

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ ve İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

**NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ
İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ
BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE
UYGULAMA OLANAKLARI**

DOKTORA TEZİ

M. Sc. Koray BAŞEĞMEZ

Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Ana Bilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Ş. Bedri ALPAR

KASIM, 2022

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

DENİZ BİLİMLERİ ve İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

KORAY BAŞEĞMEZ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE UYGULAMA OLANAKLARI” başlıklı tez DENİZ JEOLJİSİ VE JEOFİZİĞİ Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Şaban Bedri ALPAR

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Seda OKAY GÜNAYDIN

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Denizhan VARDAR

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Bora USLUER

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Sinan Demirel

Tez Savunma Tarihi: 11.11.2022

ETİK BEYAN

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırladığım “NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE UYGULAMA OLANAKLARI” başlıklı DOKTORA tez çalışmasında bilimsel etik ve akademik kurallara riayet ettiğimi;

- Çalışma konusunun özgün olduğunu,
- Tez içinde sunduğum tüm veri ve belgeleri bilimsel etik ve ahlak kuralları çerçevesinde elde ettiğimi,
- Çalışmanın bulgularında tahrifat yapmadığımı ve yanlış davranmadığımı,
- Tez kapsamında yararlandığım tüm eserlere ve doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya atıfta bulunduğumu,
- Yararlandığım tüm eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu,
- Kullandığım veri ve belgelerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Patent ve telif haklarını ihlal etmediğimi

bildirir, aksinin vuku bulması durumunda yasal sonuç/sonuçları ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabul ettiğimi beyan ederim.

07.10.2022

Koray BAŞEĞMEZ

İmza

ÖNSÖZ

“Nesnelerin İnterneti (IOT) ve İlgili İletişim Protokollerinin Deniz Bilimlerindeki Yenilikçi Kullanımı ve Uygulama Olanakları” başlıklı bu çalışmada, mevcut, güncel ve yaygın kullanımda olan nesnelerin interneti cihazları, bu cihazlar ile kullanılabilecek denizel ortamlarda bazı parametreleri ölçümlemeye yarayabilecek sensörler, kullanılabilecek iletişim protokolleri, veri aktarmakta kullanabileceğimiz iletişim olanakları araştırılmıştır. Uygulamalarda Arduino Mega 2560 R3, Arduino Yun gibi nesnelerin interneti cihazları; deniz suyu sıcaklığı, hava sıcaklığı, atmosferik nem ve basınç, mesafe ölçer gibi ultrasonik sensörler yardımıyla veri ölçümlemesi amacıyla nesnelerin interneti geliştirme kartları ve devre tahtası üzerinde prototipler yapılmıştır. Ayrıca geliştirme kartları ve çalışmada özel olarak seçilen ve uygulamalarda kullanılan sensörlere uygun programlama diliyle beraber uyumlu kütüphaneleri kullanılarak yazılımlar geliştirilmiş ardından test ve ölçüm deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar ortamında belli bir süre yapılan deneyler sonucunda toplanan çok parametrelili veri setleri istatistik anlamda değerlendirilerek, verilerin durumu, tutarlılığı ve denizel ortamda kullanılabilirliği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre sayısal sensörlerin analoglara nazaran daha tutarlı olduğu gözlenmiştir. Denizel uygulamalara yönelik olarak kullanılan nesnelerin interneti cihazlar laboratuvar ortamında bu amaçla denenmiştir.

Tez çalışması süresince desteklerini esirgemeyen sevgili anneme ve kardeşime, bugünlere gelmemizi sağlayan ve şu an aramızda olmayan rahmetli babama, sadece bu çalışmamda değil her anlamda yanımda olan, çalışmamda yol gösteren ve danışmanlık yapan hocam Prof. Dr. Ş. Bedri Alpar’a, her alandaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. V. Selma Ünlü’ye teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	i
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SİMGE LİSTESİ	x
KISALTMA LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Nesnelerin İnterneti	1
1.2. Sanayi (Endüstri) Devrimleri	1
1.3. Mikroişlemciler	2
1.4. Mikroişlemci Mimarileri	3
1.5. Mikrodenetleyiciler	4
1.6. Mikroişlemcilerde Programlama	5
1.7. Mikrodenetleyici Kullanan IoT Donanımları.....	6
1.7.1. Arduino	6
1.7.1.1. Arduino Uno	7
1.7.1.2. Arduino Mega 2560	14
1.7.1.3. Arduino Due	25
1.7.1.4. Arduino Yun	30
1.7.1.5. Arduino modellerinin teknik özelliklerinin karşılaştırması	33
1.7.2. Arduino kalkanları	33

1.8. İletişim Protokolleri	34
1.8.1. Seri bağlantı	34
1.8.2. I2C / IIC protokolü	35
1.8.3. Bluetooth	35
1.8.4. RFID	35
1.8.5. RF alıcı ve vericiler	35
1.8.6. Ethernet	35
1.8.7. LORAWAN (Long Range Wide Area Network)	36
1.8.8. İnternet protokol (IP)	36
1.8.9. Wi-Fi yazılımsal erişim noktası (soft access point) bağlantısı	36
1.8.10. Wi-Fi istasyon bağlantısı (station)	36
1.8.11. SPI (Seri Çevresel Arayüz) iletişim protokolü	37
2. MATERYAL VE METOT	38
2.1. Donanım ve Kullanılan Materyaller	38
2.1.1. Ultrasonik mesafe sensörü HC-SR04	39
2.1.2. DHT11 nem ve sıcaklık sensörleri	40
2.1.3. nRF24L01 kablosuz (wireless) modülü	41
2.1.4. Sayısal basınç ve sıcaklık sensörü BMP180	42
2.1.5. DS18B20 su geçirmez özellikli sıcaklık sensörü	42
2.1.6. LM35 sıcaklık sensörü	43
2.1.7. Ölçümlerdeki yardımcı elemanlar	44
2.1.7.1 Buzzer (TMB12A12)	44
2.1.7.2. Işık yayan diyot	44
2.1.7.3. Deney tahtası (breadboard)	45
2.1.7.4. 3,3V/5V deney tahtası (bread board) güç beslemesi kartı..	46
2.2. Deniz ve Kara İstasyonlarının Tasarlanması	46
2.2.1. Deniz istasyonu elektronik tasarımı	46
2.2.2. Kara istasyonu elektronik tasarımı	49
2.2.3. Deniz istasyonu yazılımı	51
2.2.4. Kara istasyonu yazılımı	55

3. ÖLÇMELER VE BULGULAR	57
3.1. Ölçüm Çıktıları	58
3.2. Ölçümlerin Değerlendirilmesi	60
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
4.1. Denizel IoT Verileri	67
4.2. Denizel IoT Verilerinin İşlenmesi	69
4.2.1. Enerji yetersizliği	70
4.2.2. Yüksek veri hacimleri	71
4.3. Denizel IoT Verilerinin Standardizasyonu	71
4.4. Denizel IoT Verilerinin Güvenliği	72
4.5. Karşılaşılan Güçlükler ve Öneriler	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ.....	76
FORMLAR.....	77
Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygunluk Yazısı ve Eki.....	79

ÖZET

NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE UYGULAMA OLANAKLARI

Koray BAŞEĞMEZ

Nesnelerinin İnterneti sayesinde denizel uygulamalarda değişik sensörler ile veri toplamak, işlemek, iletmek ve sualtı kablosuz sensör ağları oluşturmak mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada, Arduino Uno R3, Arduino Mega 2560 R3, Arduino Yun, Arduino Due gibi nesnelerin interneti cihazları; deniz suyu sıcaklığı, hava sıcaklığı, atmosfer basıncı, hava nemi, mesafe ölçen bazı denizel ortamlarda kullanılabileceği düşünülen sensörler, iletişimde kullanılabilecek kablolu ve kablosuz teknolojiler tanıtılmış ve incelenmiştir. Nesnelerin İnterneti uzaktan denizel izleme çalışmalarını oluşturan bir platform oluştururken, başlangıç seviyesi için uygun olan mikrodenetleyici içeren geliştirme kartları ve gömülü sistemler ise ana birimlerdir. Düşük maliyetli ve düşük güç tüketimli modüler basit sensörler, mikrodenetleyici içeren modüler kartlar şeklindeki sensörler, bu kartlarla uyumlu yazılım geliştirme ortamları, güç kaynakları, prototipleme yapmak amacıyla devre tahtaları, kablosuz veri aktarmakta kullanılan düşük enerjili kartlar ve birimler kullanılmıştır. Hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı, nem, atmosferik basınç ve deniz, göl veya akvaryumlarda ölçüm yapabilecek su seviyesi değişimlerini saniye mertebesinde periyodik aralıklarla ölçecek prototipler tasarlanmıştır. Prototiplerden elde edilen sayısal veriler istatistiki anlamda değerlendirilmiştir. Uygulamalar sırasında karşılaşılan zorluklar değerlendirilerek, daha güvenli, uzaktan izleme sağlayan ve uyarı yeteneklerine sahip sualtı IoT'lerinin nasıl daha verimli bir şekilde uygulanabileceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin interneti, hızlı prototipleme platformları, mikrodenetleyici yazılım geliştirme, gömülü sistemler, sensör ağı, denizel ölçme

ABSTRACT

INNOVATIVE USE AND APPLICATION OPPORTUNITIES OF INTERNET OF THINGS (IOT) AND RELATED COMMUNICATION PROTOCOLS IN MARINE SCIENCES

Koray BAŞEĞMEZ

Thanks to Internet of Things (IoT), it's become possible to collect, process and transmit data with different sensors in marine-applications and to create underwater-wireless-sensor networks. IoT devices such as Arduino Uno R3, Mega 2560 R3, Yun&Due; as well as the sensors, in measuring sea-water temperature, air temperature, atmospheric pressure, air humidity, distance for sea-level fluctuations, using wired and wireless technologies in communication, are discussed. The key components used in building the platform for our IoT remote maritime monitoring investigations are development boards that feature the best entry-level microcontrollers and embedded systems. Once more, simple, low-cost, low-power modular sensors that are readily available on the market are used. Sensors in the form of modular boards with microcontrollers, software development environments that are compatible with these boards, power supplies to run the boards, breadboards for prototyping, energy boards, and devices for wireless data transfer are also used. Various IoT prototypes were created utilizing real, current technology and equipment to measure the time-variations in air and water temperatures, humidity, atmospheric pressure, and water level on a periodic basis, in seconds. The collected data sets underwent statistical analysis and quality inspection. Finally, it is discussed how to effectively deploy the underwater IoTs so that they will be safer while being remotely monitored and capable of sending alerts in the event of an emergency.

Keywords: IoTs, prototyping, fast-prototyping-platforms, microcontroller software-developing, embedded-systems, sensor-network, marine-surveying

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. Arduino Uno R3 kart topolojisi referans isimleri açıklama tablosu	9
Tablo 2. Arduino Uno R3 analog pinlerinin numaralarına göre fonksiyonu, tipleri ve açıklamaları	11
Tablo 3. Arduino Uno R3 sayısal pinlerinin numaralarına göre özellikleri, tipleri ve açıklamaları	12
Tablo 4. Arduino Mega 2560 Rev3 kart topolojisi referans isimleri açıklama tablosu.....	16
Tablo 5. Arduino Mega 2560 Rev3 analog pinlerinin numaralarına göre özellikleri, tipleri ve açıklamaları	19
Tablo 6. Arduino Due sayısal pinlerinin numaralarına göre özellikleri ve açıklamaları....	27
Tablo 7. Yaygın kullanılan bazı Arduino modellerinin teknik özellik karşılaştırma tablosu	33
Tablo 8. Deniz istasyonu üzerinde kullanılan tüm sensörlerin 13 saatlik veri toplama istatistikleri	60
Tablo 9. Deniz istasyonu üzerinde kullanılan tüm sensörlerin 26 saatlik veri toplama istatistikleri	61

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Günümüzde sık kullanılan mikrodenetleyicilerden bazıları.....	4
Şekil 2. Arduino Uno R3 kart topolojisi	9
Şekil 3. Arduino Uno R3 kartı pin yapısı	10
Şekil 4. Arduino UNO R3 ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	13
Şekil 5. Arduino UNO R3 arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	14
Şekil 6. Arduino Mega 2560 Rev3 kart topolojisi.....	16
Şekil 7. Arduino Mega 2560 Rev3 kartı pin yapısı	17
Şekil 8. Arduino Mega 2560 Rev3 kartı pin yapısı (sayısal pin 22'den 53'e kadar).....	18
Şekil 9. Arduino Mega 2560 ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	24
Şekil 10. Arduino Mega 2560 arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	24
Şekil 11. Arduino Due kartı pin yapısı	26
Şekil 12. Arduino Due ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	29
Şekil 13. Arduino Due arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	29
Şekil 14. Genel hatları ile Arduino Yun özellikleri	31
Şekil 15. Arduino Yun Köprü (Bridge) yapısı blok diyagramı.....	31
Şekil 16. Arduino Yun ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	32
Şekil 17. Arduino Yun arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü.....	32
Şekil 18. Ultrasonik mesafe sensörü HC-SR04.....	40
Şekil 19. DHT11 nem ve sıcaklık sensörü.....	40
Şekil 20. NRF24L01 kablosuz bağlantı modülü.....	41
Şekil 21. BMP180 sayısal basınç sensörü.	42
Şekil 22. DS18B20 su geçirmez özellikli sıcaklık sensörü.....	43
Şekil 23. LM35 sıcaklık sensörü.....	43
Şekil 24. Buzzer (Sesli uyarı ya da alarm amaçlı)	44
Şekil 25. Işık yayan diyot (LED)	45
Şekil 26. Deney tahtası görünümü	45

Şekil 27. Deney tahtası besleme kartı	46
Şekil 28. Deniz istasyonu devre tahtası üzerindeki bileşen bağlantıları ve görünümü....	48
Şekil 29. Deniz istasyonu elektronik devre şeması	49
Şekil 30. Kara istasyonu devre tahtası üzerindeki bileşen bağlantıları ve görünümü.....	50
Şekil 31. Kara istasyonu elektronik devre şeması.....	51
Şekil 32. Şerit metrede cm cinsinden ölçümlenen mesafe değeri.....	58
Şekil 33. Gelen verilerin ekran üzerindeki görüntüsü.	59
Şekil 34. Likit ortamda ölçüm yapabilen sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi.....	63
Şekil 35. LM 35 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi	63
Şekil 36. DHT11 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi	64
Şekil 37. BMP180 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi	64
Şekil 38. Nem sensörü ölçüm zaman serisi	65
Şekil 39. Mesafe sensörü ölçüm zaman serisi	65
Şekil 40. Hava basıncı sensörü ölçüm zaman serisi	66

SİMGE LİSTESİ

A	: Amper
HPa	: Hektopaskal
KB	: Kilo Byte
M	: metre
MBIT	: Mega Bit
MHz	: Mega Hertz
P	: Basınç
S	: Saniye
V	: Voltaj

KISALTMA LİSTESİ

ADC	: Analog Sayısal Dönüştürücü (Analog to Digital Converter)
AP	: Erişim Noktası (Access Point)
AVR	: Alf ve Vegard RISC İşlemcisi (Alf and Vegard's RISC processor)
BIOS	: Basic I/O sistemi
DAC	: Sayısal Analog Dönüştürücü (Digital to Analog Converter)
DDR 2	: Çift Veri Hızı (Double Data Rate 2) (RAM)
DHCP	: Dinamik Ana Bilgisayar Yapılandırma Protokolü (Dynamic Host Configuration Protocol)
EEPROM	: Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory
I2C / IIC	: Inter IC Communication ya da Inter-Integrated Circuit
ICSP	: Devrede Seri Programlama (In Circuit Serial Programming)
IDE	: Entegre Geliştirme Ortamı (Integrated Development Environment)
IoT	: Nesnelerinin İnterneti (Internet of Things)
LAN	: Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
LED	: Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
LLC	: Mantık Seviyesi Dönüştürücü (Logic Level Converter)
MIPS	: Kilitli Boru Hattı Aşamaları olmayan Mikroişlemci (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages)
MISO	: Master In Slave Out
MODEM	: Modem (Modulator Demodulator)
MOSI	: Master Out Slave In
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Kontrolcü (Programmable Logic Controller)
PWM	: Puls Genişliği Değişimi (Pulse Width Modulation)
RISC	: Azaltılmış Komut Setli Bilgisayarlar (Reduced Instruction Set Computers)
SCL	: Seri Saat (Serial Clock)
SCLK	: Seri Saat Sinyali (Serial Clock Signal)
SDA	: Seri Veri (Serial Data)

SPI	: Seri Çevresel Arayüz (Serial Peripheral Interface)
SPI	: Seri Çevre Arayüzü (Serial Peripheral Interface)
SSID	: Hizmet Kümesi Tanımlayıcısı (Service Set Identifier)
UART	: Evrensel Asenkron Alıcı / Verici (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
USART	: Evrensel Senkron Asenkron Alıcı Verici (Universal Synchronous Asynchronous Reciever Transmitter)
UEFI	: Birleşik Genişletilebilir Ürün Yazılımı Arayüzü (Unified Extensible Firmware Interface)
UIoT	: Denizel Nesnelerinin İnterneti (Underwater Internet of Things)
UIoT	: Sualtı Nesnelerinin İnterneti (Underwater IoT)
USART	: Evrensel Senkron Asenkron Alıcı Verici (Universal Synchronous Asynchronous Reciever Transmitter)
USB	: Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
WAN	: Geniş Alan Ağı (Wide Area Network)

1. GİRİŞ

1.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti İngilizcedeki Internet of Things (IoT) anlamında kullanılmaktadır. IoT fiziksel nesnelerin birbirleriyle ve hatta üst (parantel) sistemlerle bağlantılı olduğu bir iletişim ağıdır. Artık bilgi toplumunun bir altyapısı olarak tanımlayabileceğimiz IoT kullanımı çeşitli alanlarda artan ve giderek yaygınlaşan bir teknoloji halini almış ve kabul görmeye başlamıştır. Halen devam etmekte olan sanayi devrimlerinin sonucu olarak birçok bilimsel alanın birlikte kullanılması ve gelişmesiyle beraber elektronikte yaşanan gelişmelerin sonucu olarak nesnelerin internetinin de kullanılması günümüzde kaçınılmaz olmuştur. Başlangıçtaki etki alanları karasal alanlar olsa da heterojen mimarili bu ağ aşırı sığ derinliklerden okyanus tabanına kadar her derinlikte çalışmak için yeterince esnek hale gelmektedir. Son zamanlarda geliştirilmekte olan bir iletişim ekosistemi karşılığı olarak “Sualtı Nesnelerinin İnterneti” (Denizel IoT) kavramı günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak değişken ölçme ortamı şartları nedeniyle, yine sualtındaki kısıtlı enerji imkânlarından ve ölçülen yüksek hacimli verilerin hesaplamada yarattığı zorluklarından dolayı denizel ortamların birbirleriyle bağlanabilmesi yapı ve işlevleri bakımından klasik IoT’lerden bazı farklılıklara sahiptir.

1.2. Sanayi (Endüstri) Devrimleri

İnsanlığın tüketici durumundan üretici durumuna geçişinden sonra Büyük Britanya, Kıta Avrupası ve Amerika Birleşik Devletleri'nde sanayi devrimleri başlamış ve insanlık art arda gelen dört sanayi devrimine şahit olmuştur (Wrigley, 2018). Birinci sanayi devrimi 1700’lü yıllarda buhar makinesinin icadıyla başlamış ve demir-çelik ve tekstil gibi alanlarda ilerleme kaydedilmiştir. Demiryollarının yaygınlaşması ile üretimin tüketiciye ulaşması kolaylaşmış, ulus-devlet olgusunu güçlendirmiştir. 1800’lü yılları kapsayan ikinci sanayi devriminde çelik üretimi göze çarpar. Fizik ve kimya alanlarındaki ilerlemeler sonucu, ilk dönemdeki basit mekanik prensipler ile çalışan makinelerin aksine, elektrik kullanımının da yaygınlaşmasıyla fabrikalarda seri üretimler gerçekleştirilmiştir. Yirminci yüzyılın hemen başlarında transistörün bulunması ile zayıf radyo ve ses sinyallerinin kuvvetlendirilmesi sağlanabilmiş ve aynı yüzyılın ortalarına kadar radyo teknolojisi en yüksek noktasına

erişebilmiştir (Çamoğlu, 2012). Üçüncü sanayi devriminde, 1900lü yılların son dönemlerinde, sayısal (dijital) elektronikte yaşanan gelişmelerle, elektroniğin üretimde kullanılması sürecin otomatikleşmesinde katkıda bulunmuştur. Bilgisayar sistemlerinin kullanımı, otomasyon sistemleri ile robotlar üretimde yer alması başlamıştır. Elektronik devre tasarımında devrim niteliği taşıyan yarı iletken elemanlar kullanılmaya başlamıştır. Bu sanayi devriminde üretimde verimliliğinde iyileşme olmasına karşılık çalışan işçi sayısında azalmaya sebep olmuştur. 2000’li yılların başında ortaya çıkan ve Endüstri 4.0 (kısaca I40) olarak da isimlendirilen dördüncü sanayi devrimi üretimde işçiler yerine tamamen robotların kullanılması, yapay zekânın kullanılması ve tasarım aşamalarında artık yer alması, üç boyutlu yazıcılarda yaşanan teknolojik gelişmeler bu dönemdedir. Artık şirketler rakiplerinin önüne geçebilmeleri için teknolojiye yeni gelişmeleri ve uygulamaları takip etmek zorundadır. Şiddetli rekabet sonucu robotların kullanılması insan gücü kullanımını azalttığından dolayı insanların işlerini kaybetmelerine sebep olmaktadır. Aynı zamanda yapay zekânın insan gibi düşünebilme ve karar verebilme yeteneklerinden dolayı insanların üretimde yer alma sürecini yapay zekâ ve yapay zekâyı kullanan robotlar üstleneceklerdir.

1.3. Mikroişlemciler

Mikroişlemci amaca yönelik binary sistemde çalışarak mantıksal işlemleri yapan bütünleşmiş bir devredir. 1970’li yıllardan itibaren kullanılan mikroişlemci günümüzde neredeyse her elektronik cihaz içerisinde kullanılmaktadır. Enerji tüketimi tasarım mimarisi ve dizayna bağlı olarak değişmekte olup sürekli düşen bir trend içerisinde. Ancak mikroişlemcilerle yapılan uygulamalarda i/o portları, veri depolayıcılar, sadece okunabilir bellekler ve EEPROM gibi değişik yan birimlere ve bunların kendi aralarındaki iletişimi sağlayacak bağlantılara gereksinim duyulmaktadır. Bu kolay ve ucuz bir işlem değildir, ayrıca kart tasarımı esnasında ilave yer kaplayan ve maliyeti arttıran bir durum olduğundan mikrodenetleyicilerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Piyasa çeşitli üreticilerin üretmiş olduğu birçok çeşit mikroişlemci bulunmaktadır. Bunların bazı özellikleri eklenerek ya da çıkarılarak amaca uygun ve düşük maliyetli seçenekler oluşturulmaya çalışılmış, bu sayede tasarımcı tasarım yaparken ihtiyacına yönelik uygun mikroişlemci seçme şansına sahip olmaktadır.

1.4. Mikroişlemci Mimarileri

Mikroişlemcilerin tasarımını belirleyen komut seti ve bu komutların işlevleridir. Mikroişlemcilerin komut seti mimarisine göre tasarımı ve donanımsal tasarım mimarisine göre ikiye ayrılmaktadır. Tasarım felsefesine, diğer bir deyişle, komut seti mimarisine göre mikro denetleyiciler CISC ve RISC olarak ikiye ayrılmaktadırlar.

