

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**



**SENSÖR AĞ TABANLI MOBİL ARAÇ UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YASİN AYGÖR**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**



**SENSÖR AĞ TABANLI MOBİL ARAÇ UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YASİN AYGÖR**

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU (Tez Danışmanı)**

**Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ**

**Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜRKAN**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Yasin AYGÖR tarafından hazırlanan “SENSÖR AĞ TABANLI MOBİL ARAÇ UYGULAMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU

Üye  
Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜRKAN

  
.....  
  
.....  
  
.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**SENSÖR AĞ TABANLI MOBİL ARAÇ UYGULAMASI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**YASİN AYGÖR**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. AYHAN İSTANBULLU)**  
**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

Günümüzde sensör ağların, endüstri, askeri, ulaşım ve robotik gibi sektörlerde kullanımı artmaktadır. Sensör düğümleri üzerinde bulunan algılayıcılar ile toplanan veriler, hedef düğüme aktararak çeşitli işlemler gerçekleştirilir.

Bu tez çalışmasında mobil araçlar (bisiklet) arasında, sensör ağı yıldız topolojisi ile kurularak, açık alanda haberleşmeleri sağlanmıştır. Mobil araçların sahada takip edilebilme alanı, LoRa veri iletişim protokolü kullanılarak genişletilmiş, olası acil durumlarda diğer kullanıcıların kişiye hemen ulaşması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışma ile herhangi bir sebeple takip mesafesinden çıkan kullanıcıların koordinatöre gönderdiği en son coğrafi konum bilgisi ile Google Maps harita uygulaması kullanılarak yerlerinin tespiti gerçekleştirilebilmektedir. Araç üzerinde bulunan panik butonu ile olası bir tehlike durumunda diğer kullanıcılara haber verme imkanı sağlanmıştır. Aynı zamanda aracın denge, hız durum ve sürücünün nabız bilgileri koordinatör sürücü üzerinden internete aktararak online olarak haritada gösterilmiştir.

Tasarlanan sistem üzerinde bulunan ölçüm sensörleri ile dolaşılan güzergahdaki CO, CO<sub>2</sub> gazları, sıcaklık ve oransal nem değerleri ölçülerek yine harita uygulaması üzerinde okunabilmektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Sensör Ağları, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Bisiklet, Nabız , Hava Kalitesi, Coğrafi Konum.

## **ABSTRACT**

**SENSOR NETWORK BASED MOBILE VEHICLE APPLICATION  
MSC THESIS  
YASİN AYGÖR  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING  
(SUPERVISOR: PROF. DR. AYHAN İSTANBULLU )  
BALIKESİR, JUNE 2019**

Today, the use of sensor networks in industry, military, transportation and robotics is increasing. The data collected by the sensors on the sensor nodes are transferred to the target node and various operations are performed.

In this thesis, the sensor network is established with star topology between mobile vehicles (bicycles) and communication is provided in the open field. Field monitoring of mobile vehicles has been expanded by using LoRa data communication protocol and it is aimed to reach other users immediately in case of emergency.

With the study, the users can get the latest geographical position information sent to the coordinator by using Google Maps map application. With the panic button on the vehicle, it is possible to notify other users in case of a possible danger. At the same time, the vehicle's balance, speed status and the driver's pulse information is transferred to the internet via the coordinator driver and shown online on the map.

CO, CO<sub>2</sub> gases, temperature and relative humidity values in the route can be measured by measuring sensors on the designed system and can be read on the map application.

**KEYWORDS:** Sensor Networks, Internet of Things, Smart Bike, Heart Rate, Air Quality, Geolocation.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ .....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1    Kablosuz Sensör Ağ Topolojileri .....	3
1.1.1    Çift Topoloji .....	3
1.1.2    Yıldız Topoloji.....	4
1.1.3    Ağaç Topoloji .....	5
1.1.4    Örgü Topoloji .....	5
1.2    Problemin Tanımı.....	7
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>18</b>
3.1    Materyal.....	19
3.1.1    Esp32 Elektronik Devre Kiti.....	19
3.1.2    Arduino Nano Elektronik Devre Kiti.....	22
3.1.3    Nabız Ölçer Göğüs Bandı .....	22
3.1.4    ADXL345 İvme Ölçer Sensör Modülü.....	25
3.1.5    DHT22 Oransal Nem Ve Sıcaklık Sensörü .....	26
3.1.6    MR 350 Coğrafi Konum Algılayıcı .....	27
3.1.7    MQ7 Karbonmonoksit Gaz Sensörü.....	28
3.1.8    MQ135 Gaz Sensörü.....	29
3.1.9    Reed Röle.....	31
3.1.10    Google Firebase Veritabanı .....	32
3.1.11    Google Haritalar Uygulama Programlama Arayüzü .....	33
3.2    Yöntem .....	33
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>47</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1:	Bir sensör düğümünün temel bileşenleri [6].	2
Şekil 1.2:	Kablosuz haberleşme oranları ve çekim alanları [7].	3
Şekil 1.3:	Çift topolojiyi gösteren haberleşme blok diyagramı.	4
Şekil 1.4:	Yıldız topolojiyi gösteren haberleşme blok diyagramı.	4
Şekil 1.5:	Ağaç topolojisini gösteren blok diyagram.	5
Şekil 1.6:	Örgü topolojiyi gösteren blok diyagram.	6
Şekil 1.7:	Bisiklet gps cihazı resmi [21].	8
Şekil 1.8:	Bisiklet android uygulaması resmi [22].	8
Şekil 2.1:	Kablosuz sensör ağı fiziksel topoloji [24].	10
Şekil 2.2:	400 düğümlü kablosuz ağ resmi [24].	10
Şekil 2.3:	Sensör ağı simülasyon resmi [24].	11
Şekil 2.4:	Yapılan çalışmanın sanal bölgelerin görüntüsü [25].	12
Şekil 2.5:	Kuş Görünümü Modeli (DBVM) resmi [25].	12
Şekil 2.6:	LoRa ağının görüntüsü [26].	13
Şekil 2.7:	Kural 10 ve kural 14 örnek örgü ağları [27].	13
Şekil 2.8:	8 düğümlü ağ modeli resmi [28].	14
Şekil 2.9:	Kablosuz iletişim protokollerinin karşılaştırılması [29].	15
Şekil 2.10:	Voronoi diyagramı ve Delaunay üçlemesi [30].	16
Şekil 2.11:	WMSN network topolojisi [30].	16
Şekil 2.12:	Zigbee topolojisi [31].	17
Şekil 3.1:	Herbir sensör düğümünü oluşturan sistemin içerdiği algılayıcılar.	18
Şekil 3.2:	Sistemde kullanılan yıldız topoloji ağı blok diyagramı.	19
Şekil 3.3:	Esp32 LoRa V2 elektronik devre kiti [33].	20
Şekil 3.4:	Esp32 elektronik devre kitindeki LoRa modülünün maksimum çıkış gücü [33].	21
Şekil 3.5:	Esp32 elektronik devre kitinin pinleri.	21
Şekil 3.6:	Arduino Nano elektronik devre kiti.	22
Şekil 3.7:	PPG metodları (a) Yansıtma modu (b) İletim modu [38].	23
Şekil 3.8:	EKG sinyali [39].	23
Şekil 3.9:	EMG elektrotlarının vücuda bağlanması [41].	24
Şekil 3.10:	RF yöntemi ile haberleşen göğüs bandı [42].	25
Şekil 3.11:	Bluetooth yöntemi ile haberleşen göğüs bandı.	25
Şekil 3.12:	ADXL345 ivme ölçer.	26
Şekil 3.13:	DHT22 oransal nem ve sıcaklık sensörü.	26
Şekil 3.14:	MR350 coğrafi konum algılayıcı ve pin numaraları.	28
Şekil 3.15:	MQ7 gaz sensör modülü.	28
Şekil 3.16:	MQ7 gaz sensörünün karakteristiği [47].	29
Şekil 3.17:	MQ135 gaz sensör modülü.	30
Şekil 3.18:	MQ135 gaz sensörünün hassasiyet eğrisi [50].	31
Şekil 3.19:	Reed rölenin yapısı [51].	31
Şekil 3.20:	Firestore veri tabanı örneği.	32
Şekil 3.21:	HTML web programlama yazılım dili kullanılarak tasarlanmış bir harita uygulaması.	33
Şekil 3.22:	ESP32 elektronik devre kiti üzerinde bulunan LoRa modülü devresi.	35

<b>Şekil 3.23:</b> Bazı sensör verilerinin alındığı elektronik devre. ....	36
<b>Şekil 3.24:</b> Arduino Nano ve Esp32 elektronik devre kitlerinin haberleşme blok diyagramı.....	37
<b>Şekil 3.25:</b> Bazı sensör verilerinin Arduino Nano elektronik devre kiti ile alınması. ....	37
<b>Şekil 3.26:</b> RS232/TTL çevirici.....	38
<b>Şekil 3.27:</b> MQ sensörlerinin elektronik devre şeması [58]. ....	39
<b>Şekil 3.28:</b> Mobil araç saatteki ortalama hız ölçme devresi. ....	40
<b>Şekil 3.29:</b> Tehlike durumu devresi.....	41
<b>Şekil 3.30:</b> Sensör düğümündeki LoRa modülünden gönderilen veriler.....	41
<b>Şekil 3.31:</b> Sensör verilerinin internet sayfasına aktarılmasını gösteren blok diyagram.....	42
<b>Şekil 3.32:</b> Takım liderinin aracına takılan ekran görüntüsü.....	43
<b>Şekil 4.1:</b> Tasarlanan devrenin kutulanmış hali.....	45
<b>Şekil 4.2:</b> Tasarlanan sistemin internet ekran görüntüsü.....	46



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Düğüm sayısına göre pil tüketimi [28].....	14
<b>Tablo 3.1:</b> Esp32 LoRa V2 elektronik devre kitinin teknik özellikleri [33]....	20
<b>Tablo 3.2:</b> DHT22 oransal nem ve sıcaklık sensörünün teknik özellikleri.....	27
<b>Tablo 3.3:</b> MR350 coğrafi konum algılayıcının teknik özellikleri [45].. ..	27
<b>Tablo 3.4:</b> MQ7 karbonmonoksit gaz sensörünün teknik özellikleri [47].....	29
<b>Tablo 3.5:</b> MQ135gaz sensörünün teknik özellikleri [50].....	30



## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>BLE</b>	: Bluetooth düşük enerji
<b>BPM</b>	: Dakikada kalbin atım sayısı
<b>BPS</b>	: Saniye başına bit sayısı
<b>CO</b>	: Karbonmonoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>dBm</b>	: Bir miliwatt'a göre decibel
<b>ECG</b>	: Elektrokardiyogram
<b>GPS</b>	: Küresel konumlama sistemi
<b>GSM</b>	: Mobil iletişim için küresel sistem
<b>HR</b>	: Kalp atımı
<b>IoT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>KSA</b>	: Kablosuz sensör ağları
<b>Km</b>	: Kilometre
<b>LSB</b>	: En düşük değerli bit
<b>LoRa</b>	: Uzun menzil protokolü
<b>MEMS</b>	: Mikro elektromekanik sistem
<b>mg</b>	: Miligram
<b>MHz</b>	: Megahertz
<b>PC</b>	: Kişisel bilgisayar
<b>PPG</b>	: Photoplethysmogram
<b>PPM</b>	: Milyonda bir birimlik madde
<b>PWM</b>	: Sinyal genişlik modülasyonu
<b>RF</b>	: Radyo Frekansı
<b>TTL</b>	: Transistör Transistör Lojik
<b>WIFI</b>	: Kablosuz bağlantı alanı
°	: Derece
°C	: Santigrat derece

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimini benden esirgemeyen, ilgi ve alakasını eksik etmeyen değerli hocam Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU'ya,

Canımdan çok sevdiğim çocuklarım Ezgi ve Harun'a,

Desteğini biran olsun üzerimden eksik etmeyen, acı ve tatlı günümde her daim yanımda olan sevgili eşim Filiz'e,

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Yasin AYGÖR

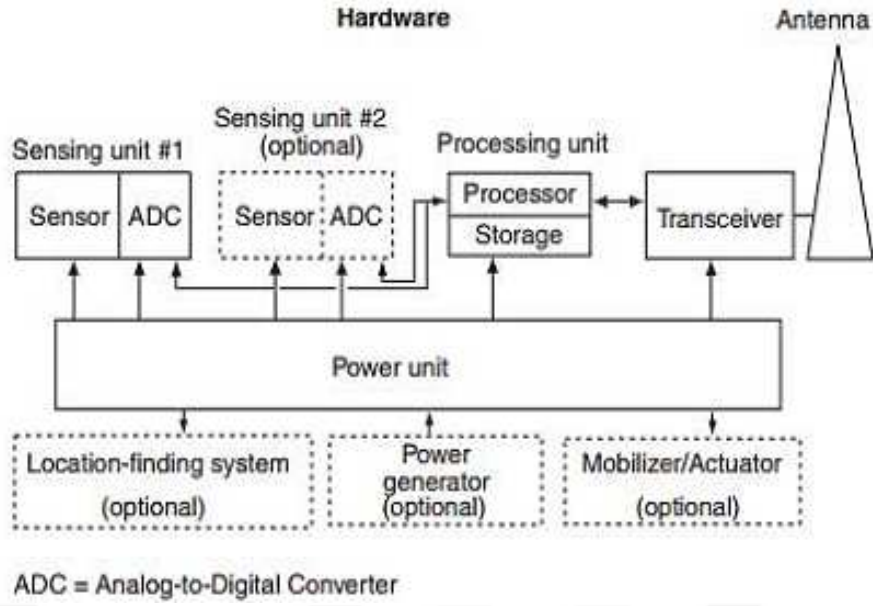
Haziran 2019

# 1. GİRİŞ

Günümüzde cihazların sensörler yardımıyla aldığı verileri diğer cihazlara iletebilmeleri için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [1]. Bunlardan bir tanesi olan kablosuz sensör ağları (KSA) çevresel parametrelerin ölçülerek iletilmesinde büyük bir kullanım alanına sahiptir [2]. KSA teknolojisi ile veri iletimi kablosuz olmasından dolayı tasarlanan sistemlerin daha esnek bir yapıya kavuşmasının yanı sıra pahalı kablolu giderlerinin önüne geçilmiştir [3].

KSA teknolojisi uygulamalarına bakıldığında genel olarak üç model grubuna ayrılmıştır [4]. Bu modellerden ilki verilerin sürekli iletildiği model tipidir. Bu metot ile veriler herhangi bir isteğe bağlı olmaksızın diğer cihazlara iletilmektedir. İkinci model ise herhangi bir istemcinin isteği üzerine verilerin iletilmesi anlamına gelen isteğe bağlı modeldir. Bu KSA modelinde önemli olan bir veri isteğinin olmasıdır. Üçüncü KSA modeli ise etkinlik odaklı çalışma prensibidir. Bu modelde toplanan sensör verileri yalnızca istenen olayların gerçekleşmesi sonucu iletilmektedir.

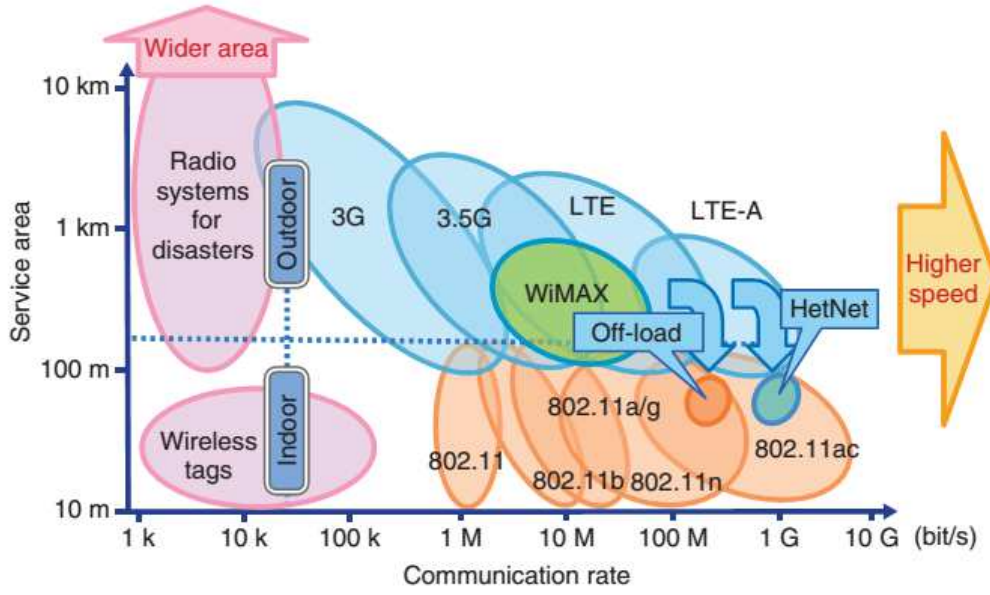
KSA haberleşmesi sensör düğümlerinden oluşmaktadır. Sensör düğümleri çevresel parametrelerin toplanarak hedef düğümlere iletilmesini sağlayan mikrodenetleyicili sistemlerdir [5]. Temel olarak bir sensör düğümü; analog/dijital çevirici, mikrodenetleyici, alıcı/verici ve güç ünitelerinden oluşmaktadır. Bir sensör düğümünün temel bileşenleri Şekil 1.1’de verilmiştir.



