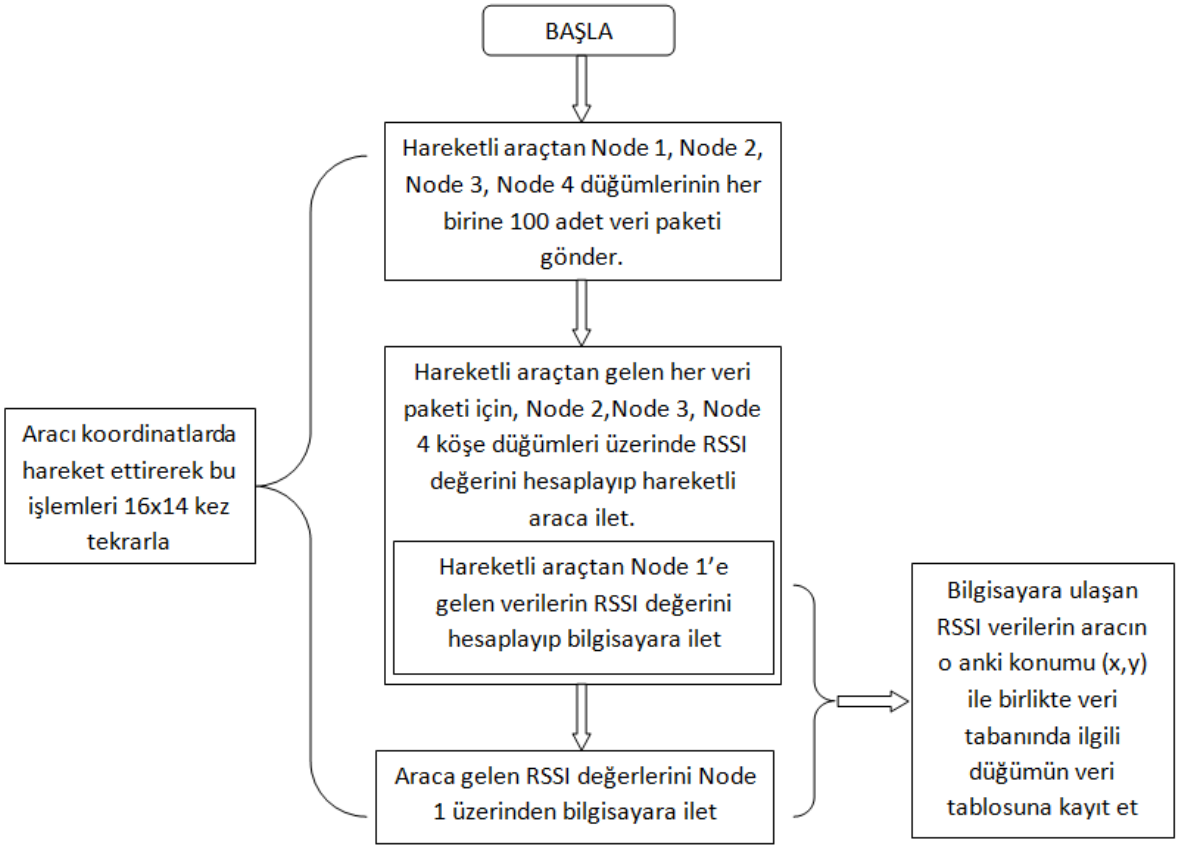
Zigbee haberleşme modülü olarak, programlama ve haberleşme kolaylığı göz önüne alınarak Digi firmasının XBee modülleri seçilmiştir. 5 adet XBee modülden 3 adedi köşe düğüm olarak (Node 2, Node 3, Node 4), 1 adedi ana istasyon (base station, Node 1) ve 4. köşe düğüm olarak, son XBee modül ise aracımızda kullanılmıştır.

Node 2, Node 3 ve Node 4 olarak isimlendirilen düğümlerin elektronik kontrol kartı olarak programlama kolaylığı, zengin kütüphane ve örnek programları nedeniyle ardino uno elektronik kartı seçilmiştir. Bu kartlar sayesinde, XBee modüllere gelen veriler okunabilir ve aynı şekilde seri haberleşme ile XBee modüller üzerinden istenen veri istenilen bir başka XBee modüle iletilebilir. Arduino uno, XBee modülleri ve uygun bir güç kaynağı ile oluşturulan bu düğümlerin asli görevi, hareketli araçta bulunan XBee modülden gelen sinyalin RSSI değerini hesaplayıp, bu değeri ana istasyon olan Node 1 düğümüne iletmektir.

Node 1 olarak isimlendirilen ana istasyon düğümümüzde, elektronik kart yerine usb port üzerinden bağlı olan bir bilgisayar kullanılmıştır. Bu Xbee modüle gelen veriler usb port üzerinden bilgisayara iletilir. Aynı şekilde bilgisayardan XBee modüle iletilen veri, istenilen adrese iletilir. Bu düğümün asıl görevi hareketli araçtan gelen sinyallerin RSSI değerlerini hesaplamak ve Node 1, Node 2, Node 3 düğümlerinden gelen RSSI değerlerini bilgisayara iletmektir.

Hareketli aracımızın tasarımında, hassas adım sayılarına sahip iki adet step motor ve meOrion kontrol kartını bünyesinde bulunduran Makeblock firmasının mDrawBot kitinde bulunan malzemeler seçilmiştir. Bu kitde bulunan malzemeler kullanılarak oluşturulan aracımıza bir adet XBee modül takılarak çevre düğümlerle haberleşmesi sağlanmıştır. Aracımızın asli görevi uygulama alanındaki birbirinden farklı 224 noktaya hareket ederek,

bu noktaların her birinde Node 1 Node 2, Node 3 ve Node 4 düğümlere 100'er adet içeriği önemsiz veri paketi göndererek, kendisiyle bu düğümler arasındaki sinyal gücü göstergesi olan RSSI değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktır. Bu sayede deney ortamından, konum bulma amacıyla tasarlamış olduğumuz yapay sinir ağlarının eğitim ve test verilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 5.1'de yapılan çalışmanın genel algoritması görülmektedir.



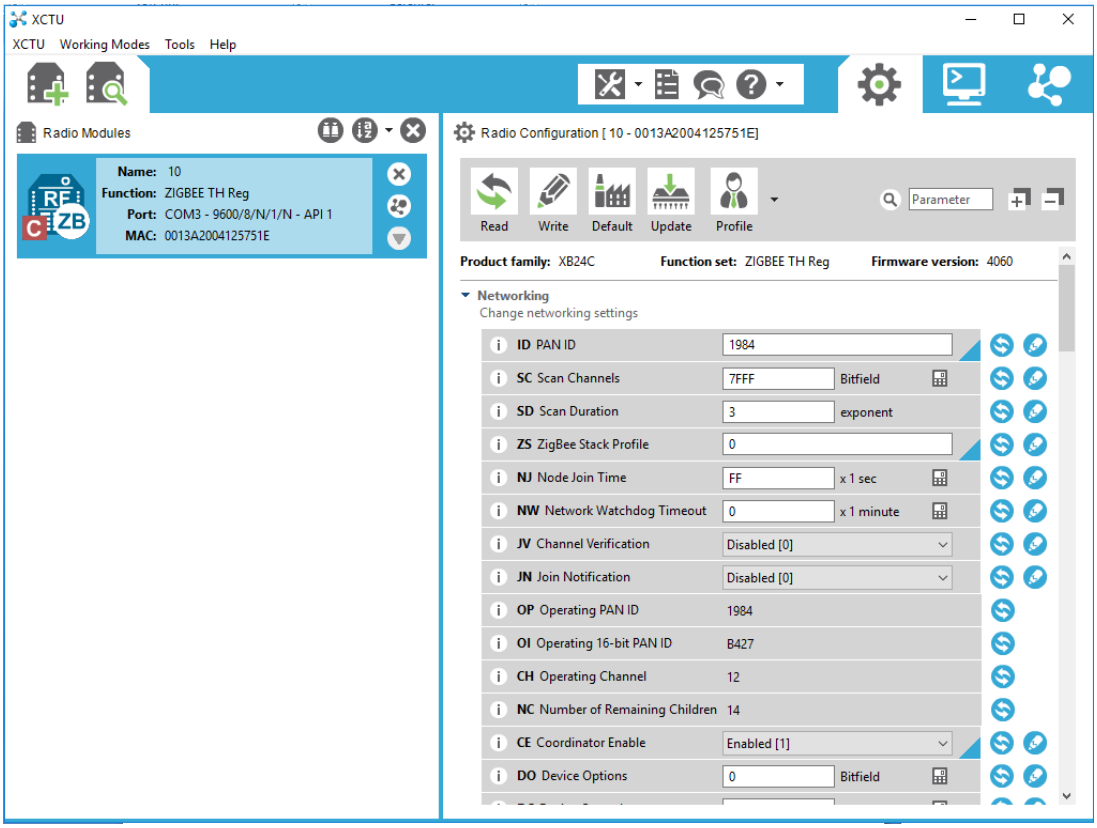
Şekil 5.1. Uygulamanın Genel Algoritması

5.2. Xbee Modüllerin Parametre Ayarlarının Yapılması

Xbee modüllerimizin kendi aralarında, kontrol üniteleri ve bilgisayarla haberleşebilmeleri için konfigürasyon ayarlamalarının yapılması gerekmektedir. Bu ayarları gerçekleştirmek için Digi firmasının XCTU konfigürasyon yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımi, bilgisayara USB port üzerinden bağlı XBee modülün, konfigürasyon ayarlarını okuyup değişiklik yapma imkanı sağlar.

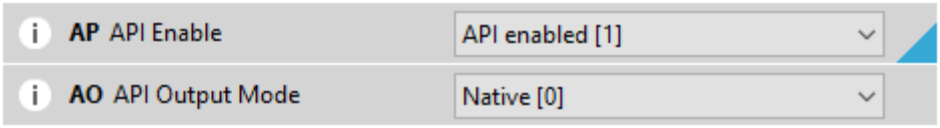
XBee modüllerde yapılması gereken ayarların başında tüm modüllerin aynı ağda olmasını sağlamak yer almaktadır. Bunun için tüm XBee modüllerimizin PAN ID'si 1984

olacak şekilde değiştirilmiştir. Şekil 5.2'de XCTU yazılımının genel görünümü ve PAN ID'mizin değiştirildiği kısım görülmektedir.