Bunlardan ilki kompleks komut kümeli veya setli bilgisayarlar veya kısaca CISC olarak isimlendirilmiştir. CISC (Complex Instruction Set Computers) mimarisi ile tasarlanan mikroişlemciler de performans düşüklüğü olmasına karşın hafıza gereksinimi az olmaktadır. Komut içerisindeki işlemlerin fazlalığı karmaşıklığı artırır. Bellek kapasitesi kısıtlı uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Intel 80x86, AMD ve Intel gibi işlemciler tarafından günümüzde kullanımını sürdürmektedirler.

İkinci olarak ise RISC (Reduced Instruction Set Computers, azaltılmış komut setli bilgisayarlar) olarak isimlendirilmiştir. Bu tarz işlemciler daha az sayıda ve basit komutlar ile çalışmaktadır. Komutlar tek çevrimde çalıştığından daha hızlıdır. Komutlar paralel olarak çalışmakta, performans olarak iyileşme sağlamaktadır. Ayrıca az sayıda komut kullandığından tümleşik devre daha az yer kaplamaktadır. Fakat kaydedicilere (registers) duyulan ihtiyaç CISC mimarisine göre daha fazladır.

Kıyaslama yapıldığı zaman CISC mimarisine sahip mikroişlemcilerin tasarımı daha zordur ve fazla komuta ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca mikroşlemcide kullanılan transistör adedi CISC işlemcilerde daha çok olduğundan ısı ve soğutma gereksinimi daha fazladır.

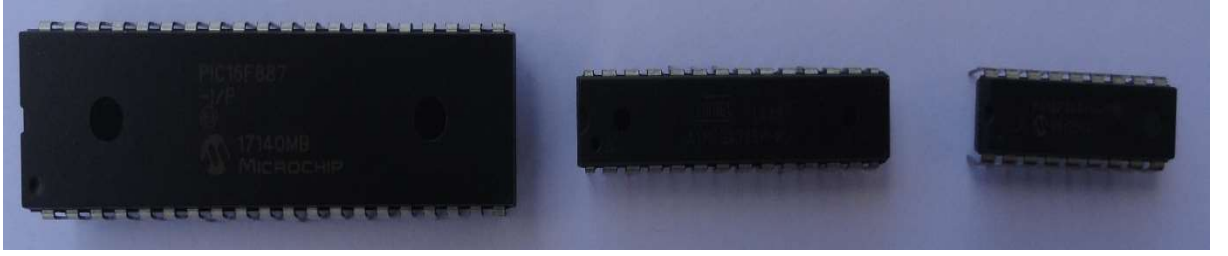
Donanımsal tasarım mimarisine göre mikroişlemciler Von Neumann ve Harvard mimarisi olarak ikiye ayrılırlar. Von Neumann mimarisinde çalıştırılan program bellekte depolanır, bu mimari tasarımı gereği veriler ve ihtiyaç duyulan komutlar aynı veri hattı üzerinden gönderilir. Ancak veri hatları hızı işlemciye göre yavaş olduğundan dolayı yavaşlık problemini meydana getirirler ve darboğaz oluştururlar. Hız anlamında iyileşme sağlamak adına önbellekleme metodu bu mimari tasarımlı işlemcilere konulmuştur. Darboğaz problemi önbellekleme metodu ile iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Harvard mimarisinde veriler ve komutlar farklı hafızalarda tutulur, veri hatları birbiri ile ilişkili değildir ve ayrıdır. Bu mimarideki mikroşlemcilerde hız ön plandadır.

1.5. Mikrodenetleyiciler

Elektronikte transistör devriminden sonra lojik elektronikte yaşanan gelişmeler sayesinde mikrodenetleyicilere işlemci, ram, rom, EEPROM, ADC ve giriş çıkış portları gibi birimler konularak tümleşik hale getirilmiştir (Dökmetaş, 2016). Bu sayede çalışma ihtiyacı duyulan her program parçacığı için pahalı bilgisayar sistemleri kullanmaya gerek kalmamış, daha ucuz ve daha az yer kaplayan, seri üretimi yapılabilecek düşük maliyetli sistemlerin geliştirilmesini olanak kılmıştır. Günümüzde çok sayıda mikrodenetleyici türleri üretilmekte ve kullanılmaktadır.

Mikrodenetleyicilerin özellikleri üretim aşamasında modifiye edilerek birçok özelliğin eklendiği ya da çıkarıldığı çeşitli özelliklerde türleri üretilir, böylece kullanılacak projede uygun mikrodenetleyici seçimi ile gereksiz maliyet artışını engellemek için üreticiler tarafından seçenekler sunulmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Günümüzde sık kullanılan mikrodenetleyicilerden bazıları.

Mikrodenetleyiciler yapısı gereği birer küçük bilgisayar gibi düşünülebilirler. İçlerinde mikroişlemci, ROM, RAM, flash bellek, SRAM, EEPROM, UART, USART, ADC (Analog Sayısal Dönüştürücü ADC, PWM (Pulse With Modulation), giriş çıkış pinleri gibi birçok farklı ve çeşitli yapılar barındırırlar.

Flash bellek silinip tekrar kullanılabilen bir kalıcı hafıza olup, uygulama amacına yönelik izin verecek kadar geniş olmalıdır. Yazılımlar bu bellek üzerinde depolanıp saklanmaktadır ancak mikrodenetleyici bu hafızaya üzerindeki yazılımı çalıştırırken değişiklik yapamaz. ROM (Read Only Memory) salt okunan kalıcı bir bellektir. İçindeki veriler imalattan sonra elektronik olarak ayırık devreler olmadan kolayca değiştirilemez. Diğer bir deyişle,

yazılım güncellemeleri ancak yeni cihazların üretilmesi ile mümkündür ve bu nedenle ROM sabit yazılımları depolamak için kullanışlıdır. Programlanabilir cihazlar için ROM içeren özel eklenti devreleri geliştirilmiştir. Bunların teknolojiye isimlendirmeleri ise EPROM silinebilir programlanabilir salt okunur bellektir. EEPROM ise, elektrikle silinebilir programlanabilir salt okunur bellektir. Ancak uygulamalarda, örneğin Android işletim sisteminde, ROM terimi sık kullanılır ve bu terim ayrıca EEPROM veya Flash bellekte saklanacak yazılım içeren bir dosya anlamında da kullanılmaktadır. Günümüzde ROM, grafik kartı, her cins disk sürücüler gibi bağımsız aygıtların denetiminde de kullanılmaktadır. Başta BIOS/UEFI olmak üzere salt okunur belleklerin çoğu genellikle EEPROM veya Flash bellek ile değiştirilebilmektedir. Yani yükseltmesi gerekirse yerinde yeniden programlama mümkündür. Aslında bu görece daha eski teknolojiler günümüzde gömülü sistemlerde yaygındır. Ancak genellikle sabit diskleri olmayan bu tür cihazlarda, yazılımları donanıma sıkı sıkıya bağlı olduğundan, program değişikliklerine pek gereksinim duyulmaz. Fakat bu durum bilgi güvenliğini artırmada kriptografik verilerin ikili sistemde depolanması gibi özel bir avantaj yaratmaktadır. EEPROM bellekte güç kesildiğinde üzerindeki veriler kaybolmaz. SRAM de mikrodeneleyici üzerindeki yazılımı çalıştırırken kullanacağı bir çeşit bellek türüdür. USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) donanımsal seri iletişimde protokolüdür ve çeşitli çevre birimleri ile iletişimde kullanılır. PWM elektronikte özel bir tekniktir, belirli dönemlilikte (periyod) belirli bir süre kısa elektrik darbeleri halinde verilen elektrik sinyalidir, ADC'ler analog elektrik gerilimini sayısal değerlere dönüştürürken, giriş çıkış pinleri ise mikrodeneleyici için adeta dış dünyaya açılan kapılardır. Giriş çıkış pinleri fazla olan mikrodeneleyiciler ile daha fazla elektronik bileşen ile iletişim kurulabilmektedir.

1.6. Mikroişlemcilerde Programlama

Başlangıçta programlaması zor olan Assembly dili kullanılmıştır. Assembly dili makine diline en yakın dildir ve hızlı çalışmaktadır. Ancak Assembly dilinde kod yazmak hem çok zaman alan hem de birçok programlama hatasına sebep olabilecek bir dil olduğundan özel durumlar dışında tercih edilmemektedir. İşlemci ve kendine özgü komut setine uygun olarak geliştirilmiş yüksek seviyeli programlama dilleri için geliştirilmiş derleyiciler programcayı kullanması zor olan Assembly dili ile kod yazma zahmetinden kurtararak birçok avantaj

sağlamıştır. Bu avantajlar zamandan tasarruf, daha kolay kod yazılabilirliği, maliyet düşürme, işlemci spesifik kod yazma zahmeti olmaması, hızlı çözüm üretebilme, yazılan kodun birçok programcı tarafından rahatça anlaşılabilmesi olarak sıralanabilir. Genellikle C, Basic, AVR-C gibi makine ve Assembly diline göre yüksek seviyeli diller mikroişlemci türüne uygun derleyiciler ile kullanıldığında hem zaman kazandırmakta hem de birçok hatadan kurtarmaktadır. Yine tez kapsamında kullanacağımız platformlar artık bunu bir üst seviyeye taşıyarak daha kolay hale getirmiş, karışık yazılım algoritmaları ve mikrodenetleyici içyapısını en ince ayrıntısına kadar anlayıp kod geliştirme zahmetinden kurtararak son kullanıcıya esneklik ve zaman tasarrufu etme şansı vermiştir. Fakat bunun yanında arka planda neler olduğuna dair fikir azalmaktadır.

1.7. Mikrodenetleyici Kullanan IOT Donanımları

Piyasada mikrodenetleyici kullanan Arduino UNO, Arduino Mega 2560, Arduino Due, Raspberry Pi Pico, ESP8266, ESP32, BeagleBoard, Digispark, Netduino, NodeMCU, STM32 gibi geliştirme kartları ve Intel Edison, Arduino YUN, Raspberry Pi gibi gömülü sistemler mevcuttur. Bu tez kapsamında da kullanacağımız ve pratikte en fazla ve genel olarak kullanılan bazı Arduino prototipleme platformları aşağıda incelenmektedir.

1.7.1. Arduino

Mesleği elektronik ile ilgili olan ve olmayan insanların, amatör elektronikçilerin, hobi ile uğraşan insanların, profesyonel veya amatör anlamda bir ürün ortaya koymak isteyenlerin kullanabilmesi için geliştirilmiş, birçok yaş grubundaki insana hitap edebilen, hızlı ve pratik, zaman alıcı prosedürlerden kurtaran bir prototipleme platformudur. Geliştirme kartlarının fiyatlarının yüksek olması, platforma özgü tasarım süreçlerinin anlaşılmasının zaman alıcı olması, tasarım esnasında tekrarlayan ve zaman gerektiren süreçleri kısaltması yönünden öğrencilerin ve profesyonel insanların bile hızlıca sonuç almasını sağlayan açık kaynak donanım tasarımına sahip bir platformdur. Şahıslar <https://arduino.cc> internet sitesindeki kart tasarımları kullanılarak kendi kartlarını üreterek ve tasarımsal değişiklikler yaparak ticari faaliyetlerde bulunabilirler. Ürünlerin Arduino ismi ile adlandırılması bile gerekmediğinden herkesin bu kartları kullanarak ticari ürünler ortaya koyma şansı vardır. Bu platformda kodlama

yapabilmek için Arduino masaüstü entegre geliştirme ortamı (Arduino Desktop IDE) kişisel bilgisayara yüklenmeli ve uygun USB bağlantı kablosu ile karta bağlanmalıdır.

Arduino kartlarıyla uyumlu olacak şekilde geliştirilmiş birçok modüler kart (shield) ile hızlıca eklenmek istenen özelliği donanımlar, tasarıma gerekli kodlamalar ve bağlantılar yapıldıktan sonra dâhil edilebilirler.

Kartlar üzerindeki “reset” butonu ile yeniden başlatılma imkânına sahiptir. Özellikle deniz ortamlarındaki zorluklardan dolayı ihtiyaç halinde uzaktan resetleme yapılacak şekilde devre tasarımı ve yazılımı yapılması deniz bilimlerinde avantaj sağlayabilir.

Piyasada hem Arduino üretimi hem de birçok girişimin yapmış olduğu kendi kendine öğrenme kitleri ve yazılımları aracılığı ile her yaş grubuna hitap edecek şekilde eğitim kitleri çıkarılmıştır. Küçük yaş grubu seviyesinden, üniversite düzeyi mühendislik çalışmalarında kullanımına kadar yetecek düzeyce eğitim kitleri vasıtası ile donanım ve yazılım tarafında pratik uygulama ve eğitim amaçlı çalışmaların yapılabilmesinin önü açılmıştır.

Bu platformun üreticisi, Arduino’yu çok kolayca kullanılabilecek olan donanım ve yazılıma dayalı açık kaynaklı bir elektronik platform olarak tanımlamaktadır. Bunları gerçekleştirebilmek için Wiring tabanlı Arduino programlama dili ve Processing tabanlı Arduino yazılımı (IDE) kullanılmalıdır. Arduino yazılımı (IDE) Windows, Linux ve Macintosh OSX üzerinde çalışabilir, böylece diğer yazılım geliştirme ortamlarının Windows işletim sistemi ile kısıtlı kalma problemi bu platformda yer almamaktadır. Açık kaynaklı olan bu IDE yazılımı C++ programlama dili ile yazılmış kütüphaneler ile genişletilebilirken, yazılan kod içerisine direkt olarak AVR-C kodları da eklememize olanak kılarak uzman kişilerin de mikrodenetleyici ile yapmak istediği çalışmalarda gelişmiş mikrodenetleyici özelliklerinden mahrum kalmadan çalışma yapabilmelerine esneklik ve olanak sağlar (<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>)

1.7.1.1. Arduino Uno

Arduino kartları içerisinde en çok kullanılan ve giriş seviyesi için en uygun kartıdır. Yapılabilecek projeler için en çok belge ve örnek bulunan, kitap ve doküman oluşturulan kart bu karttır. Arduino yazılım geliştirme ortamındaki kodlama ve elektroniğe giriş için seçilebilecek en uygun donanımlardan birisidir. Şu anda en son Arduino UNO R3 versiyonu

piyasada bulunmaktadır ve halen üretilmektedir. Bu kart ATmega328P mikrodnetleyici ve ATmega16U2 USB'den seri iletişime çevirici entegre ile donatılmıştır (şekil 2, Tablo 1).

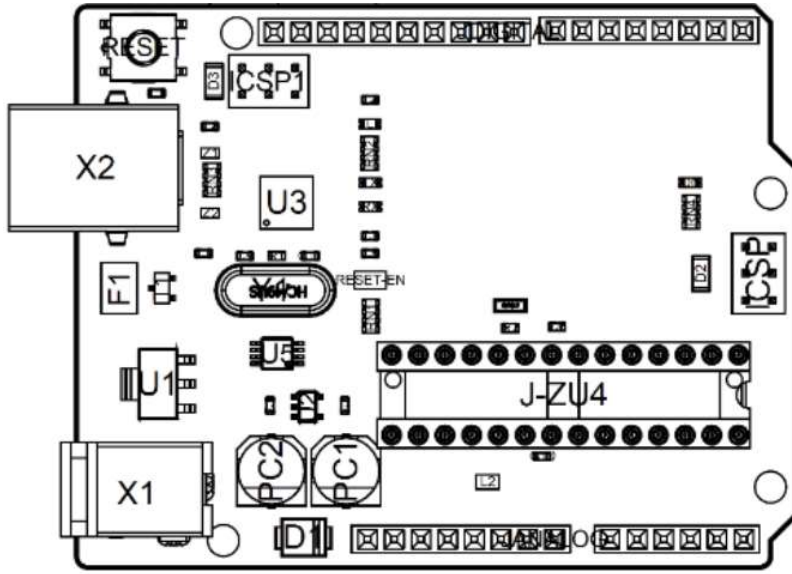
ATMega328P mikrodnetleyicisi 8 Bit AVR mimarili işlemci barındırmakta olup 16 MHZ hıza sahiptir (şekil 3, Tablo 2). zerinde 32 KB Flash bellek, 2 KB SRAM, 1 KB EEPROM barındırmaktadır. 14 adet sayısal giriş çıkış pini, 6 adet analog giriş pini, g regülatörü, reset butonu, harici besleme için power jack, USB bağlantı portu, ICSP bağlantı konnektörü barındırmaktadır (Tablo 3). Mikrodnetleyici üzerinde haberleşme amacıyla kullanılmak üzere donanımsal seri haberleşme için olan UART, SPI ve I2C bağlantı noktaları bulundurmaktadır. Sayısal giriş çıkış pinlerinin 6 adedi PWM ıkışı verecek şekilde programlanabilirler. Mikrodnetleyici 2.7 ile 5.5 volt arası doğru akım ile çalışmaktadır.

Endüstri standartlarındaki bu elektronik kart birçok firmanın PLC'leri için beyin olarak kullanılmaktadır. Bilimsel projelerde ve eğitim amaçlı olarak yıllardır kullanılmaktadır.

Herhangi bir sorun yaşandığında ya da tasarım esnasında yanlışlık yapıldığı takdirde üzerinde bulunan ve lehimlenmemiş halde entegre soketine yerleştirilmiş ATmega328P mikrodnetleyicisi kolayca yenisiyle değiştirilebilir. -40 C° ile +85 C° sıcaklık aralığında çalışabilir (<https://docs.arduino.cc/static/a222769c81755139afb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf>).

USB bağlantısı üzerinden de kart 500mA değerini aşmayacak şekilde çalıştırılabilir. Aynı zamanda kart aşırı akım korumasını sağlamak amacıyla 500mA değerinde polyfuse tipi sigorta ile USB portu üzerinden çekilen aşırı akımda portun bozulması engellenmiştir (<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/>).

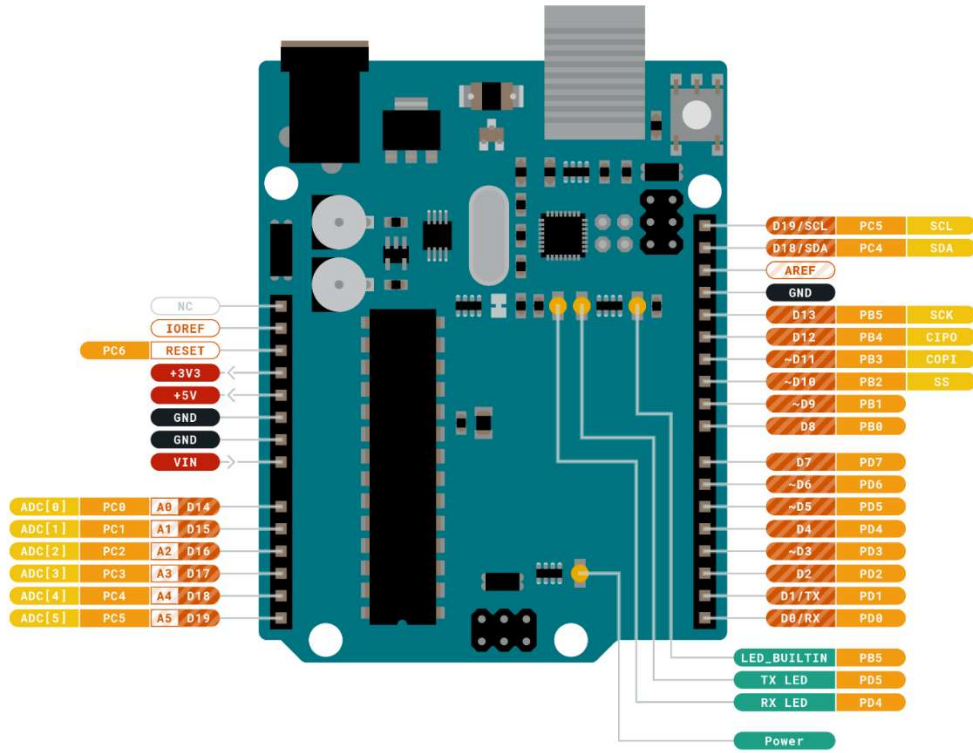
zerinde bulunan g ledi kartın g alıp almadığını, Tx ve Rx ledleri ise programın mikrodnetleyiciye yklenmesi esnasında ve seri iletişim esnasında yanıp sönerek hata ayıklaması yapılabilmesini sağlar (<https://docs.arduino.cc/tutorials/uno-rev3/board-anatomy>).



Şekil 2. Arduino Uno R3 kart topolojisi (<https://store.arduino.cc/>; <https://docs.arduino.cc/static/222769c81755139afb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf>)

Tablo 1. Arduino Uno R3 kart topolojisi referans isimleri açıklama tablosu (<https://docs.arduino.cc/static/a222769c81755139afb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf>).