**Şekil 1.1:** Bir sensör düğümünün temel bileşenleri [6].

Yapılan KSA çalışmalarına bakıldığında cihazların konum durumu sistemlerin kullanım amacını belirlemektedir. Burada kullanım amacına örnek verecek olursak; yeri hiç değişmeyen bir sensör düğümünü takip etmek için statik bir yapıya sahip sensör ağını tercih etmek yeterli iken, sürekli konumları değişen mobil araçları takip etmek için dinamik yapıya sahip bir sensör ağını tercih etmek daha uygun olacaktır. Bir kablosuz sensör ağının dinamik veya statik konuma sahip olması yapılan çalışmanın haberleşme topolojisini belirlemektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte haberleşme hızları ve iletişim mesafeleri artmaktadır. Günümüzde kullanılan kablosuz haberleşme oranları ve çekim alanları Şekil 1.2’de verilmiştir.



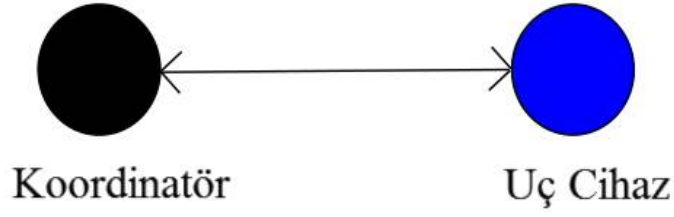
Şekil 1.2: Kablosuz haberleşme oranları ve çekim alanları [7].

## 1.1 Kablosuz Sensör Ağ Topolojileri

Kullanılan sensör ağının enerjisi, veri iletim hızı, iletişim mesafesi, düğüm sayısı, sensör düğümlerinin konumu ve sensör düğümlerinin birbirleriyle olan iletişim şekli gibi parametreler kullanılan sensör ağ topolojisini belirlemektedir. Günümüzde kullanılan KSA topolojilerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

### 1.1.1 Çift Topoloji

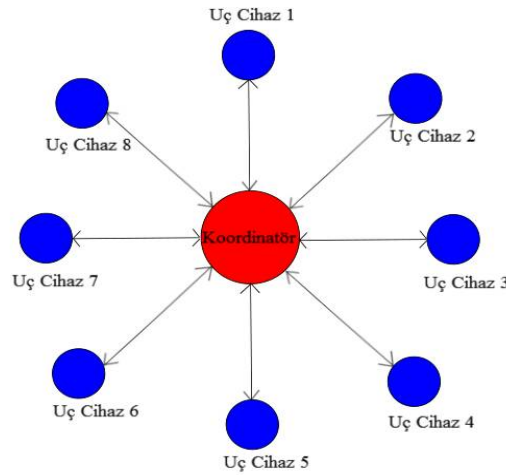
Bir uç cihaz ve bir koordinatörden oluşan iki düğümlü sensör ağıdır [8]. Güvenlik olarak yüksek hassasiyete sahip bu topoloji türü cihazlardan bir tanesinin görevini yapamaması veya ağdan çıkması durumunda veri iletiminin durması gibi bir dezavantaja sahiptir. Çift topolojiyi gösteren haberleşme blok diyagramı Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.3: Çift topolojiyi gösteren haberleşme blok diyagramı.

### 1.1.2 Yıldız Topoloji

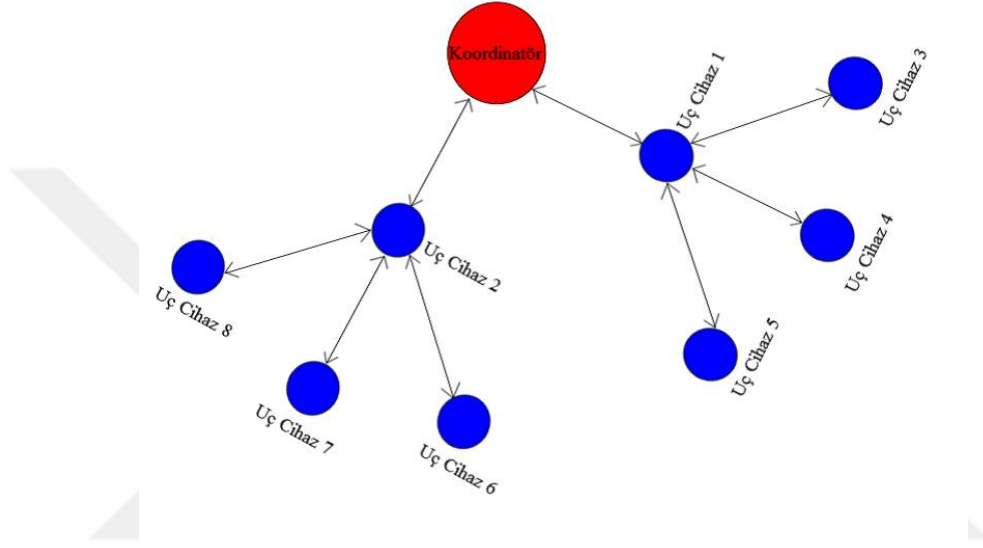
Koordinatörün bütün sensör düğümlerine birebir bağlı olduğu sensör ağ türüne “Yıldız Topoloji” ağı denir [9]. Bu sensör ağı türünde bütün düğümler koordinatör ile direk bilgi-alışverişi içerisindedirler. Kullanılan bu sensör düğümünde veri alışverişi için her bir düğümde zaman gecikmesine ihtiyaç duyulmaktadır [10]. Gereken bu zaman gecikmesi düğümlerin koordinatöre bilgi gönderimi sırasında bilgi karışıklıklarının önlenmesi için büyük bir öneme sahiptir. Güç tüketiminin düşük olduğu bu topolojide, sensör ağının genişletilmesinin kolay olması bir avantaj iken veri iletiminde alternatif yolun olmaması ve düğümlerden bir tanesinin bozulması durumunda sağlıklı veri akışının kesilmesi bir dezavantaj oluşturmaktadır [11]. Yıldız topolojiyi gösteren haberleşme yöntemi blok diyagramı Şekil 1.4’te verilmiştir.



Şekil 1.4: Yıldız topolojiyi gösteren haberleşme blok diyagramı.

### 1.1.3 Ağaç Topoloji

Ağaç yapısına sahip bu topoloji türünde, koordinatör sensör düğümü önce kendisine yakın sensör düğümü ile haberleşir. Kendisi ile direk iletişim kuramayan sensör düğümü ile kendisine yakın bu sensör düğümü aracılığı ile haberleşen sensör düğümü topolojisine ağaç topolojisi denir [12]. Şekil 1.5'te ağaç topolojisini anlatan blok diyagramı verilmiştir.



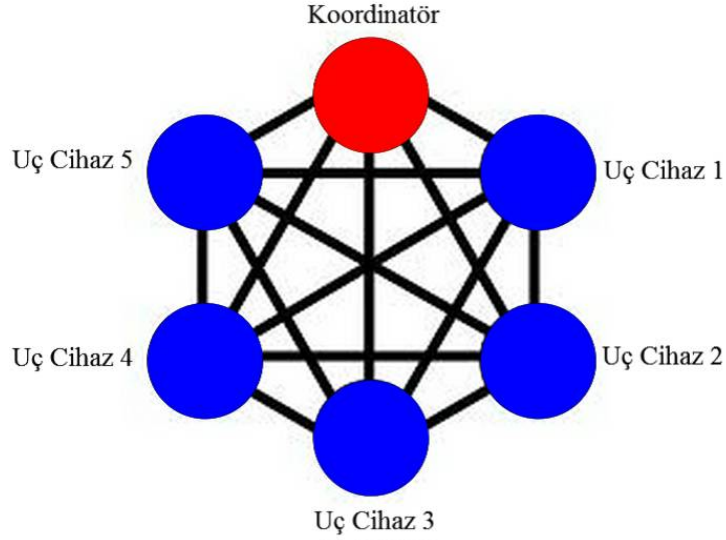
Şekil 1.5: Ağaç topolojisini gösteren blok diyagram.

Kullanılan bu topoloji türü başka sensör ağlarının birbirine bağlanmasında çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. Bu topolojide ağı kurmak, ağa yeni sensör düğümlerini eklemenin kolay olmasının yanı sıra hızlı arıza tespitini yapmak mümkündür. Sensör düğümlerinin birbirleri üzerinden haberleşmelerinden dolayı bilgi kaybının yaşanması ve düğümlerden birtanesinin bozulması ile veri kaybının oluşması bu topolojinin olumsuz yanlarıdır.

### 1.1.4 Örgü Topoloji

Sensör düğümlerinin birbirleri ile iletişim kurarak koordinatöre veri aktarımının gerçekleştirildiği topoloji türüne örgü topoloji denir [13]. Bu topoloji türünde sensör düğümleri verileri yalnızca koordinatöre değil ağdaki diğer

düğümlede göndererek ağdaki düğümlerden birinin bozulması durumunda veri kaybının önlenmesi sağlanır [14]. Örgü topolojiyi gösteren blok diyagram Şekil 1.6'da vermiştir.



Şekil 1.6: Örgü topolojiyi gösteren blok diyagram.

Düğümün hareketli bir yapıya sahip olması, hava durumu, anten yönü, iletim gücü gibi faktörler kullanılan topolojide verilerin iletimini etkileyen faktörlerdendir [15]. Hareketli sensör düğümlerinde tercih edilen bu ağ topolojisinde sensör düğümlerinden bozulan olsa dahi veri iletimi diğer düğümler üzerinden tamamlanır.

Bu topolojide bütün düğümler birbiri ile iletim halinde olabilirler. Bu yüzden veri iletimi daha sağlıklı gerçekleşmektedir. Bilgi iletimi sensör düğümleri üzerinden gerçekleşebildiğinden dolayı enerji kaybı azalabilmektedir. Ayrıca sensör düğümlerinin birbirleriyle haberleşmesinden dolayı koordinatör düğüme uzaklığı bu topolojide artırılabilir.

Bu topolojide çok sayıda iletim yolu olduğundan, gerçekleştirilen kodlamanın geniş bir programlama algoritmasına sahip olması gerekmektedir. Ayrıca koordinatör düğüm ve koordinatöre yakın sensör düğümleri diğer düğümlere bilgi alış-veriş aracılığı ettiğinden dolayı diğer koordinatöre uzak sensör düğümlerinden daha fazla enerji tüketmektedir.

## 1.2 Problemin Tanımı

Doğada yapılan sporlara verilen önem her geçen gün dahada artmaktadır. Kişilerin günlük iş yaşamlarının dışında sağlık, fiziksel aktivite, yeni heyecanlar arama, sosyalleşme, dinlenme, değişik deneyimler arama gibi istekler doğa sporlarına olan ilgiyi artırmıştır [16]. İnsanların günlük rutin yaşamlarının dışına çıkarak doğada zaman geçirmeleri fiziksel ve ruhsal olarak kişilerin yenilenmesini sağlamaktadır [17].

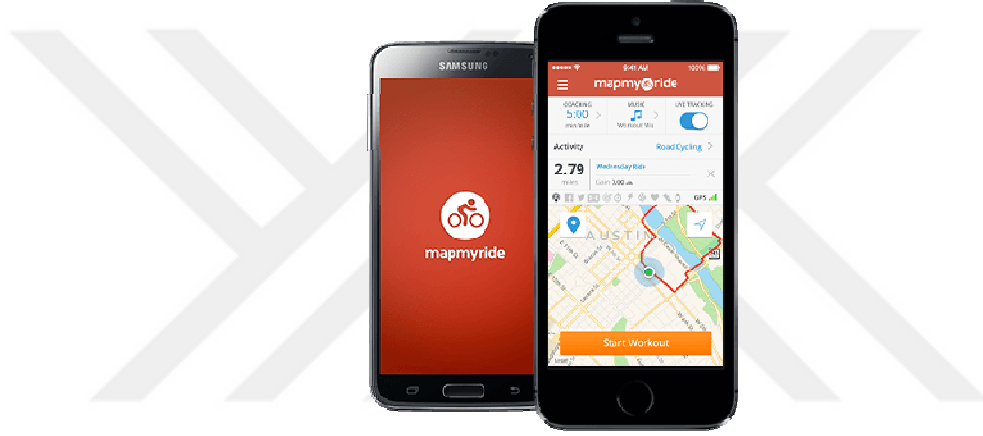
Doğada yapılan sporlara tırmanış, dağcılık, mağara gezileri, doğa yürüyüşü, su altı ve su üstü sporları, haritalı hedef bulma, bisiklet, motorlu sporlar, araba yarışı, ata binme ve kar sporlarını örnek verebiliriz [18].

Doğada yapılan sporlar genel olarak bir grup eşliğinde yapılmaktadır [19]. Oluşturulan bu gruplar kendi aralarında daha küçük gruplara ayrılarak doğa ortamında spor ve gezi yapılması sağlanmaktadır. Bunun sebeplerine bakıldığında doğanın bir takım tehlikeleride beraberinde getirmesidir. Bu tehlikelerin en başında kaybolma, yaralanma, tehlikeli hayvan ve durumlarla karşılaşmadır [20]. Bu sebeple dış ortamda yapılan sporlar gruplar halinde yapılarak olası bir tehlike anında takımdaki diğer kişilere haber verilmesi sağlanır. Fakat tehlikeli durumun nerede olduğunun diğer sporculara tam olarak aktarılamaması ve kişilerin bireysel spor yapmalarını engellemesi bu küçük grupların oluşturulmasının olumsuz yönlerindedir.

Teknolojinin gelişimiyle birlikte doğa ortamında yapılan sporlara yardımcı bir takım yardımcı cep telefonu uygulamaları ve gps (Global Positioning System) gibi elektronik cihazlar geliştirilmiştir. Şekil 1.7’de yön bulmak için ticari olarak üretilmiş bisiklet gps cihazı ve Şekil 1.8’de bisiklet için android uygulaması verilmiştir.



Şekil 1.7: Bisiklet gps cihazı resmi [21].



Şekil 1.8: Bisiklet android uygulaması resmi [22].

Yapılan araştırmalara bakıldığında bireysel olarak yapılan spor ve gezilerde çeşitli uygulama ve cihazların bulunmasına rağmen grup olarak yapılan faaliyetlerde kullanılan uygulama ve cihazların sınırlı olması doğa ortamında bir takım olumsuzluklara yol ağmaktadır.

Doğada yapılan gezi ve sporlarda karşılaşılan bir diğer sorun ise kullanılan gsm (Global System for Mobile Communications) sinyalinin sınırlı ya da hiç çekmemesidir. Bu gibi durumlarda gruptaki bireylerin haberleşmesi kesilecek, coğrafi konumları ve hayati durumları hakkında anlık bilgi almak zorlaşacaktır.

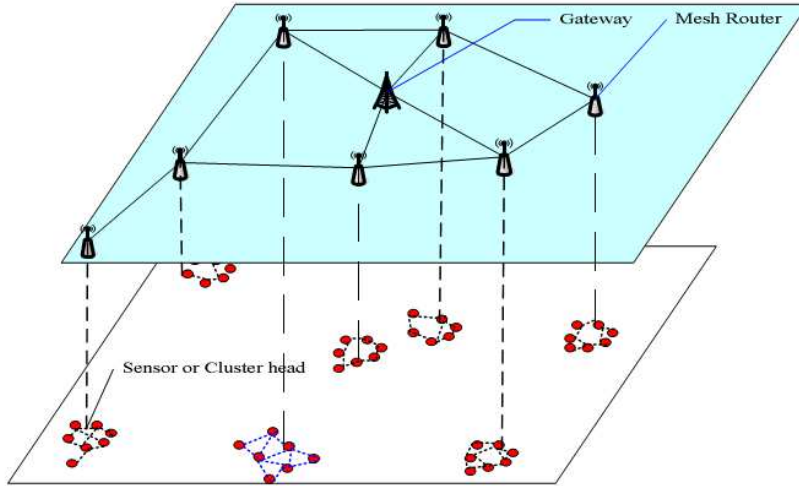
Son yıllarda sanayinin gelişmesi ile birlikte fabrika bacasından çıkan dumanlar hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu sebeple birçok araştırmacı hava kalitesinin ölçümü ile ilgili araştırmalar yapmaktadır [23]. İnsanlar spor yaparken

buldukları ortam hava kalitesinin mümkün olduğunca temiz olmasını ister. Bunun sebebi ise yapılan gezi veya sporun ruh ve fiziksel sağlıklarını olumlu yönde etkileyeceğini düşünürler. Gezici veya sporcuların gidecekleri yerlerin hava kalitesini öğrenmeleri onların daha sağlıklı bir faaliyet yapmalarını sağlayacaktır.