Şekil 5.2. XCTU Yazılımın Genel Görünümü

XBee modüllerimizin kontrol devreleri veya bilgisayarlarla seri port üzerinden haberleşebilmeleri için API Enable ve API Output Mode ayarlarının da Şekil 5.3'te görüldüğü gibi yapılması gerekmektedir.



Şekil 5.3. AP ve AO Konfigürasyon Ayarları

Bu ayarlara ek olarak tüm XBee modüllerimizin en son güncel firmware'e sahip olmasında fayda vardır. Bunun için yine XCTU yazılımında Update aracı kullanılarak güncelleme işlemleri yapılabilir.

5.3. Lineer Hareket Eden Araç Tasarımı ve Programlanması

Hareketli aracın oluşturulması için malzemelerin seçilmesinde hassas hareket yapısı göz önüne alınarak step motor ihtiva eden makeblock firmasının mdrawbot kiti seçilmiştir. Bu kit içinde step motorlar, Aurdino IDE ile programlanabilen kontrol ünitesi, motor sürücü devreleri ve aracımızı oluşturmak için kullanacağımız tekerlekler, çerçeveler, vidalar ve somunlar bulunmaktadır.

Tasarlanan araçta iki adet step motor, iki adet tekerlek, bir adet sarhoş tekerlek, iki adet motor sürücü kartı, bir adet kontrol kartı, iki adet seri bağlı 5V, 5200 mah'lık güç ünitesi ve bir adet aracımızın bilgisayar üzerinden kontrolünü sağlayacak XBee modulü bulunmaktadır.

Aracın tasarımda dikkat ettiğimiz en önemli hususların başında ağırlık merkezinin aracın dikey ekseni üzerinde olması gerekliliğidir. Ağırlık merkezinin dikey eksen üzerinde olmaması, aracın sağa yâda sola yalpa yapmasına neden olacağından önemli bir konudur. Yapılan denemelerle, aracın düz hareket etmesi sağlanmış ve gerekli noktalara ekstra ağırlıklar atılmıştır.

XBee modülümüz 3.3 V beslemeyle çalışmaktadır. Araç kontrol devresinde 3.3V'luk gerilim çıkışı bulunmadığından XBee modülümüzü beslemek için LD33V voltaj regülatörü kullanılarak 3.3V'luk voltaj regüle edilmiştir.

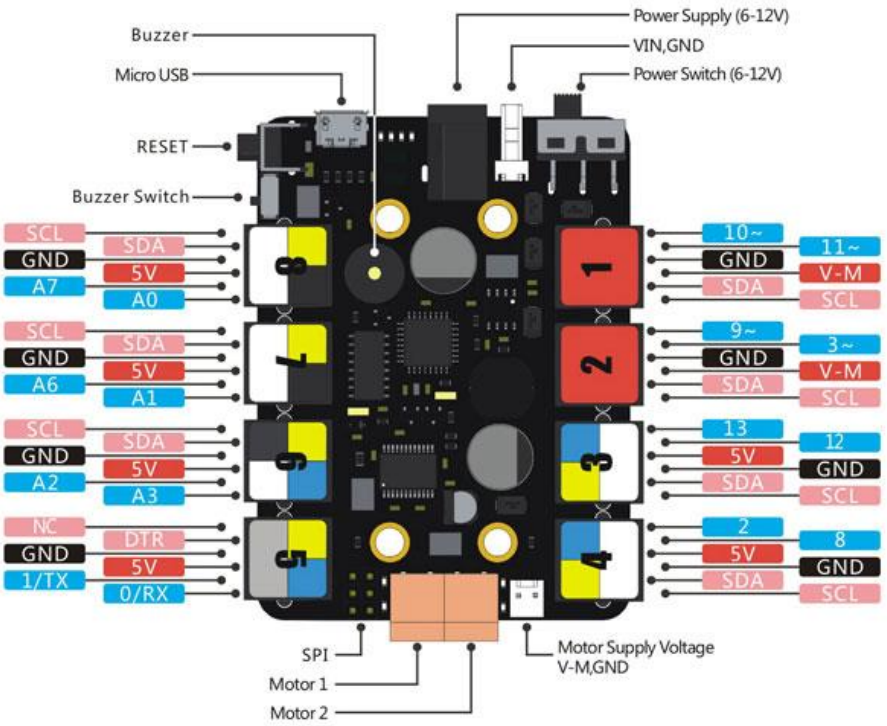
Şekil 5.4'de kontrol kartımızın, Şekil 5.5'de ise Step motor sürücü kartımızın genel görünümü görülmektedir.

Şekil 5.4. meOrion Kontrol Kartı

Şekil 5.5. Step Motor Sürücü Kartı

Mdrawbot kiti içinde kontrol ünitesi olarak Arduino UNO bootloader içeren mOrion bulunmaktadır. Bu kontrol ünitesi Arduino IDE kullanılarak rahatlıkla programlanabilmektedir. Ayrıca karta özel kütüphane ve örnek uygulamalarda bulunmaktadır.

Mdrawbot kiti içinde kontrol ünitesi olarak Arduino UNO bootloader içeren mOrion bulunmaktadır. Bu kontrol ünitesi Arduino IDE kullanılarak rahatlıkla programlanabilmektedir. Ayrıca karta özel kütüphane ve örnek uygulamalarda bulunmaktadır. Şekil 5.6'da bu kartın pin yapısı görülmektedir.



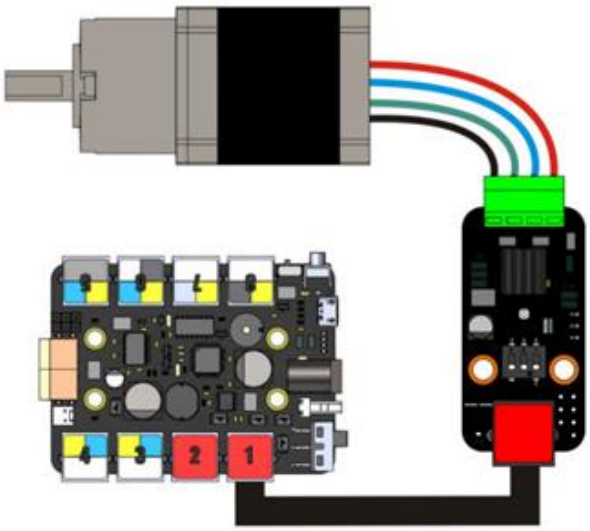
Şekil 5.6. mOrion Kontrol Kartı Genel Görünümü ve Pin Yapısı

Aracımızın enerjisini sağlamak için iki adet 5V 2.1A çıkışa sahip powerbank seri bağlanarak 10V'luk bir gerilim elde edilmiştir. 10V kullandığımız stepper motorlar için ideale yakın bir gerilimdir.

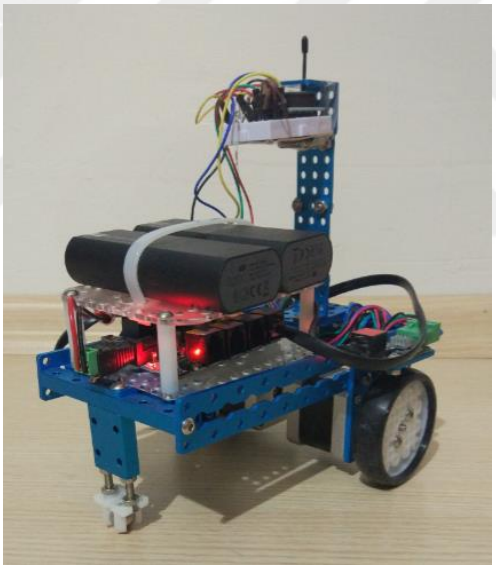
Adım motorlar sargılarından birinin enerjilenmesi ile 1 adım hareket eden motorlardır. Bu adımın kaç derece olacağı motorun yapısına göre değişebilir. Bizim uygulamada kullandığımız stepper motorlar 200 adımlık stepper motorlardır. Bunun anlamı 200 adımda motor bir tam dönme yapacaktır yani 360 derecelik bir dönme için 200 adım gereklidir. Sonuç olarak her adım 1.8 derecelik bir rotasyona sahiptir. Bir tam dönme için ne kadar çok adım gerekirse stepper motorun hassasiyeti o kadar iyidir. Şekil 5.7'de stepper motorumuzun genel görünümü görülmektedir.

Şekil 5.7. Çalışmada Kullanılan Stepper Motor

Şekil 5.8'de Kontrol kartımız ile adım motorumuzun sürücü kartı aracılığıyla bağlantısı görülmektedir. Şekil 5.9'da ise aracımızın tamamlanmış hali görülmektedir.



Şekil 5.8. Kontrol Kartı, Step Motor Sürücü Kartı ile Step Motor Bağlantı Şeması



Şekil 5.9. Aracımızın Genel Görünümü

Aracımızda kullanılan step motorlarla kaç adımda ne kadar mesafe kat etiğimizi hesaplayabilmemiz için aracımızda kullanılan teker çevresini ve her stepper motor adımında kaç derecelik bir dönme olduğunu bilmemiz gerekmektedir. Aracımızın hassasiyetini artırmak için motor sürücü kartımızda micro step mod olarak 1/16 step seçilmiştir. Bunun anlamı, 200 adım olan adım sayımız 200*16=3200 adım olarak hassasiyeti artırılmış ve 5.1, 5.2, 5.3 denklemleri yardımıyla adım sayısı hesaplanmıştır.

Adım Başı Alınan Mesafe=Teker Çevresi/3200 **(5.1)**

Alınacak Mesafe=(Teker Çevresi/3200)*Adım Sayısı **(5.2)**

Adım Sayısı=(3200*Alınacak Mesafe)/Teker Çevresi **(5.3)**

Teker çevremiz yapılan ölçümde yaklaşık olarak 20.3 cm olarak ölçülmüştür. 60 cm'lik bir hareket için 5.1, 5.2 ve 5.3 denklemleri kullanılarak, adım sayısı 9456 olarak hesaplanmıştır.