Referans	Açıklama	Referans	Açıklama
X1	Güç Girişi	U1	SPX1117M3-L5 Regülatör
X2	USB B tipi Konnektör	U3	ATMEGA16U2 Mikrodenetleyici
PC1	EEE-1RA470WP 25V SMD Kapasitör	U5	LMV358LIST-A9 Entegre
PC2	EEE-1RA470WP 25V SMD Kapasitör	F1	Yüksek Yoğunluklu Yonga Kapasitör
D1	CGRA4007-G Doğrultucu	ICSP	Pin bağlantı konnektörü
J-ZU4	ATMEGA328P Mikrodenetleyici	ICSP1	Pin bağlantı konnektörü
Y1	ECS-160-20-4X-Du Osilatör		



Şekil 3. Arduino Uno R3 kartı pin yapısı (<https://docs.arduino.cc/static/a222769c81755139afb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf>)

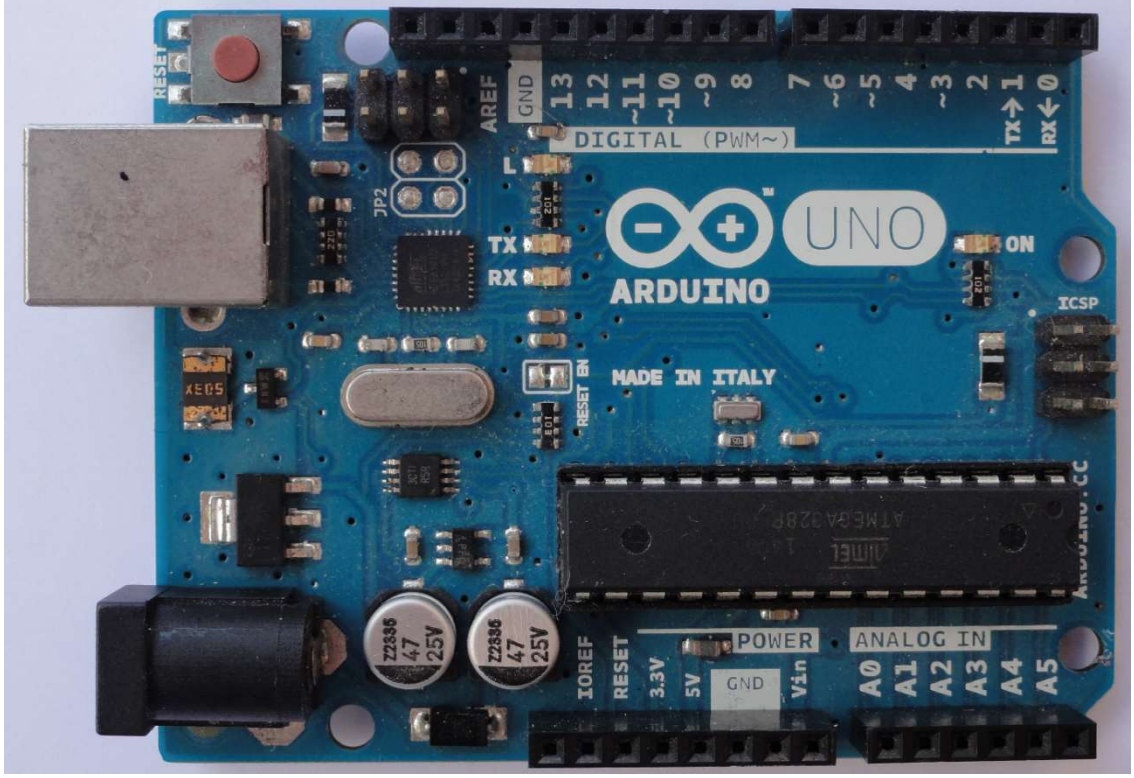
Tablo 2. Arduino Uno R3 analog pinlerinin numaralarına göre fonksiyonu, tipleri ve açıklamaları (<https://docs.arduino.cc/static/a222769c81755139afb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf>)

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	NC	NC	Bağlı Değil
2	IOREF	IOREF	Sayısal Mantık V İçin Referans / 5 Volta Bağlı
3	Reset	Reset	Reset
4	+3.3	Güç	+3.3 Güç Rayı
5	+5.0V	Güç	+5.0V Güç Rayı
6	G.N.D.	Güç	Toprak
7	G.N.D.	Güç	Toprak
8	V.I.N.	Güç	Voltaj Girişi
9	A0	Analog/GPIO	Analog Giriş 0 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
10	A1	Analog/GPIO	Analog Giriş 1 - Genel Amaçlı Giriş Çıkış
11	A2	Analog/GPIO	Analog Giriş 2 - Genel Amaçlı Giriş Çıkış
12	A3	Analog/GPIO	Analog Giriş 3 - Genel Amaçlı Giriş Çıkış
13	A4 / SDA	Analog Giriş / I2C	Analog Giriş 4 - I2C Data Hattı
14	A5 / SCL	Analog Giriş / I2C	Analog Giriş 5 - I2C Saat Hattı

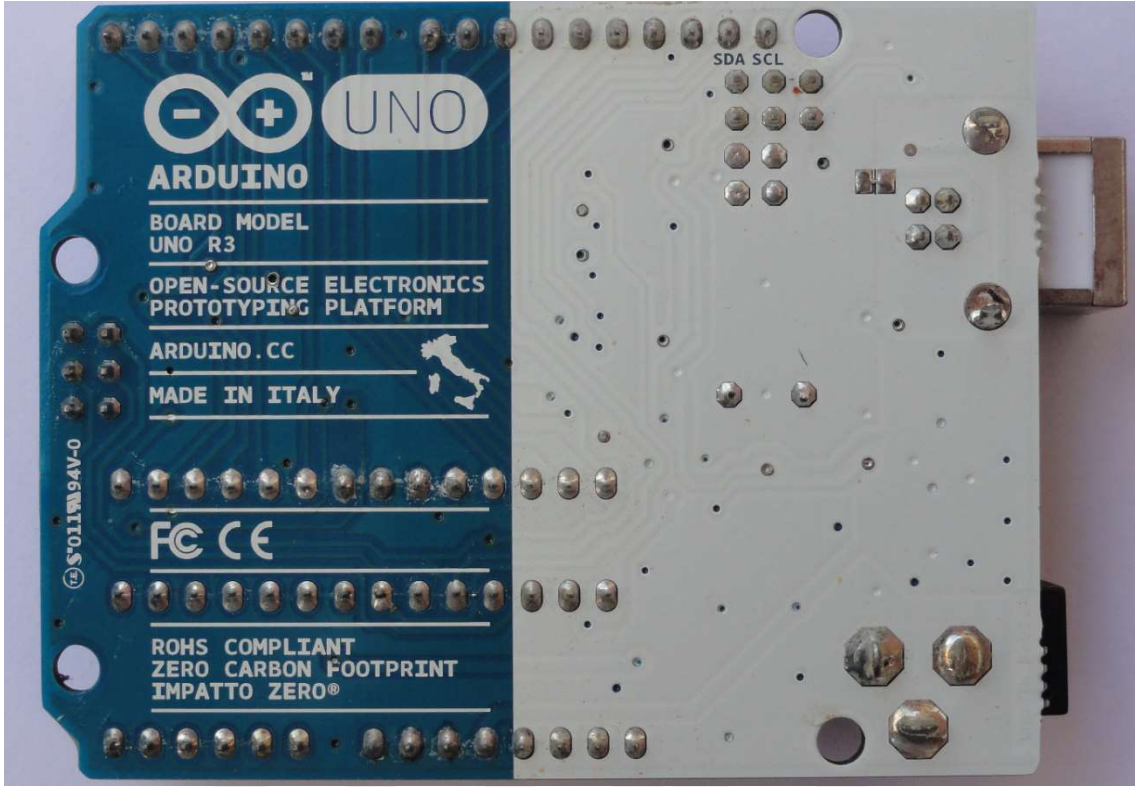
Tablo 3. Arduino Uno R3 sayısal pinlerinin numaralarına göre özellikleri, tipleri ve açıklamaları (https://docs.arduino.cc/static/a222769c81755139a_fb341820ff29330/A000066-datasheet.pdf)

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	D0	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 0 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
2	D1	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 1 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
3	D2	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 2 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
4	D3	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 3 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
5	D4	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 4 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
6	D5	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 5 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
7	D6	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 6 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
8	D7	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 7 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
9	D8	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 8 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
10	D9	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 9 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
11	SS	Sayısal	SPI Yonga Seçimi
12	MOSI	Sayısal	SP1 Ana Çıkış İkinci Giriş
13	MISO	Sayısal	SPI Ana Giriş İkinci Çıkış
14	SCK	Sayısal	SP Seri Saat Çıkışı
15	GND	Güç	Toprak
16	AREF	Sayısal	Analog Referans Gerilimi
17	A4 / SD4	Sayısal	Analog Giriş 4 / I ² C Veri Hattı (Çoğaltılmış)
18	A5 / SD5	Sayısal	Analog Giriş 5 / I ² C Saat Hattı (Çoğaltılmış)

Arduino Uno R3 kartının devre yolları her iki yüzeyde iken, elektronik komponentler ve bağlantı uçları buton ve güç giriş ve USB bağlantısı kartın ön yüzünde yerleştirilmiştir (şekil 4 ve 5).



şekil 4. Arduino UNO R3 ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü



Şekil 5. Arduino UNO R3 arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü

1.7.1.2. Arduino Mega 2560

Arduino kartları içerisinde yine çok kullanılan fakat daha gelişmiş özelliklere ve kapsamlı uygulamalar yapmak amacıyla geliştirilmiş bir karttır. Şu anda en son Arduino Mega 2560 Rev3 uyarlaması piyasada bulunmaktadır (<https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>). Bu kart ATmega2560 mikrodenetleyici ve ATmega16U2 USB'den seri iletişime çevirici entegre ile donatılmıştır (Şekil 6-8; Tablo 4-8).

ATmega2560 mikrodenetleyicisi 8 Bit AVR mimarili işlemci barındırmakta olup 16 MHZ hıza sahiptir. Üzerinde 256KB Flash bellek, 8KB SRAM, 4KB EEPROM barındırmaktadır. 54 adet sayısal giriş çıkış pini, 16 adet analog giriş pini, güç regülatörü, reset tuşu, USB bağlantı portu, harici besleme için power jack, ICSP bağlantı konnektörü barındırmaktadır. Mikrodenetleyici üzerinde haberleşme amacıyla kullanılmak üzere 4 adet donanımsal seri haberleşme için olan UART, SPI ve I2C bağlantı noktaları bulundurmaktadır. Sayısal giriş çıkış pinlerinin 15 adedi PWM çıkışı verecek şekilde programlanabilirler.

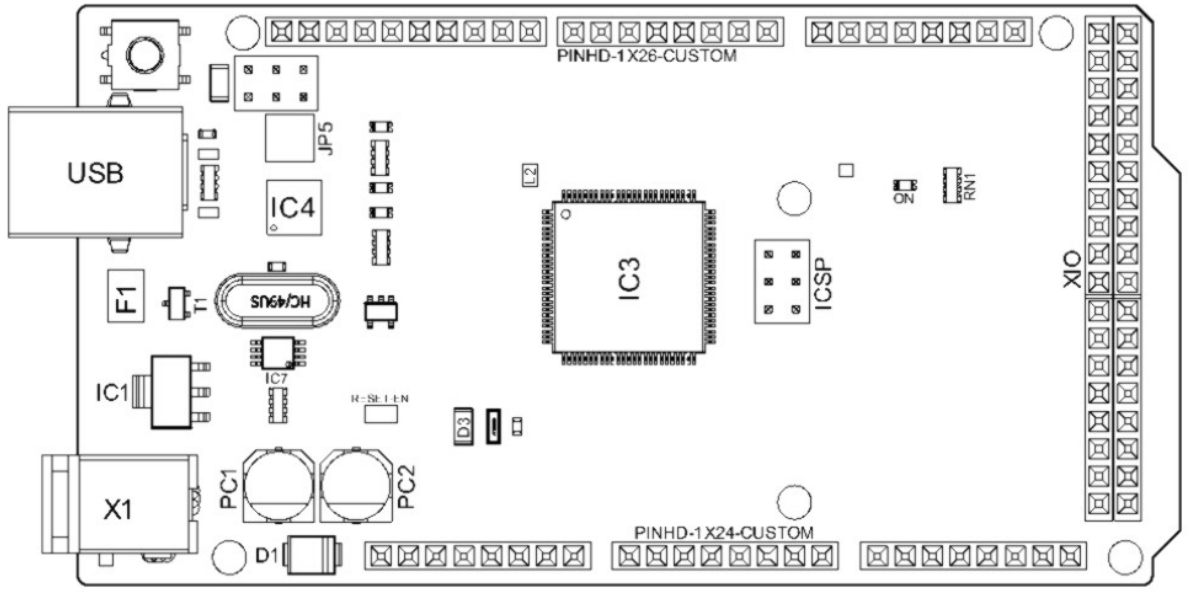
Üzerinde bulunan güç ledi kartın güç alıp almadığını, Tx ve Rx ledleri ise yanıp sönerek hem programın mikrodenetleyiciye yüklenmesi ve hem de seri iletişim esnasında hata ayıklaması yapılabilmesini sağlar.

Kart üç boyutlu yazıcı ve robotik uygulamaları gibi gelişmiş uygulamalarda kullanılabilir. Kart birçok giriş çıkış pini barındırdığından birçok motoru aynı anda kontrol edebilme kabiliyeti vardır ki böylece özellikle robotik uygulamalarda çok faydalar sağlamaktadır. Kartın Wifi Shield ile uyumlu olması da kablosuz uygulamalar yapılabilmesine olanak sağlar.

Olumsuz yönü kart üzerinde dikkatli çalışılması gerektiğidir, çünkü mikrodenetleyici lehimlenmiş olarak gelmekte ve yenilemesi için kart üzerinden fiziki müdahale gerekmektedir. Kart -40 ile +85 C° sıcaklık aralığında çalışabilir (<https://docs.arduino.cc/static/2b0bf1485cddca1aabd37ee0f2ecacf9/A000067-datasheet.pdf>).

USB bağlantısı üzerinden de kart 500 mA değerini aşmayacak şekilde çalıştırılabilir. Aynı zamanda kart aşırı akım korumasını sağlamak amacıyla 500 mA değerinde polyfuse tipi sigorta ile USB portu üzerinden çekilen aşırı akımda portun bozulması engellenmiştir (<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>).

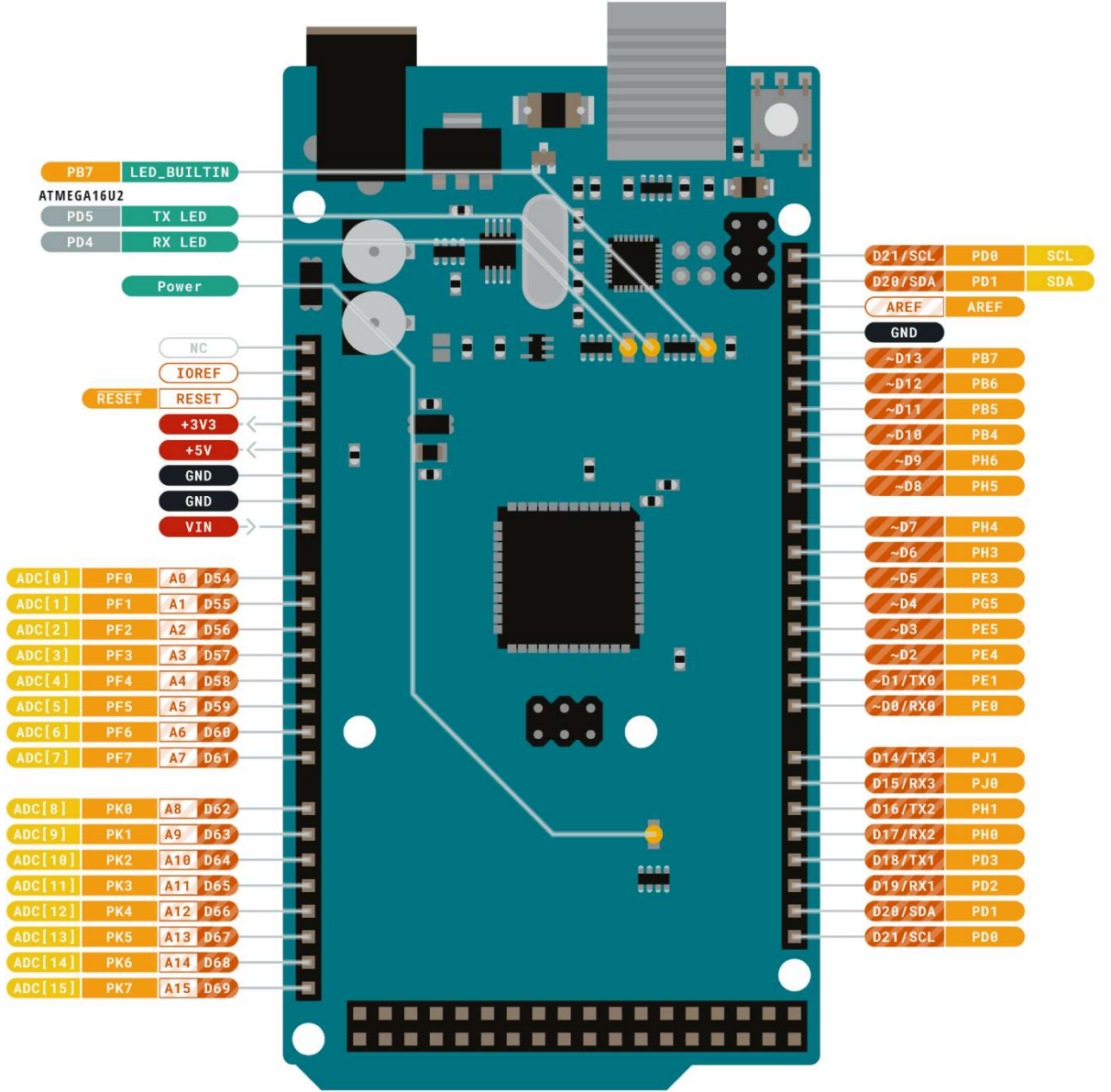
Bu kart Arduino Uno gibi düşük hafızaya sahip modellere sığmayacak kadar uzun programların çalıştırılması ve daha çok giriş çıkış pinine ihtiyaç duyulan sensör girişleri ve mikroişlemci ile yapılacak çıkış uygulamalarında kullanılmak üzere uygundur.



Şekil 6. Arduino Mega 2560 Rev3 kart topolojisi (<https://docs.arduino.cc/static/2b0bf1485cddca1aabd37ee0f2ecacf9/A000067-datasheet.pdf>).

Tablo 4. Arduino Mega 2560 Rev3 kart topolojisi referans isimleri açıklama tablosu

Referans	Açıklama	Referans	Açıklama
USB	USB B Tipi Konnektör	F1	Yonga Kapasitör
IC1	5V Doğrusal Regülatör	X1	Güç Jakı Konnektörü
JP5	Kaplı Delikler	IC4	Atmega 16U2 Mikrodenetleyicisi
PC1	Elektrolitik Alüminyum Kapasitör	PC2	Elektrolitik Alüminyum Kapasitör
D1	Genel Amaçlı Doğrultucu	D3	Genel Amaçlı Diyot
L2	Sabitlenmiş İndüktör	IC3	ATmega2560 Mikrodenetleyicisi
ICSP	Konnektör Başlığı	ON	Yeşil LED
RN1	Direnç Dizisi	X10	Konnektör



Şekil 7. Arduino Mega 2560 Rev3 kartı pin yapısı (<https://docs.arduino.cc/static/2b0bf1485cddca1aabd37ee0f2ecacf9/A000067-datasheet.pdf>).

Tablo 5. Arduino Mega 2560 Rev3 analog pinlerinin numaralarına göre özellikleri, tipleri ve açıklamaları (<https://docs.arduino.cc/static/2b0bf1485cddca1aabd37ee0f2ecacf9/A000067-datasheet.pdf>). AG: Analog Giriş.

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	NC	NC	Bağlı Değil
2	IOREF	IOREF	Sayısal Mantık V İçin Referans / 5 Volta Bağlı
3	Reset	Resetleme	Resetleme
4	+3.3	Güç	+3.3 Güç Rayı
5	+5.0V	Güç	+5.0V Güç Rayı
6	G.N.D.	Güç	Toprak
7	G.N.D.	Güç	Toprak
8	VIN	Güç	Voltaj Girişi
9-24	A0-15	Analog	AG 0-15 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış

Tablo 5. Devamı

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	D21/SCL	Sayısal Giriş/I2C	Sayısal Giriş 21/I2C Data Hattı
2	D20/SDA	Sayısal Giriş/I2C	Sayısal Giriş 20/I2C Data Hattı
3	AREF	Sayısal	Analog Referans Gerilimi
4	GND	Güç	Toprak
5	D13	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 13 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
6	D12	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 12 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
7	D11	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 11 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
8	D10	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 10 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
9	D9	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 9 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
10	D8	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 8 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
11	D7	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 7 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
12	D6	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 6 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
13	D5	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 5 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
14	D4	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 4 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış

Tablo 5. Devamı

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
15	D3	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 3 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
16	D2	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 2 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
17	D1/TX0	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 1 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
18	D0/Tx1	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 0 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
19	D14	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 14 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
20	D15	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 15 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
21	D16	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 16 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
22	D17	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 17 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
23	D18	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 18 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
24	D19	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 19 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
25	D20	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 20 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış
26	D21	Sayısal / GPIO	Sayısal Pin 21 / Genel Amaçlı Giriş Çıkış

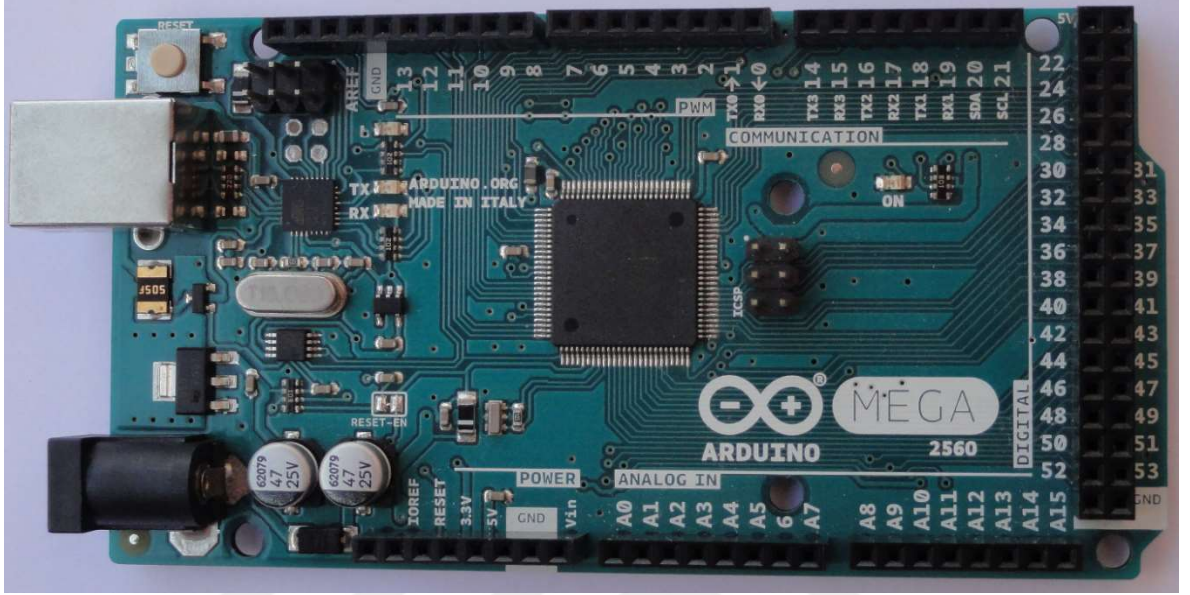
Tablo 5. Devamı

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	+5V	Güç	Güç Kaynağının 5 Voltu
2	D22	Sayısal	Sayısal Pin 22 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
3	D24	Sayısal	Sayısal Pin 24 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
4	D26	Sayısal	Sayısal Pin 26 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
5	D28	Sayısal	Sayısal Pin 28 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
6	D30	Sayısal	Sayısal Pin 30 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
7	D32	Sayısal	Sayısal Pin 32 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
8	D34	Sayısal	Sayısal Pin 34 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
9	D36	Sayısal	Sayısal Pin 36 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
10	D38	Sayısal	Sayısal Pin 38 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
11	D40	Sayısal	Sayısal Pin 40 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
12	D42	Sayısal	Sayısal Pin 42 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
13	D44	Sayısal	Sayısal Pin 44 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
14	D46	Sayısal	Sayısal Pin 46 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
15	D48	Sayısal	Sayısal Pin 48 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
16	D50	Sayısal	Sayısal Pin 50 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
17	D52	Sayısal	Sayısal Pin 52 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
18	GND	Güç	Toprak

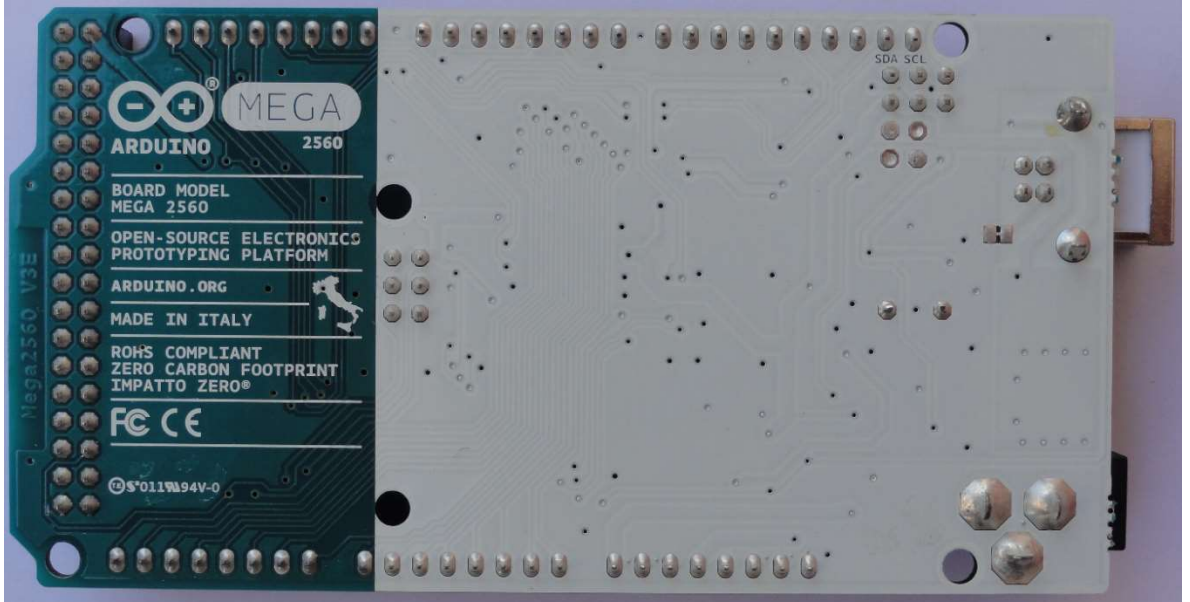
Tablo 5. Devamı

Pin	Fonksiyon	Tip	Açıklama
1	+5V	Güç	Güç Kaynağı 5 Volt
2	D23	Sayısal	Sayısal Pin 23 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
3	D25	Sayısal	Sayısal Pin 25 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
4	D27	Sayısal	Sayısal Pin 27 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
5	D29	Sayısal	Sayısal Pin 29 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
6	D31	Sayısal	Sayısal Pin 31 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
7	D33	Sayısal	Sayısal Pin 33 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
8	D35	Sayısal	Sayısal Pin 35 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
9	D37	Sayısal	Sayısal Pin 37 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
10	D39	Sayısal	Sayısal Pin 39 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
11	D41	Sayısal	Sayısal Pin 41 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
12	D43	Sayısal	Sayısal Pin 43 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
13	D45	Sayısal	Sayısal Pin 45 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
14	D47	Sayısal	Sayısal Pin 47 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
15	D49	Sayısal	Sayısal Pin 49 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
16	D51	Sayısal	Sayısal Pin 51 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
17	D53	Sayısal	Sayısal Pin 53 Giriş/ Genel Amaçlı Giriş Çıkış
18	GND	Güç	Toprak

Arduino Mega 2560 kartının devre yolları her iki yüzeyde iken, elektronik komponentler ve bağlantı uçları buton ve güç giriş ve USB bağlantısı kartın ön yüzünde yerleştirilmiştir (Şekil 9 ve 10).