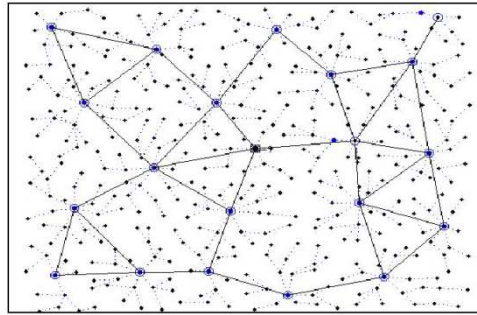
Yapılan çalışma ile bireysel olarak yapılan mobil araç çalışmalarına ek olarak grup olarak yola çıkmış mobil araçların takip, kontrol ve çevresel parametrelerini internet ortamında gösteren bir proje gerçekleştirilmiştir. Bu proje ile gruptaki tüm sporcular yıldız topoloji sensör ağı ile takip edilerek kişilerin nabızları, coğrafi konumları, mobil araç hızları, mobil araç dengeleri, çevresel parametrelerinin (karbonmonoksit, karbondioksit, sıcaklık, nem vb.) takibi yapılarak internet ortamındaki harita uygulaması üzerinde bu verilerin web arayüzü ile gösterimi yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

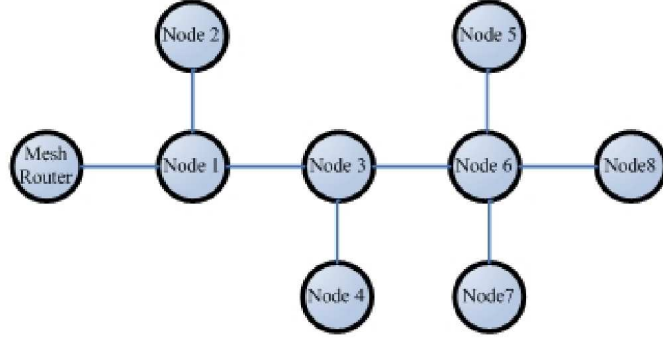
Literatürde farklı amaçlar için gerçekleştirilmiş internet ve kablosuz sensör tabanlı veri iletimi için kullanılan birçok çalışması yapılmıştır. Fan Jing ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kablosuz ağa dayalı kümelemeli ve çoklu sensör topolojisi kullanılarak alınan verilerin işlenmesi ile sabit mantıksal sensör topoloji veri iletimi modellenmesi yapılmıştır [24]. Şekil 2.1’de yapılan çalışmanın kablosuz sensör ağı fiziksel topolojisi, Şekil 2.2’de çalışmanın 400 sensör düğümlü kablosuz ağ topolojisi ve Şekil 2.3’de sensör ağı simülasyon resmi verilmiştir.



Şekil 2.1: Kablosuz sensör ağı fiziksel topoloji [24].

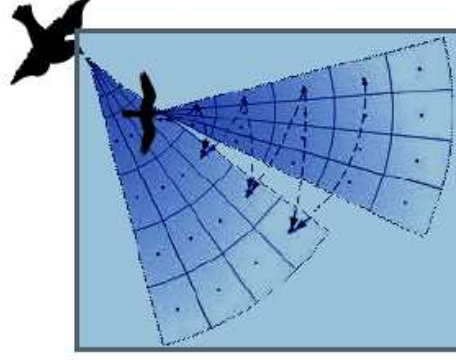


Şekil 2.2: 400 düğümlü kablosuz ağ resmi [24].

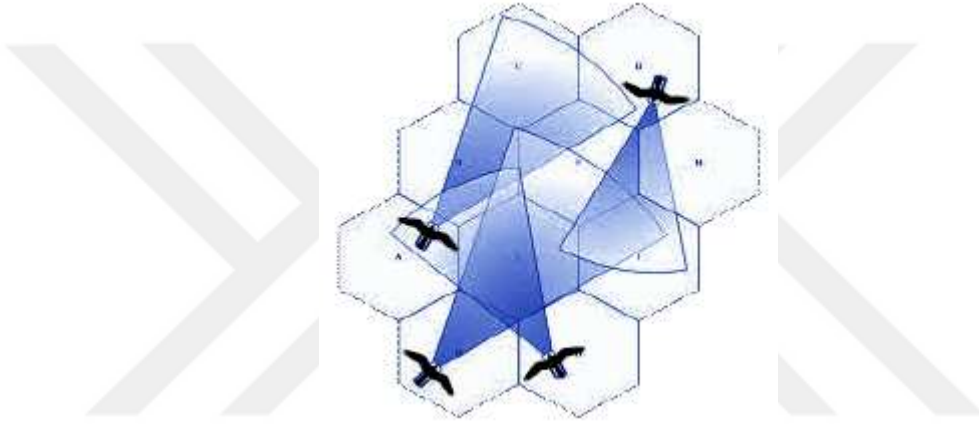


**Şekil 2.3:** Sensör ağı simülasyon resmi [24].

Kumaravel ve Marimuthu çalışmasında, optimize edilmiş karmaşık rotalama algoritması (OMRA) olarak adlandırılan bir algoritma kullanılmış, kablosuz sensör ağlarındaki birçok noktada yayın yönlendirme protokolleri analiz etmişlerdir. Araştırılan bu protokoller ADMR (Uyarlanabilir Talep Odaklı Çok Noktaya Yayın Yönlendirme Protokolü) ve ODMRP (İsteğe Bağlı Çok Noktaya Yayın Yönlendirme Protokolü)' dir. ADMR uyarkanabilir talep odaklı bir protokoldür. Gönderici düğümünden alıcı üyelerine en kısa gecikme yolunu kullanır. ADMR paketlerinde bir dizi numarası kullanılarak veri iletimi gerçekleştirilir. ODMRP ise isteğe bağlı bir ağ olup, çok noktaya yayın yönlendirme protokolünün yanı sıra, bu protokol, yayın grubundaki alıcılara yönelik gönderici düğümlerinden çok noktaya yayın veri paketini göndermek için tek noktaya yayın tekniğinden yararlanmıştır. Bahsedilen bu teknikler ile akış erişim noktalarına yönelik yeni bir kuş görünümü modeli tekniği geliştirilmiştir. Dinamik Kuş Görünümü Modeli (DBVM) adı verilen bu yeni model, iletim için seçilen düğümlerin verimini artırmanın yanı sıra düğüm davranışı ve enerjisini kontrol ederek akıllı sistemlerdeki enerji harcamasını minimuma indirmektedir [25]. Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te bu çalışmaya ait resimler verilmiştir.



Şekil 2.4: Yapılan çalışmanın sanal bölgelerin görüntüsü [25].

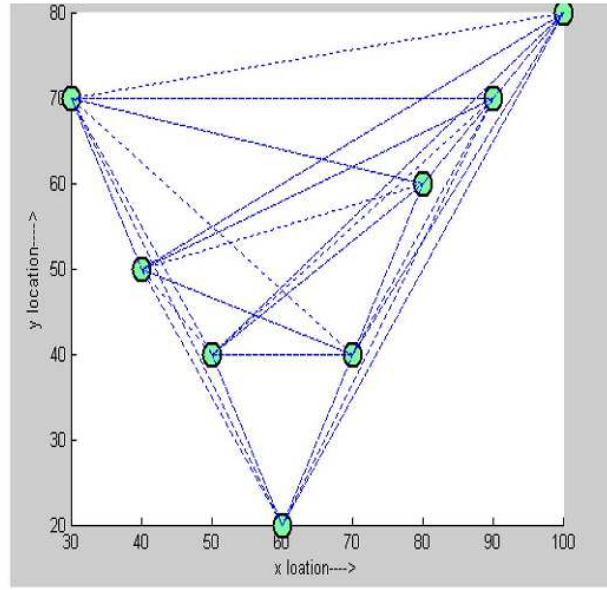


Şekil 2.5: Kuş Görünümü Modeli (DBVM) resmi [25].

Kai-Hasiang ve arkadaşları LoRa kablosuz ağ modülünü kullanarak bir üniversitenin kampüsünde 19 farklı noktaya 600m - 800m aralıklarla LoRa modülü yerleştirerek birer dakika aralıklar ile veri toplama işlemi gerçekleştirmişlerdir. LoRa ağ modülü ile toplanan paket verilerin başarısı %88,49 çıkmış aynı şartlar altında LoRaWan ağ topolojisi kullanıldığında ise %58,7 çıkmıştır [26]. Şekil 2.6'da yapılan çalışmada kullanılan LoRa ağının görüntüsü verilmiştir.



düğümlü hiyerarşik ağ modeli Şekil 2.8’de verilmiştir. Yapılan çalışmanın düğüm sayısına göre pil tüketimi Tablo 2.1’de verilmiştir.



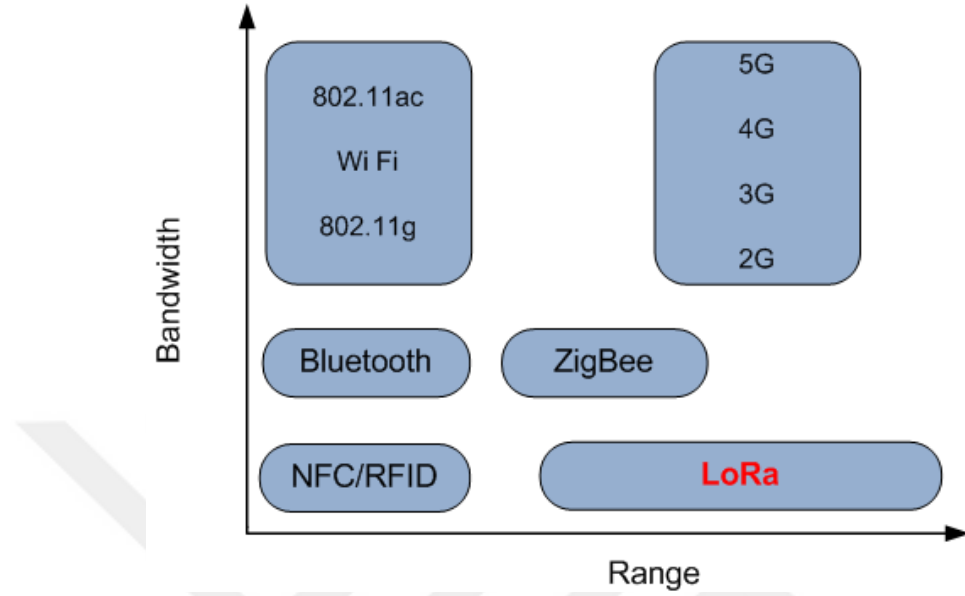
Şekil 2.8: 8 düğümlü ağ modeli resmi [28].

Tablo 2.1: Düğüm sayısına göre pil tüketimi [28].

DÜĞÜM	BATARYA ZAMANI	UYKU MODU YOK	UYKU MODU VAR
1	6	2	1
2	10	1	1
3	6	2	1
4	5	2	2
5	12	1	0
6	12	1	0
7	12	1	0
8	11	1	1

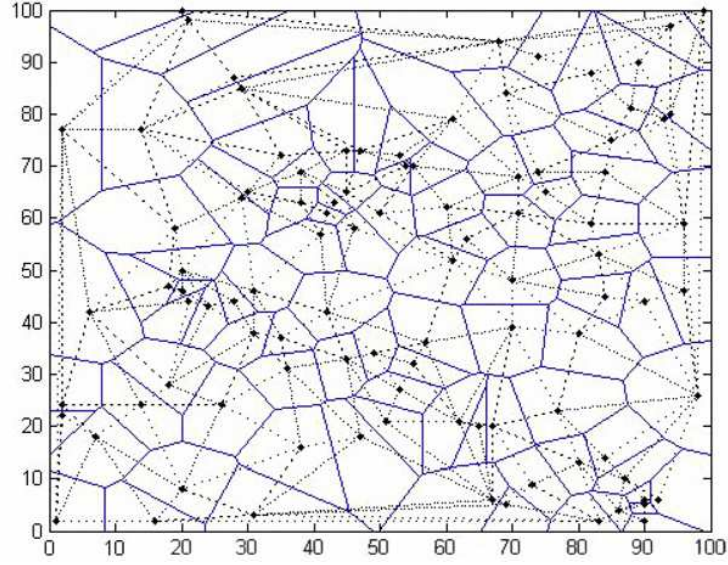
Lavric ve Valentin çalışmalarında LoRaWan ağı ile (uzun menzilli ağ Protokolü) düşük güç ve geniş Alan Ağı (LPWAN) çift yönlü iletişimini gerçekleştirmiştir. LoRa'nın internet tabanlı kullanımlarda LoRaWan modülasyon performansı değerlendirilmiştir. 25 Mhz'deki 867-869 MHz aralığında iletişim kanalındaki verilerin daha verimli aktarımı için fiziksel katmandaki protokol olarak

LoRa modülasyonu kullanılmış ve alıcıdaki hassasiyet görülmüştür [29]. Şekil 2.9'da çalışmada kullanılan kablosuz iletim yöntemlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

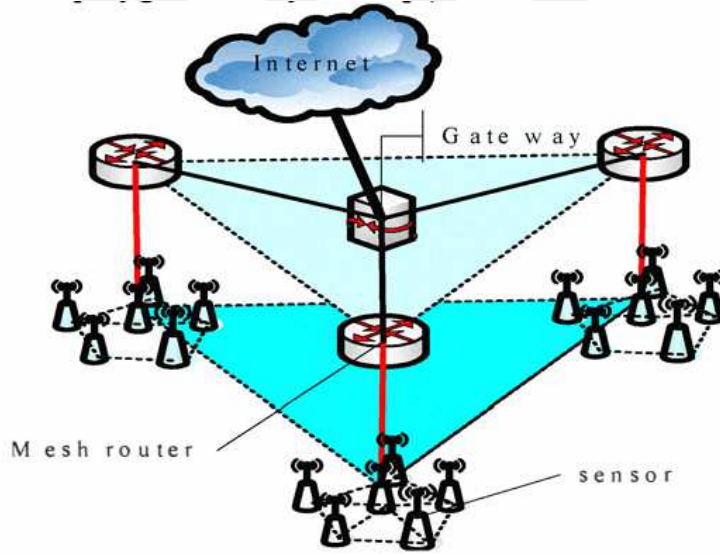


Şekil 2.9: Kablosuz iletişim protokollerinin karşılaştırılması [29].

Fan Jing ve arkadaşları yaptığı çalışmada kablosuz sensör ağı WMSN'de rastgele dağıtılan 100 düğümün Voronoi diyagramı ve Delaunay üçlemesi ile geniş hibrit ağ topolojisinde optimum dağıtım algoritması (WHD) kullanılarak büyük ölçekli WMSN'nin optimum dağıtımına etkili bir çözüm üretebilmeyi amaçlanmıştır. Deneysel sonuçlar, teorikte WHD algoritmasının yalnızca büyük ölçekli 100 x 100 m alanda WMSN'nin en uygun şekilde ağ topolojisinde uyum sağlamanın yanında aynı zamanda enerji tasarrufu özelliklerine sahip olduğunu ve ardından ağ döngüsündeki bu alan içerisinde kullanılan sensörler arası iletişimin IoT'de verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir [30]. Şekil 2.10'da WMSN'de rastgele dağıtılan 100 düğümün Voronoi diyagramı ve Delaunay üçlemesi, Şekil 2.11'de ise yapılan çalışmanın network topolojisi verilmiştir.