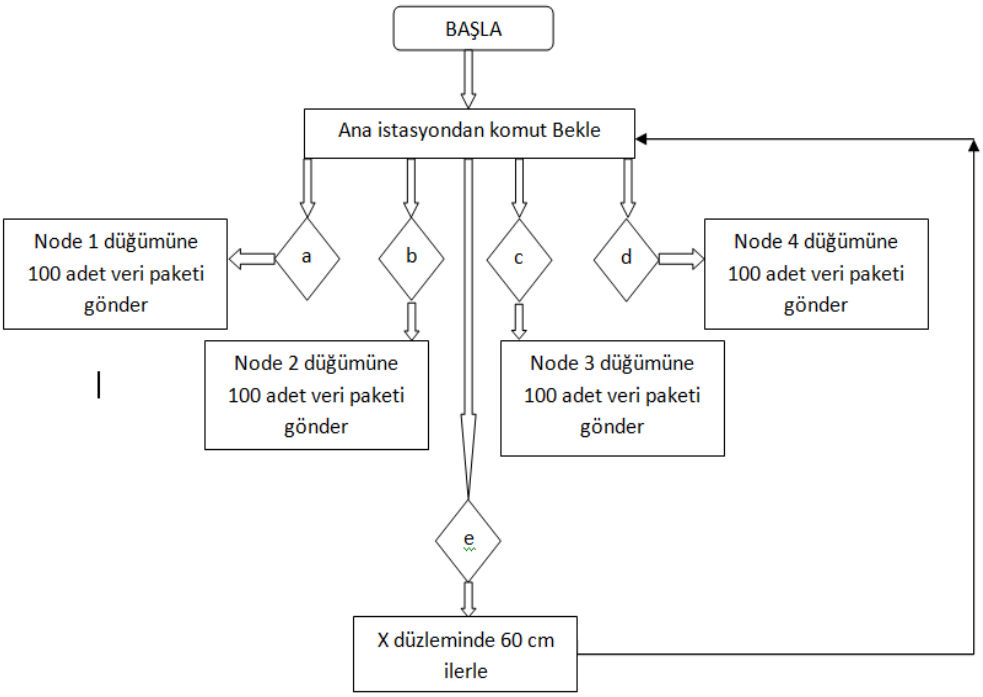
Çıkan sonuca göre her 60 cm'lik doğrusal hareket için her iki stepper motorun 9456 adım atması gerekmektedir. Bu adım sayısı aracımızın programlanması aşamasında kullanılmıştır.

Aracımıza, hem uzaktan kontrol amacıyla hem de köşe düğümlere veri göndermek amaçlı bir adet XBee modül eklenmiştir. XBee modül, kontrol kartının 5. Portunda bulunan UART pinleriyle (rx,tx), XBee modülün UART pinlerine (tx,rx) seri olarak bağlanmıştır. Ayrıca XBee modül 3.3V'luk bir gerilime ihtiyaç duyduğu için harici 3.3 V'luk bir regülatör entegresi üzerinden beslenme sağlanmıştır.

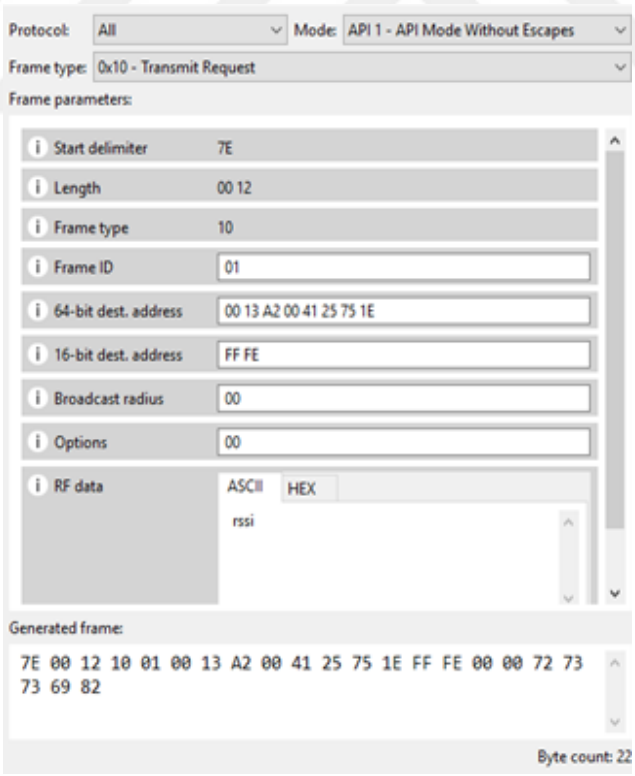
Aracımızın asli görevi bilgisayardan Xbee modül aracılığı ile gelen komutları, araçta bulunan Xbee modül aracılığı ile alıp gerekli işlemleri yerine getirmektir. Bu komutlar "a","b","c","d"ve "e" komutlarıdır. "a" komutu geldiği zaman aracımız XBee modül aracılığı ile düğüm 1'e içeriği önemli olmayan bir veri paketi yollar. Aynı şekilde "b","c"ve "d" komutları için ise sırasıyla düğüm 2, düğüm 3 ve düğüm 4'e içeriği önemsiz bir veri paketi gönderilir. Buradaki amaç veri paketinin ulaştığı düğüm ile araç arasındaki sinyal gücünün (RSSI) hesaplanabilmesini sağlamaktır.. Son komut olan "e" komutu iletildiği zaman ise aracımızın 60 cm ilerlemesi sağlanmaktadır.

Aracımız için yazılan arduino programının akış diyagramı Şekil 5.11'deki gibidir.

Yazılan Arduino programında, kontrol devremizin pin yapılarının tanımlandığı "MeOrion.h" ve XBee modül ile seri iletişim sağlamak amaçlı "XBee.h" olmak üzere iki adet hazır kütüphane kullanılmıştır. Aracımızda bulunan XBee modüle kontrol devremizden yollayacağımız çerçeve yapısını oluşturmak için XCTU yazılımının içinde bulunan "XBee API Frame Generator" aracı kullanılmıştır. Zigbee çerçevemizin yapısı Şekil 5.10'daki gibidir.



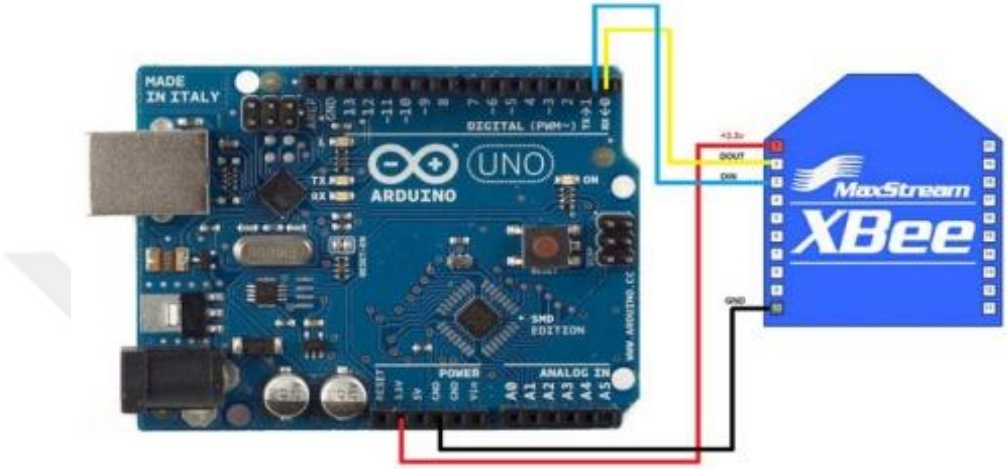
Şekil 5.10. Aracımızın Kontrol Akış Diyagramı



Şekil 5.11. Aracımızdan Adresi Belirli Bir Düğüme Gönderilen Veri Paketi Çerçeve Yapısı

5.4. Üç Adet Köşe Düğümün Hazırlanıp Programlanması

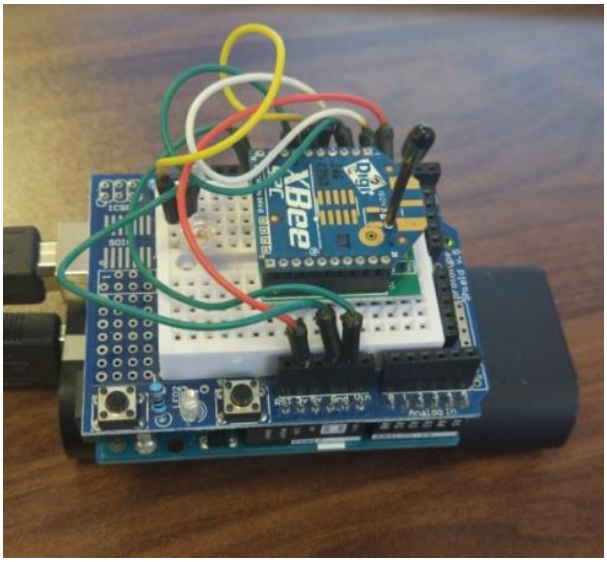
Oluşturulan bu düğümlerin görevleri, Hareketli araçtan gönderilen ve XBee modüle gelen son verinin RSSI değerini hesaplayıp Base Station olarak görev yapan 4. köşe düğüme iletmektir. Bu amaçla oluşturulan düğümlerin Xbee ve Arduino bağlantıları Şekil 5.12'deki gibidir.



Şekil 5.12. Arduino Uno ve XBee Modül Bağlantısı

Köşe düğümlerde kullanılan XBee modüller, uygulamada kullanılan tüm XBee modüllerde olduğu gibi API modu aktif ve API çıkış modu ise "native" olacak şekilde XCTU aracı ile ayarlanmıştır. Bu ayarlamaların amacı XBee modüllere gelen veri paketlerini direk olarak arduino konrol kartına, UART seri port üzerinden iletmektir. Arduinoya UART üzerinden veri paketi iletildiği zaman arduino, XBee modüle "DB" AT komutu göndererek RSSI değerini hesaplaması emrini verir. XBee modül bu komutun gereğini yerine getirerek, arduinoya hesapladığı RSSI değerini iletir. Arduino data olarak RSSI değerini adres olarak ise Base Station olan 4. Köşe düğümün adresini içeren bir veri paketi oluşturarak XBee modüle iletir ve RSSI değerinin Base Station düğüme iletilmesi sağlanır. Bu görevleri yerine getiren üç adet köşe düğüm oluşturulmuş ve çalışma alanı olarak seçilen odanın köşelerine yerleştirilmiştir. Ek 9'da bu görevleri yerine getiren arduino kodları verilmiştir.