Şekil 9. Arduino Mega 2560 ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü

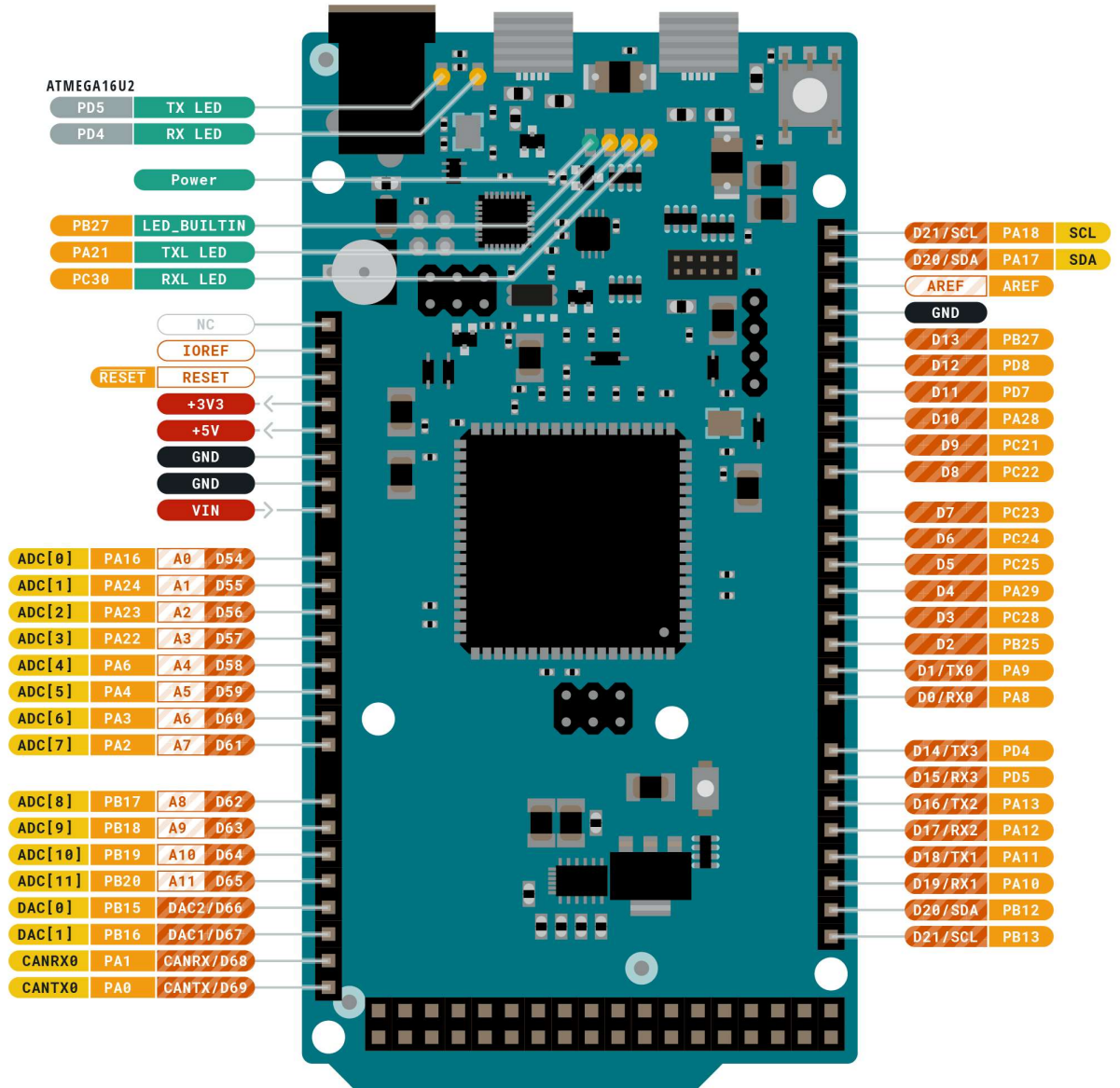


Şekil 10. Arduino Mega 2560 arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü

1.7.1.3. Arduino Due

Piyasada kullanılan diğer yaygın Arduino kartlarına göre oldukça gelişmiş özellikler taşıyan bu kart ARM mimarili Atmel AT91SAM3X8E mikro denetleyiciye sahiptir (Şekil 11). Diğer kartlar 16MHZ hızında iken bu kart 84 MHZ hızında çalışmaktadır. 512KB flash bellek ve 96KB SRAM ile diğer kartlara göre daha yüksek kapasiteye sahiptir. Diğer kartlar 8 bit mikrodenetleyici kullanırken bu kart 32 bit mikrodenetleyici kullanan ilk Arduino kartı olmuştur. Yine diğer kartlar 5V gerilim ile çalışırken Arduino Due 3.3V gerilim ile çalışmaktadır. Bu yüzden giriş çıkış pinleri kullanılırken 3.3 V üzerinde gerilim verilmemelidir. Pratikte yaptığım testlerde TFT ekran kullanımında diğer kartlarla 16 MHZ ile yapılan projelerde ekran hızı yavaş kalmaktadır. Fakat bu kart ile ekranda yavaşlama olmadan üzerinde çalışmalar yapılabilir. Yine diğer kartlarda olmayan DAC (Digital to Analog Converter – Digital Analog Çevirici) bu kartta bulunmaktadır, ADC (Analog Sayısal Çevirici) çözünürlüğü 12 bittir.

Pin yapısı Arduino Mega 2560 ile benzerlik gösterir. 54 adet sayısal giriş çıkış pinine sahiptir. 12 adedi PWM çıkışı olarak ayarlanabilmektedir. Üzerinde 4 adet seri iletişimde kullanılan donanımsal UART mevcuttur (Tablo 6 ve 7).



Şekil 11. Arduino Due kartı pin yapısı (<https://store.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-due>).

Tablo 6. Arduino Due sayısal pinlerinin numaralarına göre özellikleri ve açıklamaları
(<https://docs.arduino.cc/hacking/hardware/PinMappingSAM3X>). SP: Sayısal pin.

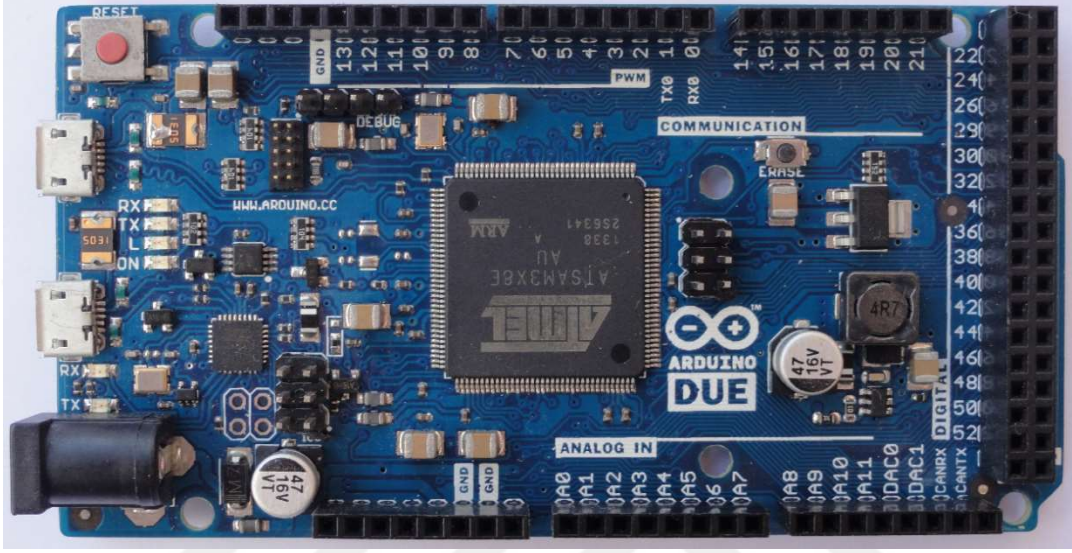
AG: Analog Giriş.

Arduino Due Pin No	SAM3X Pin Adı	Kart Üzerindeki Pin Adı	Maks. Çıkış Akımı (mA)	Maks. Sink Akımı (mA)
0	PA8	RX0	3	6
1	PA9	TX0	15	9
2	PB25	SP 2	3	6
3	PC28	SP 3	15	9
4	Her ikisine de bağlı PA29 ve PC26	SP 4	15	9
5-9	PC25-21	SP 5-9	15	9
10	Her ikisine de bağlı PA28 ve PC29	SP 10	15	9
11	PD7	SP 11	15	9
12	PD8	SP 12	15	9
13	PB27	SP 13 / Kehribar LED "L"	3	6
14-15	PD4-5	TX3-RX3	15	9
16	PA13	TX2	3	6
17	PA12	RX2	3	6
18	PA11	TX1	3	6
19	PA10	RX1	3	6
20	PB12	SDA	3	6
21	PB13	SCL	3	6
22	PB26	SP 22	3	6
23-24	PA14-15	SP 23-24	15	9
25-28	PD0-3	SP 25-28	15	9

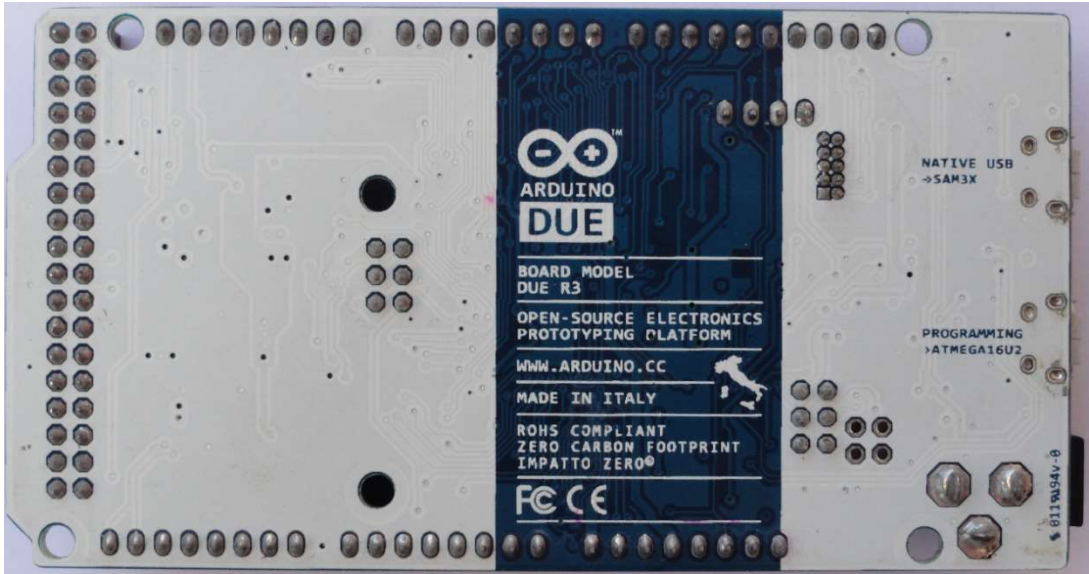
Tablo 6. Devamı

Arduino Due Pin No	SAM3X Pin Adı	Kart Üzerindeki Pin Adı	Maks. Çıkış Akımı (mA)	Maks. Sink Akımı (mA)
29	PD6	SP 29	15	9
30	PD9	SP 30	15	9
31	PA7	SP 31	15	9
32	PD10	SP 32	15	9
33-41	PC1-9	SP 33-41	15	9
42	PA19	SP 42	15	9
43	PA20	SP 43	3	6
44-51	PC19-12	SP 44	15	9
52	PB21	SP 52	3	6
53	PB14	SP 53	15	9
54	PA16	AG 0	3	6
55-57	PA24-22	AG 1-3	3	6
58	PA6	AG 4	3	6
59-61	PA4-2	AG 5-7	3	6
62	PB17	AG 8	3	6
63	PB18	AG 9	3	6
64	PB19	AG 10	3	6
65	PB20	AG 11	3	6
66	PB15	DAC0	3	6
67	PB16	DAC1	3	6
68	PA1	CANRX	3	6
69	PA0	CANTX	15	9
70	PA17	SDA1	3	6
71	PA18	SCL2	15	9
72	PC30	LED "RX"	15	9
73	PA21	LED "TX"	3	6
74	PA25	(MISO)	15	9
75	PA26	(MOSI)	15	9
76	PA27	(SCLK)	15	9
77	PA28	(NPCS0)	15	9
78	PB23	Bağlı Değil	15	9
USB	PB11	ID	15	9
USB	PB10	VBOF	15	9

Arduino Due kartının devre yolları her iki yüzeyde iken, elektronik komponentler ve bağlantı uçları buton ve güç giriş ve USB bağlantısı kartın ön yüzünde yerleştirilmiştir (Şekil 12 ve 13).



Şekil 12. Arduino Due ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü



Şekil 13. Arduino Due arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü

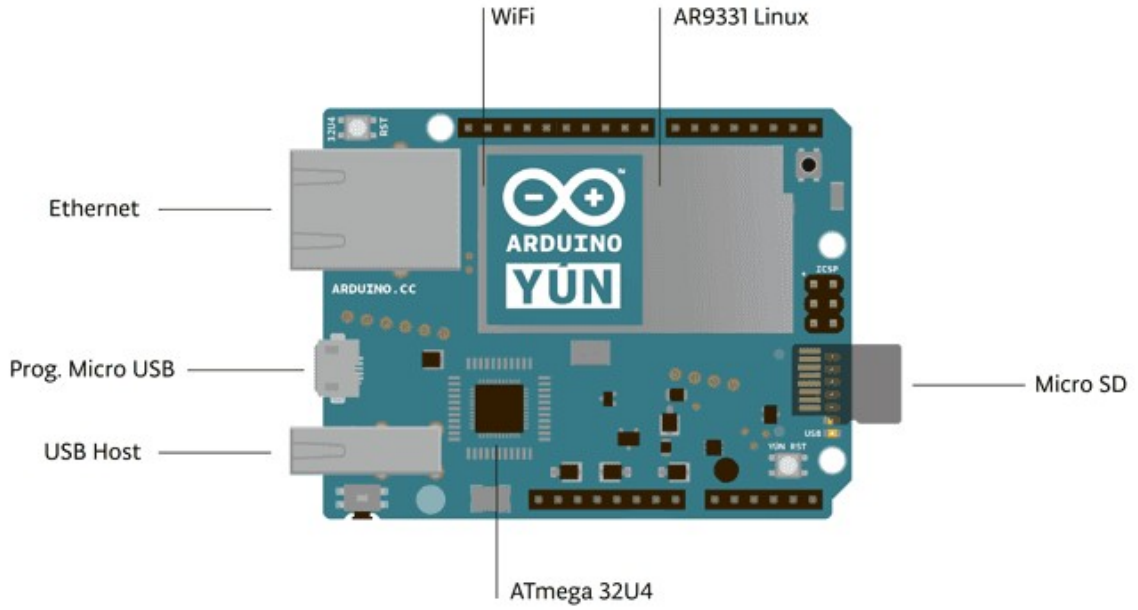
1.7.1.4. Arduino Yun

Tez kapsamında kara istasyonu olarak bu kartın kullanılmasına üzerinde barındırdığı gelişmiş özelliklerden dolayı karar verilmiştir. Kart mikrodenetleyiciye ilaveten üzerinde 400 MHz saat hızına sahip MIPS mimarisinde Atheros AR9331 işlemci barındırır. 64 MB DDR2 RAM tipi bellek ve 16 MB flash bellek bulunduran bu kart üzerinde Linux işletim sistemi çalıştırmaktadır. Bunlara ilaveten USB 2.0 tipi Host bağlantısı, 10/100 Mbit Ethernet kablosuz bağlantı, 802.11b/g/n/ protokolü 2.4 GHz frekansında çalışan kablosuz WiFi bağlantısı ve Mikro-SD kart okuyucu yuvası ile birlikte gelmektedir. Tüm bu özellikleri ile karta gelişmiş bir nesnelerin interneti cihazı olma özelliği kazandırılmıştır.

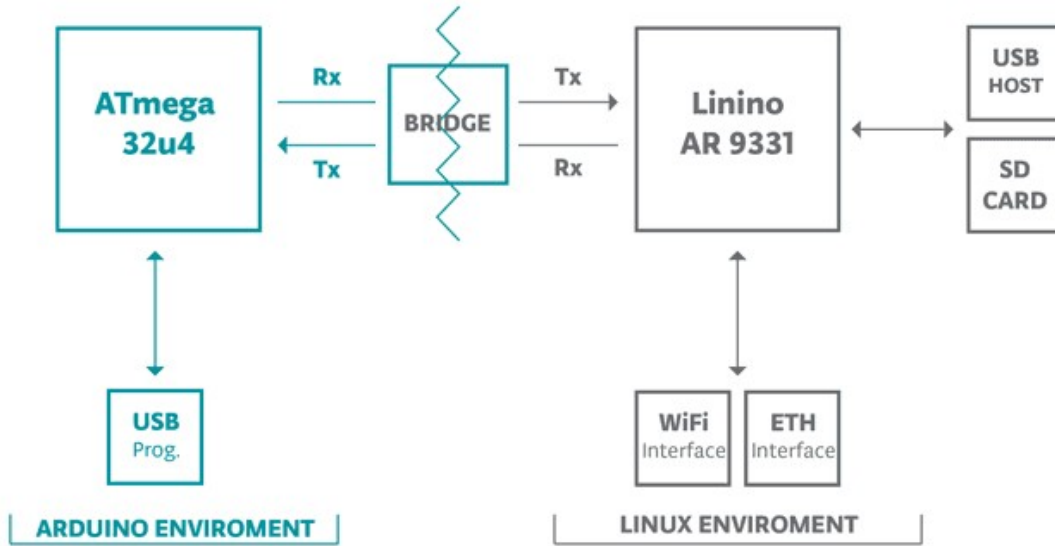
Bu kartın üretimi tez için kart satın alındıktan sonra durdurulmuş olup yeni versiyonu piyasaya sürülmüştür. Yenilik olarak kısaca görsel olarak incelendiğinde konnektörlerin yerleri değiştirilmiş, Arduino Shield bağlantısı yapılırken kısa devreye sebep olabilecek durumları berteraf edecek şekilde kart tasarımında iyileştirmeler yapılmıştır. Tez yazımı esnasında eski versiyon temin edildiğinden bu kart ile çalışmaya devam edilmiştir. Doküman olarak eski kartın dökümanlarından faydalanılmış, kart yeni versiyon ile benzerlik gösterdiğinden yenileme ihtiyacı duyulmamıştır. Bazen kart versiyonları yükseltildiği ve güncelleme yapıldığı için bu tarz riskler olabilmektedir. ATmega32U4 mikrodenetleyici kullanan bu kart 5V gerilim ile çalışmaktadır. Ancak üzerinde dâhili gerilim regülatörü bulunmadığından eğer dışarıdan gerilim uygulanacak ise bu 5 Voltu aşmamalıdır. Aksi takdirde geliştirme kartı zarar görecektir. Üzerinde 20 adet sayısal I/O pini bulunmaktadır ki, yedi adedi PWM çıkışı olarak ayarlanabilir. 12 tane analog input bulunmaktadır.

Arduino Yun geliştirme kartı Linux dağıtımlarından birisi olan OpenWRT'nin bu kart için isimlendirilmiş OpenWRT-Yun ya da LininoOS olarak adlandırılan işletim sistemini kullanmaktadır. Linux işletim sistemi ile mikrodenetleyici arasındaki iletişimi Bridge (Köprü) olarak adlandırılmış yapıyı kullanarak sağlamaktadır. Bu yapıyı Arduino geliştirme ortamı içerisindeki derleyici kullanırken Bridge Kütüphanesini yazılımımıza ilave ederek kullanabiliriz.

Arduino Yun internet üzerinden kontrol edilebilen ve gerekli ayarlamalar yapıldığında internete veri yollayabileceğimiz çok kullanışlı ve esnek bir karttır. Ancak fiyat olarak diğer modellere kıyasla pahalıdır.

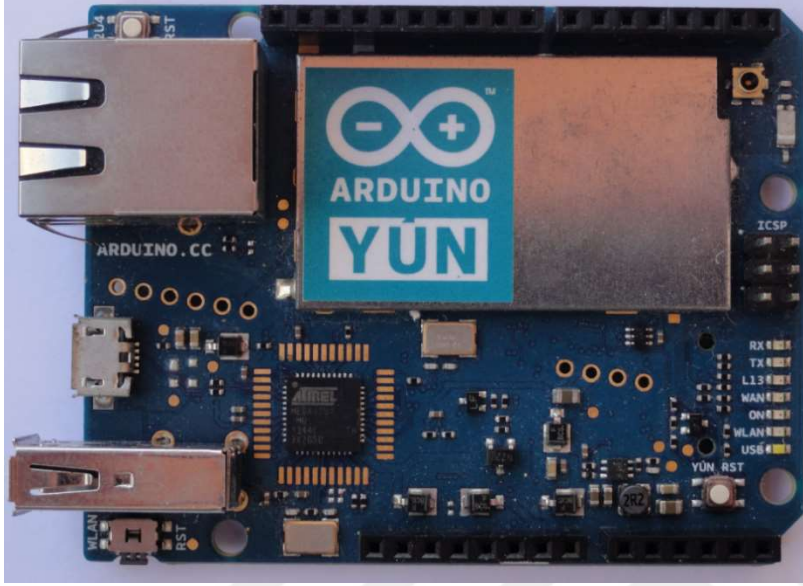


Şekil 14. Genel hatları ile Arduino Yun özellikleri (<https://docs.arduino.cc/retired/getting-started-guides/ArduinoYunLin>).