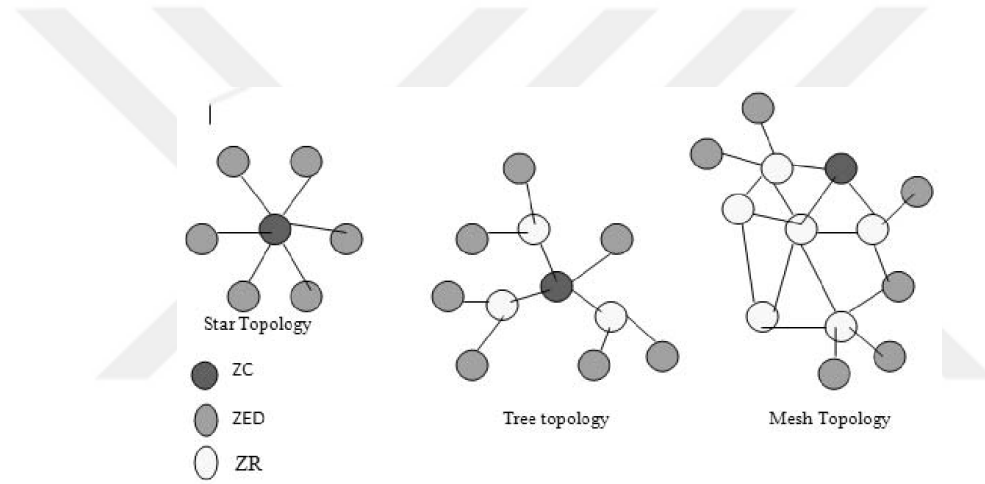
Şekil 2.10: Voronoi diyagramı ve Delaunay üçlemesi [30].



Şekil 2.11: WMSN network topolojisi [30].

Mounika ve Tech yaptıkları çalışmada Zigbee ile kablosuz sensör ağ topolojilerinin performans analizi yapmışlardır. Çalışmada sonuçların detaylı bir analizi yapılmakta ve REVERBED Academic Edition 17.5 Simulator kullanılarak Zigbee standardının simülasyon analizi değerlendirilmektedir. Artan düğüm sayıları için yıldız, ağaç ve örgü topolojileri için analiz yapılmıştır. Bu makalenin ana temasında, artan düğüm sayısı için yıldız, ağaç ve örgü ağ topolojileri, yani üç topoloji için Zigbee standardının performansı analiz edilmiştir. Yapılan analizden,

düğüm sayısı ve uçtan uca gecikme (ETD) arttıkça, atlama sayısının arttığı ve verimin azaldığı görülmüştür. Yıldız topolojisinin yapısı, merkezi koordinatör, yönlendiriciler ve uç cihazlardan oluşur. Paketler bir noktadan diğer noktaya koordinatör aracılığıyla gönderilir. Yıldız topolojisinde 40 düğüm için ETD gecikmesi 0.98 saniye, ağaç için topolojisinde ise 0.01 saniyedir. Bu nedenle ETD, diğer topolojilere kıyasla artan düğüm sayıları için verimi yüksektir. Artan düğüm sayısı için ağaç topolojisinin daha iyi performans verdiği sonucuna varılmıştır. Ağ topolojisi için 75000 bits/sn ile verim yüksektir. ETD de örgü topolojisi son derece uygundur ve esnek ağ yapılandırması nedeniyle diğer topolojilere kıyasla daha iyi performans sağlar [31]. Şekil 2.12’de yapılan çalışmada kullanılan topolojiler verilmiştir.

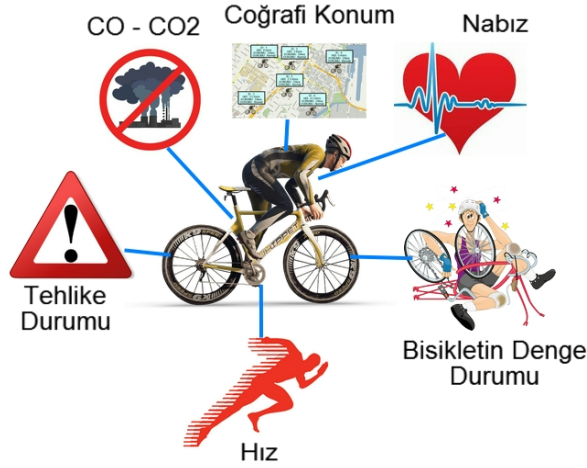


**Şekil 2.12:** Zigbee topolojisi [31].

Liu ve arkadaşları nesnelerin internetinde örgüsel ağ topolojisinde mevcut IOT ağlarına nasıl entegre olunabileceği, IoT cihazlarının ölçeğini, dağınık yapısı ve düşük veri gereksinimlerini, IoT ağları dünyasında sahip olunan ileri teknolojinin arka planında mevcut ve gelecekteki IoT ağlarına entegre etme olasılığını incelemiştir. Kablosuz örgüsel ağlar (WMN), IoT dünyasında büyük çapta konuşlandırıldıklarında sektörde nasıl bir fark yapacağı ve IoT'yi daha geniş kitleye erişilebilir hale getirilebileceği araştırmışlardır [32].

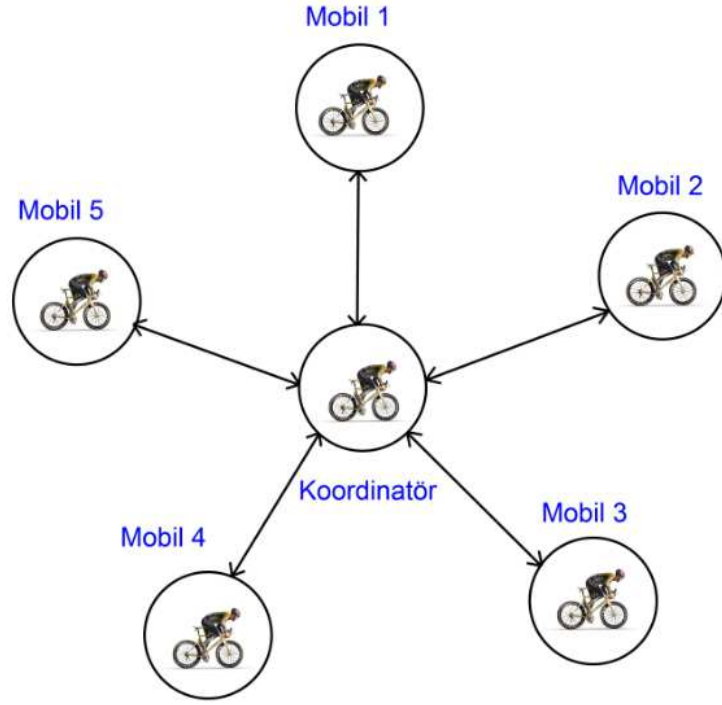
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tasarlanan sistemde ağı oluşturan düğümler sensör ve algılayıcılar vasıtasıyla birtakım verileri alarak kordinatör düğüme iletmektedirler. Gerçekleştirilen sensör düğüm devrelerinin oluşturulması için birçok elektronik malzemeye ihtiyaç duyulmuştur. Kullanılan bu malzemeler aşağıda sırayla verilerek gerekli açıklamalar yapılmıştır. Şekil 3.1’de mobil araç sürücülerinde bulunan sensör düğümünün özellikleri verilmiştir. Kordinatör düğümü bu özellikleri içermesinin yanında diğer düğümler ile sırayla iletişim kurarak onların topladığı verilerle kendi üzerindeki verilerin internet ortamına aktarılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.1: Herbir sensör düğümünü oluşturan sistemin içerdiği algılayıcılar.

Gerçekleştirilen sistemde mobil araçlar birbirleriyle yıldız topoloji ağıyla iletişim kurmaktadır. Her bir sensör düğümüne bir adres verilmiştir. Kordinatör düğüm bu adresler ile sırayla iletişim kurarak o mobil aracın verilerini almaktadır. Kullanılan yıldız topoloji ağı blok diyagramı Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2: Sistemde kullanılan yıldız topoloji ağı blok diyagramı.

### 3.1 Materyal

Yapılan çalışmada kullanılan malzemeler ve cihazlar bu kısımda anlatılarak gerekli açıklamaları yapılmıştır.

#### 3.1.1 Esp32 Elektronik Devre Kiti

LoRa yüksek yayılım spektrum veri iletim teknolojisine sahip, uzun veri iletimi ve alımı yapan, düşük güç tüketimli, iletişim parazit önleme özelliği bulunduran ve açık alanda 3 Km'lik veri iletişimi yapabilen bir elektronik devre kitidir [33]. Şekil 3.3'te Heltec otomasyon firmasının üretmiş olduğu Esp32 LoRa V2 elektronik devre kiti gösterilmiştir.



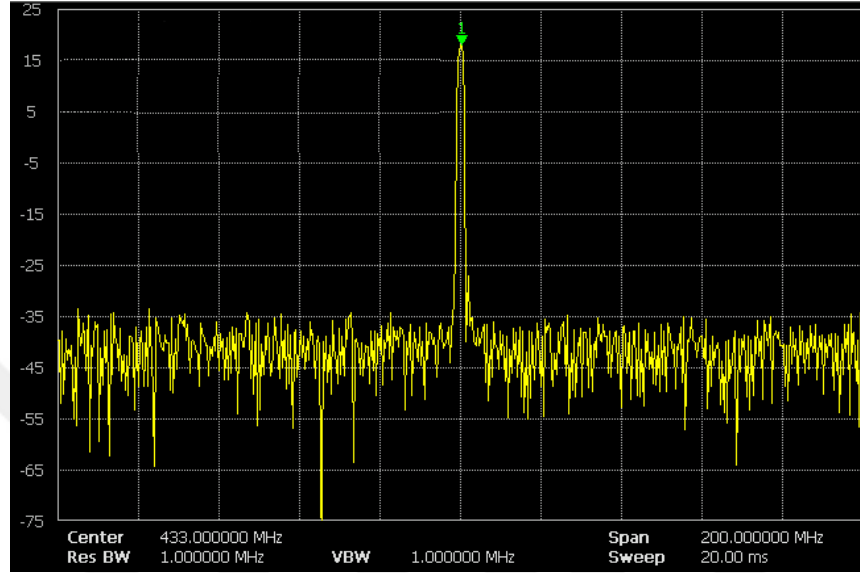
**Şekil 3.3:** Esp32 LoRa V2 elektronik devre kiti [33].

Arduino programlama arayüzü ile gerekli programlamanın yapılabildiği Esp32 LoRa V2 elektronik devre kiti Bluetooth, wifi, LoRa ve oled ekran modüllerini içermesiyle birlikte birçok özelliği bünyesinde barındırmaktadır. Çalışmada kullanılan Esp32 LoRa V2 elektronik devre kitinin teknik özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

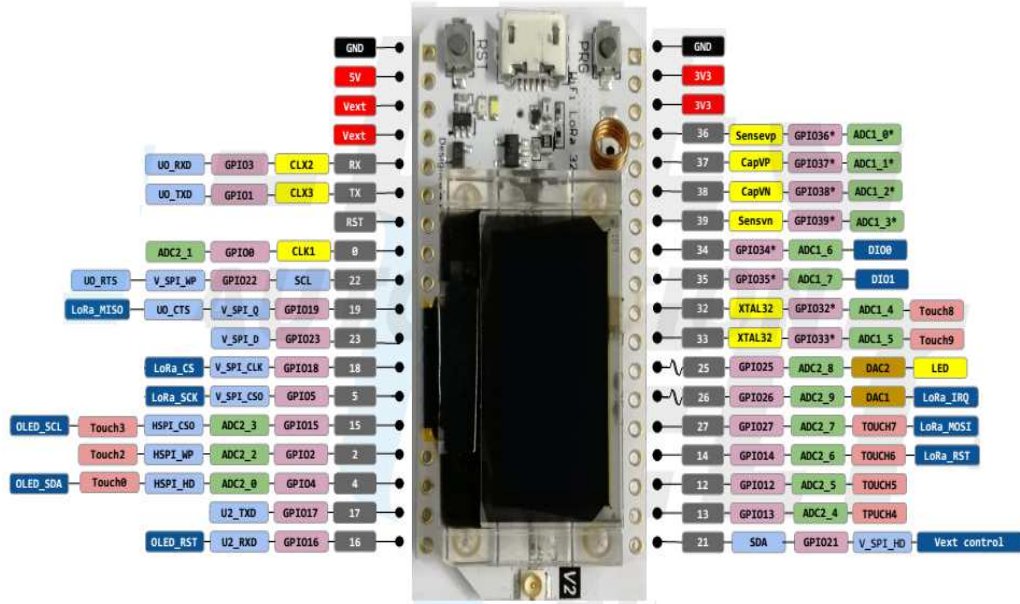
**Tablo 3.1:** Esp32 LoRa V2 elektronik devre kitinin teknik özellikleri [33].

Frekans	240MHz
Flash hafızası	64 Mbit
Ana kontrol çipi	ESP32
LoRa çip destek frekans bandı	SX1276 (868-915、923MHz) SX1278 (433-510MHz)
Açık iletişim mesafesi	3 Km
Bluetooth	Geleneksel bluetooth ve ble düşük güç bluetooth
Geliştirme ortamı	Arduino arayüzü
Çalışma voltajı	3.3v ~ 7v
Çalışma aralığı sıcaklığı	-40 ~ 80 °C
Alıcı hassasiyeti	-139dbm (SF12, BW125KHz)

Kullanılan elektronik devre kitindeki LoRa modülünün maksimum çıkış gücü spektrumu Şekil 3.4'te verilmiştir. Yapılan test aşamasında 433 Mhz frekans bandında maksimum çıkış gücü yaklaşık 20 dBm çıkmıştır. Esp32 elektronik devre kitinin pin isim ve numaraları Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.4: Esp32 elektronik devre kitindeki LoRa modülünün maksimum çıkış gücü [33].



Şekil 3.5: Esp32 elektronik devre kitinin pinleri.

### 3.1.2 Arduino Nano Elektronik Devre Kiti

Arduino Nano elektronik devre kiti Atmega328 entegresini içeren mikrodenetleyici tabanlı bir geliştirme kartıdır. 2 Kb'nin bootloader olarak kullanıldığı 32 Kb'lik flash hafızaya sahip olan Arduino Nano 16 MHz işlemci saat hızına sahiptir. TTL giriş ve çıkışlara sahip bu kartın çıkışları istenildiğinde PWM olarak kullanılabilir. Ayrıca 10 bitlik çözünürlüğe sahip analog girişler ile birçok analog sinyal işlemleri yapılabilir [34]. Şekil 3.6'da Arduino Nano elektronik devre kiti resmi verilmiştir.



Şekil 3.6: Arduino Nano elektronik devre kiti.

### 3.1.3 Nabız Ölçer Göğüs Bandı

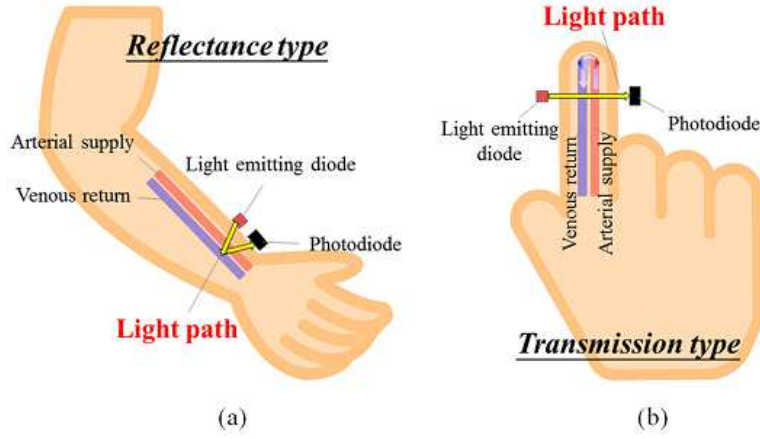
Elektronik teknolojinin gelişmesi ile birlikte canlıların nabız verilerinin alınması sağlanabilmektedir. Yapılan araştırmalarda canlıların zihinsel ve fiziksel aktivitelerinde nabız verisinin etkili olduğu gözlemlenmiştir [35].

Sporcuların antrenman seviyesini izlemek ve antrenörlerin sporcuların egzersiz eğitimlerini daha etkili bir yöntem ile takip edebilmeleri için nabız verilerini bilmesi çok önemlidir [36].

Son zamanlarda insan nabzının ölçülmesi için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. bu yöntemlerden en çok kullanılan elektrokardiyogram (EKG) ve photoplethysmogram (PPG) yöntemleridir [37].