Şekil 5.13'de 5 voltluk güç kaynağı, arduino ve XBee modülden oluşan köşe düğümlerden biri görülmektedir.



Şekil 5.13. Köşe Düğümün Genel Görünümü

5.5. 4. Köşe Düğümün (Base Station) Hazırlanıp Bu Düğüm İle Bilgisayar Haberleşmesini Sağlayan Yazılımın Yazılması

Dördüncü köşeye yerleştirilmek XBee ve bilgisayar birleşimi olan bir düğüm tasarlanmıştır. XBee modülü diğer düğümlerde olduğu gibi API modu aktif ve API çıkış modu ise "native" olacak şekilde XCTU aracı ile ayarlanmıştır. Diğer üç köşe düğümde Xbee modüle gelen veriler kontrol birimi olarak arduino'ya uart portu üzerinden aktarılırken bu düğümde gelen veriler USB port üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır.

Bu düğümün dört ayrı görevi vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir.

- Araca bir sonraki konuma geçmesi için hareket et komutu yani e komutunu göndermek
- Aracın ayrı ayrı tüm köşe düğümlere içeriği önemsiz veri paketi göndermesi için a, b, c, d komutlarını göndermek
- Köşe düğümlerden gelen RSSI değerlerini veri tabanında ilgili tabloya o anki araç konumuyla kayıt etmek.
- Kendi üzerine, araçtan gelen sinyalin RSSI değerini "DB" AT komutu yardımıyla hesaplayıp veri tabanına kayıt etmek.

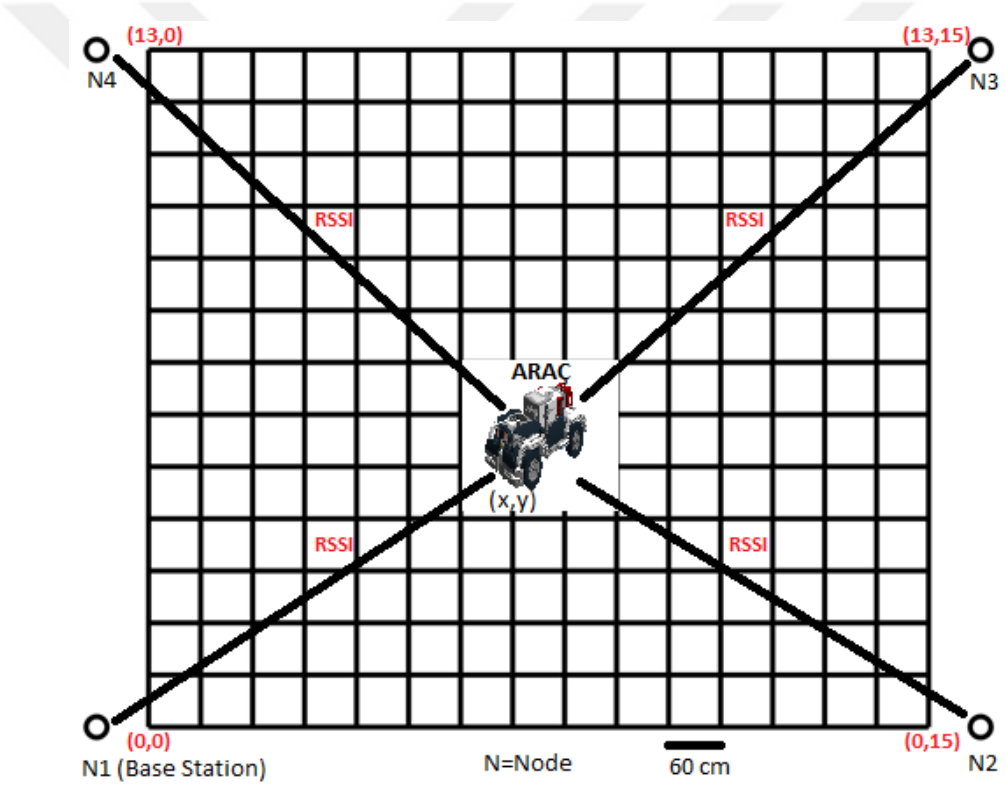
Bahsi geçen görevlerin yerine getirilmesi için bilgisayarda Netbeans IDE programlama ortamında, java programlama dili kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımın

geliştirilirken Digi firmasının XBee java kütüphaneleri kullanılmıştır. Yazılan java programının bir kısmı Ek 4'de verilmiştir.

5.6. Deney Ortamının Seçilmesi ve Uygulamanın Gerçekleştirilmesi

Düzgün zemini ve büyüklüğü gözü önüne alınarak, EÜAŞ Keban HES İşletme Müdürlüğü'nün teknik binasının 2. Katında bulunan eski Yük tevzi ana kumanda odası uygulama ortamı olarak seçilmiştir.

Oda zemini 60x60 cm'lik karolarla döşeli olduğundan dolayı ve aracımızın hatalı hareketlerini gözlemleyebilmek için çalışma ortamımız Şekil 5.14'deki gibi düşünülmüş, koordinatlar ve aracın hareketi buna göre uyarlanmıştır.



Şekil 5.14. Çalışma Ortamı ve Köşe Düğümlerin Konumlarının Grafiksel Görünümü

Her karo köşesi bir koordinata denk gelmekte ve 16x14 koordinat noktası bulunmaktadır. N1,N2,N3,N4 köşe düğümlerdir. Ayrıca N1basestation düğüm olup bilgisayara bağlıdır.

Uygulamamıza aracımız (0,0) noktasındayken başlanmıştır. İlk aşamada aracımız (0,0) noktasındayken bilgisayardan, bilgisayara bağlı base station olan 1. köşe düğüm aracılığıyla aracımıza 2. köşe düğüme içeriği önemli olmayan bir veri paketi göndermesi

komutu verilir. Veri araçtan, 1. köşe düğüme vardığında, RSSI değeri bu düğüm üzerinde hesaplanarak, bilgisayara bağlı base station olan 1. Köşe düğüme iletilir. Base stationa gelen RSSI değeri bilgisayara iletilerek bilgisayarda çalışmakta olan program aracılığıyla RSSI değeri ve o anki araç konumu MySQL veritabanında ilgili tabloya kayıt edilir. Bu adımlar base station dahil her köşe düğüm için 100 kez tekrar edilir. Toplamda, bir nokta için 400 RSSI değeri elde edilir. Daha sonra araca bilgisayardan 60 cm ilerle komutu gönderilerek aracın bir sonraki konuma geçmesi sağlanır ve bu adımlar tekrarlanır. Aracımız x konumunda 15 adım ilerleyip x düzleminde son noktaya vardığı zaman, araç x düzleminde ilk noktaya, y düzleminde ise bir birim yukarıya taşınır ve tüm adımlar aracımız 0,0 noktasından 15,13 noktasına gelene kadar tekrarlanır. Tablo 5.1'de örnek bir veri paketi onaltılık sayı sistemi olarak görülmektedir.

Tablo 5.1. Örnek XBee Veri Paketi

0x7E,0x00,0x12,0x10,0x01,0x00,0x13,0xA2,0x00,0x41,0x25,0x7 5,0x1E,0xFF,0xFE,0x00,0x00,0x72,0x73,0x73,0x69,0x82

Uygulamanın gerçekleştirildiği odanın genel görünümü şekil 5.15'de görüldüğü gibidir

Şekil 5.15. Uygulamanın Gerçekleştirildiği Odanın Genel Görünümü

Sonuç olarak aracımız 0,0 noktasından 15,13 noktasına vardığında her köşe düğüm için 16x14x100 yani 22400 RSSI değeri elde etmiş olduk.

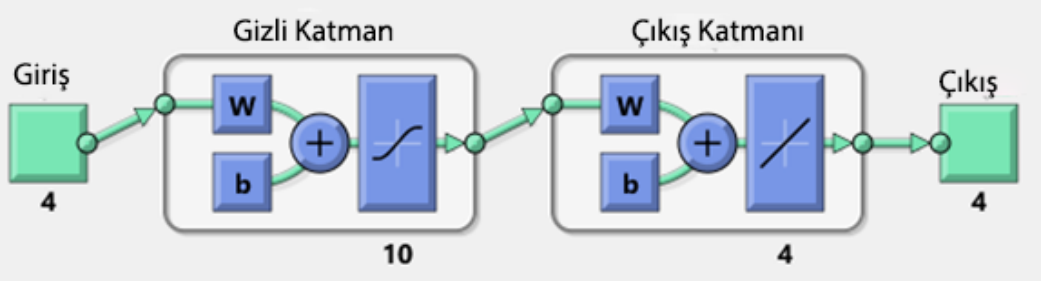
5.7. RSSI - Mesafe Kalibrasyonu ve Konum Bulma

Uygulama sonucu veri tabanımızda her bir köşe düğüm için oluşturulmuş her bir tabloda 22400 RSSI ve x, y konumları kayıt edildi. İlk aşamada koordinatların köşe düğümlere olan mesafeleri hipotenüs teoremi kullanılarak hesaplandı.

Veri tabanımızdaki veriler, hesaplamayla bulduğumuz mesafeler ve x,y koordinatları matlab ortamına import etmek amacıyla üç ayrı excell tablolarına aktarılmıştır. Rssi tablosu her sütun bir köşe düğümün RSSI değerini gösteren 4 adet sütundan (22400x4), mesafe tablosunun her bir sütunu bir köşe düğümün mevcut koordinata olan uzaklığını, konum tablosu ise x,y koordinatlarını içermektedir. Bu tablolar matlab'de import data tool'su kullanılarak numeric matrix olarak import edilmiştir.

Mesafe kalibrasyonu için matlab'in Network Fitting Tool'u (nftool) kullanılmıştır. Bu tool sayesinde yapay sinir ağının giriş - çıkış sayısı, gizli katman sayısı, eğitim algoritması ve eğitim için giriş - çıkış verileri kolaylıkla seçilip ağın eğitilmesi sağlanmaktadır.

Nftool'u kullanarak mesafe kalibrasyonu için oluşturduğumuz yapay sinir ağımız 10 gizli katmanlı, 4 rssi girişli, 4 adet mesafe çıkışlı ve eğitim algoritmamız Bayesian Regularization olacak şekilde oluşturulmuştur. Mesafe kalibrasyonun dört köşe düğüm için ayrı ayrı ama tek bir yapay sinir ağı kullanılarak yapılması amaçlanmış ve bunun tek bir rssi – mesafe kalibrasyonuna nazaran konum bulmada daha kesin sonuçlar elde etmeye yarayacağı öngörülmüştür. Tasarlanan yapay sinir ağımızın temsili görünümü Şekil 5.16'de görülmektedir.