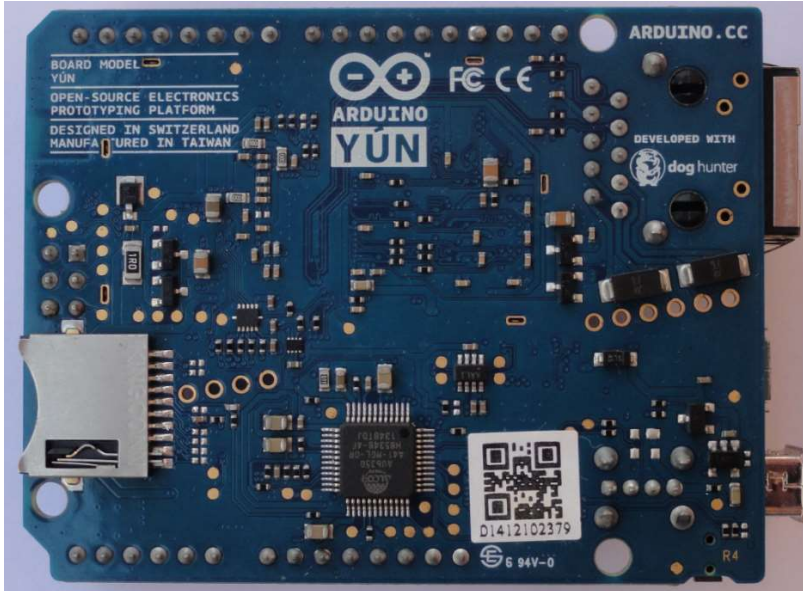


Şekil 15. Arduino Yun Köprü (Bridge) yapısı blok diyagramı. (<https://docs.arduino.cc/static/029952ee2f3a729b3add6c690a5733dc/a6d36/BridgeBlockDiag.png>).

Arduino Yun kartının devre yolları her iki yüzeyde iken; elektronik komponentler ve bağlantı uçları, buton ve güç girişi, USB bağlantıları kartın ön yüzünde yerleştirilmiştir (Şekil 16 ve 17).



Şekil 16. Arduino Yun ön yüzü baskılı devre kartı görünüşü



Şekil 17. Arduino Yun arka yüzü baskılı devre kartı görünüşü

1.7.1.5. Arduino modellerinin teknik özelliklerinin karşılaştırması

Aşağıdaki tabloda Arduino modellerinin teknik özelliklerinin ve güncel fiyatlarının karşılaştırması yapılmaktadır.

Tablo 7. Yaygın kullanılan bazı Arduino modellerinin teknik özellik karşılaştırma tablosu (Arduino.cc resmi web sayfasından).

Arduino Modeli	Arduino Uno	Arduino Mega 2560	Arduino Due	Arduino Yun
Mikrodenetleyici	ATmega328P	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega32U4
Çalışma Voltajı	5V	5V	3,3V	5V
Tavsiye Edilen Kart Besleme Voltajı	7-12V	7-12V	7-12V	5V
Kart Besleme Voltajı (Limit)	6-20V	6-20V	6-16V	-
Dijital Giriş Çıkış Pin Adedi (PWM adedi)	14 (6 PWM)	54 (15 PWM)	54 (12 PWM)	20 (7 PWM)
PWM Digital Giriş Çıkış Pin Adedi	6	15	12	7
Analog Giriş Pin Adedi	6	16	12	12
Analog Çıkış Pin Adedi (DAC)	-	-	2	-
Giriş Çıkış Pini DC Akımı (mA)	20	20	Tüm giriş çıkışlar için toplam 130	40
3.3V Pini için DC Akımı	50 mA	50 mA	800 mA	50 mA
Flash Bellek (KB)	32 (0,5 bootloader)	256 (8 bootloader)	512	256 (4 bootloader)
SRAM	2KB	8 KB	96KB	1KB
EEPROM	1KB	4 KB	-	1KB
Mikrodenetleyici Hızı	16MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz
Ağırlık (gr)	25	37	36	32
Ölçüler (mm)	53,4 x 68,6	53,3 x 101,52	53,3 x 101,5	53,3 x 68,6
Fiyat (2022)	24 Euro	42 Euro	42 Euro	49 Euro

1.7.2. Arduino kalkanları

Arduino geliştirme ve hızlı prototipleme kartları kalkan (shield) yapısı ile modüler ve üst üste eklenebilen kart tasarımı sayesinde yapmak istediğiniz çalışma ya da projenize uygun olarak hızlıca eklenmek istenilen sensör ve donanımsal özellikleri tasarıma dâhil etmenizi sağlamaktadır. Örneğin bir motor çalıştırılmak isteniyorsa Arduino motor shield kartı takılıp

motor bağlantıları ve güç beslemesi yapıldığında hızlıca tasarıma dâhil edilmiş olur. Bu sayede GSM bağlantıları, kart okuyucular, motorlar, ekranlar, kablolu ve kablosuz bağlantılar, röle gibi şeyler elektronik bilgisi yeterli olmayan kişiler için mümkün olmaktadır.

1.8. İletişim Protokolleri

Bu çalışmada yapılan uygulamalarda hem kablolu hem de kablosuz iletişim protokolleri kullanılmaktadır.

Arduino ile kullanılabilecek birçok kablolu ve kablosuz iletişim protokolü bulunmaktadır. Kablosuz (RFID, Wi-Fi, Bluetooth, çeşitli radyo frekans kullanan modüller, GSM bantları, Lorawan vs) iletişim protokolleri kullanılırken hem mikro denetleyiciler arasında hem de Arduino sensör ve modülleri arasında kablolu iletişim kullanılabilmektedir. Seri bağlantı, SPI, I2C, Ethernet bağlantıları vasıtasıyla kablolu iletişim protokolleri kullanılırken çeşitli frekans bantlarında kablosuz iletişim türleri ile de sensörden gelen veriler aktarılabilmektedir.

1.8.1. Seri bağlantı

En uygun ve en çok kullanılan kablolu bağlantı türlerinden birisi olan seri bağlantı türü mikrodenetleyiciler ve bilgisayar ile yapılan iletişimde kullanılmaktadır. Rx ve Tx veri hatları kullanılan seri iletişimde mikroişlemci seçimine göre 1.8, 3.3 ya da 5V gibi mantık (logic) seviyelerinde gerilim kullanılmaktadır. Örneğin Arduino Uno, Arduino Mega ve Arduino Yun 5V seviyesini kullanırken, Arduino Due 3.3 V kullanmaktadır. Farklı mantıksal seviyelerde iletişim kurulurken olması gereken değerden fazla voltaj uygulamak mikro denetleyiciye zarar verip kullanılamaz hale getirmektedir. Bu yüzden mikro denetleyiciye uygun voltaj ile çalışılmalı, farklı mantık seviyelerinde çalışan iki aygıtın haberleşmesi gerektiği durumlarda ise gerilim bölücü (voltage divider) devreler ya da mantık seviyesi çevirici (logic level converter) devrelerden yardım alınarak çalışma gerçekleştirilmelidir.

Seri bağlantıda bağlantı hızı olarak 300, 600, ..., 57600 ya da 115200 bit sayısı/saniye gibi hızlar kullanılabilir. Ancak en fazla kullanılan bağlantı hızı genellikle saniyede 4800 veya 9600 bit sayısı/saniyedir. Yine ayrıca genellikle 8 data biti, bir adet stop biti ve parite olmadan kullanılmaktadır.

1.8.2. I2C / IIC protokolü

I2C, Inter IC Communication ve IIC ise Inter Integrated Circuit bağlantıdır. Yarı iletken üreticilerinden birisi olan Philips firması tarafından bulunmuş olan iletişim protokolleridir. Genel olarak elektronik kartlardaki yongadan yongaya yapılan iletişimlerde kullanılır. SDA (Serial Data) ve SCL (Serial Clock) pinlerini kullanarak haberleşir. Adresler ve veriler, seri iletişimle 8 bit olarak transfer edilmekte olup, periferel aygıtlarla iletişim kurulur. 100 Kbps üzeri hızlar I2C iletişim türünde desteklenir.

1.8.3. Bluetooth

Bluetooth bağlantı türünde 2.4 GHZ frekans bandında kısa mesafe gerektiren iletişim gereksinimlerinde hem mikrodenetleyicilerle yapılacak veri alış verişinde hem de gömülü sistemlerle ihtiyaç duyulan uzaktan kontrol ve veri aktarma durumlarında faydalanılır.

1.8.4. RFID

Çok yakın mesafeli temassız iletişim gereksinimlerinde kullanılan bir iletişim protokolüdür. Bu iletişimde RFID yongası ve anteni içeren cihaz ya da etiketler üzerine uygulanan elektromanyetik alan ile anten üzerinde oluşan gerilim mikro denetleyicinin çalışması için yeterli bir güç oluşturmaktadır. Denizel çalışmalarda kullanılabilme alanı kısıtlıdır.

1.8.5. RF alıcı ve vericiler

Erişilmek istenen mesafeye uygun frekans bandında ve güçte dizayn edilmiş radyo frekans kartları denizel ortamlarda kullanılabilecek en uygun özellikteki modül ve kartlardır. Uygun uzunluktaki antenler ile özellikle 900MHZ bandından kilometrelerce veri transferi yapılmaktadır.

1.8.6. Ethernet

Ethernet protokolü donanım seviyesinde bir protokol olup kablolu olarak veri transferi gerçekleştirmemizi sağlar. Kullanılan kablonun zırlı olup olmaması, kablo standardı ve seçilen hıza göre iletişim mesafesi belirlenir. Günümüzde çok yaygın şekilde kablolu ağların oluşturulmasında kullanılmaktadır.

1.8.7. LORAWAN (Long Range Wide Area Network)

İlk başta LoRa olarak geliştirilen ve patentli olan bu iletişim tekniği sonraları ticari bir firma tarafından satın alınmıştır. LoRa topluluğu tarafından LORAWAN olarak geliştirilmeye devam edilmektedir. Nesnelerin İnterneti cihazları için düşük güçte, uzun menzilde, güvenli, düşük maliyetli ve yüksek kapasiteli bir ağ oluşturmayı hedeflemektedir. Ayrıca bu ağda GPS uyduları kullanmadan konum belirleme imkânı bulunmaktadır.

1.8.8. Internet protokol (IP)

IP adresleri internet gibi geniş alan ağlarında (Wide Area Network – WAN) ya da yerel alan ağlarında (Local Area Network – LAN) ağa bağlanması gereken cihaza Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) sunucu sistemi tarafından otomatik ya da elle verilen sabit adreslerdir. IP adresi Transmission Control Protokol / Internet Protokol (TCP/IP) kullanan sistemlerde zorunludur. Veriler kapsülleme (encapsulation) yapılarak veri paketleri halinde iletilir.

1.8.9. Wi-Fi yazılımsal erişim noktası (soft access point – soft ap) bağlantısı

Erişim noktaları kablosuz ağ (Wi-Fi) oluşturmaya yarayan aygıtlardır. Genellikle ev ve çalışma yerleri gibi ortamlarda kullanılır. Erişim noktaları modem, router, hub, switch gibi cihazlara ethernet kablosu ile bağlanarak ortama kablosuz ağ bağlantısı ve internet erişimi sağlarlar. Soft AP modunda alışan cihazlara ortama yayınladığı kablosu ağ ismi SSID (Service Set Identifier) ve varsa şifresi ile bağlanılır. Şifre varsa kablosuz ağ herkesin erişime açık hale gelmekte fakat beraberinde güvenlik sorunlarını da getirmektedir. Kablosuz ağ şifre ile korunabilmektedir.

1.8.10. Wi-Fi istasyon bağlantısı (station)

Wi-Fi ağına bağlanma yeteneği olan cihazlar istasyon (station) modunda çalışmaktadır. Arduino Yun kartında örnek olarak ilk önce erişim noktası modunda çalışarak gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra ortamda bulunan diğer erişim noktalarını tarar, kullanıcı tarafından seçilen ağa bağlanarak kendini kablosuz ağa dâhil eder. Bu şekilde istasyon gibi davranmış olur. Nesnelerin internetinde sensörlerden gelen veriler ve karta yollanmak istenen istekler bu ağlar ile dünya çapında erişimi ve kontrolü mümkün hale getirmektedir. Soft AP

modunda kullanıcı kalmayı seçerse sadece kullanıcının kullanmış olduğu cihaz ve nesnelerin interneti cihazı arasında bağlantı gücünün izin vermiş olduğu menzil kadar iletişim sağlanır.

1.8.11. SPI (Seri Çevresel Arayüz - Serial Peripheral Interface) iletişim protokolü

Motorola tarafından Serial Peripheral Interface (SPI) olarak isimlendirilmiş iletişim protokolüdür. SPI iletişimi 4 adet fiziki yol üzerinden gerçekleşmektedir. Bu fiziki yollar S.C.L.K. (Serial Clock), M.O.S.I. (Master Out / Slave In, M.I.S.O. (Master In / Slave Out) ve CS (Chip Select) olarak isimlendirilmektedir. Düşük katmanda çalışan bir iletişim protokolü olup, eş zamanlı veri transferi yapılmaktadır. Veri transferi sırasında saat sinyali de üretildiğinden aynı zamanda ikisi de transfer edilebilmektedir. Genel olarak Arduino kartlarında ICSP (In Circuit Serial Programming) bağlantı noktalarından SPI bağlantısı genellikle aynı bağlantı noktaları kullanılarak yapılabilmektedir. Ancak farklı kart modellerinde bağlantı noktaları ICSP bağlantı noktaları dışında farklı noktalar olabilmektedir.

Bu tez kapsamında öncelikle nesnelerin interneti için mikro denetleyici ve gömülü sistemleri kullanan kartlar tanıtılmış, deniz bilimlerinde sık kullanılan uygulamalarda iş akışlarını oluşturabilmek için bu teknolojiyi kullanarak uygulamaya dönük hızlı, ucuz ve yenilikçi yaklaşımlar belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle tarihsel gelişim kısaca incelenmiş ve ardından uygulamaya dönük yenilikçi tasarımlar yapılmıştır. Ancak tezin esas amacının temel elektronik formüllere, devre analiz ve hesaplamalarına, temel elektronik bileşenlerin karakteristiklerine ve devre kurma gibi konulara değinmek olmadığı bilinmelidir. Bunun yerine söz konusu teknolojilerin kullanımı ve özellikleri, deniz bilimlerinde farklı çalışmalara ışık tutması açısından incelenmiş, konunun deniz bilimleri camiasındaki bilinirliği yapılan pratik uygulamalarla arttırılmaya çalışılmıştır. Bu platformlar ve beraberinde getirdiği esneklik, deniz bilimine yönelik bir uygulamalı çalışma ile izah edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta elektronik dışı alanlarda çalışan deniz bilimi uzmanları da bu tip platformları kullanabilmektedirler.

2. MATERİYAL VE METOT

Bu çalışmada aşağıda detaylı olarak verilecek olan çeşitli modül ve sensörler kullanılmıştır. Sensörler verilerinin donanım veya yazılım yoluyla işlenmesi için bağlanan bileşenlerdir. Sensörler duyu organları gibi çalışıp ortam hakkında girdiler sağlasalar da herhangi bir bileşen, belirli bir olay oluştuğunda mutlaka herhangi bir sonuç çıkarma veya karar üretme yetisine sahip değildir. Diğer bir deyişle bir sensörün oluşan durum karşısında nasıl bir karar alınacağını bilmesi, bir çıkarım veya yargıda bulunması, en azından bileşen düzeyinde, mümkün değildir. Bunun için sensör verileri üzerinde en azından belirli bir düzeyde veri işlemenin gerçekleşmesi gereklidir. Bu bağlamda hem sensörlerin nasıl bağlanacağı hem de verilerinin nasıl işleneceği önemlidir. Veri işlem ve karar verme aşamasında bilgisayarlar günümüzde yoğun ve etkin şekilde kullanılmaktadır. Ancak bilgisayarlar hem çok yer kapladığından hem de güç tüketimi fazla olduğundan basit bir sensör ölçümü için bu sayılan sebepler dışında ekonomik olarak da uygun olmayacaktır. Bu sebeple daha ucuz, az yer kaplayan ve güç tüketimi düşük mikrodenetleyiciler bilgisayarların yerine kullanılmıştır. Sensör çıkışlarından gelen elektronik çıktılar mikrodenetleyicinin giriş yollarına bağlanarak iletişimi sağlanmıştır. Karar verme ve çıktı olarak ise mikrodenetleyicide çalışan amaca yönelik yazılım bu aşamada devreye girmektedir. Böylelikle anlamsız gibi görülen veriler veri işlem ve karar verme aşamalarından sonra çıktı olarak istenilen şekilde değerlendirilip yorumlanabilmiştir.

2.1. Donanım ve Kullanılan Materyaller

Yapılan uygulamalarda Arduino Mega 2560 Rev.3 deniz istasyonu olarak kullanılmıştır. Bunun nedeni çeşitli birçok sensörden gelen verileri kullanabilmesi için daha fazla giriş çıkış bağlantısına sahip olmasıdır. Deniz bilimlerinde yapılan uygulamalarda hava durumu verileri de önemlidir. Balon veya drone kullanılarak nem, yükseklik, hava basıncı vb. sensörlerle yardımcı atmosferik veriler toplanarak denizel verilere ölçümleme (kalibrasyon) verileri temin edilebilir.

Geliştirme kartı üzerinde kullanılmak üzere bu çalışmada sensör olarak LM35 sıcaklık sensörü, BMP180 atmosferik basınç ve sıcaklık sensörü, DS18B20 denizde kullanılmak için sıvıya daldırılabilen sıcaklık sensörü, DHT11 nem ve sıcaklık sensörü ve deniz düzeyi değişimlerini algılayabilmek için ultrasonik mesafe HC-SR04 sensörünün bağlantıları Arduino Mega 2560 R3 ile birlikte devre tahtası üzerine yapılmıştır. Mikrodenetleyici ile sensörlerden gelen veriler tek tek alınıp yazılım içerisinde kullanılan kütüphanelerin aracılığı ile anlamlı bir veri haline dönüştürüldükten ve uygun veri formatı halinde düzenlendikten sonra seri bağlantıdan USB bağlantısına dönüştürülerek bilgisayar ekranında görüntülenebilecek hale getirilmiş, her 2 saniyede bir ölçüm yapılması sağlanmış, sesli ve ışıklı görsel uyarı verdirilerek ölçümün devam ettiği ve tekrarlandığı gösterilmeye çalışılmış en son olarak ise NRF24L01 kablosuz veri modülü ile laboratuvar ortamında deniz istasyonundan kara istasyonuna veri aktarılmaya çalışılmıştır. Yapılan denemelerde her bir sensörden stabil şekilde veri alınmıştır.

Tez kapsamında kara istasyonu olarak ise Arduino Yun kartı kullanılmıştır. Deniz istasyonundan kara istasyonuna yapılan gerçek zamanlı veri transferi nRF24L01 kablosuz veri aktarma modülü kullanılarak herhangi bir maliyet olmadan yapılmıştır. Kara istasyonu istenirse kendi üzerindeki Mikro Sd kart üzerine depolama yapabilme kapasitesine de sahiptir. Toplanan verileri daha sonra veri depolama ve işleme birimlerine aktarmak için değişik seçenekler vardır. Örneğin verileri MikroSd kart üzerinden internet aracılığı ile çekmek mümkündür. Bir diğer olasılık ise bulut sistemler üzerinde dosyalama sistemlerine ya da veri tabanına kaydolun verilere erişme yöntemidir.

2.1.1. Ultrasonik mesafe sensörü HC-SR04

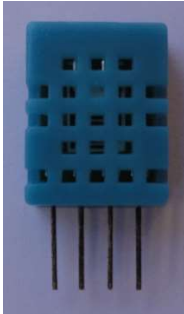
Ultrasonik mesafe sensörü (HC-SR04) ile (Şekil 18) 2 ile 400 cm arasında temassız ölçüm yapılmasını 3mm hassasiyet ile sağlamaktadır. Bu modül üzerinde alıcı, verici ve kontrol ünitesi bulundurmaktadır. 5V ile çalışan bu modül 15 mA akım çekmektedir. 40kHz frekansında çalışan modülün efektif çalışma açısı 15 derecedir. Trigger girişi 10 mikrosaniye tetiklendiğinde 8 çevrimlik ultrasonik bir dalga yayınlar. Geliş gidiş zamanının yarısı ve sesin havadaki yayılma hızı ortalama 340 m/s kullanılarak yaklaşık mesafe hesaplanır. Bu sensör araçlarda park sensörü olarak, sıvı seviyesi belirlemede, robotlarda vs. kullanılabilir.



Şekil 18. Ultrasonik Mesafe Sensörü HC-SR04. Şekilde görülen kart bağlantı noktaları pozitif (+5V), negatif, tetikleme ve eko yollarıdır.

2.1.2. DHT11 nem ve sıcaklık sensörleri

Özellikle meteoroloji istasyonları kurarken kullanılan bu modül sıcaklık ve nem ölçümleri yapmak için idealdir. Hassas ölçüm gerektirmeyen sıcaklık ve nem ölçümleri için seçilebilen bu sensör (Şekil 19) sayısal sinyal çıkışı vermektedir. Sensör üzerinde rezistif tip nem ölçüm bileşeni ve NTC tip ısı ölçüm bileşeni ve 8 bit mikrodenetleyici barındırır. Oldukça uygun edinin fiyatı olan bu sensör, hızlı tepki vermesinin yanı sıra fazla hassasiyet istemeyen çalışmalar için yeterlidir. Tek kablo seri arabirim kullanması kullanım açısından kolaylık sağlamaktadır. 20 metreye kadar sinyal iletimi çeşitli amaçlarla kullanılmasını mümkün kılmaktadır. DHT 11 sensörü %20 ile %90 nem ölçme aralığında $\pm 5\%$ hassasiyetle ve 0-50 °C sıcaklık ölçüm aralığında $\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle ölçüm yapmaktadır. Örnekleme aralığı 1 saniyedir. Çalışma gerilimi 3 ile 5,5 Volt arasındadır. Hassasiyeti nem için 25°C de $\pm 4\%$ dir, 0-50 °C arasında ise $\pm 5\%$ maksimumdur.

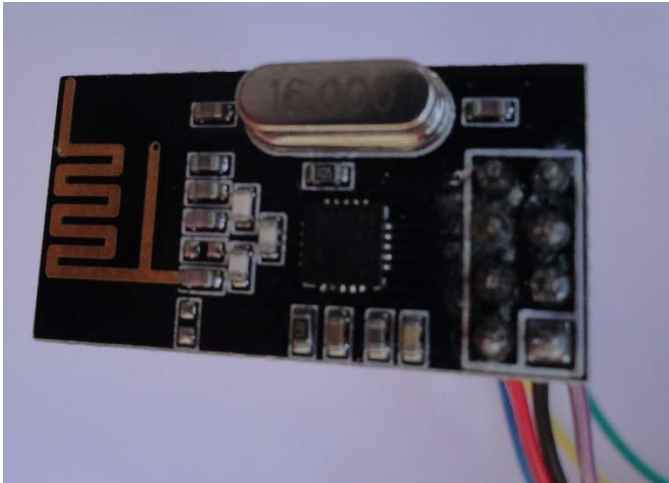


Şekil 19. DHT11 Nem ve Sıcaklık Sensörü

Ölçüm aralıkları olarak 0°C’de nem için en az %30, en fazla %90 seviyesinde, 25°C’de en az %20 en fazla %90 seviyesinde, 50°C’de ise en az %20 en fazla %80 seviyesindedir. Tepkime süresi 25°C’de nem ölçümleri için 6sn ile 15sn arasında, sıcaklık ölçümleri için ise 6 ile 30 saniye arasındadır. Sensör örnekleme aralığı 1 saniyedir.