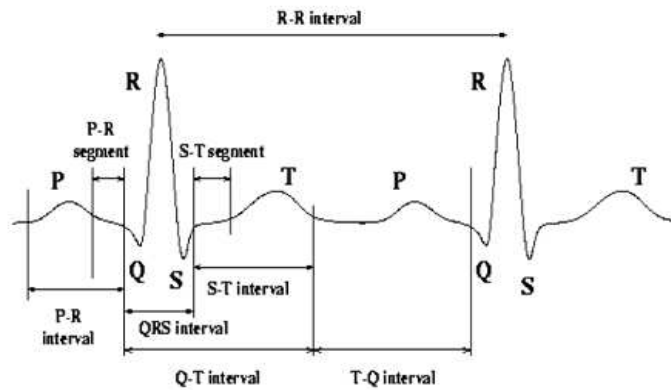
PPG ile nabız ölçmek için birer adet led diyot ve fotodiyot çifti kullanılır. Kalbin vücuda kan pompalama anında damarlardaki kan yoğunlukları farklıdır. Kullanılan PPG yöntemi ile damarlara ışık verilerek buradan dönen ışık miktarı tespit

edilir. Dönen ışık miktarı kan seviye değişimleri hakkında bilgi vererek kalbin atım hızı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır [37]. Şekil 3.7’de çeşitli PPG yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 3.7: PPG metodları (a) Yansıtma modu (b) İletim modu [38].

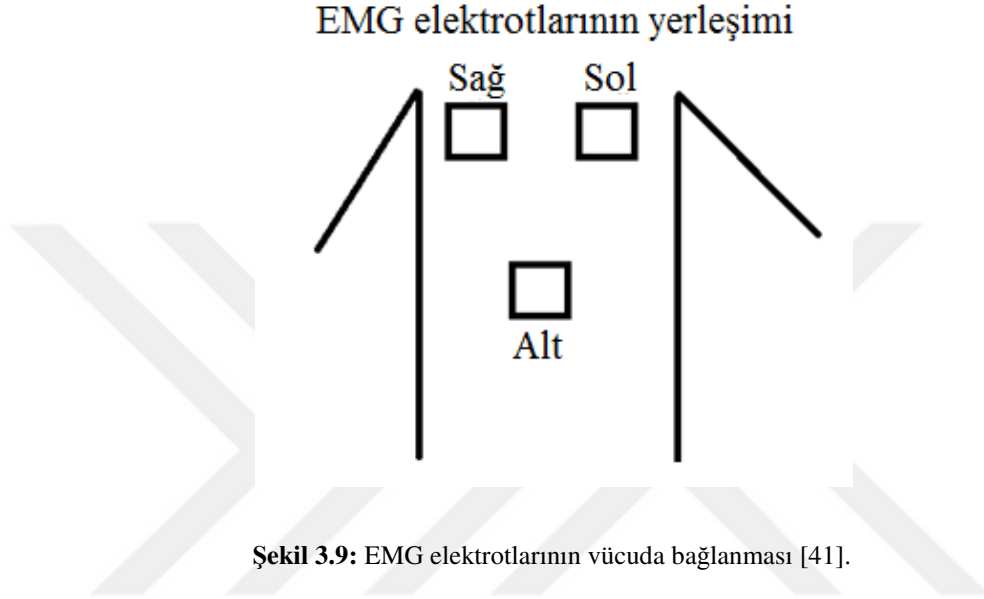
EKG, kalp sinyallerinin ölçümü için kullanılan diğer yaygın bir yöntemdir. Elektrik aktivasyonunun takip edildiği bu yöntemde vücudun bazı bölgelerine vücut sinyallerini ölçmek için probler yerleştirilir. Bu probler EKG diyagramındaki R noktasını ölçerek kalp atım hızı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar [37]. Şekil 3.8’de sağlıklı bir insana ait EKG sinyalinin parçaları verilmiştir.



Şekil 3.8: EKG sinyali [39].

Elektromiyografi (EMG) sinyalleri, kaslarda oluşan elektrik sinyallerinin ürünüdür [40]. Kalbe yakın noktalarda, elektromiyografi (EMG) sinyallerinde

elektrokardiyografi (EKG) sinyalleri de bulunmaktadır. Kalpten uzaklaştıkça EKG sinyalleri azalmaktadır. Nabız ölçme yöntemlerinden bir diğeri olan bu yöntem ile sporcular gibi sürekli hareket halinde olan kişilerin nabızlarını ölçmek mümkündür [40]. Şekil 3.9’da nabız ölçmek için kullanılan EMG problemlerinin vücuda bağlantı şekli verilmiştir.



EMG sinyallerinden EKG sinyallerini elde ederek hareketli kişilerin nabızlarının ölçüldüğü birçok ticari nabız ölçerler üretilmiştir. Kol saatlerine RF yöntemiyle nabız bilgilerinin aktarıldığı gibi, bluetooth ile de kol saatlerine, cep telefonlarına ve tablet PC'lere nabız verilerinin aktarıldığı cihazlar bulunmaktadır. Şekil 3.10’da kol saati-göğüs bandı iletişiminin RF yöntemi ile yapıldığı bir ticari ürün gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 3.11’de bluetooth ile haberleşen cep telefonu-göğüs bandı çifti verilmiştir.



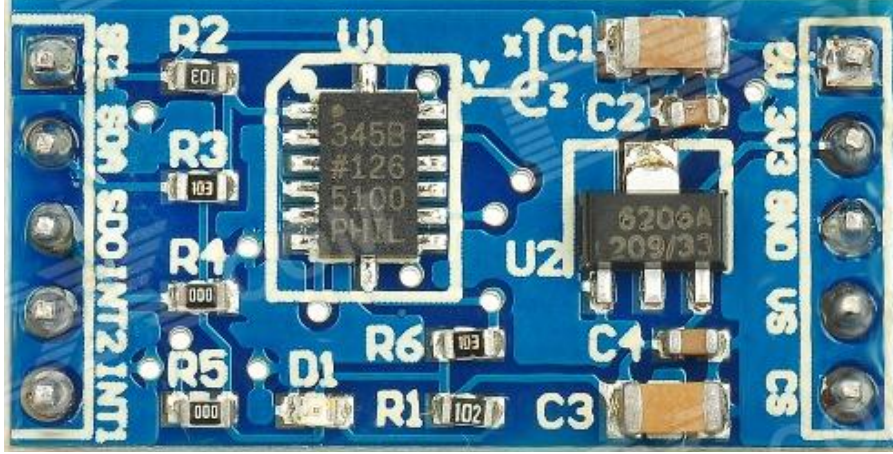
Şekil 3.10: RF yöntemi ile haberleşen göğüs bandı [42].



Şekil 3.11: Bluetooth yöntemi ile haberleşen göğüs bandı.

#### 3.1.4 ADXL345 İvme Ölçer Sensör Modülü

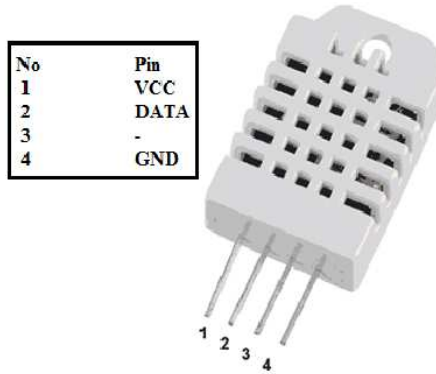
ADXL345 sensörü MEMS teknolojisine sahip 3 eksenli ivme ölçerdir [43]. Son zamanlarda akıllı cep telefonlarda bulunan bu sensör ile hareket, şok ve açı algılama uygulamaları yapılabilmektedir. 4 mg / LSB gibi yüksek çözünürlüğe sahip bu sensör 1,0°'den az eğim değişimlerini algılamaktadır. SPI ve I<sup>2</sup>C haberleşme protolü ile mikrodenetleyicili elektronik sistemlerde kullanılabilir [44]. Şekil 3.12'de ADXL345 ivme ölçer resmi görülmektedir.



Şekil 3.12: ADXL345 ivme ölçer.

### 3.1.5 DHT22 Oransal Nem Ve Sıcaklık Sensörü

Çevresel hava şartlarından bazıları olan oransal nem ve sıcaklık bilgileri piyasada bulunabilen sensörler ile ölçülebilmektedir. Bu sensörlerden olan DHT22 sensörü dijital çıkışa sahip olmasının yanı sıra Arduino programı için kütüphanesinin olması bu sensörün kullanılabilirliğini artırmıştır. Şekil 3.13'te DHT22 sensörünün pin yapısı ve resmi verilmiştir.



Şekil 3.13: DHT22 oransal nem ve sıcaklık sensörü.

DHT22 oransal nem ve sıcaklık sensörü bir takım teknik özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

**Tablo 3.2:** DHT22 oransal nem ve sıcaklık sensörünün kullanım özellikleri.

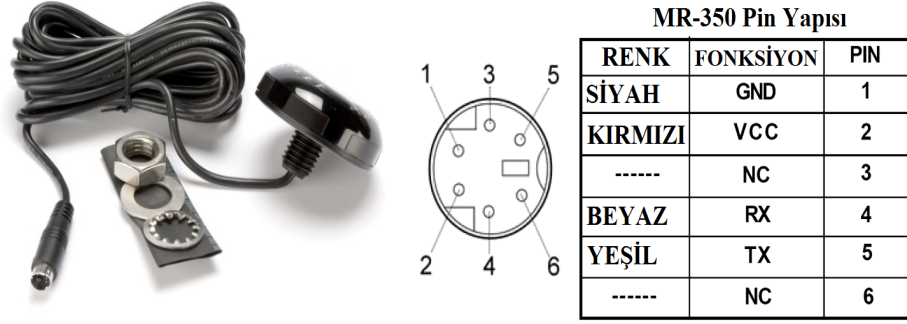
Çalışma Gerilimi	3,3-6 V (DC)	Doğruluk	Nem $\pm 2\%RH$ Sıcaklık $\pm 0.5^{\circ}C$
Çıkış Sinyali	Dijital Çıkış	Hassasiyet	Nem 0,1%RH Sıcaklık 0,1 $^{\circ}C$
Çalışma Aralığı	Nem 0 – 100%RH Sıcaklık -40 ile 80 $^{\circ}C$	Algılama Periyodu	2 saniye

### 3.1.6 MR 350 Coğrafi Konum Algılayıcı

MR 350 coğrafi konum algılayıcı bir GPS sinyali alıcı devresi ile bir adet antenden oluşan tümleşik bir elektronik cihazdır. Su geçirmeyen bir yapıya sahip bu elektronik cihaz ile mobil olan sistemlerde ve dış ortamlarda kullanılabilir. 4800 baud rate iletişim hızında RS232 haberleşme arayüzü ile tüm mikrodenetleyicili sistemlerde kullanılabilir [45]. MR 350 coğrafi konum algılayıcının teknik özellikleri Tablo 3.3'te, resmi ve pin numaraları ise Şekil 3.14'de verilmiştir.

**Tablo 3.3:** MR350 coğrafi konum algılayıcının teknik özellikleri [45].

Hassasiyet	-163 dBm
Başlangıç süresi	Ortalama 35 saniye
Rakım	18000 metre
Besleme gerilimi	4.5V ~ 6.5V DC
Çekilen akım	80 mA
Çalışma sıcaklığı	-40 $^{\circ}C$ ila + 85 $^{\circ}C$
Baud rate	4800 bps



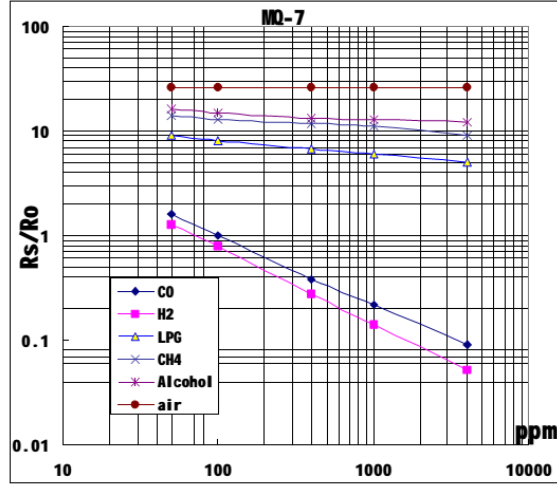
Şekil 3.14: MR350 coğrafi konum algılayıcı ve pin numaraları.

### 3.1.7 MQ7 Karbonmonoksit Gaz Sensörü

MQ7 yarı iletken bir karbonmonoksit gaz sensörüdür [46]. Bu sensör 20 ila 2000 ppm konsantrasyonlarını tespit edebilmektedir [47]. İnce bir yüzey olarak bulunan seramik alüminyumoksit, kalayoksitin yanı sıra bir gümüş elektrottan oluşan MQ7 gaz sensörü karbonmonoksit gazının artmasıyla birlikte çıkış voltajı da artmaktadır [48]. Şekil 3.15’de MQ7 gaz sensör modülünün resmi; Şekil 3.16’da, MQ7 karakteristik eğrisi ve Tablo 3.4’te karbonmonoksit gaz sensörünün teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.15: MQ7 gaz sensör modülü.



Şekil 3.16: MQ7 gaz sensörünün karakteristiği [47].

Tablo 3.4: MQ7 karbonmonoksit gaz sensörünün teknik özellikleri [47].

Çalışma gerilimi	$5V \pm 0,1$
Isıtma voltajı (yüksek)	$5V \pm 0.1$
Isıtma voltajı (düşük)	$1,4V \pm 0,1$
Yük direnci	Ayarlayabilir
Isıtma direnci	$33\Omega \pm 5\%$ Oda sıcaklığı
Isıtma süresi (yüksek)	$60 \pm 1$ saniye
Isıtma süresi (düşük)	$90 \pm 1$ saniye
Isıtma tüketimi (yaklaşık)	350mW

### 3.1.8 MQ135 Gaz Sensörü

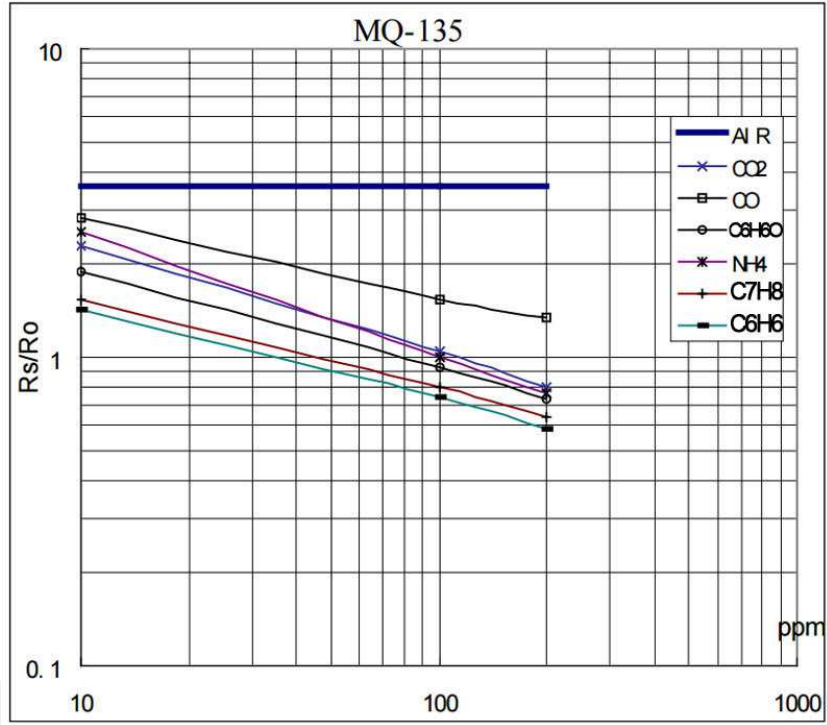
MQ135 özellikle  $NH_3$ ,  $NO_x$ , alkol, benzen, duman,  $CO_2$  vb. gazların ölçülmesinde kullanılan yarıiletken bir gaz sensörüdür [49]. MQ135 gaz sensörü 6 adet bağlantı pininden oluşmaktadır. Bu pinlerin 4 tanesi analog sinyali almak için kullanılır iken 2 tanesi sensörün ısıtılmasında kullanılmaktadır [50]. Tablo 3.5'te MQ135 gaz sensörünün teknik özellikleri verilmiştir. Şekil 3.17'de MQ135 gaz sensör modülünün resmi, Şekil 3.18'de MQ135 gaz sensörünün hassasiyet eğrisi verilmiştir.