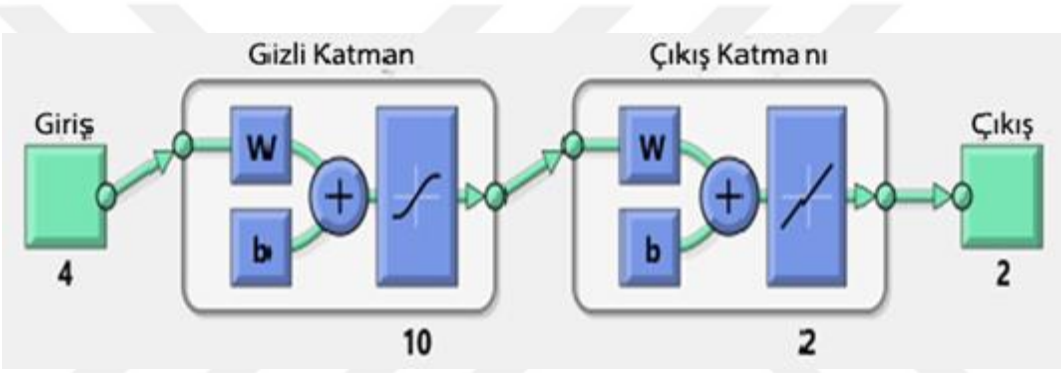


Şekil 5.16. Mesafe Kalibrasyonu Amaçlı Oluşturulan Yapay Sinir Ağımızın Genel Görünümü

Yapay sinir ağımız, daha önce import ettiğimiz rssi ve mesafe tablolarımızla, bu

verilerin %70'i eğitim %15'i test ve geri kalan %15'i ise doğrulama olacak şekilde eğitildikten sonra nftool aracı bize yapay sinir ağının ağırlıklarını da içeren bir yapay sinir ağı fonksiyonu üretmektedir. Bu fonksiyonumuzun adını daha sonra kullanabilmek amacıyla Network1 olarak değiştirip kayıt ettik. Ek 7'de bu fonksiyona ait kodlar verilmiştir.

İkinci aşamada RSSI – Mesafe kalibrasyonu sonucu elde edeceğimiz mesafelerden konum bulmak amacıyla ikinci bir yapay sinir ağı yine nftool aracı kullanılarak tasarlanmıştır. Bu yapay sinir ağımız 4 mesafe girişli ve çıkış olarak 2 (x,y) koordinat çıkışlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Ek 7'de bu fonksiyona ait kodlar verilmiştir. Tasarlanan yapay sinir ağımızın temsili görünümü Şekil 5.17'de görülmektedir.



Şekil 5.17. Mesafe Kalibrasyonu Amaçlı Oluşturulan Yapay Sinir Ağımızın Genel Görünümü

Yine bu yapay sinir ağımız, daha önce import ettiğimiz mesafe ve x,y koordinat tablolarımızla, bu verilerin %70'i eğitim %15'i test ve geri kalan %15'i ise doğrulama olacak şekilde eğitilmiştir. Sonuç olarak elde edilen yapay sinir ağı fonksiyonumuzun adını daha sonra kullanabilmek için Network2 olarak değiştirip kayıt ettik. Ek 8'de bu fonksiyona ait kodlar verilmiştir.

Her iki yapay sinir ağımızı eğitip oluşturduktan sonra, oluşturulan ağ fonksiyonlarından Network1'e daha önce matlab'e import ettiğimiz sahadan elde edilen ve konumları bilinen rssi tablomuzu giriş olarak girdik çıkış olarak elde ettiğimiz mesafeleri ise Network2 ağ fonksiyonumuza giriş olarak girdiğimiz zaman sonuç olarak 22400x2'lik bir koordinat matrisi elde ettik. Bu tablo sahada gerçek konumlarını bildiğimiz RSSI değerlerinin, geliştirmiş olduğumuz YSA'larca tahmin edilen konumlarıdır. Şekil 5.18'de matlab ortamında fonksiyonlarımızın çalıştırma komutları görülmektedir.

```
>>resultn=round(abs(Network2(Network1(rssi'))))
```

Şekil 5.18. Matlab Ortamında Konum Bulma Komutumuz

Şekil 5.19'da görülen kod sayesinde hesaplanan 22400x2 'lik tahmini x ve y koordinatları, "resultn" değişkenine aktarılmıştır. Bu değişkenin tablo gösterimi Tablo 5.2'deki gibidir. Bu tablodaki birinci sütun x koordinatını ikinci sütun ise y koordinatını göstermektedir.

Tablo 5.2. Bulunan Tahmini Koordinat Tablosu

22400x2 double

	1	2	3
1	0	0	
2	1	0	
3	0	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	1	0	
7	0	0	
8	1	0	
9	0	1	
10	1	0	
11	1	0	
12	0	0	
13	1	0	
14	1	0	
15	0	0	
16	1	0	

Tahmin edilen konumlarla gerçek konumlar arasındaki hata oranlarını hesaplamak amacıyla Matlab ortamında bir fonksiyon yazılmıştır. Bu fonksiyon tahmin edilen koordinatların gerçek konumdan ne kadar uzak olduğunu hesaplamakta ve sonuçları 0 metre, 0.6 metre ve 0.8485 metre olacak şekilde gruplamaktadır. Fonksiyonumuzun adı ErrorCount olarak belirlenmiştir ve giriş olarak, tahmin edilen koordinatlar ile gerçek koordinatlar olacak şekilde ayarlanmıştır. ErrorCount fonksiyonumuz Ek 5'de verilmiştir. Kodumuzun çalıştırılmış hali Şekil 5.19'da görüldüğü gibi çalıştırılmış ve sonuç olarak 22400 noktadan, 2725 noktanın doğru tahmin edildiği, 6730 noktanın 0.6 metre hassasiyetle, 4665 noktanın ise 0.8485 metre hassasiyetle tahmin edildiği hesaplanıp gözlemlenmiştir. Geri kalan 8280 nokta ise gerçek noktalarından 0.8485 metreden daha uzakta tahmin edilmiştir.

```
>>ErrorCount(xy,resultn)
ans =  2725        6730        4665
```

Şekil 5.19. Yapay Sinir Ağı İle Bulunan Konumların Hata Oranlarını Bulan Fonksiyonun Çağrılması ve Sonucu

Yapay sinir ağlarımızla elde ettiğimiz konumların, konum bulmada sıkça kullanılan "Bounding Box" algoritmasına göre durumunu sınayabilmek için yine Matlab ortamında Bounding Box algoritmasını gerçekleştiren bir fonksiyon yazılmıştır. Ek 6'da bu fonksiyona ait kodlar verilmiştir. Bu fonksiyonumuz, RSSI – mesafe kalibrasyonu yapan Network1 isimli YSA'mızdan çıkış olarak aldığımız 22400x4'lük mesafe matrisini giriş olarak almakta, çıkış olarak ise tahmini koordinatları vermektedir. Fonksiyonumuz matlabde Şekil 5.20'de görüldüğü gibi çalıştırılmış ve sonuçlar "resultb" değişkenine aktarılmıştır.

```
>>resultb=BoundingBox(Network1(rssi')')
```

Şekil 5.20. Bounding Box algortiması ile Konum Bulan Fonksiyonun Çağrılması

Bounding Box algoritması ile elde ettiğimiz koordinatların ErrorCount fonksiyonumuz ile hata oranları, Şekil 5.21'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Sonuç olarak 22400 noktadan, 396 noktanın doğru tahmin edildiği, 1331 noktanın 0.6 metre hassasiyetle, 1163 noktanın ise 0.8485 metre hassasiyetle tahmin edildiği hesaplanıp gözlemlenmiştir. Geri kalan 19510 nokta ise gerçek noktalarından 0.8485 metreden daha uzakta tahmin edilmiştir.

```
>>ErrorCount(xy,resultb)
ans = 396        1331        1163
```

Şekil 5.21. Bounding Box Algoritması İle Bulunan Konumların Hata Oranlarını Bulan Fonksiyonun Çağrılması ve Sonucu

YSA ve Bounding Box algoritması ile bulunan sonuçlar ve hata oranları Tablo 5.3'de görülen tablodaki gibidir.

Tablo 5.3. Yapay Sinir Ağı ve Bounding Box Yöntemleri İle Elde Edilen Sonuçlar

Yöntem Adı	Hata=0	Hata=0.6	Hata=0.8485	Hata>0.08485	Toplam
Yapay Sinir Ağı	2725	6730	4665	8280	22400
Bounding Box	396	1331	1163	19510	22400

6. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada sahadan, 4 köşe düğüme göre toplamda 22400x4 RSSI değeri toplanmış ve eğitimi bu RSSI değerleri ile yapılan bir YSA ile mesafe kalibrasyonu yapılmıştır. Sonraki aşamada köşe düğümlere olan uzaklıklardan yola çıkarak 4 mesafe girişli ve iki konum (x,y) çıkışlı bir YSA oluşturulup eğitimi sahadan elde edilen veriler ile gerçekleştirilmiştir. Konumunu bulmak istediğimiz aracın köşe düğümlere olan RSSI değerleri ilk YSA'ya uygulanıp çıkan mesafeler ikinci YSA'ya uygulanarak tahmini konumlar bulunmuştur. 22400*4 RSSI değeri ilk YSA'ya uygulanıp 22400*4 muhtemel uzaklıklar elde edilmiş daha sonrasında bu muhtemel uzaklıklar ikinci YSA'ya uygulanıp 22400 x,y konum elde edilmiştir. Ayrıca ilk YSA'dan elde edilen 22400*4 mesafe verileri Bounding Box algoritması kullanılarak konumlar tahmini olarak bulunmuştur. YSA ile elde edilen konumlar gerçek konumlarla karşılaştırıldığında 22400 konumdan 2725 tanesi tam doğru olarak 6730 tanesi 0,6 metrelik hata oranıyla, 4665 tanesi 0.8485 metrelik hata oranıyla, geri kalanlar ise 0.845 metreden daha fazla hata oranlarıyla tahmin edilmiştir. Bounding Box algoritması ile elde edilen konumlar ise 22400 konumdan 396 tanesi tam doğru olarak 1331 tanesi 0,6 metrelik hata oranıyla, 1143 tanesi 0.8485 metrelik hata oranıyla, geri kalanlar ise 0.8485 metreden daha fazla hata oranlarıyla tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturduğumuz YSA'ların RSSI ile konum bulmada klasik algoritmalardan BoundingBox'a göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

REFERANSLAR

[1] Chang, C.Y., Sensor Networks: Evolution, Oppertunities and Challenges, Senior Proceedings of the IEEE, 91, 1247-1256, 2003.