2.1.3. nRF24L01 kablosuz (wireless) modülü

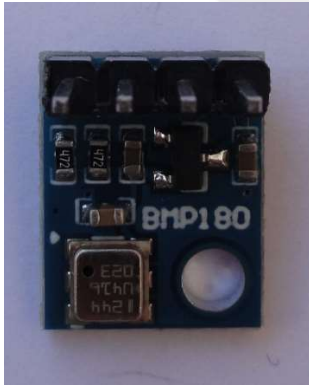
Nordic yarı iletken üretici firması tarafından geliştirilmiş NRF24L01 kablosuz bağlantı modülü 2.4GHz frekansında iletişim kurmamızı sağlayan bir devre kartıdır (Şekil 20). Düşük güç tüketimine sahiptir. SPI arabirimi ile mikrodenetleyiciye bağlantısı yapılmaktadır. 250Kbps, 1Mbps, 2Mbps hızlarına sahip bu kart pek çok nesnelerin interneti projesinde, robotik projelerde ve endüstride kullanılmaktadır. 1,9V ile 3,6 V gerilim aralığında çalışabilmektedir. Özellikle Arduino kartlarında 5V gerilim çıkışına bağlanması bu karta zarar verir, ancak diğer giriş-çıkış pinleri 5V toleranslı olduğundan kullanılabilir. Açık alanda antensiz 250m, antene bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama 2km ve üzeri mesafelere erişilebilmektedir. (https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Pluss_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf).



Şekil 20. NRF24L01 kablosuz bağlantı modülü

2.1.4. Sayısal basınç ve sıcaklık sensörü BMP180

Bosch firması tarafından üretilen bu sayısal sensör 300-1100 hPA (+9000m ile -500m) arasındaki basınç ve yükseklik değerlerini ölçebilmektedir (Şekil 21). Aynı zamanda sıcaklık ölçümü de yapabilmektedir. Fabrika çıkışı kalibre edilmiş olan bu sensör I2C arabirimini kullanmaktadır. Böylelikle çok kolay bir şekilde mikrodenetleyiciler ile iletişim kurulabilmektedir. Düşük güç modunda 5 mikroamper tüketerek 1 sn aralıklarla örnekleme yapabilmektedir. Düşük gürültü oranında ve yüksek çözünürlük modunda 17 cm hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir. Hava tahminlerinde, iç ve dış navigasyon sistemlerinde, GPS navigasyonunun aygıtlarının geliştirilmesinde, düşey hız ölçümlemede, el terminalleri ve cep telefonlarında kullanılmaktadır. 1,8 V ile 3,6 Volt arasında çalışmaktadır (<https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/856385/0/0/1/BMP180-Datasheet.pdf>)



Şekil 21. BMP180 sayısal basınç sensörü.

2.1.5. DS18B20 su geçirmez özellikli sıcaklık sensörü

Tek bir bağlantı noktası ile iletişim kurabilen bu sayısal sıcaklık sensörü (Şekil 22) programlanabilir özelliktedir. Bu sensör 0,5 °C hassasiyette -10 ile +85 °C arasında ölçüm yapabilmektedir. Ayrıca -55 ile +125 °C arasında sıcaklık ölçümü yapma kapasitesine sahiptir. Termometre çözünürlüğü 9 bit ya da 12 bit olarak programlanabilmektedir. Dış kısmı paslanmaz çelik başlık ve silikon muhafaza ile koruma altına alınmış ve suya dayanıklı hale

2.1.7. Ölçümlerdeki yardımcı elemanlar

2.1.7.1 Buzzer (TMB12A12)

Alarm, sesli uyarı ve değişik frekanslarda ses tonları çıkarabileceğimiz piezo elektrik kristal içeren bir devre elemanıdır. Tez çalışmasında yazılımla yaklaşık 2 saniyede bir sensörlerle beraber yapılan ölçüm döngüsüyle tetiklenecek şekilde sesli uyarı vermesi amacıyla tasarıma eklenmiştir (Şekil 24). Üretici firma katalog bilgilerine göre 12V düzeyinde gerilim ile çalışan buzzer, 8 ile 16 volt arasında çalışabilmektedir. 10 cm uzaklıkta 85 dB ses basıncı üretir. Güç tüketimi 30 miliamper seviyesinden azdır. 2300±300Hz frekansında osilasyon yapma yeteneğine sahip olan bu buzzer yeterli seviyede ses üretmektedir. Ayrıca uygulanan gerilime bağlı olarak sesin frekansı da değişmektedir (https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811141111_Jiangsu-Huaneng-Elec-TMB12A12_C96079.pdf).



Şekil 24. Buzzer (Sesli uyarı ya da alarm amaçlı)

2.1.7.2. Işık yayan diyot

Çok düşük gerilim ve akım altında çalışabilen, ışıklı görsel uyarı vermek amacıyla devre tahtası üzerine bir adet LED (Light Emitting Diode) yerleştirilmiştir (Şekil 25).

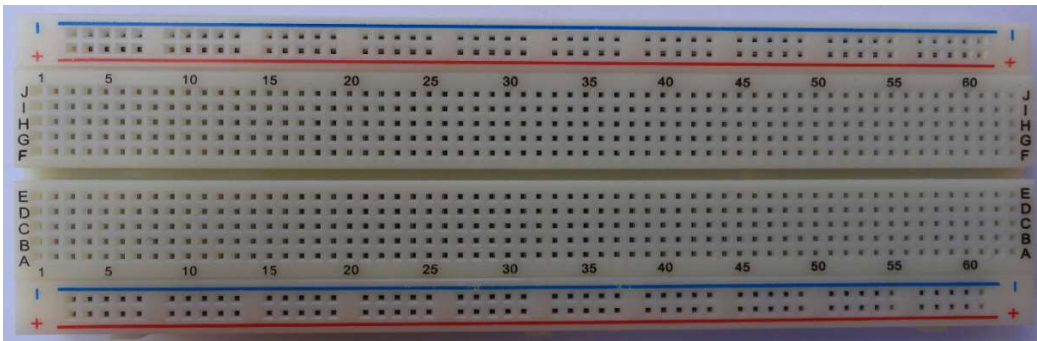
2 saniyede bir tekrarlanan ölçümü görselleştirmek ve sistemin devamlılığının anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla konulmuştur.



Şekil 25. Işık yayan diyot (LED)

2.1.7.3. Deney Tahtası (breadboard)

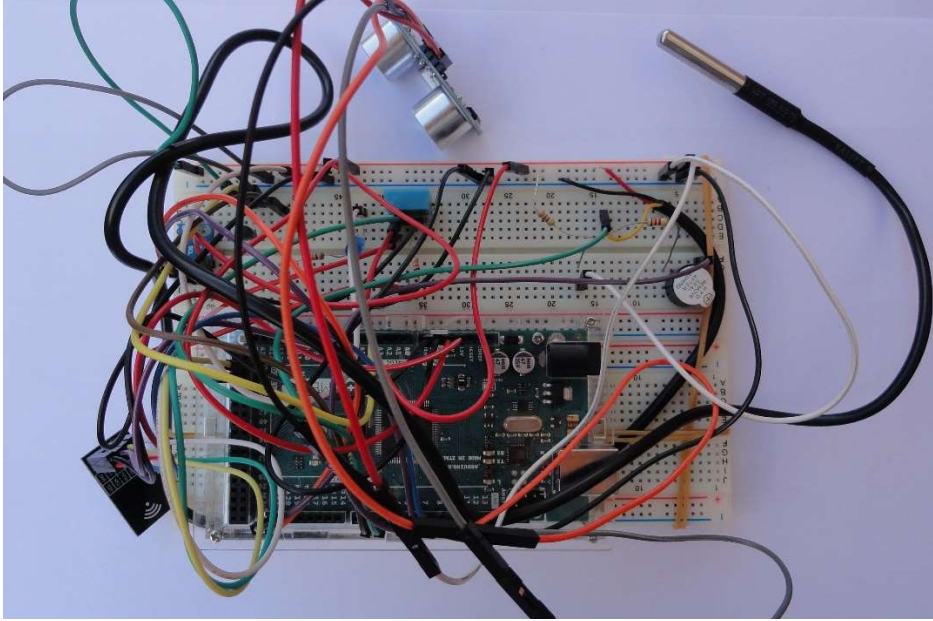
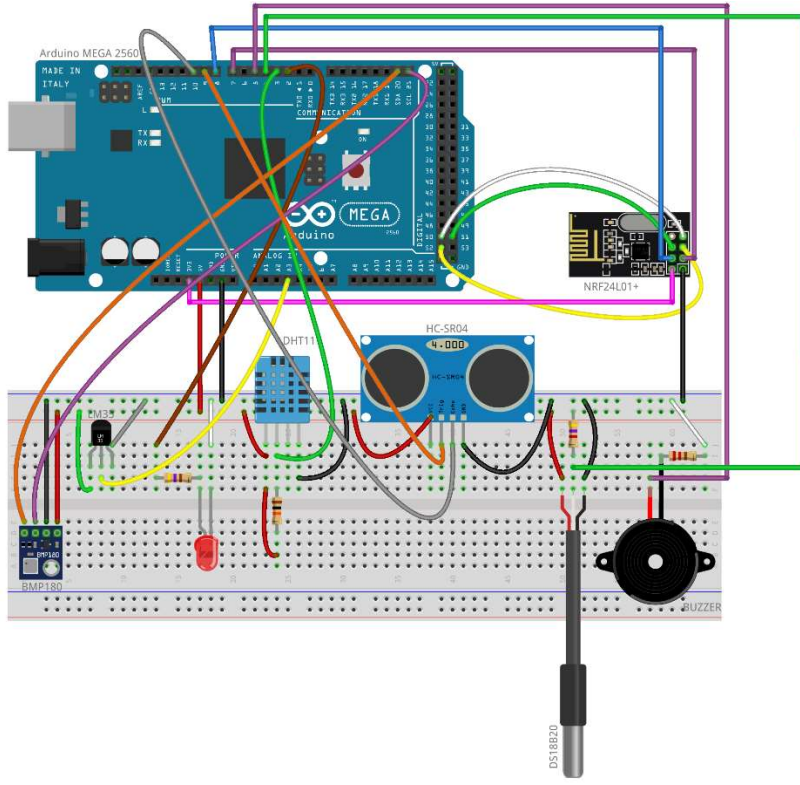
Tasarım aşamasında baskılı devre üzerine lehimleme ile devre tasarımı yapmak zor, zahmetli ve masraflı bir yöntemdir. Bu sebeple gerekli elektronik bileşenler devre tahtası üzerindeki deliklere lehim yapmadan bağlanır ve içerisindeki dikey iletken yollar vasıtasıyla devre tamamlanmış olur. Yatay güç hatlarından gelen gerilim devre üzerinde ilgili yerlere bağlandıktan sonra devrenin tasarımı test edilmiş olur ve gerekli iyileştirmeler daha sonra kolayca yapılabilir. Ayrıca devre tahtası altındaki yapışkan bant sayesinde tahtanın sabit bir yerde kalması sağlanabilir. Tez kapsamında yapılan çalışmanın her aşamasında kullanılmıştır (Şekil 26).



Şekil 26: Deney tahtası görünümü.

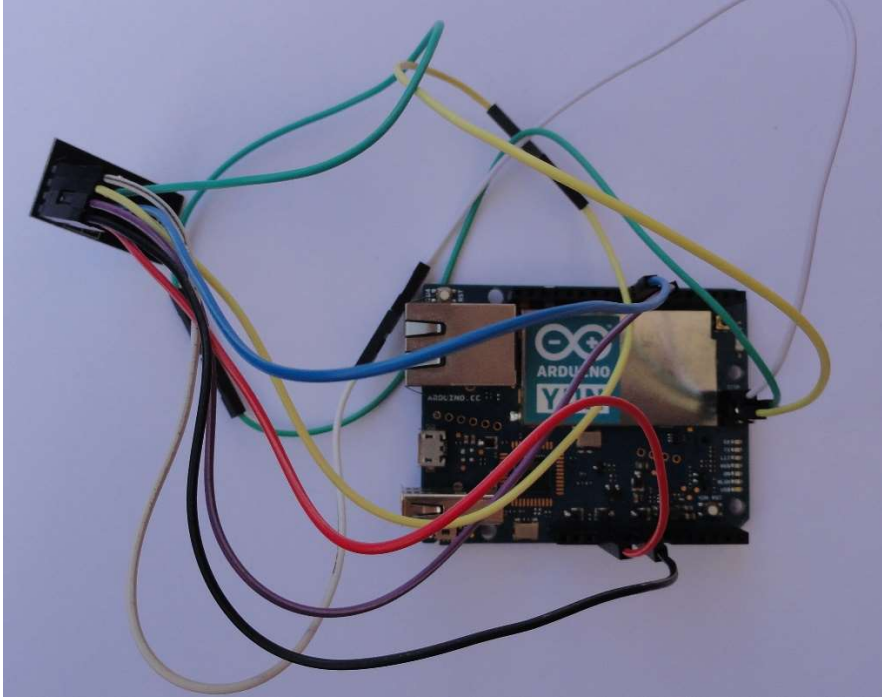
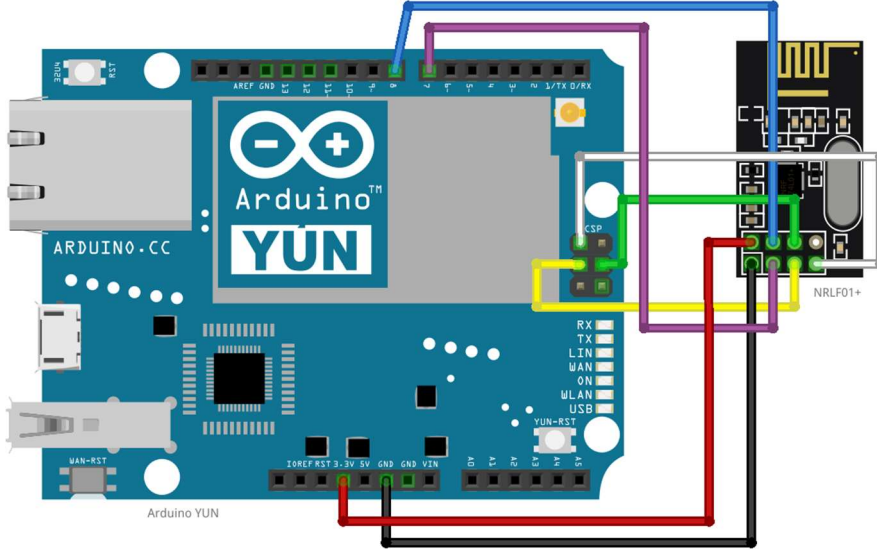
durumu verileri de önemlidir. Nem, yükseklik, hava basıncı gibi sensörlerle, gerekirse balon veya drone kullanılarak, atmosferik veriler toplanabilir ve bunlar ham denizel verilerin ölçümlemesinde (kalibrasyon) kullanılabilir.

Geliştirme kartı üzerinde kullanılmak üzere bu çalışmada sensör olarak LM35 sıcaklık sensörü, BMP 180 atmosferik basınç ve sıcaklık sensörü, DS18B20 sıvı ortamda kullanılmak üzere sıvıya daldırılabilen sıcaklık sensörü, DHT11 nem ve sıcaklık sensörü ve deniz düzeyi değişimlerini algılayabilmek için ultrasonik mesafe HC-SR04 sensörünün bağlantıları Arduino Mega 2560 R3 ile birlikte devre tahtası üzerine yapılmıştır. Mikrodenetleyici ile sensörlerden gelen veriler tek tek alınıp yazılım içerisinde kullanılan kütüphanelerin aracılığı ile anlamlı bir veri haline dönüştürüldükten ve uygun veri formatı halinde düzenlendikten sonra seri bağlantıdan USB bağlantısına dönüştürülerek bilgisayar ekranında görüntülenebilecek hale getirilmiş, her iki saniyede bir ölçüm yapılması sağlanmış, sesli ve ışıklı görsel uyarı verdirilerek ölçümün devam ettiği ve tekrarlandığı gösterilmeye çalışılmış, en son olarak ise nRFL24L01 kablosuz modülü ile denizden karaya veri aktarılmaya çalışılmıştır. Yapılan denemelerde her bir sensörden stabil şekilde veri alınmıştır.

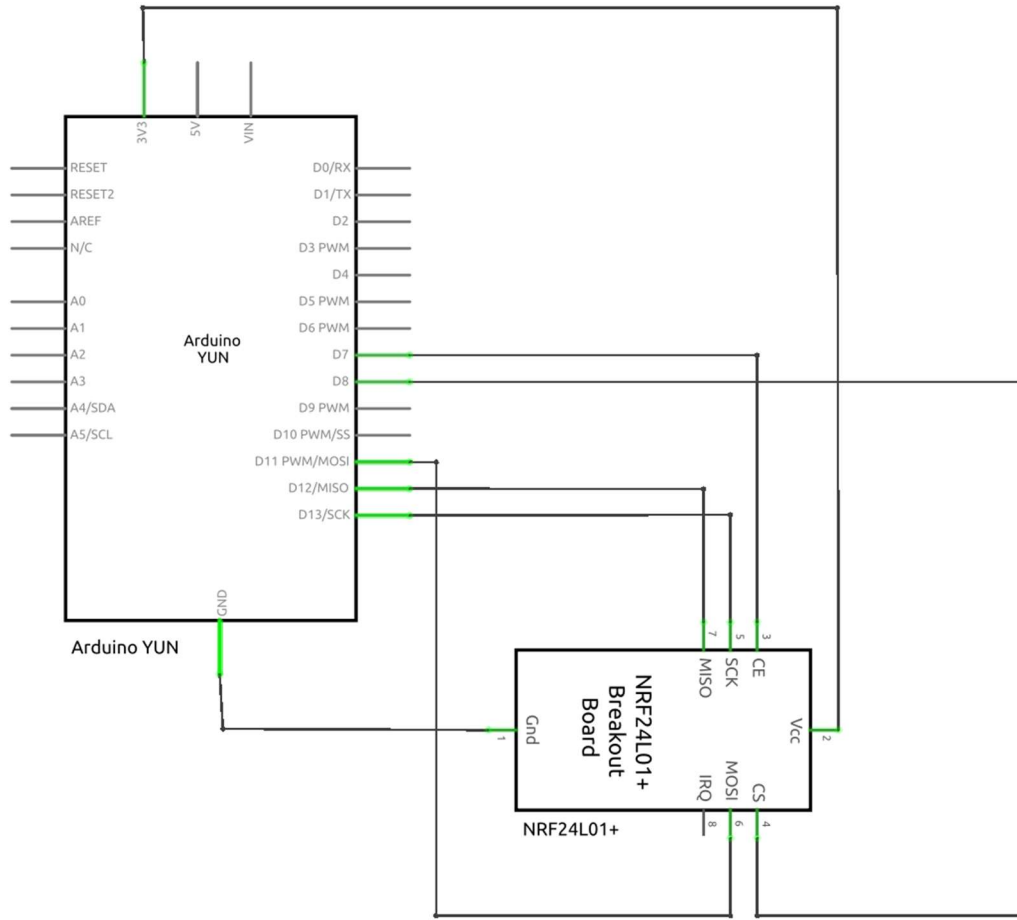


Şekil 28. Deniz istasyonu devre tahtası üzerindeki bileşen bağlantıları ve görünümü. Şema Fritzing kullanılarak çizilmiştir (<https://fritzing.org/download/>).

mümkündür. Bir diğer olasılık ise bulut sistemler üzerinde dosyalama sistemlerine ya da veri tabanına kaydolun verilere erişme yöntemidir.



Şekil 30. Kara istasyonu devre tahtası üzerindeki bileşen bağlantıları ve görünümü. Şema Fritzing kullanılarak çizilmiştir (<https://fritzing.org/download/>).



Şekil 31. Kara istasyonu elektronik devre şeması. Şema Fritzing kullanılarak çizilmiştir (<https://fritzing.org/download/>).

2.2.3. Deniz istasyonu yazılımı

Deniz istasyonu olarak tasarımılanan cihaza derleyip (compile) yüklediğimiz program kodları aşağıda verilmektedir.

```
//Tez Kapsamında Tasarımılanan Deniz Birimi için Yazılım
#include <dht.h> // DHT11 nem ve sıcaklık sensörü için gerekli kütüphane
// dosyasıdır.
#define dht11Pin 3 // DHT11 sensörü 3 numaralı sayısal pinden Arduino üzerine
// bağlanmıştır.
dht DHT; //DHT objesi oluşturuldu.
#include "NewPing.h" // HC-SR04 uzaklık sensörü için gerekli kütüphane dosyası
//HC-SR04 sensöründeki Tetikleme pini Sayısal Pin 9,
```

```

// ve Echo pini sayısal pin 10'a bağlandı.
#define tetikleme_pin 9
#define yansima_pin 10
// Pinglenmek istenen maximum uzaklık değeri cm olarak girilmiştir.
#define maksimum_uzaklik 400
// Tetikleme, echo pinleri ve maksimum uzaklık tanımlandı
// Maksimum uzaklik değeri değişken değerinden gelmektedir.
NewPing sonar(tetikleme_pin, yansima_pin, maksimum_uzaklik);
// LM35 sıcaklık sensörü Arduino üzerindeki 3 numaralı analog girişe
// bağlanmıştır.
int LM35_Pin = A3;
// Her bir ölçüm aralığında uyarı verecek yeşil renkteki LED, 2 numaralı
// dijital pine bağlanmıştır.
int LED = 2;
int L35_Degeri = 0;
float LM35_sicaklik = 0;
float sicaklik_hesabi = 0;
double atmosferik_basinc = 0;

#include <DallasTemperature.h> //Dallas sıcaklık kütüphanesi
#include <OneWire.h> //Onewire kütüphanesi
#define ONE_WIRE_BUS 4
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
#include <Wire.h> //Wire kütüphanesi
#include <SFE_BMP180.h> //Basınç sensörü kütüphanesi
SFE_BMP180 bmp180; // bmp180 adında bir sensör nesnesi oluştur
double havasicaklikbmp180 = 0;
//Verici için gerekli kütüphaneler
#include <RF24.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <SPI.h> //SPI haberleşmesi için kütüphane
RF24 radio(7, 8); // CE, CSN
const byte address[6] = "13579"; //Kablosuz modüllerde aynı değer olmalıdır
void setup()
{
    Serial.begin(9600); //Seri port çıkışı 9600 kbps ayarlandı.
    pinMode(5, OUTPUT); //Buzzer için pin çıkış olarak ayarlandı
    pinMode(LED,OUTPUT); //LED için pin çıkış olarak ayarlandı
    sensors.begin(); //Sensörleri başlatmak için gerekli kod
    // Bmp180 ile haberleşme sağlandı mı kontrol ediliyor
    bool basarili = bmp180.begin();
    if (basarili) {
        Serial.println("Deniz İstasyonu Sensör Okumaları Başlatıldı !");
    }
}

```

```

    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening();
}
void loop()
{
    int readData = DHT.read11(dht11Pin);
    // Nem değeri okutulur
    float nem = DHT.humidity;
    //Sıcaklık değeri okutulur
    float dht11sicaklik = DHT.temperature;

    L35_Degeri = analogRead(LM35_Pin);
    sicaklik_hesabi = (L35_Degeri / 1023.0)*5000;
    LM35_sicaklik = sicaklik_hesabi /10 ;

    sensors.requestTemperatures(); // Sıcaklık okuması isteği
    Serial.print(" Deniz Sıcaklığı: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.print(" °C  ");
    Serial.print("Hava Sıcaklığı(LM35): ");
    Serial.print(LM35_sicaklik);
    Serial.print(" °C  ");
    Serial.print("Hava Sıcaklığı(DHT11): ");
    Serial.print(dht11sicaklik);
    Serial.print(" °C  ");
    Serial.print("Nem: % ");
    Serial.print(nem);

    char durum; // Sensörden okunan durum
    double T, P; // Sıcaklık ve basınç değişkenleri
    bool basarili = false; // Sensör çalışması kontrolü
    durum = bmp180.startTemperature();
    delay(750);
    durum = bmp180.getTemperature(T);
    durum = bmp180.startPressure(3);
    delay(durum);
    durum = bmp180.getPressure(P, T);
    Serial.print("   Atmosferik Basınc: ");
    Serial.print(P);
    atmosferik_basinc = P;
    Serial.print(" hPa  ");
    Serial.print("Hava Sıcaklığı(BMP180): ");
    Serial.print(T);