**Tablo 3.5:** MQ135 gaz sensörünün teknik özellikleri [50].

Ölçülen gaz	NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , alkol, benzen, duman, CO <sub>2</sub>
Devre gerilimi	5.0V±0.1V
Isıtıcı gerilimi	5.0V±0.1V
Yük direnci	Ayarlanabilir
Isıtıcı direnci	33Ω ± %5 (oda sıcaklığı)
Isıtıcı gücü	≤800mW
Algılama direnci	30KΩ-200KΩ(100ppm NH <sub>3</sub> )
Standart test koşullar	20°C±2°C - 65%±5%RH



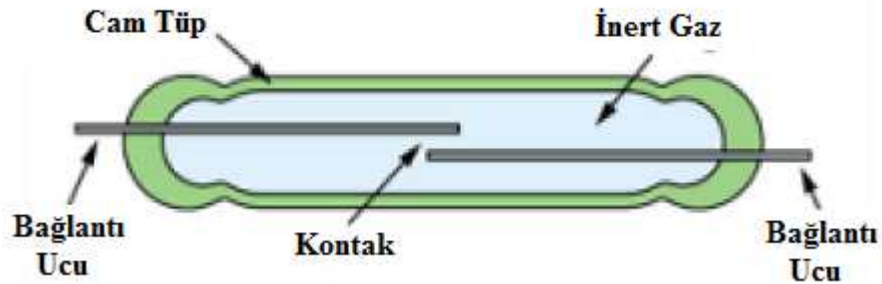
**Şekil 3.17:** MQ135 gaz sensör modülü.



Şekil 3.18: MQ135 gaz sensörünün hassasiyet eğrisi [50].

### 3.1.9 Reed Röle

Bir cam tüp içerisine iki iletken malzemenin yerleştirilmesi ile oluşturulan mekanik anahtarlama elemanına reed röle denilmektedir. Oluşturulan bu malzeme manyetik bir alana maruz bırakıldığında normalde açık kontaklar konum değiştirerek kapalı kontak haline gelir ve üzerinden akım geçirirler. Reed rölenin yapısı Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19: Reed rölenin yapısı [51].

Reed röle demir ve nikel karışımından oluşan ferromanyetik bir yapıya sahip iki iletkenin cam tüp içerisine yerleştirilmesinden oluşur. Manyetik alanın oluşması ile bu iki iletken birbirlerine temas etmektedir. Temas noktalarının arklanma sonucu aşınmaları engellemek için Rodyum ve Rutenyum gibi çok sert metaller ile kaplanarak uzun ömürlü olmaları sağlanmıştır [52]. Ayrıca reed röleyi oluşturan cam tüp azot gibi inert gaz ile doldurulmuştur. Bu gaz yüksek akımlarda reed rölenin kıvılcımlanmasını engellemektedir.

### 3.1.10 Google Firebase Veritabanı

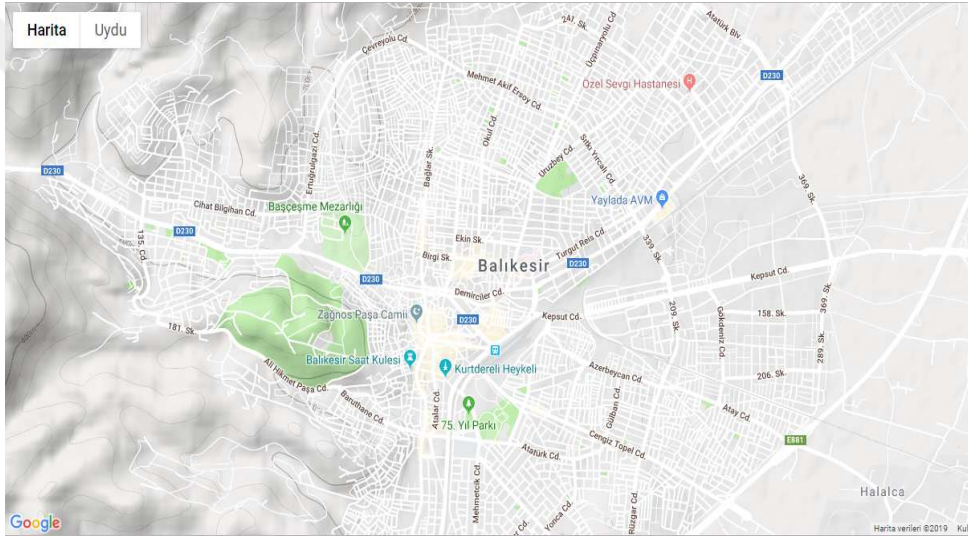
İnternete bağlı elektronik devrelerin birbirleri ile iletişime geçerek daha önce belirlenen işlemleri yapmasına nesnelerin interneti (IoT) denilmektedir [53]. IoT kavramı ile birlikte bilgilerin saklanabildiği hızlı ve kolay kullanıma sahip internet veritabanlarına ihtiyaç duyulmuştur. Firebase anlık veritabanı, Google firmasının üretmiş olduğu ücretsiz veritabanı aracıdır [54]. İnternet ortamında kullanılan bu anlık veritabanı ile veritabanı yazılımlarına gerek duymadan kolay bir şekilde tablolar oluşturularak internet web sayfasında bu verilerin gösterilmesi sağlanabilmektedir. Şekil 3.20’de firebase veritabanı ve bu veritabanını kullanabilmek için gerekli olan veritabanı adı ve gizli anahtarı verilmiştir.



Şekil 3.20: Firebase veri tabanı örneği.

### 3.1.11 Google Haritalar Uygulama Programlama Arayüzü

Google haritalar uygulama programlama arayüzü (API) javascript yazılımına sahip, kullanıcıların kişisel web sayfalarında harita uygulamalarına imkan tanıyan bir servistir [55]. Gerçekleştirilen bir web sayfası ile Google haritalar API kullanılarak firebase anlık veritabanındaki istenilen bilgiler harita üzerinde gösterilerek çeşitli uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 3.21’de HTML web programlama dili kullanılarak yazılmış Balıkesir ilinin haritasını gösteren internet web sayfası verilmiştir.



Şekil 3.21: HTML web programlama yazılım dili kullanılarak tasarlanmış bir harita uygulaması.

## 3.2 Yöntem

Mobil araç konusundaki verilen literatürlerde görüldüğü üzere çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Çevresel faktörlerin mobil araç üzerinde toplandığı bir kaç çalışmaya rastlanmıştır. Ayrıca günümüzde mobil araç olarak kullanılan bisiklet kullanımının artmasıyla birlikte bisiklet gruplarının sayısında artış yaşanmıştır. Balıkesir ilinde bisiklet grup sayısının 10’dan fazla olduğu anlaşılmıştır. Bu gruplar kendi güvenliklerini grup içerisinde 2’li gruplar kurarak sağlamaktadır.

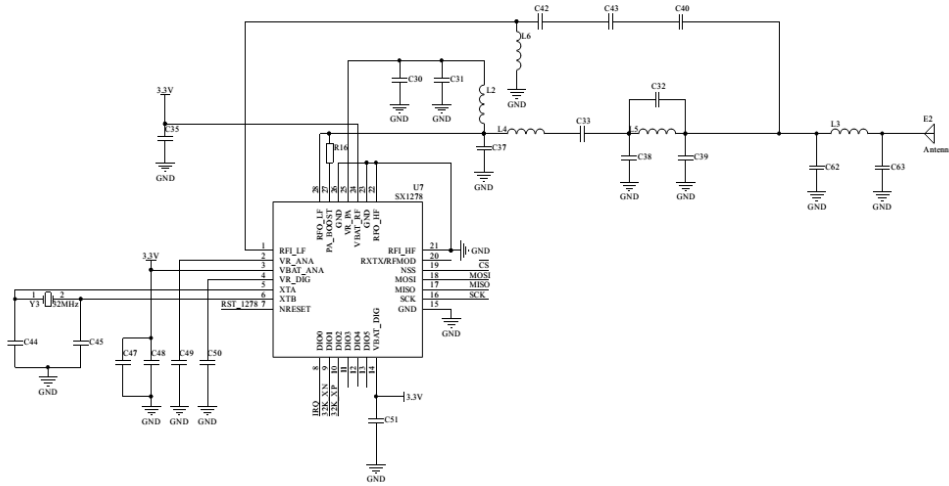
Bu çalışmayla birlikte mobil araç kullanıcılarının; 2’li veya daha fazla gruba gerek duymadan bağımsız spor yapmaları sağlanabilmektedir.

Tasarlanan sistem ile mobil araç kullanıcıları geniş bir alanda takipleri yapılarak kullanıcılar sürekli kontrol edilebilmektedir.

Ayrıca çevre dostu bir araç olan bisiklet üzerine konulacak hava kalitesi, sıcaklık ve nem ölçüm sensörleri ile dolaşılan menzildeki çevresel faktörler (CO<sub>2</sub>, CO, nem, sıcaklık v.b.) ölçülerek kaydedilmiş, ağ yardımıyla koordinatöre iletilerek internet üzerinden firebase veri tabanına gönderilmiştir.

Bu çalışma ile 6 kişilik bir mobil (bisikletli) grubun kablosuz algılayıcı ağları sayesinde yıldız topoloji ağı kullanılarak veri alış-verişi gerçekleştirilmesi sağlanabilir. Geliştirilen bu uygulama ile mevcut uygulamalardan farklı olarak, mobil araçlar (bisikletler) üzerine monte edilen vericiler vasıtasıyla birbirleriyle haberleşerek istenen verilerin (konum, hız, denge algılayıcı ile mobil araçların (bisikletlerin) durumu, çevresel faktörler, nabız) takım liderinde toplanarak kullanıcıların durumunun takip edilmesi sağlanabilir. Böylece sürekli takip edilen kullanıcılar herhangi bir kaza veya istenmeyen bir durum karşısında hızlı bir şekilde konum ve durum analizi yapılarak kullanıcıya ulaşılması sağlanmasının yanı sıra gezilen güzergahın hava kalitesi ölçülerek, kişilerin buldukları ortamın ne kadar sağlıklı olduğu hakkında bilgileri olması sağlanabilmektedir.

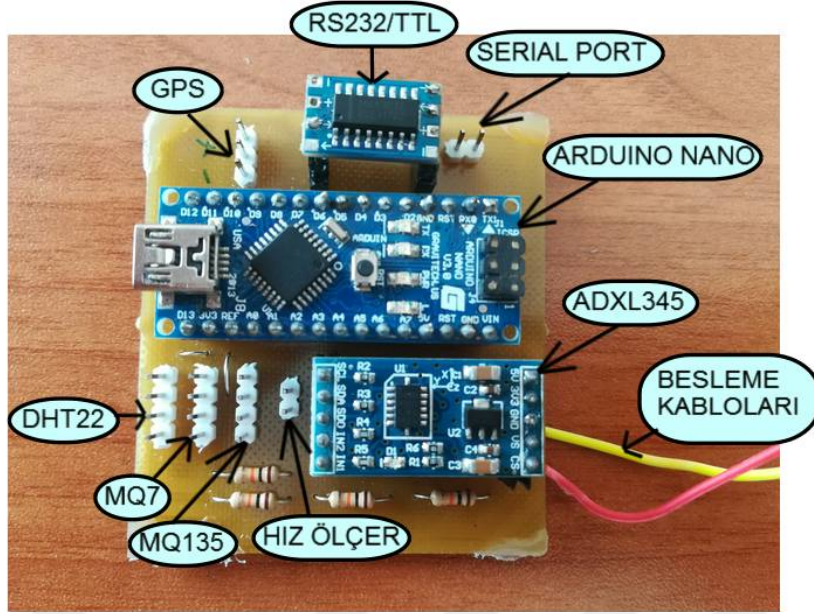
Yapılan çalışmada mobil araçların yerleri sürekli değişerek sahada geniş bir alana yayılacağından dolayı LoRa modülünün kullanıldığı yıldız topolojisi ağı tercih edilmiştir. Bir sensör ağında bulunan tüm düğümlerin koordinatör düğüm ile birebir iletişim kurması yöntemine yıldız topolojisi denir [59]. Şekil 3.22’de ESP32 elektronik devre kiti üzerinde bulunan SX1278 çipini içeren modül devresi verilmiştir.



**Şekil 3.22:** ESP32 elektronik devre kiti üzerinde bulunan LoRa modülü devresi.

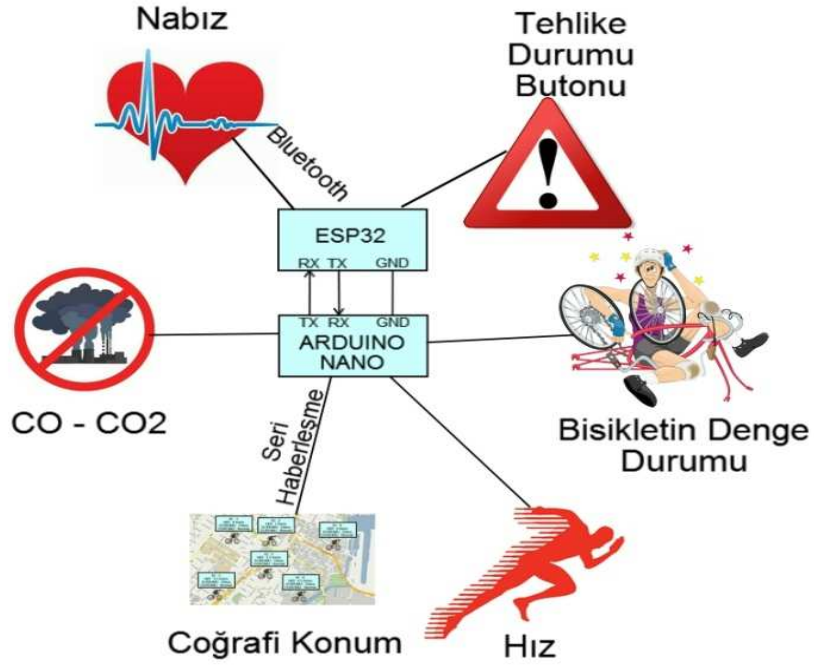
Günümüzde cihazların sensörler yardımıyla aldığı verileri birbirlerine iletebilmeleri için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [60]. Bu çalışmalardan biri olan LoRa teknolojisi, geniş bir alanda uzun menzilli iletişim performansına sahip haberleşme protokolüdür [26]. Tasarlanan sistem ile veriler takım liderine LoRa protokolü aracılığı ile kablosuz olarak iletilmiştir. Seçilen bu yöntem az enerji ile uzun mesafelere veri iletimi gerçekleştirmesinden dolayı tercih edilmiştir. Böylece 2 mobil araç (bisiklet) arası kapalı alanlarda 400 metre dahi olsa haberleşmenin az enerji harcayarak devam etmesi sağlanmıştır.

Gps ve sensörler vasıtası ile mobil aracın coğrafi konumu, hızı, durumu (eğim sensörü ile bisikletin devrilme durumu ) ve hava kalitesi gibi bazı bilgiler mobil aracın üzerinde bulunan ESP32 elektronik devresi ile sürekli seri haberleşme yapan Arduino Nano elektronik devre kiti ile elde edilmiştir. Arduino Nano'nun kullanım amacı, ESP32 kitinin program döngüsündeki zaman kaybını en aza indirmektir. Şekil 3.23'de bazı sensör verilerinin alındığı Arduino Nano kitini içeren devre resmi verilmiştir.



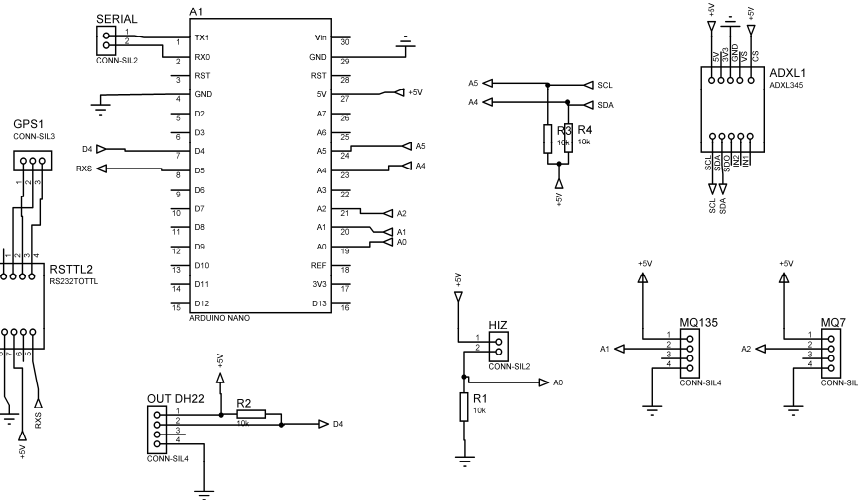
Şekil 3.23: Bazı sensör verilerinin alındığı elektronik devre.

Mobil araçlardan Atmega328 mikrodenetleyicini içeren Arduino Nano kullanılarak bazı sensör verileri alınır. Bu elektronik devre kiti ile alınan veriler (CO, CO<sub>2</sub>, coğrafi konum, hız, denge durumu, sıcaklık ve nem) Arduino ve ESP32 elektronik devre kitleri arasında serial port kullanılarak ESP32 elektronik devre kiti tarafından alınır. Bu verilerin alınmasında Arduino Nano elektronik devre kitinin fiziksel seri portu kullanılmıştır. Bu portun kullanım sebebi ESP32'nin Arduino Nano'dan veri isteğinde bulunması ile Arduino Nano'nun kesmeye (interrupt) girmesidir. Bu sayede Arduino Nano programlama döngüsünün neresinde olursa olsun ESP32'nin veri isteğine cevap verebilmektedir. İki elektronik devre kitinin haberleşmesi Şekil 3.24'te verilmiştir.