[2] M. Gerla et al., "The Mars Sensor Network: Efficent, Energy Aware Communications," Procendings of the IEEE Military Communications Conferance (MilCom'01): Communications for Network-Centric Operations-Creatingthe Information Force, McLean, VA, Vol. 1, Oct. 2001.

[3] S. Lindsey et al., "Data Gathering in Sensor Networks Using the Energy DelayMetric," presented at the International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, San Francisco, CA Apr. 2001.

[4] Resul DOĞAN, Ebubekir ERDEM, "Temperature and Humidty Control of theTunnels in the DAM Using Wireless Sensor Netwoks" INES 2015. IEEE 19th International Conferance on Intelligent Engineering Systems. September 3-5,2015, Bratislava, Slovakia.

[5] Mehmet Akif Çiftçi, Atilla Elçi "Yapay Zeka ile Kablosuz Algılayıcı Ağları Eniyileme" Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi (2017 Cilt:10-Sayı:2) -64-76.

[6] Selma Dilek, Suat Özdemir "Sağlık Hizmetleri Sektöründe Kablosuz Algılayıcı Ağlar" BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ, CİLT: 7, SAYI: 2, MAYIS 2014 p.7-19

[7] Karwan Muhammed Meheden, Ebubekir Erdem, "Design and Implementation of the Mobile Fire Alarms System Using Wireless Sensor Networks" Firat Universty Master Thesis, Computer Engineering, January-2017.

[8] Sercan Vançin, Ebubekir Erdem, "Trafik İzleme Sistemlerinin Kablosuz Manyetik Sensörler Kullanılarak Gerçekleştirilmesi" Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Mayıs-2016.

[9] Shi-Feng QI, Yan-Hua LI "The design of Dam Safety Monitoring Sensor Network" International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA) Vol.7,No.7,April 2013,pp.364-370.

[10] KerriA.Stone "Network Support for Earthen Emberkment Dam Monitoring Using Wireless Seonsor Networks" PhD thesis, Depertment of Electrical Engineering and Computer Science, Colorado School of Mines, 2013.

[11] M. Welsh, D. Malan, B. Duncan, T. Fulford-Jones, S. Moulton, "Wireless Sensor Networks for Emergency Medical Care," presented at GE Global Resarch Conferance, Harvard University and Boston University School of Medicine, Boston, MA, Mar. 8, 2004.

[12]Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "Wireless Sensor Networks-A Survey", Elsevier Computer Networks, Vol. 38, 393-422, Mart 2002.

[13] http://www.memsic.com/userfiles/files/Datasheets/WSN/telosb_datasheet.pdf

[14] https://www.slideshare.net/ManuelFernndezSantoT/20130918-00-introduction-to-wsn

[15] L. Hu, D. Evans, "Localizatonfor Mobile Sensor Networks," Proceeedings of the 10th ACM International Conferance on Mobile Computing ond Networking (MobiCom 04), Philadelphia

[16] Nabil Ali Alrajeh, Maryam Bashir, Bilal Shams,"Localization Techniques in Wireless Sensor Networks",International Journal of Distributed Sensor Networks,Volume: 9 issue: 6

[17] Kul G., Özyer T.,Tavli B., 2014 , "IEEEE 802.11 WLAN Based Real Time Indoor Positioning", Literature Survey and Exprimental Investigations, 9th International Conference on Future Networks and Communications (FNC-2014).

[18] https://www.researchgate.net/figure/RSSI-as-function-of-distance_fig6_230833800

[19]Ademuwagun, A. and Fabio, V. (2017) Reach Centroid Localization Algorithm. Wireless Sensor Network,9, 87-101

[20] He, T.,Huang, C., Blum, B.M., Stankovic, J.A. and Abdelzaher, T. (2003) Range Free Localization Schemesfor LargeScale Sensor Networks. Proceedings of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, San Diego, 14-19 September 2003, 81-95.]

[21] Öztemel, Ercan. Yapay Sinir Ağları/Ercan Öztemel, -İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim, 2012, ISBN:978-975-6797-39-6.

[21] Neural networks and learning machines / Simon Haykin.—3rd ed. p. cm. Rev. ed of: Neural networks. 2nd ed., 1999. Includes bibliographical references and index. ISBN-13: 978-0-13-147139-9 ISBN-10: 0-13-147139-2

[23] https://www.mathworks.com/help/nnet/gs/fit-data-with-a-neural-network.html

EKLER

Ek 1- XbeePin Yapısı

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

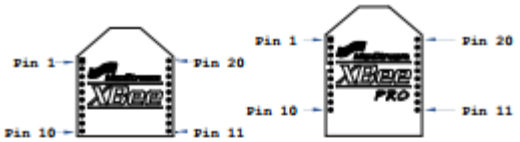


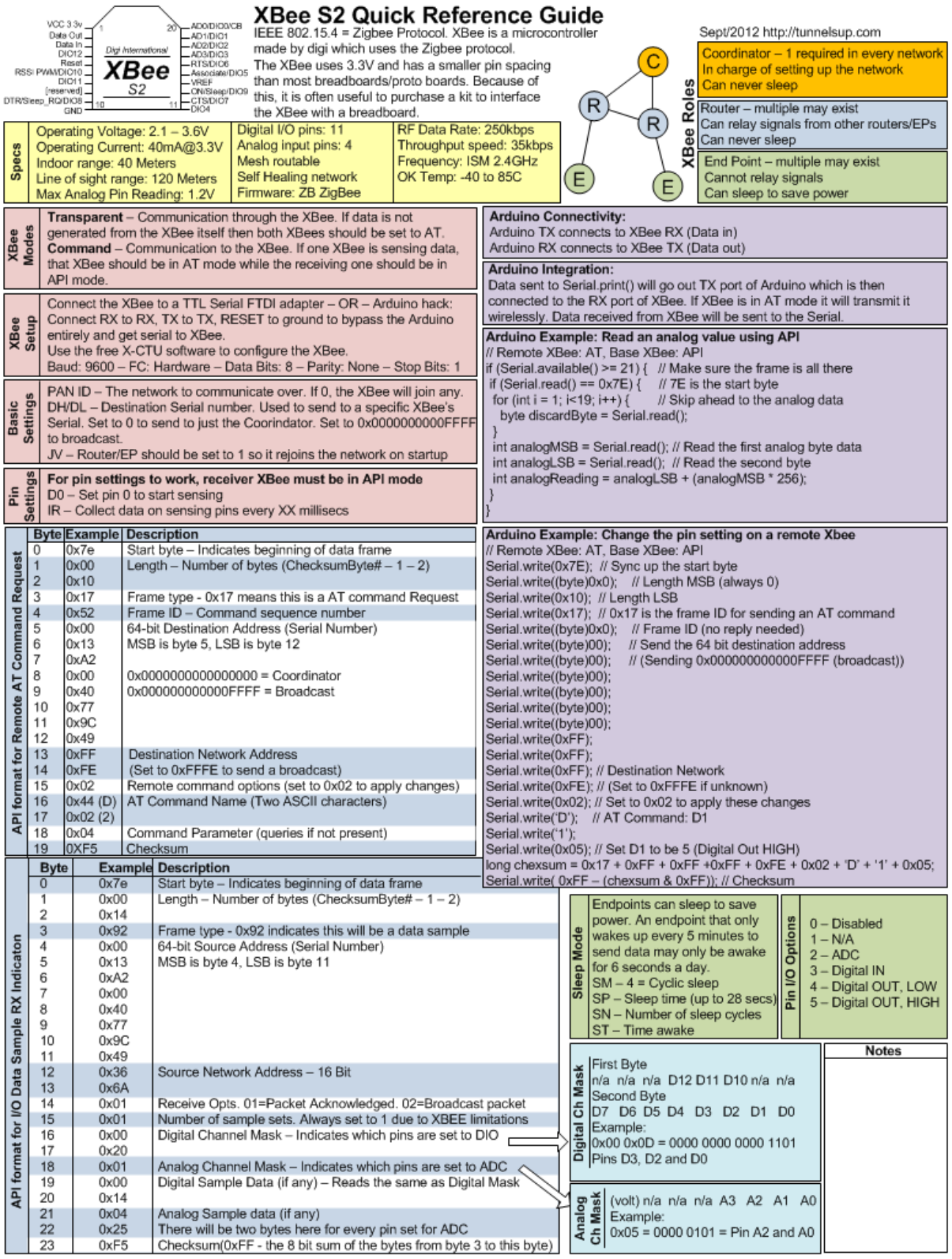
Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