```

```

    havasicaklikbmp180 = T;
    Serial.print(" °C ");
    Serial.print("Deniz Yüzeyi Mesafe = ");
    Serial.print(sonar.ping_cm());
    Serial.println(" cm");
// En yüksek NRF24L01 tampon bellek limiti 32 byte olacak şekilde data paketi
// oluşturulur
struct Data_Package {
    float denizsicaklik = sensors.getTempCByIndex(0);
    float havasicakliklm35 = (LM35_sicaklik);
    float havasicaklikdht11 = DHT.temperature;
    float nem = DHT.humidity;
    float basinc = atmosferik_basinc;
    float sicaklikhavabmp180 = havasicaklikbmp180 ;
    float mesafe = sonar.ping_cm();
};
Data_Package data; // Data paketi için değişken
// Radyo vericisi data paketini yolluyor.
    radio.write(&data, sizeof(Data_Package));
    digitalWrite(5, HIGH); //Buzzer ses sinyali için
    delay(50);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(LED,HIGH); //Led sinyali için
    delay(100);
    digitalWrite(LED,LOW);
    delay(100);
}

```

2.2.4. Kara istasyonu yazılımı

Kara istasyonu olarak tasarımılanan cihaza derleyip (compile edilen) yüklediğimiz program kodları aşağıda verilmektedir.

```
//Tez Kapsamında Tasarımlanan Kara İstasyonu için Yazılım
#include <RF24.h> //RF24 kütüphanesi eklendi
#include <SPI.h> //SPI kütüphanesi eklendi
#include <nRF24L01.h> //Kablosuz modül için kütüphane dosyası
RF24 radyo(7, 8); //Radyo kartı için pin tanımlamaları
const byte haberlesme[6] = "13579"; //Kablosuz modüllerde aynı değer olmalıdır
struct veripaketi { //En üst limit veri paketi için 32 byte uzunluğunda
    olmalıdır.
};
//değişkenleri tanımlıyoruz
float denizsicaklik = 0;
float havasicakliklm35 = 0;
float havasicaklikdht11 = 0;
float nem = 0;
float basinc = 0;
double sicaklikhavabmp180 = 0;
float mesafe = 0;
};
veripaketi veri; //Veri paketi oluşturmak için gerekli kod
void setup() { //Döngü içerisindeyiz
    Serial.begin(9600); //Seri bağlantı 9600 kbps hızında başlatıldı
    radyo.begin(); //radyo bağlantısı başlatıldı
    radyo.openReadingPipe(0, haberlesme); //haberleşme kanali açılıyor
    radyo.setPALevel(RF24_PA_MIN); //RF modülü güç seviyesi ayarlanıyor.
    radyo.startListening(); //Radyo kartı için dinleme modu başlatılıyor.
}
void loop() {
    if (radyo.available()) { // radyo datası kontrol ediliyor
        radyo.read(&veri, sizeof(veripaketi)); // Data okunup veri paketi
        // içerisinde tutuluyor
        Serial.print("Deniz Sıcaklığı: "); //Deniz suyu sıcaklığı yazdırılıyor
        Serial.print(veri.denizsicaklik);
        Serial.print(" °C");
        Serial.print("    Hava Sıcaklığı(LM35): "); //LM35 sensörü hava sıcaklığı
        // yazdırılıyor
        Serial.print(veri.havasicakliklm35);
        Serial.print(" °C");
        Serial.print("    Hava Sıcaklığı(DHT11): "); //DHT11 sensörü hava sıcaklığı
        // yazdırılıyor
        Serial.print(veri.havasicaklikdht11);
```

```
Serial.print(" °C");
Serial.print("    Nem: % "); //Nem değeri yazdırılıyor
Serial.print(veri.nem);
Serial.print("    Atmosferik Basınc: "); //Atmosferik basınc yazdırılıyor
Serial.print(veri.basinc);
Serial.print(" hPa");
Serial.print("    Hava Sıcaklığı(BMP180): "); //BMP180 sensörü hava
// sıcaklığı yazdırılıyor
Serial.print(veri.sicaklikhavabmp180);
Serial.print(" °C");
Serial.print("    Deniz Yüzeyi Mesafe = "); //Mesafe sensörü değeri
// yazdırılıyor
Serial.print(veri.mesafe);
Serial.println(" °C");
}
}
```



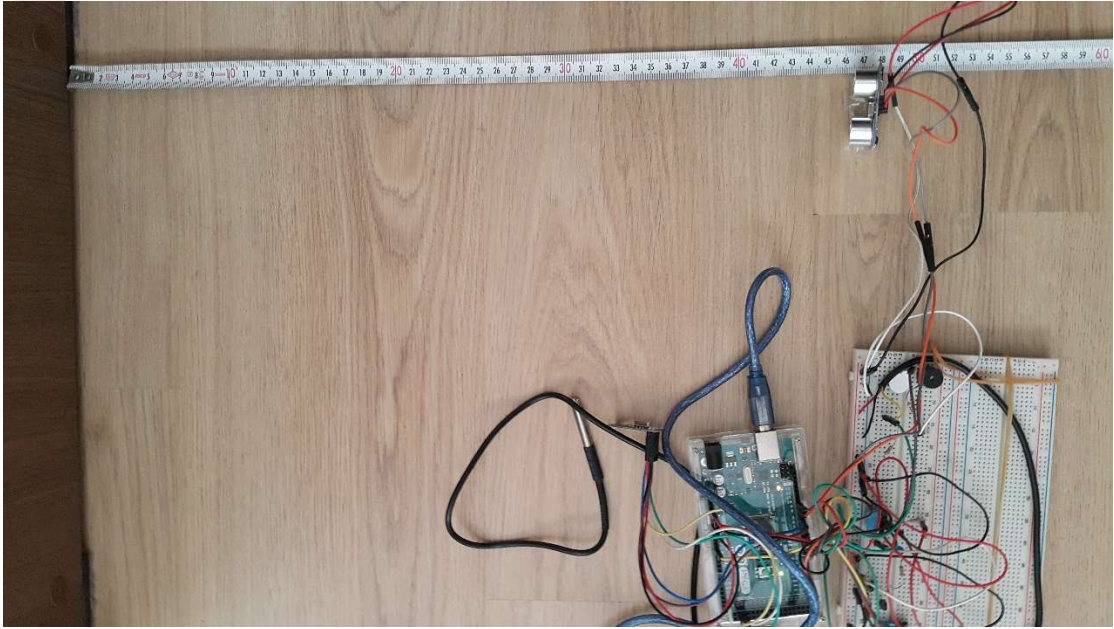
3. ÖLÇÜMLER VE BULGULAR

Günümüzde bazı IoT'ler dış kaynaklardan bilgi toplamakta, bazıları işlenmesi daha uzun zaman alacak yüksek hacimli veri gerektirmekte ve bazıları da çok kısa yanıt süreleri gerektirmektedirler (Shi ve diğerleri, 2016). Bu bağlamda günümüzde artık çalışma alanına dönük amaca ve uygulamaya özel IoT'ler (Application Specific Internet of Things; ASIoT'ler) tasarlanmaktadır. Bu şekilde yapılan her uygulama farklı tasarım parametreleri gerektirmektedir. Tez çalışmasında da gözlemlendiği üzere özel IoT'ler halen gelişmekte olan bir araştırma alanıdır. Ang ve Seng (2019) tarafından verilen ASIoT özelliklerinin özeti ve taksonomi sınıflandırmasına göre, başta tıp alanı olmak üzere, atıklar, nano, hayvan ve mobil IoT'ler gibi sualtı IoT'leri (Underwater Things) de özellikle deniz bilimciler tarafından ilgi duyulan farklı uygulamalar haline gelmiştir. Yazarlara göre, geleneksel bir karasal ortamda iletişim ile karşılaştırıldığında, uzun yayılım gecikmeleri, yüksek hata oranları, dar bant genişlikleri ve enerji verimsizliği (Zhou ve diğerleri, 2016), sualtı IoT'lerinin, üzerlerindeki sensörler, akıllı şamandralar, AUV'ler (Autonomous Underwater Vehicles) ve yüzer platformları ile birlikte uygulamaya yönelik özel tasarımında baş edilmesi gereken en önemli zorluklardır. Diğer bir deyişle, sualtı ortamda akustik bağlantılar kullanılarak yapılması gereken ağ iletişimi birçok farklı etkenlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Bu etkenlerin başında uzun yayılma gecikmeleri, yüksek sayılabilecek bit hata oranları ve kısa ağ bant genişlikleri gelmektedir. Denizel ortamda akustik sinyallerin soğurulması iletim kaybına neden olur ki bu durum verilerin bazen kararsız ve düşük güvenilirlikte olmasına yol açabilecektir. Ayrıca gerek cihazların yeniden şarj edilme zorlukları gerekse bazen sualtı sensörlerinin hareketli olması nedenleriyle kurulum maliyetleri de yüksektir. Sualtı sensörlerinin hareketli olması ağ topolojisinde değişiklikler yaratacaktır. Bu nedenlerle, yani denizel uygulamalardaki kısıtlamaları karşılamak için, sualtı IoT'lerinin tasarımı ve tasarım parametreleri, denizel ortamdaki karakteristik ve özelliklere sahip ağ iletişimi için optimizasyon yapılmalıdır.

Bu bölümde denizel tabanlı IoT'ler için kullanım örnekleri (donanım, yazılım) verilmektedir. Ayrıca güvenlik ve gizlilik gibi değişik zorluklarını kapsayan gelecekteki araştırmalar için yönler de tartışılmaktadır.

3.1. Ölçüm Çıktıları

Tasarımlanan ölçüm birimlerinden (deniz ve kara istasyonları) gelen veriler kayıt dışında kontrol amaçlı olarak ekran üzerinde kayan bir şekilde takip edilebilmektedir (Şekil 33). Ayrıca mesafe sensörünün ekran üzerindeki ortalama çıktı değeri ile şerit metrede ölçülen değerle aynı olduğu görülmüştür (Şekil 32).



Şekil 32. Şerit metrede cm cinsinden ölçümlenen mesafe değeri .

Şekil 33. Gelen verilerin ekran üzerindeki görüntüsü.

3.2. Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Laboratuvar ortamında toplanan iki veri setine göre sensörlerin genel olarak sorunsuz ve düzgün çalıştığı gözlemlenmiştir. Sensörlerden gelen verilerin doğrulukları (accuracy) aynı değildir. Aynı parametreyi ölçen farklı sensörlerden farklı sonuçlar alınmıştır. Örneğin 13 saatlik ölçümde farklı sensörlere ait sıcaklık okumalarında 1-2°C kadar farklar saptanmıştır (Tablo 8). Tamamı eşit koşullarda laboratuvar ortamında test edilen sıcaklık sensörlerinden gelen veriler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Buna göre BMP180 sensörünün salınımı daha düşüktür. Bu durum hem varyansından hem de diğerlerine göre yüksek olan ortalama değerinden söylenebilmektedir. Söz konusu verilerin kesinliklerinin ilgili sensörün değeri (piyasa fiyatı) ile orantılı olarak arttığı söylenebilir.

Tablo 8. Deniz istasyonu üzerinde kullanılan tüm sensörlerin 13 saatlik veri toplama istatistikleri.

c	Su Sıcaklığı	Sıcaklık LM35	Sıcaklık DHT11	Sıcaklık BMP180	Nem (%)	Mesafe (cm)	HB (hPa)
En küçük	22.9	22.0	23.0	23.8	48.0	45.0	1025.8
En büyük	23.6	24.4	24.0	24.1	51.0	47.0	1027.7
Ortalama	23.3	23.3	23.1	24.0	49.1	46.0	1026.6
Ortanca	23.3	23.5	23.0	24.0	49.0	46.0	1026.6
St Sapma	0.1592	0.3124	0.2313	0.0789	0.5779	0.1420	0.5001
Varyans	0.0253	0.0976	0.0535	0.0062	0.3340	0.0202	0.2501

Benzer değerlendirmeler 26 saatlik zaman serisi için de söylenebilir (Tablo 9). Sıcaklık okumalarının ortalamaları 22.8 ile 23.7 °C arasında kalmıştır. BMP180 sensörünün okuması diğerlerine göre daha yüksek olup daha düşük varyanslıdır. Bu görüntüler 13 saatlik verilerin istatistikleri ile uyumludur.

Tablo 9. Deniz istasyonu üzerinde kullanılan tüm sensörlerin 26 saatlik veri toplama istatistikleri

	Su Sıcaklığı	Sıcaklık LM35	Sıcaklık DHT11	Sıcaklık BMP180	Nem (%)	Mesafe (cm)	HB (hPa)
En küçük	21.3	21.5	22.0	23.1	46.0	45.0	1023.7
En büyük	23.6	24.4	24.0	24.1	51.0	47.0	1027.7
Ortalama	22.9	23.0	22.8	23.7	48.8	46.0	1025.8
Ortanca	23.0	23.0	23.0	23.6	49.0	46.0	1026.0
St Sapma	0.4990	0.4920	0.4557	0.3472	0.9355	0.2660	1.0754
Varyans	0.2490	0.2421	0.2077	0.1205	0.8752	0.0707	1.1565

Zaman içindeki değişimlerin daha iyi anlaşılabilmesi için 26 saatlik veriler ayrıca zaman serileri halinde gösterilmiştir (Şekil 34-40). Sıcaklık sensörleri içinde akışkan ortamda ölçüm yapabilen sıcaklık sensörünün en yüksek varyansları verdiği görülmektedir (Şekil 34); buna karşılık BMP180 sıcaklık sensörünün (Şekil 37) varyanslı ölçebilme kabiliyeti en zayıftır (Tablo 9).

Tasarlanan prototiplerde sensörlerin herhangi bir doğal ortamı temsil etmemesi ve aynı zamanda çalışma kapsamı dışında kalması nedeniyle parametreler arasında bir korelasyona gidilmemiştir. Buna rağmen ölçümlere bakıldığında sıcaklık sensörleri olan su içi (Şekil 34), LM35 (Şekil 35), DHT11 (Şekil 36) ve BMP180 (Şekil 37) arasında değişken oranlarda korelasyon olduğu görülebilir. En düşük korelasyon %30 (R^2) ile LM35 ve DHT11 sensörleri arasında ve en yüksek korelasyon ise %76 (R^2) ile su ve BMP180 sensörleri arasında saptanmıştır. Keskinliği düşük olan LM35 sensöründen gelen sıcaklık verilerinin hareketli ortalamalar alınarak uygun projelerde kullanılabileceği saptanmıştır. Ancak benzeri bir durum keskinliği daha düşük olan DHT11 sensörü için mümkün olamamıştır.

Ölçüm süresince laboratuvar içindeki nem miktarı %46 ile %51 arasında değişmiştir (Şekil 38). Okuma hassasiyeti %1'dir.

Mesafe sensörü ölçüm süresinde 46 cm olmak üzere sabit mesafededir (Şekil 39), duyarlılığının ise 1 cm mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Ölçüm şartları gereğince mesafe sensörü ölçüm boyunca sabit bir mesafeyi ölçmüş olup, çelik metre ile yapılan ölçüm ile aynı ortalama değeri vermiştir (Şekil 32). Tüm ölçümlerde sadece mesafede bir ölçüm hatalı olarak

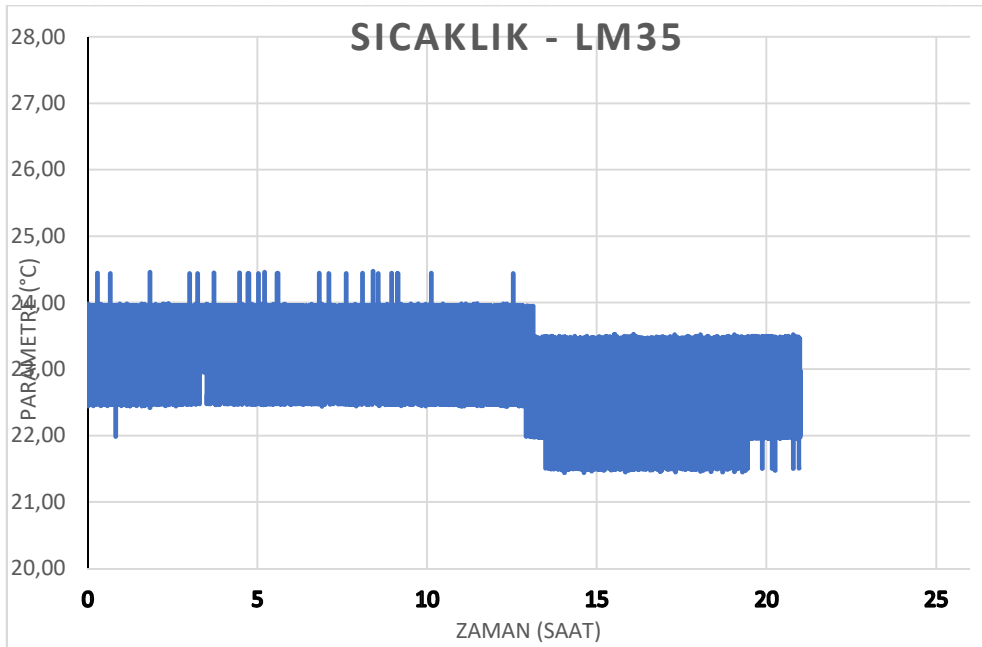
(0 cm) ölçülmüştür. Bu hata verilerin kalite kontrolleri sırasında hem göz ile hem de istatistiksel parametrelerden kolaylıkla tespit edilebilmiştir.

Sıcaklık okumaları ile ölçüm süresinde 1028-1024 milibar arasında değişen hava basıncı (Şekil 40) arasındaki pozitif korelasyonlar görülebilmektedir. Hava basıncı ile en yüksek korelasyonu %34 (R^2) ile BMP180 sıcaklık sensörü vermiştir.

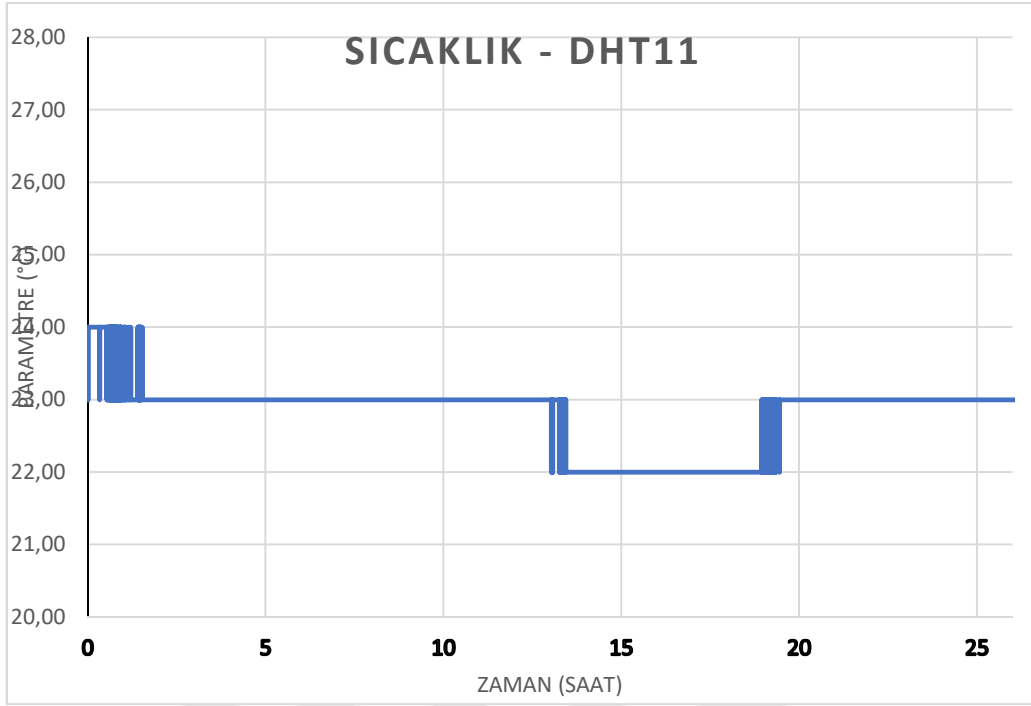




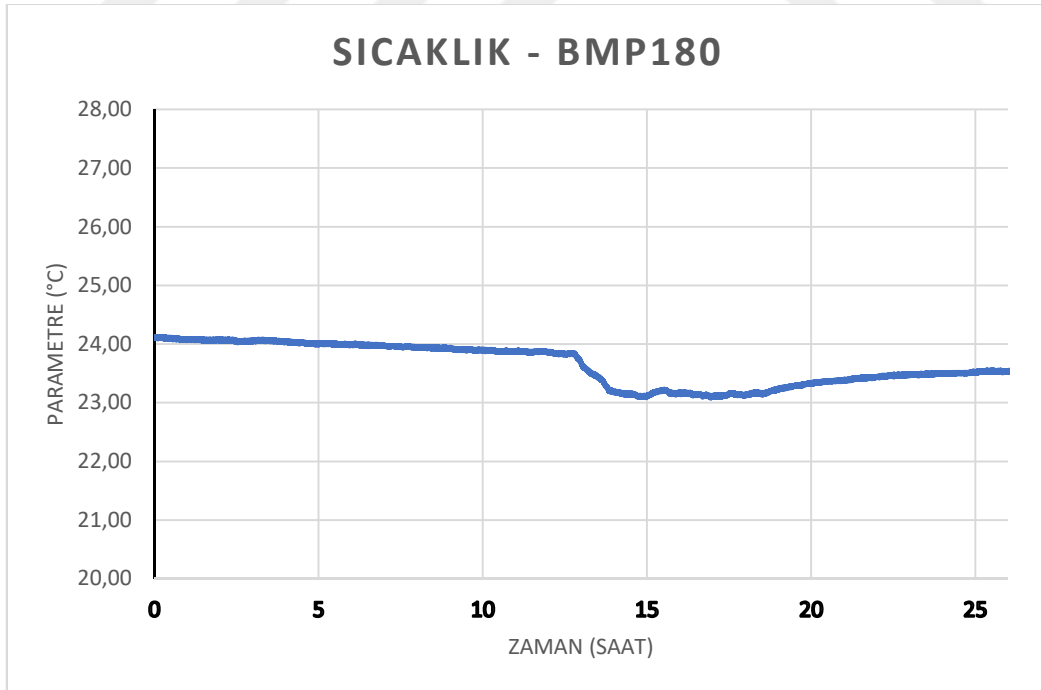
Şekil 34. Likit ortamda ölçüm yapabilen sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi



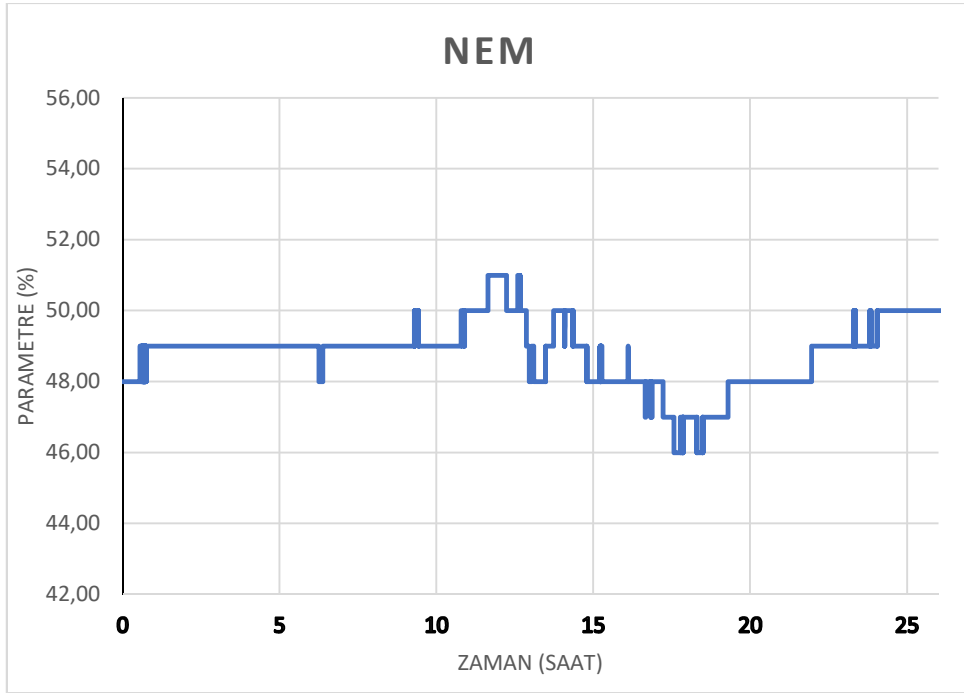
Şekil 35. LM 35 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi