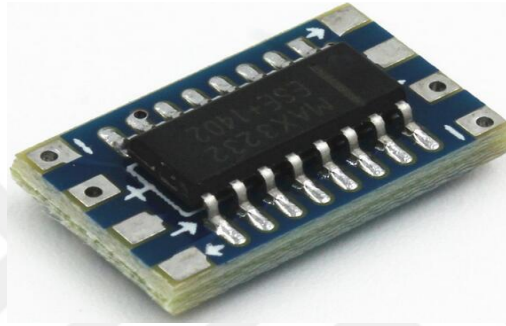
Şekil 3.24: Arduino Nano ve Esp32 elektronik devre kitlerinin haberleşme blok diyagramı.

Arduino Nano elektronik devre kitinde içinde bulunduğu bazı sensör verilerinin elde edildiği Proteus programında çizilmiş elektronik devre şeması Şekil 3.25’de verilmiştir.



Şekil 3.25: Bazı sensör verilerinin Arduino Nano elektronik devre kiti ile alınması.

Tasarlanan sistemde MR350 GPS alıcısı kullanılmıştır. RS232 haberleşme protokolüne sahip bu gps alıcısının TTL giriş-çıkışlara sahip Arduino Nano ile iletişime geçebilmesi için bir adet RS232/TTL dönüştürücü kullanılmıştır. Kullanılan bu elektronik modül ile MR350 GPS alıcısından gönderilen sinyal dönüştürülerek Arduino'nun işleyebileceği formata çevrilir. Daha sonra Arduino Nano elektronik devre kitinde bu sinyal işlenerek elde edilen enlem ve boylam bilgileri ESP32 elektronik devre kitine seri port aracılığıyla gönderilir. RS232/TTL çeviricinin resmi Şekil 3.26'da verilmiştir.



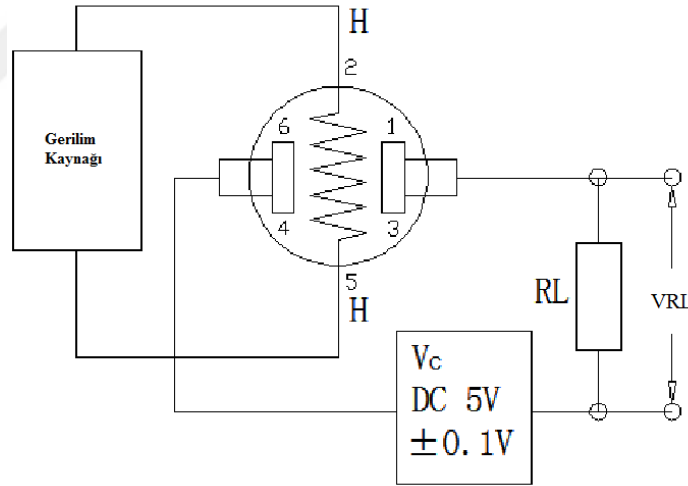
Şekil 3.26: RS232/TTL çevirici.

Gerçekleştirilen sistemde bisikletin denge durumunun belirlenmesi için 1 adet ADXL345 modülü kullanılmıştır. Kullanılan bu algılayıcı “X” ekseninde -35’ten +35’e kadar değişen değerler vermektedir. Bu değerlere bakılarak mobil aracın denge durumu hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Arduino Nano elektronik devre kiti üzerine yazılan kod ile mobil aracın dengesi -30’un altına düştüğünde veya +30’un üzerine çıktığında ESP32 mikrodenetleyicisine “DEVİRİLDİ” bilgisinin gönderilmesi sağlanmıştır. Aksi takdirde “AYAKTA” bilgisi gönderilmiştir.

Çevresel parametrelerden bazıları olan hava oransal nem ve sıcaklığın ölçülmesi için bir adet DHT22 sensörü kullanılmıştır. Dijital çıkışa sahip bu sensörün kullanılabilmesi için Arduino programına “DHT.h” kütüphanesi yüklenmiştir [56]. Böylelikle oransal nem ve sıcaklığın kolay bir şekilde alınması sağlanmıştır. DHT22 sensörünün düzgün bir şekilde çalışabilmesi için +5 V beslemesi ile data çıkışı arasına bir adet 4,7 K $\Omega$  - 10 K $\Omega$  arasında değişen pull-up direnci eklenmelidir.

Sistemde ölçülen diğer çevresel parametrelerden olan CO ve CO<sub>2</sub> gazlarının ölçümü için MQ7 (karbonmonoksit) ve MQ135 (karbondioksit) gaz sensörleri

kullanılmıştır. Analog çıkışa sahip bu sensörler Arduino Nano'nun analog girişlerinden olan "A1" ve "A2" girişlerine verilerek bulunan ortamın karbonmonoksit ve karbondioksit gazı durumları hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Bu sensörlerin kullanılabilmesi için internet ortamında bulunabilen "MQ7.h" ve "MQ135.h" kütüphaneleri kullanılmıştır. İnternet ortamında birçok MQ7 ve MQ135 gaz sensörleri için kütüphane bulunmaktadır. Bu sensörlerin kullanılabilmesi için öncelikle kalibrasyon yapılmalıdır. Bunun için bulunduğunuz ortama göre  $R_s/R_o$  oranını bulmanız gerekmektedir. Buradaki  $R_o$  değeri MQ7 ve MQ135 gaz sensörlerinin temiz havada ppm değerleri bilinen karbonmonoksit ve karbondioksit gazından etkilenmesi sonucu oluşan değerdir.  $R_s$  değeri ise ortamda bulunan gazların konsantrasyonu sonucu sensörde oluşan direnci göstermektedir ve eşitlik (3.1) ile hesaplanır [57]. MQ serisi sensörlerin piyasada bulunan modüllerinin elektronik devre şeması Şekil 3.27'de verilmiştir.

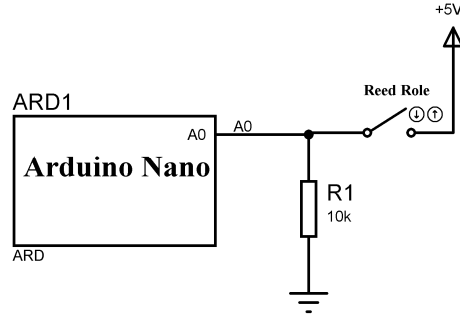


Şekil 3.27: MQ sensörlerinin elektronik devre şeması [58].

$$R_s = \frac{RL * (5 - VRL)}{VRL} \quad (3.1)$$

Gerçekleştirilen sistemde araç hızının ölçülmesi için reed röle içeren bir devre tasarlanmıştır. Bu devre reed röle ve 10 KΩ'luk dirençten meydana gelmektedir. Arduino Nano'nun A0 girişine bağlı bu devre ile reed rölenin durumu kontrol

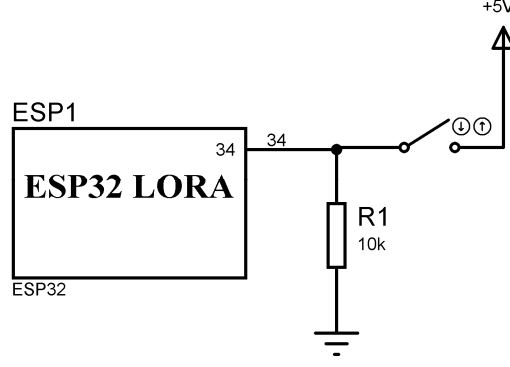
edilmiştir. Mobil aracın tekerleğine yerleştirilen mıknatısı, reed rölenin karşısına gelmesi ile röle kontağının kapanması sağlanmıştır. Kontakın iki kapanma arasındaki süre ölçülerek mobil aracın saatteki ortalama hızı hesaplanmıştır. Şekil 3.28’de gerçekleştirilen hız ölçme devresinin resmi verilmiştir.



Şekil 3.28: Mobil araç saatteki ortalama hız ölçme devresi.

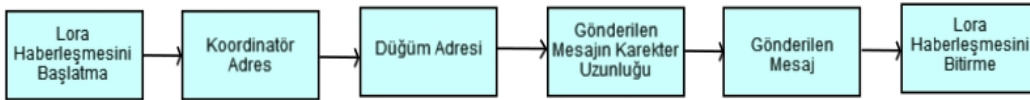
Arduino Nano ile alınan CO, CO<sub>2</sub>, coğrafi konum, hız, denge durumu, sıcaklık ve nem verilerinin yanı sıra birde ESP32 üzerinde bulunan BLE (bluetooth düşük enerji) teknolojisine sahip modül ile bir adet BLE protokolüne sahip sporcu göğüs bandı iletişime geçirilerek nabız bilgisinin alınması sağlanmıştır. BLE teknolojisi bluetooth 4.0 ile birlikte gelen ve haberleşme için az enerji harcayan bir protokoldür. Bu haberleşme protolü ile birlikte hem göğüs bandının hemde sistemin uzun süre kullanılması sağlanabilmektedir.

Sürüş ortamında oluşabilecek tehlikelere karşı sistemde bir adet tehlike butonu kullanılmıştır. Doğrudan ESP32 elektronik devre kitinin 34 nolu pinine bağlı bu anahtar sayesinde sürücünün tehlikede olup olmadığı anlaşılabilir. Eğer sürücü tehlikede ise “TEHLİKE” bilgisi değil ise “NORMAL” bilgisi ESP32 üzerinde koordinatör düğümüne gönderilmektedir. Şekil 3.29’da tehlike durumunu algılayan elektronik devre şeması verilmiştir.



**Şekil 3.29:** Tehlike durumu devresi.

Koordinatör sensör düğümü kendi üzerindeki sensör ve algılayıcılardan aldığı verileri firebase veritabanına ilettikten sonra sırayla diğer düğümlere istek göndererek onlardan veri talebinde bulunmaktadır. Bu esnada diğer sensör düğümleri sürekli olarak nabız ölçme ve tehlike butonu bilgilerini almanın yanı sıra LoRa için dinleme modunda kalarak veri istek talebinin kaçırılmaması sağlanır. Koordinatörden veri istek talebinin gelmesi ile birlikte hedef adresteki ESP32 devre kiti nabız ve tehlike butonu verisine ilave olarak Arduino Nano ile seri porttan iletişime geçer. Arduino Nano'dan alınan CO, CO<sub>2</sub>, coğrafi konum, hız, denge durumu, sıcaklık ve nem verileri tekrar ESP32 elektronik devre kitinin 12 ve 13 nolu seri port pinlerine iletilir. Gelen bu veriler sensör düğümünden LoRa modülü ile koordinatör düğüme kablosuz olarak iletilmesi sağlanır. Sensör düğümünden koordinatör düğüme veri iletiminin blok diyagramı Şekil 3.30'da verilmiştir.



**Şekil 3.30:** Sensör düğümündeki LoRa modülünden gönderilen veriler.

Sensör düğümü Şekil 3.30'daki verileri gönderdikten sonra koordinatör düğüm dahil bütün düğümler dinleme modunda olduklarından dolayı bu bilgileri almaya çalışırlar. Fakat koordinatör adresine gönderilen bilgiler diğer sensör düğümleri adresleri ile uyuşmadığından dolayı bu sensör düğümleri hiçbir işlem yapmayarak tekrar dinleme moduna geçerler. Koordinatör adresi yalnızca kordinatör

düğümün adresi olduğundan dolayı bilgiler koordinatör düğümü tarafından alınır. İlgili sensör düğümünden gelen verinin uzunluğu ile alınan veri uzunluğu bilgisi karşılaştırılır. Karşılaştırılan uzunluk bilgileri birbirine eşit ise bu bilgiler cep telefonunun kablosuz internetine bağlı koordinatör düğümdeki ESP32 tarafından internet yardımıyla firebase veritabanına iletilir. Firebase veritabanında saklanan veriler anlık olarak kullanıcıya ait bir internet adresinde HTML sayfası şeklinde gösterilerek tüm sporcuların bu bilgilerden haberdar olması sağlanır. Şekil 3.31’de düğüm verilerinin internete aktarılmasını gösteren blok diyagramı verilmiştir.



**Şekil 3.31:** Sensör verilerinin internet sayfasına aktarılmasını gösteren blok diyagramı.

Sensör düğümlerinden gelen bilgiler koordinatör düğümü olan takım liderinin tablet ekranında gösterilmektedir. Takım liderinin mobil araç (bisiklet) ekranı Şekil 3.32’de gösterilmiştir.



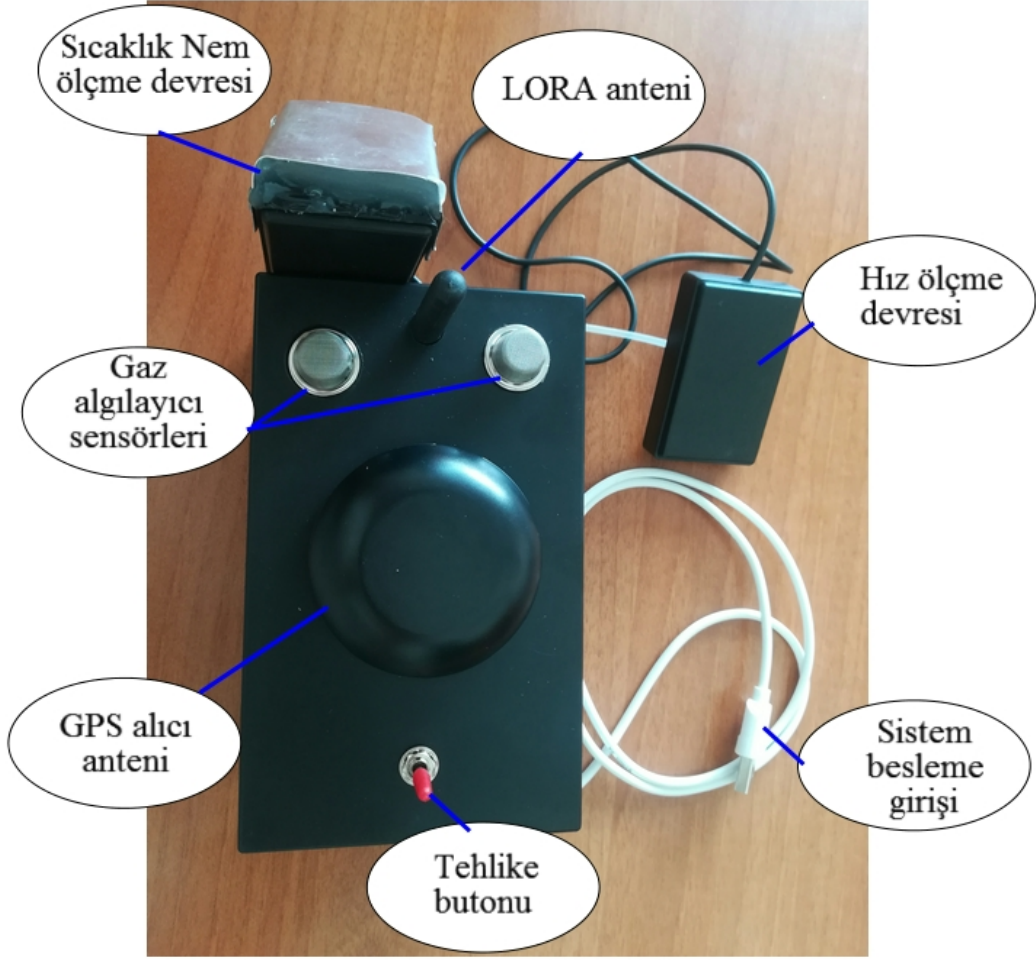
**Şekil 3.32:** Takım liderinin aracına takılan ekran görüntüsü.