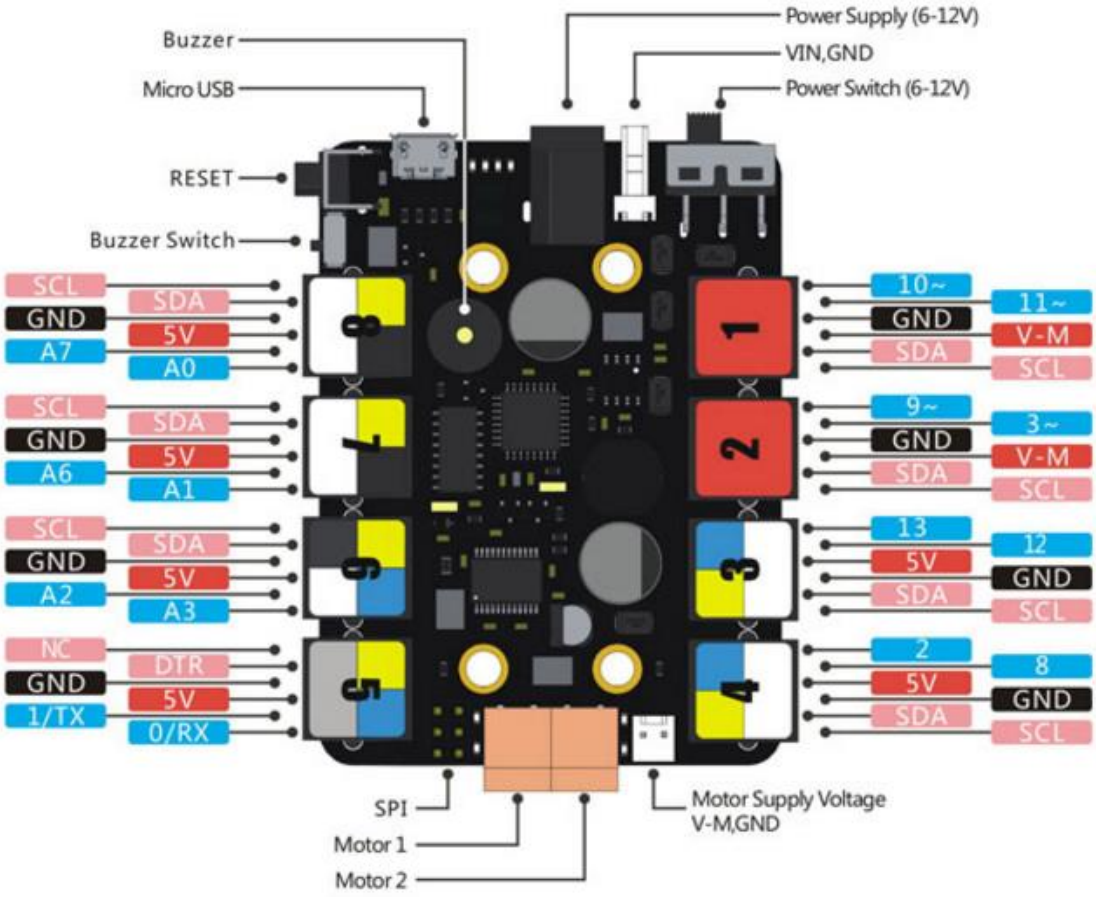
Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / $\overline{\text{CONFIG}}$	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	$\overline{\text{RESET}}$	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	$\overline{\text{DTR}}$ / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	$\overline{\text{CTS}}$ / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / $\overline{\text{SLEEP}}$	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	$\overline{\text{RTS}}$ / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Ek 2- Xbee Referans Doküman



Ek 3- MeOrion Kontrol Kartı Pin Yapısı



Ek 4 - Sistem Kontrol Yazılımı

```
publicclassMainApp{
privatestatic final String PORT = "COM10";
privatestatic final int BAUD_RATE = 9600;
privatestatic final String DATA_TO_SEND_node_1 = "a";
privatestatic final String DATA_TO_SEND_node_2 = "b";
privatestatic final String DATA_TO_SEND_node_3 = "c";
privatestatic final String DATA_TO_SEND_node_4 = "d";
privatestatic final String DATA_TO_SEND_ROTATE_TEN_DEGREES = "t";
privatestatic final XBee16BitAddress XBEE_16BIT_ADDRESS = new
XBee16BitAddress("A4A7");
privatestatic final XBee64BitAddress XBEE_64BIT_ADDRESS = new
XBee64BitAddress("0013A2004125752C");

publicstaticvolatilerssi_data r = newrssi_data();
publicstaticvolatileXBeeDevicemyDevice = newXBeeDevice(PORT, BAUD_RATE);
publicstaticvoidinsert_DB(Stringrssii,Stringdist,Stringang)
throwsSQLException,ClassNotFoundException
   {

Class.forName("com.mysql.jdbc.Connection");
      Connection con = (Connection)
DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://127.0.0.1:3306/calibration_rssi","root","qwe
123asd");
Stringquery = "insert intorssi_calibration(distance,angle,rssi)" +
"values("+dist+","+ang+","+rssii+");";
      Statement stm = (Statement) con.createStatement();
intexecuteUpdate = stm.executeUpdate(query);
System.out.println(Integer.toString(executeUpdate)+"-Success");
   }
publicstaticvoid main(String[] args) throwsInterruptedException, SQLException,
ClassNotFoundException {
System.out.println(" +----------------------------------------+");
         System.out.println(" |  XBee Java Library Receive Data Sample  |");
         System.out.println(" +----------------------------------------+\n");

         try
      {
myDevice.open();
RemoteXBeeDevicemyRemoteDevicee=new
RemoteXBeeDevice(myDevice,XBEE_64BIT_ADDRESS,XBEE_16BIT_ADDRESS,"12
");

MyDataReceiveListenerreceivelistener=newMyDataReceiveListener();
receivelistener.setXBeeDevice(myDevice);
         myDevice.addDataListener(receivelistener);
receivelistener.x=0;
receivelistener.y=120;
```

```
BufferedReaderbr=newBufferedReader(newInputStreamReader(System.in));
for(int i=0;i<14;i++)
                {

for(int j=0;j<16;j++)
                  {

for(int k=0;k<100;k++){
byte[] dataToSend_node_1 = DATA_TO_SEND_node_1.getBytes();
myDevice.sendData(myRemoteDevicee, dataToSend_node_1);
Thread.sleep(300);

byte[] dataToSend_node_2 = DATA_TO_SEND_node_2.getBytes();
myDevice.sendData(myRemoteDevicee, dataToSend_node_2);
Thread.sleep(300);
byte[] dataToSend_node_3 = DATA_TO_SEND_node_3.getBytes();
myDevice.sendData(myRemoteDevicee, dataToSend_node_3);
Thread.sleep(300);
byte[] dataToSend_node_4 = DATA_TO_SEND_node_4.getBytes();
myDevice.sendData(myRemoteDevicee, dataToSend_node_4);
Thread.sleep(300);
                   }
Thread.sleep(1000);
                    //byte[] dataToSend_EMPTY = DATA_TO_SEND_EMPTY.getBytes();
                    //myDevice.sendData(myRemoteDevicee, dataToSend_EMPTY);
br.readLine();
receivelistener.x=receivelistener.x+10;
                  }
br.readLine();
receivelistener.y=receivelistener.y+10;
                }
                  } catch (XBeeException e) {
                          e.printStackTrace();
                          System.exit(1);
                  } catch (IOExceptionex) {
Logger.getLogger(MainApp.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
      }
   }
}
```

Ek 5- ErrorCount Fonksiyonu (Matlab)

```
function [err]= ErrorCount(x1,x2)
c=0;
d=0;
e=0;
for i=1:22400
if (x1(i,1)==x2(i,1))&&(x1(i,2)==x2(i,2))
c=c+1;
end
if ((abs(x1(i,1)-x2(i,1))==1)&&(abs(x1(i,2)-
x2(i,2))==0))||((abs(x1(i,2)-x2(i,2))==1)&&(abs(x1(i,1)-x2(i,1))==0))
d=d+1;
end
if (abs(x1(i,1)-x2(i,1))==1)&&(abs(x1(i,2)-x2(i,2))==1)
e=e+1;
end
end
err=[c,d,e];
```

Ek 6 - Bounding Box Fonksiyonu (Matlab)

```
function [y1] = BoundingBox(x1)
y2=ones(22400,2)
for i=1:22400
x11=0;
x12=0;
x12=x11+x1(i,1)*100/60;
if x12>15
    x12=15;
end
if x12<0
    x12=0;
end
x21=15;
x22=0;
x22=x21-x1(i,2)*100/60;
if x22>15
    x22=15;
end
if x22<0
    y22=0;
end
x31=15;
x32=0;

x32=x31-x1(i,3)*100/60;
if x32>15
    x32=15;
end
if x32<0
    x32=0;
end
x41=0;
x42=0;
x42=x41+x1(i,4)*100/60;
if x42>15
    x42=15;
end
if x42<0
    x42=0;
end
y11=0;
y12=0;
y12=y11+x1(i,1)*100/60;
if y12>13
    y12=13;
end
if y12<0
    y12=0;
end
y21=0;
y22=0;
y22=y21+x1(i,2)*100/60;
if y22>13
    y22=13;
end
if y22<0
```

```
    y22=0;
end
y31=13;
y32=0;
y32=y31-x1(i,3)*100/60;
if y32>13
    y32=13;
end
if y32<0
    y32=0;
end
y41=13;
y42=0;
y42=y41-x1(i,4)*100/60;
if y42>13
    y42=13;
end
if y42<0
    y42=0;
end
ss=[x12,x22,x32,x42];
qq=[y12,y22,y32,y42];
s=sort(ss);
q=sort(qq);
y2(i,1)=round((s(2)+s(3))/2);
y2(i,2)=round((q(2)+q(3))/2);
end
y1=y2;
```

Ek 7- Network1 Yapay Sinir Ağı Fonksiyonu (Matlab)

```
function [y1] =Network1(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulationfunction.
%
% GeneratedbyNeural Network ToolboxfunctiongenFunction, 18-Dec-2017
09:55:41.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takestheseарguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 4xQ matrix, output #1
% where Q is thenumber of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1_xoffset = [-61;-59;-62;-56];
x1_step1_gain =
[0.0666666666666667;0.0645161290322581;0.0740740740740741;0.0740740740740
741];
x1_step1_ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [0.35778222104313939;0.20770601455113669;-
0.25893200109599068;0.96734686070291653;-

0.21384402169295652;0.85440353178877337;-0.78320851157861293;-
1.5633012772640933;-0.88646957969983708;0.37289363370149853];
IW1_1 = [-1.3279472020895773 -0.23246988620834774 1.8153705186778881 -
0.024615391751119441;1.6259328951408536 -0.13531046988739306 -
1.7292874947774612 -0.56913847277930618;-1.5219734441874739 -
0.13181055652696452 1.3082182997018568 0.26135687549843961;-
0.42401204689709354 -1.758452271456556 0.1174767023244828
2.6946533922024876;-1.0111410429712147 0.49211855613728211
0.54150280733794054 -0.5370639045958453;-0.04473887659276389 -
1.8394796806089844 0.47605450610179345
2.2055708468333606;0.1147735831419829 -2.0011571301802302
0.35392264783119143 0.33176188563852227;-2.7317083510752012 -
0.27621937889147868 0.20842889918984495 0.0042476187429890469;-
0.35980819437340866 -1.5635664981404933 0.099980625940713844
0.49072740436190104;-0.46624690940681146 0.86190334148330139 -
0.38287967718947175 0.48175015575769331];

% Layer 2
b2 =
[0.15226609519457771;0.3349652014853518;0.10051021886579516;0.11563002799
546297];
LW2_1 = [-1.3364549822532652 1.7239644784238544 4.0514407726891362 -
0.25862205668196631 0.8475924269750984 0.13264308940895161
0.41164382291454399 -0.82880818418712576 -0.013672895005055676
0.5684797575782119;-0.36340028489255 -0.016165918009673885
0.54111154341872703 -1.1029601277671444 -0.71382987796057651
1.4472477997342865 -1.2694911769957979 0.049324285663711109
1.2040255312790631 -0.41121493432111822;1.3195960009289414 -
1.8106544044472566 -4.1368839196552836 -0.16014049018001481 -
```

```
0.81460552967769362 -0.062602337330606828 0.29888806984673727

0.79958548045155897 -0.12219494935169145 0.30796733010601907;-
0.20338397310532175 -0.36999084819687478 -0.42794312374473731
0.92261323359091174 0.70061999592510593 -1.2576560602831175
1.274360615261847 0.058738734284508126 -1.3948377538667796 -
0.059135903266159383];

% Output 1
y1_step1_ymin = -1;
y1_step1_gain =
[0.169933397233398;0.169933397233398;0.167959297687721;0.167959297687721]
;
y1_step1_xoffset = [0.6;0.6;0.848528137423857;0.848528137423857];

% ===== SIMULATION ========

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1_gain,x1_step1_xoffset,x1_step1_ymin);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;


% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1_gain,y1_step1_xoffset,y1_step1_ymin);
end

% ===== MODULE FUNCTIONS ========

% Map Minimum and Maximum InputProcessing Function
function y =
mapminmax_apply(x,settings_gain,settings_xoffset,settings_ymin)
y = bsxfun(@minus,x,settings_xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings_gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings_ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end
% Map Minimum and Maximum OutputReverse-Processing Function
function x =
mapminmax_reverse(y,settings_gain,settings_xoffset,settings_ymin)
x = bsxfun(@minus,y,settings_ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings_gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings_xoffset);
end
```

Ek 8 - Network2 Yapay Sinir Ağı Fonksiyonu (Matlab)

```
function [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulationfunction.
%
% GeneratedbyNeural Network ToolboxfunctiongenFunction, 01-Dec-2017
09:33:35.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takestheseарguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 2xQ matrix, output #1
% where Q is thenumber of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1_xoffset = [0.6;0.6;0.848528137;0.848528137];
x1_step1_gain =
[0.16993339718796;0.16993339718796;0.167959297615189;0.167959297615189];
x1_step1_ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [0.97166113592396874;0.82404262817185747;-
0.77801647080966163;0.34510251202505993;0.34978811434991192;0.82846948958
279065;1.3767962619948413;1.3667041162317908;-
0.84908064270451722;1.5034849092119407];
IW1_1 = [-0.43815549048687086 -0.015859097779788507 -0.047378943411897877
0.013076094715022982;0.16356154788725508 -0.18057383828730378
0.090643752052132126 -0.45779560317636925;0.0690715713123181
0.054463197732132977 0.013463466421823162 0.34034989189856413;-
0.10187235502130673 -0.38634736257008256 -0.067416864717796871 -
0.15172862034186005;0.20752596958746491 0.13513827974387338
1.2302847480397452 0.14152851460163302;0.14508026223052278 -
0.53014735511352462 0.069830810057723194
0.075362693239439296;0.75608965971340125 -0.098562708812361566
0.05012229861546072 -0.13651794458415886;-0.11267086888199508
0.55610453782036573 -0.1075025939924957 -
0.034302465805053528;0.10777996873893204 -0.018582075818001982
0.62900210891299346 -0.0032751549747299814;-0.12665147797050083 -
0.70636645472211823 -0.078944473028924614 -0.072976320611129256];

% Layer 2
b2 = [0.58425207639054377;1.5434268328624186];
LW2_1 = [-1.3942525153034264 2.4706685984553762 -1.4108525137128844 -
2.7770305329660681 -0.11557206679159589 -0.017951206726894514 -
0.74127296424178768 -1.4667556169045359 -3.0513873156544511 -
1.4502367005806751;-4.1295127194554953 0.57112458744486883
2.6137759419628579 1.5422078213616506 -0.03680934375484806
0.78622680787870736 -0.66282338989109735 1.1966971986846855 -
0.46154985997313941 1.1564613629059795];

% Output 1
y1_step1_ymin = -1;
y1_step1_gain = [0.153846153846154;0.133333333333333];
```

```
y1_step1_xoffset = [0;0];


% ===== SIMULATION ========

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1_gain,x1_step1_xoffset,x1_step1_ymin);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;

% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1_gain,y1_step1_xoffset,y1_step1_ymin);
end

% ===== MODULE FUNCTIONS ========

% Map Minimum and Maximum InputProcessing Function
function y =
mapminmax_apply(x,settings_gain,settings_xoffset,settings_ymin)
y = bsxfun(@minus,x,settings_xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings_gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings_ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum OutputReverse-Processing Function
function x =
mapminmax_reverse(y,settings_gain,settings_xoffset,settings_ymin)
x = bsxfun(@minus,y,settings_ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings_gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings_xoffset);
end
```

Ek 9 - Köşe Düğümler İçin Yazılan Arduino Programı

```
#include<XBee.h>                //http://code.google.com/p/xbee-arduino/
#include<SoftwareSerial.h>

//XBee variables
XBee xbee = XBee();              //XBee object
ZBRxResponserx = ZBRxResponse();  //XBee receiveresponse
SoftwareSerial serial1(8, 9); // RX, TX
uint8_t payload[1]={0};
byte
redox[]={0x7E,0x00,0x0F,0x10,0x01,0x00,0x13,0xA2,0x00,0x41,0x25,0x75,0x1E,0xFF,0
xFE,0x00,0x00,0x41,0x02};
voidsetup(void)
{
Serial.begin(9600);
  serial1.begin(9600);
xbee.setSerial(serial1);

}

voidloop(void)
{

xbee.readPacket();

   if (xbee.getResponse().isAvailable()) {

switch (xbee.getResponse().getApiId()) {          //whatkind of packetdidweget?

case ZB_RX_RESPONSE:                          //rxdatapacket
xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);       //getthereceived data
byters=rssi();
redox[sizeof(redox)-2]=rs;
intcksum = 0;  // start with a zerochecksum
for (byte i = 3; i <sizeof(redox)-1; i++) {  // skipthe Start and len, start with byte 4.
   // (rememberingthat C arraysstart at 0, not 1.)
cksum += redox[i];    // Add in thisbyte.
  }  // nextbyte
cksum&= 0xFF;        // loworder 8 bits
cksum = 0xFF - cksum; // subtractfrom 0xFF
redox[sizeof(redox)-1] = cksum;

Serial.print(rs);
          serial1.write(redox,sizeof(redox));

switch (rx.getOption()) {
case ZB_PACKET_ACKNOWLEDGED:
```

```
break;
          }
       }
   }
}

/*-----------------------------------------------------------------------*
* returnsreceivedsignalstrengthvalueforthelast RF datapacket.   *
*-----------------------------------------------------------------------*/

byterssi() {
  /* returnsreceivedsignalstrengthvalueforthelast RF datapacket */

union {byte B; char C;} atCmd[3];
AtCommandRequestatCmdReq;
AtCommandResponseatResp;
byterespLen, *resp, dBm;

strcpy(&atCmd[0].C, "DB");
atCmdReq = AtCommandRequest(&atCmd[0].B);
atResp = AtCommandResponse();

xbee.send(atCmdReq);
  if (xbee.readPacket(5000)) {
     if (xbee.getResponse().getApiId() == AT_COMMAND_RESPONSE) {
xbee.getResponse().getAtCommandResponse(atResp);
        if (atResp.isOk()) {
respLen = atResp.getValueLength();
           if (respLen == 1) {
resp = atResp.getValue();
               dBm = resp[0];
return dBm;
           }
else {
Serial.println("Unexpectedresponse");
           }
        }
else {
Serial.println("ERROR");
        }
     }
else {
Serial.println("Unknownresponse");
     }
  }
else {
Serial.println("No response");
  }
```

```
}
uint8_t rss() {

   uint8_t atCmd[] = {'D', 'B'}, respLen, *resp, dBm;
AtCommandRequestatCmdReq;
AtCommandResponseatResp;

atCmdReq = AtCommandRequest(atCmd);

xbee.send(atCmdReq);
   if (xbee.readPacket(10)) {
      if (xbee.getResponse().getApiId() == AT_COMMAND_RESPONSE) {
xbee.getResponse().getAtCommandResponse(atResp);
         if (atResp.isOk()) {
respLen = atResp.getValueLength();
            if (respLen == 1) {
resp = atResp.getValue();
               dBm = resp[0];
return dBm;
            }
else {
               //Serial << "RSS LEN ERR" <<endl;    //unexpectedlength
            }
         }
else {
            //Serial << "RSS ERR" <<endl;          //status not ok
         }
      }
else {
         //Serial << "RSS UNEXP RESP" <<endl;        //expecting
AT_COMMAND_RESPONSE, gotsomething else
      }
   }
else {
      //Serial << "RSS NO RESP" <<endl;              //timedout
   }
}
```

ÖZGEÇMİŞ

Resul DOĞAN

resul.dogan@euas.gov.tr

Elektrik Üretim Anonim Şirketi Keban HES İşletme Müdürlüğü
Keban/ELAZIĞ

1984 yılında Elazığ'da doğdum. Elazığ Anadolu Lisesi'ni 2002 yılında bitirdikten sonra, 2003 yılında Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü kazandım ve 2009 yılında mezun oldum. RMOS, Kardelen ve ELMAR yazılım şirketlerinde belirli süreler çalıştıktan sonra 2010 yılında EÜAŞ Atatürk HES İşletme Müdürlüğüne atandım ve şuan aynı şirkete bağlı Keban HES işletme Müdürlüğü Bilgi İşlem Şefliğinde, Bilgi İşlem Şefi olarak çalışmaktayım. Yazılım geliştirme, endüstriyel kontrol sistemleri ve haberleşme protokollerinde teknik bilgi sahibiyim. Orta düzey İngilizce bilgisine sahibim.