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

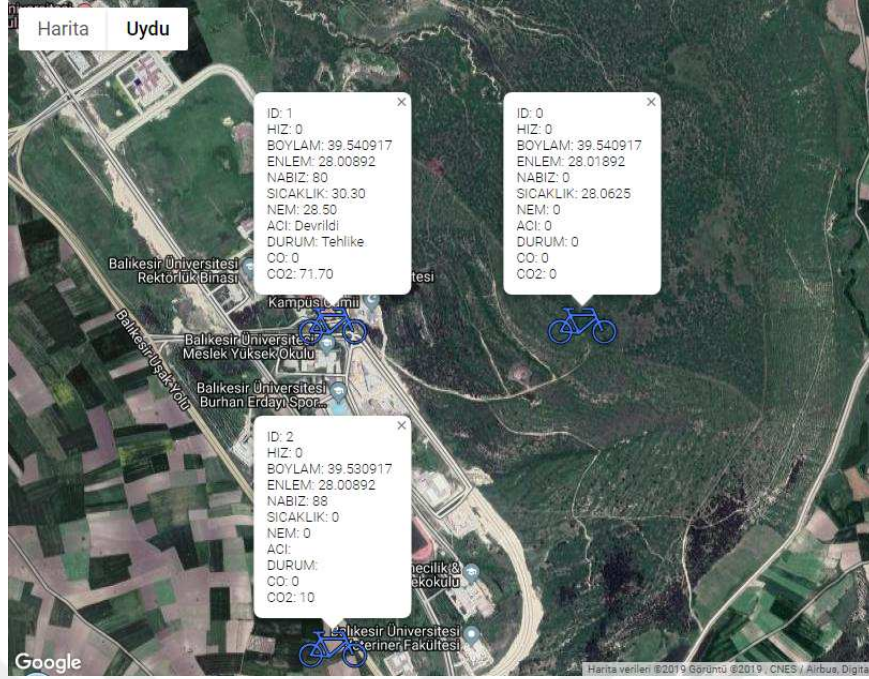
Gerçekleştirilen çalışma ile mobil olarak doğada spor veya gezi yapan kişilerin birbirleriyle olan iletişimlerinin kesilmemesi sağlanarak daha güvenli seyahat etmeleri sağlanması amaçlanmıştır. Sürücülerden alınan nabız, tehlike durumu, coğrafi koordinat, aracın denge durumu gibi bilgiler vasıtasıyla sürücüler ile iletişim kurmadan durumları hakkında bilgi edinilmesi sağlanmıştır. Sürücü nabızlarının takibi yapılarak daha sağlıklı seyahat ve sürüş yapmalarının yanı sıra sağlık durumlarının takibi ile olası bir tehlike anında hızlı bir şekilde olay yerine ulaşılması hedeflenmiştir.

Çalışmanın bir diğer özgün yanı ise çevreci bir tasarım olmasıdır. Yapılan çalışma ile sıcaklık, oransal nem, CO ve CO<sub>2</sub> gazlarının ölçümü yapılarak sürücü yada sporcuların gezi güzergahı hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmaktadır. Böylece daha önce gidilen hava kalitesi düşük ortamların yerine hava kalitesi yüksek yerler tercih edilerek daha sağlıklı bir seyahat gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 4.1’de gerçekleştirilen sistemin kutulanmış devresi verilmiştir.



Şekil 4.1: Tasarlanan devrenin kutulanmış hali.

Tasarlanan sistemin bir diğer özelliği LoRa protokolüne sahip yıldız topoloji haberleşme sistemidir. Seçilen topoloji ile birlikte geniş alanlarda sürekli düşük enerjili iletişimin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Sensör ağı uygulamalarında en önemli problem enerji tüketimidir. Gerçekleştirilen sistemde kullanılan ESP32 elektronik devre kiti üzerinde bulunan LoRa modülü ile daha az enerji harcanarak devrenin daha uzun süre çalışması hedeflenmiştir. Şekil 4.2’de takibi yapılan sporcuların internet web sayfası ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2: Tasarlanan sistemin internet ekran görüntüsü.

Tasarlanan sistemde internete veri transferini sağlamak için koordinatör düğüm sürücüsünün cep telefonu internet paylaşımını açması gerekmektedir. Gerekli olan bu internet paylaşımı Google harita uygulamasının kullanılabilmesi içindir. İnternet bağlantısının mümkün olmadığı yerlerde bilgilerin harita üzerinden gösterilmesi mümkün olamamaktadır. Bunun önlenmesi için navigasyon cihazlarına yüklenen haritaların Raspberry Pi gibi işletim sistemine sahip elektronik devre kitlelerine yüklenmesi ile internetin olmadığı yerlerde de haritanın kullanılabilmesinin sağlanacağı düşünülmektedir.

Sistemin kablosuz çalışma alanı açık alanda birbirini gören antenler arası yaklaşık 2000 m olmasına rağmen antenler arasına bina, ağaç veya başka bir cisim girmesiyle birlikte bu uzaklık 400 metreye kadar düşmektedir. Bu uzaklık LoRa modülünün değiştirilmesi ve uygun anten tasarımları ile daha fazla mesafeye çıkarılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Lavric, A. ve Popa, V., "Internet of Things and LoRaTM Low-Power Wide- Area Networks: A Survey", *9th Edition Electronics, Computers and Artificial Intelligence International Conference (ECAI)*, Targoviste, 1-4, 2017.
- [2] Weng, Y., Jia, W. ve Wang, G., "Energy Efficient Data Gathering Scheme For Wireless Sensor Networks With Static And Mobile Sinks", *2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content*, Beijing, 748-752, 2010.
- [3] Luo, S., Polu N., Chen Z. ve Slipp J., "RF Channel Modeling of a WSN Testbed for Industrial Environment", *Radio and Wireless Symposium*, Phoenix, 375 - 378, 2011.
- [4] Baghyalakshmi, D., Ebenezer, J. ve Satyamurty, S. A. V., "WSN based Temperature Monitoring for High Performance Computing Cluste", *International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT)*, Chennai, 1105-1110, 2011.
- [5] Mahida, P., Patel, R., Patel, P. ve Mody, S., "Performance evaluation of dynamic and static sensor node in wireless sensor network", *Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE)*, Citeseer, 4(1), 23-28, 2013.
- [6] Pramono, S., Olivia Putri., A., Warsito., E. ve Basuki, S.B., "Comparative Analysis of Star Topology and Multihop Topology Outdoor Propagation Based on Quality of Service (QoS) of Wireless Sensor Network (WSN)", *International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)*, Semarang , 152-157, 2017.
- [7] Nakatsugawa, M., "R&D Efforts on Wireless Access Systems Toward Realization of Future Networks", *NTT Tsukuba Forum Workshop Lectures, Japan*, 12(3), 1-6, 2013.

- [8] Faludi, R., Building Wireless Sensor Networks, *United States of America: O'Reilly books*, 142-160, (2010).
- [9] Fatima, F. ve Mohammed Waseem, W., " Cellular Automata based Built-In-Self Test Implementation for Star Topology NoC", *11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, Coimbatore, 45-48, 2017.
- [10] Bhumika, Kumar, M., Singh., S.N. ve Taneja, B., "Relative Study of Zig-Bee/IEEE 802.15.4 WPAN Performance under Different Topologies", *Fifth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*, Haryana, 415-420, 2015.
- [11] Sharma, S., Kumar, D. ve Kishor, K., "Wireless Sensor Networks-A Review on Topologies and Node Architecture", *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, India, 1(2), 19-25, 2013.
- [12] Pandya, K., " Network Structure or Topology", *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, India, 1(2), 22-27, 2013.
- [13] Maria Castillo, J., Aranda, P.C., Jose Bellido Outeirino, F. ve Olivares, J., " Experimental Procedure for the Characterization and Optimization of the Power Consumption and Reliability in ZigBee Mesh Networks", *Third International Conference on Advances in Mesh Networks*, Venice, 13-16, 2010.
- [14] Krenz R., " IEEE 802.16 Wireless Mesh Networks Capacity Estimation Using Collision Domains", *Second International Conference on Advances in Mesh Networks*, Athens, 115-119, 2009.
- [15] Yang., L. ve Quan, L., " A Topology Control Algorithm using Power Control for Wireless Mesh Network", *Third International Conference on Multimedia Information Networking and Security*, Shanghai, 141-145, 2011.
- [16] Ardahan, F. ve Lapa, T.Y., "Açık Alan Rekreasyonu: Bisiklet Kullanıcıları ve Yürüyüşçülerin Doğa Sporu Yapma Nedenleri ve Elde

Ettikleri Faydalar", *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1328-1341, 2011.

[17] Şahbaz, R.P. ve Altınay, M., "Türkiye'deki Milli Parkların Rekreasyon Faaliyetleri Açısından Değerlendirilmesi" *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 125-135, 2015.

[18] Koçak F. ve Balcı V., "Doğada Yapılan Sportif Etkinliklerde Çevresel Sürdürülebilirlik", *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 213-222, 2010.

[19] Kaplan, A. ve Ardahan, F., " Doğa Sporları Yapan Bireylerin Profilleri, Doğa Sporu Yapma Nedenleri ve Elde Ettikleri Faydalar: Antalya Örneği", *12. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi*, Denizli, 93-114, 2012.

[20] Atlas, AKUT'la Doğa Sporları Hakkında [online], <https://www.atlasdergisi.com/gundem/akutla-doga-sporlari-hakkinda.html>.

[21] SG Sport Gardena Bike [online] (07 Mayıs 2018), <https://www.sportgardena.com/en/e-bike-tours-dolomites>.

[22] Top 3 cycling apps for android [online] (01 Mart 2015), <http://www.gaadi.com/cycles/news/top-3-cycling-android-apps>.

[23] Yang, R., Yan, F. ve Zhao, N., " Urban Air Quality Based on Bayesian Network", *9th IEEE International Conference on Communication Software and Networks*, Guangzhou, 1003-1006, 2017.

[24] Jing, F., Fei, G., WanSheng, W. ve Jianbin, X., " A Queuing based Listening and Sleeping Mechanism in Multi-hop Wireless Mesh Sensor Networks", *Ninth IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications Workshops*, Busan, 7-11, 2011.

[25] Kumaravel, K. ve Marimuthu, A., " An Optimal Mesh MASH Routing Topology using Mesh in Wireless Sensor Networks", *International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE)*, Coimbatore, 1-12, 2014.

- [26] Ke, K.H., Liang, Q.W., Zeng, G.J., Lin, J.H. ve Lee, H.C., " Demo Abstract: A LoRa Wireless Mesh Networking Module for Campus-Scale Monitoring", *16th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, 259-260, 2017.
- [27] Egoh, K., Rojas-Cessa, R. ve Ansari, N., "Distributed Diffusion-based Mesh Algorithm for Distributed Mesh Construction in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks", *IEEE International Conference on Communications*, Cape Town, 1-5, 2010.
- [28] Subudhi, B. ve Behera, S.K., " Energy Efficient Node Replacement with Sleep Based in Addition to Hierarchical Network Using Mesh Topology", *IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)*, Ramanathapuram, 179-182, 2012.
- [29] Lavric, A. ve Popa, V., "Internet of Things and LoRaTM Low-Power Wide-Area Networks: A Survey", *International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, Targoviste, 1-5, 2017.
- [30] Jing, F., Qiong, W. ve JunFeng, H., " Optimal Deployment of Wireless Mesh Sensor Networks based on Delaunay Triangulations", *International Conference on Information, Networking and Automation (ICINA)*, Kunming, 1(1), 370-374, 2010.
- [31] Mounika, P., "Performance Analysis Of Wireless Sensor Network Topologies For Zigbee Using Riverbed Modeler", *2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, Coimbatore, 1456-1459, 2018.
- [32] Liu, L., Tong, K.F., Qiu, X., Liu, Y. ve Ding, X., " Wireless Mesh Networks in IoT Networks", *International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation*, London, 183-185, 2017.
- [33] Heltec Automation [online] (14 Ekim 2018), <http://www.heltec.cn/project/wifi-LoRa-32/?lang=en>.

- [34] Kumar, N., Vigneswari, D. ve Rogith, C., " An Effective Moisture Control based Modern Irrigation System (MIS) with Arduino Nano", *5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)*, India, 70-72, 2019.
- [35] Mashiyama, Y., Nagura, M., Mitsukura, Y. ve Hamada, N., " Heart Rate Estimation Method by Measuring Pulse Wave Through Conductive Fibers Mounted on Forearms", *8th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, Berlin, 1-3, 2018.
- [36] Mahmood, N.H., Uyop, N., Zulkarnain, N., Harun, F.K., Kamarudin, M.F. ve Linoby, A., "LED Indicator for Heart Rate Monitoring System in Sport Application", *IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, Penang, 64-66, 2011.
- [37] Darabi, S., Moatamed, B. ve Huang, W., " Heart Rate Compression & Time Reduction Method for HRV Monitoring in Athletes", *IEEE Healthcare Innovations and Point of Care Technologies (HI-POCT)*, Bethesda, 152-155, 2017.
- [38] Kao, Y.H., Chao, P. ve Wey, C.L., " Design and Validation of a New PPG Module to Acquire High Quality Physiological Signals for High-Accuracy Biomedical Sensing", *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 25(1), 1-10, 2019.
- [39] Karpagachelvi, S., Arthanari, M. ve Sivakumar, M., " ECG Feature Extraction Techniques - A Survey Approach", *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, U.S.A, 8(1), 76-80, 2010.
- [40] Arslan, Z., Gundogdu, U., Sayin, A., Akan, A., Kocasoy, E. ve Baslo, B., "Evaluation of the Fatigue in Human Arms via Electromyography Signals", *IEEE 14th Signal Processing and Communications Applications*, Antalya, 1-4, 2006.
- [41] Smolka, J., Zurek, S., Lukasik, E. ve Paszkowska, M.S., "Heart Rate Estimation Using an EMG System Integrated with a Motion Capture

System", *International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors (ELMECO & AoS)*, Lublin, 1-4, 2017.

[42] Fitnesscim, Nabız ölçer saat nedir? Nasıl kullanılır? [online], <https://www.fitnesscim.com/nabiz-olcer-saat-nedir/>

[43] Iwaniec, M., Holovatyy, A. ve Teslyuk, V., " Development of Vibration Spectrum Analyzer Using the Raspberry Pi Microcomputer and 3-Axis Digital MEMS Accelerometer ADXL345", *XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, Lviv, 25-29, 2017.

[44] Analog Devices Ahead of What's Possible [online], <https://www.analog.com/en/products/adxl345.html>.

[45] GlobalSat Worldcom Group [online], <https://www.globalsat.com.tw/en/product-c30784/GPS-Receiver.html>.

[46] Karamchandani, S., Gonsalves, A. ve Gupta, D., " Pervasive Monitoring of Carbon Monoxide an Methane using Air Quality Prediction", *3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2498-2502, 2016.

[47] Hanwei Electronics Co. [online], <https://www.sparkfun.com/datasheets/sensors/biometric/mq-7.pdf>

[48] Dianovita, Daud, M. ve Ezwarsyah. " Design and Realization Gas Control System in Closed Room Based on Fuzzy Logic", *International Conference on Engineering and Science for Research and Development (ICESReD)*, Indonesia, 277-285, 2016.

[49] Lowongtrakool, C. ve Lorwongtrakool, P., " IoT Based Water Quality Measurement Using Hybrid Sensors and Data Mining", *International Conference on Information Technology (InCIT)*, Thailand, 1-6, 2018.

[50] Olimex LTD. [online], <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

- [51] Kumar, V., Takkar, J., Chitransh, M., "Development of an Advanced Compressed Air Engine Kit for Small Engine", *2014 World Congress & Exhibition (SAE)*, Delhi, 1-11, 2014.
- [52] Meder Electronic [online] (2019), <https://standelexelectronics.com/inquiry-form/>.
- [53] Dong-Hwan, P., Hyo-Chan, B., Cheol P. ve Soon-Ju K., " Semantic Open IoT Service Platform Technology", *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Seoul, 85-88, 2014.
- [54] Wu-Jeng, L., Chiaming Y., You-Sheng, L., Shu-Chu T. ve Shih, H., " JustIoT Internet of Things based on the Firebase Real-time Database", *IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial & Logistics Engineering (SMILE)*, Hsinchu, 43-47, 2018.
- [55] He, L. ve Lai, Z., " The Study and Implementation of Mobile GPS Navigation System Based on Google Maps", *International Conference on Computer and Information Application (ICCIA)*, China, 87-89, 2010.
- [56] Adafruit Industries [online], <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>.
- [57] Martha, C., Anderson M. ve Martin, M., " Implementation of an evaluation system to measure air quality on public transport routes using the Internet of Things", *Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI)*, Buenos Aires, 1-4, 2018.
- [58] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd, (2019), <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ7%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>.
- [59] Singh, S. ve Dewra, S., " Performance Evaluation of Star, Tree & Mesh Optical Network Topologies using Optimized Raman -EDFA Hybrid Optical Amplifier", *International Conference on Trends in Automation, Communications and Computing Technology (I-TACT-15)*, Bangalore, 1-6, 2015.

[60] Lavric, A. ve Popa, V., " Internet of Things and LoRaTM Low-Power Wide-Area Networks Challenges", *International Conference Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Targoviste, 1-4, 2017.