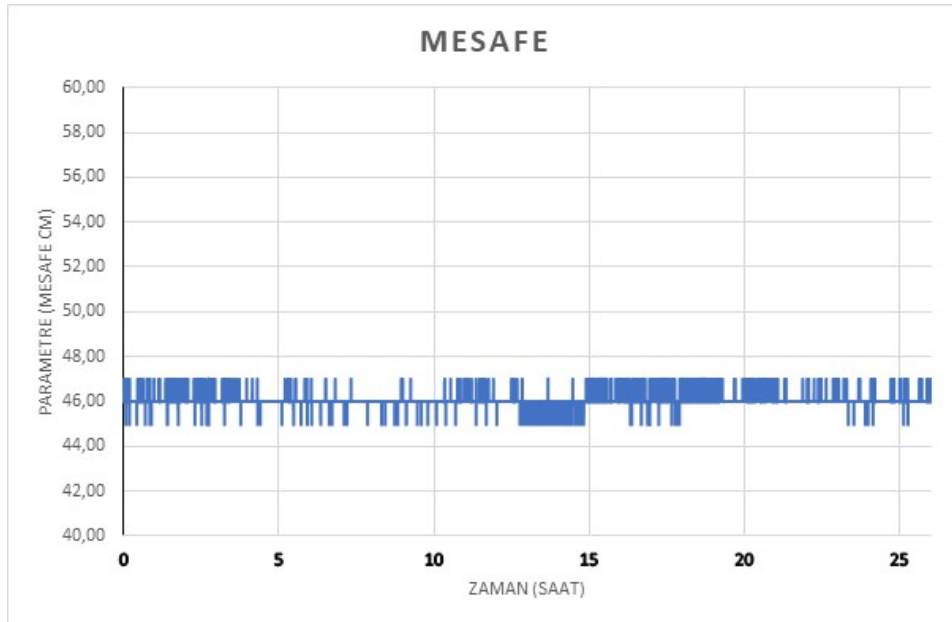
Şekil 36. DHT11 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi



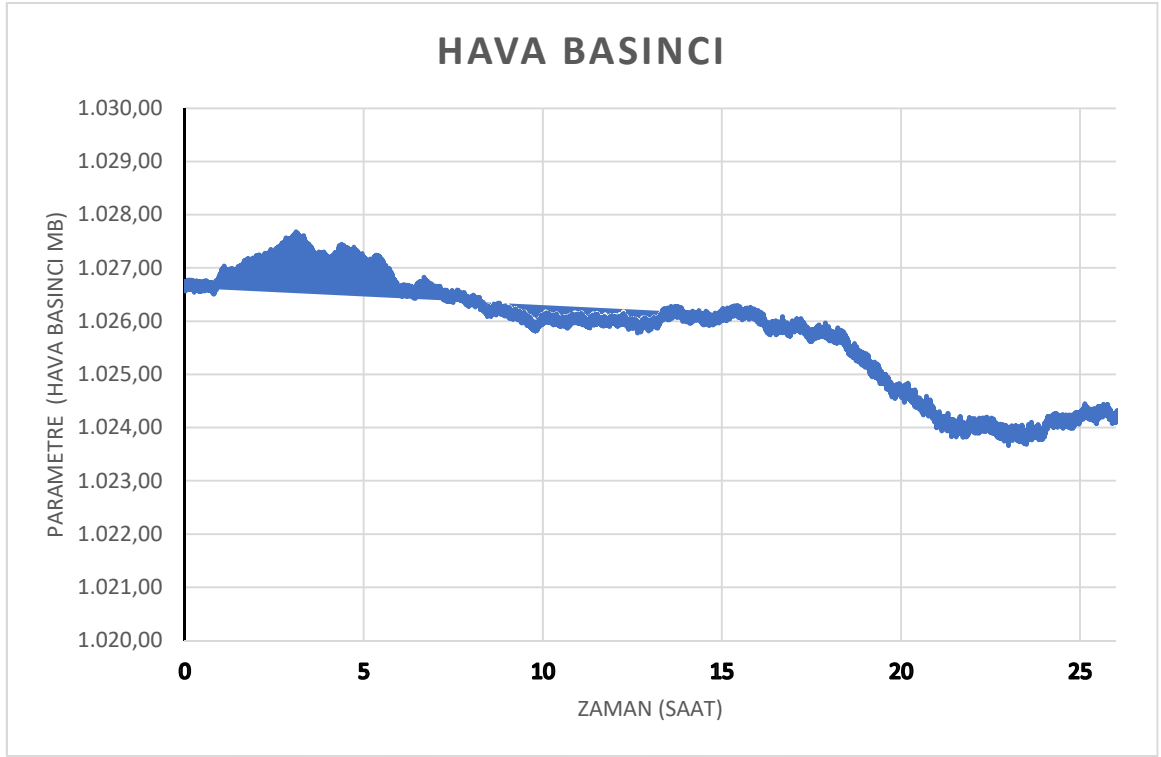
Şekil 37. BMP180 sıcaklık sensörü ölçüm zaman serisi



Şekil 38. Nem sensörü ölçüm zaman serisi



Şekil 39. Mesafe sensörü ölçüm zaman serisi



Şekil 40. Hava basıncı sensörü ölçüm zaman serisi

Kalibrasyon için imkân bulunmadığından sıcaklık için analog termometreye yakın değer veren sensör seçilmiştir. Barometre sensöründe başka bir barometre ile test yapılarak arada 5 milibar ölçüm farkı olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler bize kalibrasyon yapılması gerektiği, önceden kalibrasyonu yapılmış veya kalibrasyon katsayıları belirlenmiş sensör kullanılması gerektiği ya da çalışmadaki hassasiyet ihtiyacına göre kalibrasyonlu daha kaliteli sensörlerle çalışılabileceği ihtimalini düşündürmektedir. Tez çalışmasında maliyet çok artabileceği için bu yol seçilmemiş, fakat sistemin çalıştığını ve iyileştirilebileceğini göstermesi açısından yeterli olmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde denizel IoT verilerinin genel özellikleri ile tez kapsamında yapılan tasarım ve uygulamalar ışığında denizel IoT verilerinin toplanması, işlenmesi, bu süreçlerde karşılaşılan güçlükler ve ayrıca denizel IoT verilerinin güvenliği irdelenmektedir.

4.1. Denizel IoT Verileri

Türkçeye “Nesnelerin İnterneti” olarak çevirebileceğimiz Internet of Things (IoT), donanım ve cihazların kendi aralarında ya da üst (parental) sistemlerle iletişimde olduğu, bilgi toplumunun bir altyapısı olarak tanımlanabilen, iletişim ağıdır (Al-Fuqaha ve diğerleri, 2015). Mimarisi heterojen olan ve aşırı sığ derinliklerden okyanus tabanına kadar zorlu sucul ortamlarda çalışmak için yeterince esnek olması gereken bu ağ, küçük ölçekli basit ağlardan küresel ölçekli büyük ağlara kadar uzanabilmektedir.

Başlangıçta IoT'nin başlıca etki alanları akıllı kentler ve karasal alan olmuş, endüstriyel gelişmeler hızla ortaya çıkmıştır. Ancak Dünya nüfusunun büyük bir kısmı kıyı ve kıyı alanlarında yaşamaktadır. Bu nedenle deniz ve okyanuslar veri merkezleri için giderek daha önemli hale gelmiştir. Denizlerin insan yaşamının birçok yönü üzerinde önemli bir etkiye sahip olmasına rağmen, sualtı teknoloji ve uygulamaları aracılığıyla deniz bilimlerindeki gelişmenin daha yeni olması nedeniyle, IoT'nin denizel ve sualtı bölümü henüz yeterince keşfedilmemiş bir araştırma alanıdır. Deniz ve su altı ortamlarında su altı nesnelerini birbirine bağlamak için son zamanlarda geliştirilmekte olan bir iletişim ekosistemi karşılığı olarak “Denizel IoT” veya “Sualtı Nesnelerinin İnterneti” kavramları günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır (Jahanbakht, 2021). Denizel IoT, su altı akustik sensör düğüm (node) iletişimi ve IoT'nin birleşimidir (Atzori ve diğerleri, 2010). Sualtı sensör düğümleri, açık deniz araştırması, afet tahmini, veri toplama, yardımcı navigasyon, kirlilik kontrolü ve stratejik denetim uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde akıllı yüzer platformlar, akıllı kıyılar ve sucul ortamlar birbirleriyle karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. Ancak denizel IoT, yapı ve işlevi bakımından klasik IoT'lere benzese de bazı farklılıklara sahiptir. Bu farklılıklar iletişim ortamının farklı olmasından

(değişken oşinografik şartlar), sualtındaki kısıtlı enerji imkânlarından ve ölçülen yüksek veri hacmindeki hesaplama zorluklarından kaynaklanmaktadır (Li ve diğerleri, 2018). Bu konuya aşağıda verilerin işlenmesi bölümlerde detaylıca değinilecektir.

Denizel IoT teknolojisini benimsemenin lojistik faydaları özellikle deniz taşımacılığı, konumlandırma, navigasyon, sualtı keşif, afet tahmini ve önleme alanlarında oldukça büyüktür. Akıllı izleme ve güvenlik en görünür örnek olarak küresel okyanus ticaretini de kapsayacak şekilde denizcilik endüstrisinde devrim yaratmaktadır. IoT'nin tüm avantajlarından yararlanan ağdaki gemiler, liman zamanı, yol ve bakım başta olmak üzere sürelerini ölçeklendirerek, sorunların erken tespitine atfedilen maliyet tasarruflarına ek olarak artan verimlilik sağlamaktadır. Diğer taraftan günümüzde denizler kirlilik yükünü en fazla taşıyan ortamlardır. Denizlerde kirlilik izleme çalışmaları sürekli yapılması gereken zahmetli, uzun ve maliyetli çalışmalardır. Akıllı su kalitesi izleme yeni bir kavram olmasa da giderek artan ve kıyılara daha fazla bağımlı olan nüfusla birlikte, denizel IoT daha fazla kritik önem taşımaya başlamıştır. Bu ise, örneğin çok daha sık yerlerde çok daha fazla denizel/sucul veri toplama ve analiz için aşırı derecede fazla veri yükü demektir.

Deniz bilimlerindeki uygulamalarda kullanmak üzere Bluetooth, WiFi, GPS gibi standart IoT teknolojileri su altında çalışmasalar da denizler için su altında sorunsuz çalışan düşük maliyetli ve az enerji gerektiren IoT teknolojileri tasarlamak mümkündür.

Guobao (2019) son yıllarda ileri bilgi ve iletişim teknolojileri kullanarak uygulanan belli başlı deniz ortamı izleme projelerinin ve sistemlerinin özetini vermektedir. Çoğu genel okyanus ölçme ve su kalitesi izleme ile ilgili olan bu projelerde IoT önemli roller oynamaktadır. Balık çiftliği, mercan kayalığı, dalga, akıntı ve deniz kabukluları izlemeleri için yapılmış projeler vardır. Okyanus IoT projeleri şamandıralar, enerji tasarrufu ve hasat, yönlendirme protokolleri, veri iletme yaklaşımları ve veri analizi gibi belirli teknolojilere ve cihazlara odaklanmıştır (Guobao, 2019).

Özellikle robotik alanındaki gelişmeler deniz bilimlerinde önemli fırsatlar yaratabilmektedir. Son zamanlarda pusula, jiroskop, GPS alıcısı ve hareket almaçları gibi minyatürize edilmiş hassas sensörler ve ayrıca Arduino, Raspberry Pi gibi yenilikçi “açık donanım” mimarileri, kanal, nehir, göl ve kıyı lagünleri gibi oldukça sık ve zor erişilen ortamlarda çalışabilen İnsansız Yüzey Araçlarının (USV: Unmanned Surface Vehicles)

tasarımını ve geliştirilmesini kolaylaştırmıştır. Küçük ve oldukça esnek bu gibi tasarımlar çeşitli su altı ortamlarda kullanılabilmekte, jeofizik arama için yeni yöntem ve araçların gelişimini sağlamaktadır (Gasparini ve diğerleri, 2014). İnsansız Yüzey Araçlarının üzerine çok sığ su derinliğinde (10-50 cm) bile ölçüm alabilecek şekilde değişik frekanslarda (1-200 kHz) çalışan genelde dar bimli (6-8°) ve kısa puls uzunluklu (300-400 mikrosaniye) farklı akustik sistemler (akustik iskandil-echosounder, pinger, boomer, chirp ve mikrochirp gibi) monte edilmektedir. Su ortamı tabanının yansıtabilirliğini belirlemek için akustik sinyaller sabit zaman pencereleri kullanılarak alınmakta, Arduino Due kartı ile analogdan dijitale dönüştürülerek örneklenmekte, bu şekilde elde edilen eko verileri ise özel bir toplama sistemi şeklinde tasarımılanan Raspberry Pi kartı üzerindeki bir SD hafıza kartı üzerine SEG-Y (Barry ve diğerleri, 1995) gibi bilinen sismik formatlarda kaydedilmektedir. Akustik alıcılar yanında benzer şekilde yer radarları, manyetometre ve elektrik iletkenlik gibi diğer jeofizik cihazlar ile donatılan İnsansız Yüzey Araçlarının veri toplama potansiyelini önemli ölçüde artıracığı açıktır. Aynı şekilde, deniz ortamının izlenmesi ve iklim değişikliğiyle ilgili endişelerin giderek daha artması da dikkate alındığında, ADCP akıntı ölçerlerinin veya temel kimyasal sensörlerin tasarımı ile hidrodinamik ve fiziksel oşinografi çalışmalarında geniş uygulama alanları sağlanmıştır. Piezoelektrik etki ilkesi ile çalışan ve sualtı ortamlarında geri-saçılım ağını sağlayan ilk teknoloji olan Piezo-Acoustic Backscatter (PAB), su altı iletişimini sıfıra yakın güçte algılamayı sağlamaktadır; sualtı geri saçılımı, ölçeklenebilir ve ultra düşük güçlü okyanus IoT'si oluşturmak için genişletilmiştir (Project Oceans Internet of Things, 2022). İnsansız Yüzey Araçları sayesinde yapılacak tekrarlı araştırmalar ayrıca, sığ sulardaki gibi hızla değişebilen ortamlardaki doğal süreç ve kirlilik izleme çalışmalarına yeni bakış açıları sağlayacaktır. Günümüzde Ar-Ge aşamasında olan denizel IoT teknik olarak istikrarlı hale geldiğinde, veri analitiği ve yazılım mimarileri kurulduğunda, yeni bir tür Wi-Fi gibi, denizel verilerden ve haberlerden kolayca haberdar olunacaktır.

4.2. Denizel IoT Verilerinin İşlenmesi

IoT teknolojilerinin deniz ortamının izlenmesinde son zamanlarda hızlı bir şekilde geliştirilmesi ve devreye alınması, büyük miktarda veri oluşturmuştur. Bu nedenle denizel IoT ekosistemleri giderek daha çok sayıda cihaz ve donanımı internete bağlayarak, tanımlayıcı,

kestirimci ve kuralcı istatistiksel yöntemlere dayalı geleneksel büyük veri işleme tekniklerini (veri madenciliği) yetersiz bırakacak oranda veri (“Büyük Veri”) üretmektedir. Yani söz konusu istatistik algoritmalara dayalı geleneksel yöntemler, daha küçük veri kümelerindeki davranış ve özellikleri otomatik olarak öğrenemez ve bunları büyük veri senaryolarında kullanamazlar (Javed ve diğerleri, 2018).

Deniz ortamı IoT verileriyle uğraşmak da, özellikle aktif/pasif sualtı akustiği izleme uygulamalarında, büyük hacimde veri ve önemli ölçüde kötü veri olmak üzere büyük zorluklarla karşı karşıyadır (Jahanbakht ve diğerleri, 2021). Heterojen mimarisi ve yeterince esnek olması gereken yapısı yanında ağ içinde üretilen ve hızlı akması gereken ve çeşitli parametrelerden oluşan yüksek veri hacimleri (büyük veri) de denizel ortam şartlarında beklenen enerji yetersizliğinden dolayı sualtı iletişimde büyük zorluklar yaratmaktadır.

4.2.1. Enerji yetersizliği

Bu konuda yaşanan teknolojik gelişmeler okyanus tabanındaki sensörlerin bile harici bir güç kaynağına ihtiyaç duymadan veri toplamasını ve göndermesini sağlayacak çözümler üretmiştir (Benjamin ve diğerleri, 2016). Ultra-düşük güçlü bir sualtı iletişim sistemi, piezoelektrik etki ve geri saçılım olgularından yararlanarak, enerjiyi otonom olarak toplanmakta ve bu enerjiyi veri iletmek için kullanmaktadır. Bilindiği gibi çeşitli seramik, kristal ve yarı iletkenlerden oluşabilen piezoelektrik malzemeler mekanik stres altında elektrik yükü oluşturabilmektedir. Geri saçılım (backscattering) ise kablolu sinyalleri bir etiketten ve bir okuyucuya geri döndürme tekniğidir ve Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) etiketlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistemin çalışma prensibine göre bir verici önce su kütlesi yoluyla akustik dalgaları, piezoelektrik malzemeden yapılmış ve içinde verilerin depolandığı bir sensöre göndermektedir. Vericiden gelen dalgalar sensöre çarptığında üretilen elektrik yükü depolanır. Sensör daha sonra ya üzerine gelen akustik enerjiyi absorbe ederek geri yansıtmaz, ya da söz konusu enerjiyi kullanarak onları alıcıya (yüzeyde olabilir) yansıtır. Harici sensör geri yansıtılan dalgalar arasındaki farkı ayırt etmede kullanılır. Bu şekilde, aynı bilgisayarlarda uygulandığı şekilde, binary kodda (0: geri yansıma yok; 1: geri yansıma var) herhangi bir verinin veya veri setinin gönderilmesi sağlanmış olmaktadır. Bu yöntemin bilgisayarlardaki veri iletişiminden farkı, iletişimi sağlamak için milyonlarca transistör kullanmak yerine sadece iki transistörün kullanılmasıdır ki bu aynı zamanda batarya kullanan geleneksel sualtı

sistemlerine göre milyon kere daha düşük enerji kullanımı demektir. Bu iki yenilikçi olgudan yararlanılarak geliştirilen söz konusu teknoloji sayesinde pil (batarya) kullanımının olmaması hem işletim masraflarını azaltmakta hem de pillerden kaynaklanabilecek okyanus kirliliğinin artmasını önlemektedir.

4.2.2. Yüksek veri hacimleri

Enerji yetersizliği sorunu gibi toplanan verilerin çok büyük hacimli olmaları diğer bir sorundur (Benjamin, 2016). Ancak büyük veri analitiğinin son zamanlardaki gelişimi, bu hacimli deniz ortamı verilerinin analizini kolaylaştırmıştır. Bu önemli sorunun çözümünde pratik bir çözüm olarak, öğrenmeye ve verilerden bilgi çıkarmaya yönelik otomatik bir yaklaşımı kolaylaştırmak üzere makine öğrenimi ortaya çıkmıştır (Sun ve diğerleri, 2018). Günümüzde makine öğrenimi gerek keşif ve değerlendirme gerekse izleme ve yönetim sahalarında olmak üzere çeşitli sualtı veri uygulamalarında kullanılmaktadır (uygulamaların detaylı bir sınıflandırılması için bkz. Jahanbakht ve diğerleri, 2021).

Addison ve diğerleri (2017) makalelerinde deniz ortamı veri yönetimi ve büyük verinin etkilerinin neden olduğu yorum zorluklarını göstermişlerdir. Yazarlar bu amaçla deniz bilimci ve jeofizikçiler ile R ve Python gibi programlama dilleri ve paketlerinde uzman veri bilimcileri arasında işbirliklerinin gerektiğini önermektedirler. Ayrıca akustik izleme uygulamalarında makine öğrenimi sayesinde denizlerdeki sesli akustik örnekler tanımlanabilmektedir (Radeta ve diğerleri, 2018).

4.3. Denizel IoT Verilerinin Standardizasyonu

Projelerin ilgi alanlarına göre çeşitli uygulama platformlarında ve değişik bilimsel yöntem ve cihazlarla yapılan IoT deniz izlemeleri ve araştırmaları uluslararası işbirliği gerektirmektedir. Ancak veriler genellikle birbirleriyle uyumlu olamamaktadır. IoT için belirli ağ protokolleri ve standartları geliştirilmiş olsa da bunlar deniz ortamının izlenmesindeki uygulamalar için yeterli değildir (Salman ve diğerleri, 2016; Vidales, 2017). Yazarlar ağ yığınının farklı katmanlarında çalışan IoT protokollerini vurgulamış, genel olarak en yaygın kullanılan standartların Bluetooth ve ZigBee olduğunu belirtmişlerdir. IEEE 802.11ah ise diğer kablolu uygulamalarda en çok kullanılan altyapı olan IEEE 802.11ah'nın mevcut ve geniş

ölçüde ayrılmış altyapısı nedeniyle kullanımı en kolay olanıdır. Yazarlar IoT uygulamalarında yönlendirme için kullanılan bazı standart ve standart olmayan protokolleri ele almışlardır; IoT’ de en yaygın kullanılan yönlendirme protokolleri olan Düşük Güç ve Kayıplı Ağlar (RPL) ve bilişsel ağlar için tasarlanmış standart olmayan bir RPL uzantısı olan Bilişsel RPL (CORPL).

Ayrıca IoT platform, cihaz ve sistemleri için standartlar sağlamak önemli ve gereklidir. Ancak bu şekilde ortam veri yönetimi, analizi ve raporlaması anlam taşıyacaktır. Denizel uygulamalarda söz konusu standardizasyon aşağıdaki belli başlı zorlukları ortaya çıkartmaktadır;

- a) Denizel IoT cihazlarının standardizasyonu,
- b) Denizel IoT platformlarının ve sistem teknolojilerinin standardizasyonu (iletişim ağı yapıları, protokoller ve algoritmalar),
- c) Bilgi işlem ve veri depolama teknolojilerinin standardizasyonu,
- d) Kurum, kuruluş ve ülkeler arasında veri alışverişi için veri analizi çıktı ve rapor formatlarının standardizasyonu.

4.4. Denizel IoT Verilerinin Güvenliği

Güvenlik denizel IoT uygulamalarının kritik olan ve IoT protokollerinin neredeyse tüm katmanlarında bulunabilen bir sorundur. IoT protokollerinde yerleşik güvenlik mekanizmaları Salman ve diğerleri (2016) tarafından detaylı bir şekilde tartışılmıştır. Buna göre, IoT’nin ayrı bir iletişim ağına kullanılması, diğer bir deyişle firewall üzerinde savunmasız bölgede (demilitarized zone) çalıştırılması güvenlik sorunlarını büyük ölçüde aşmak mümkündür. Bu tedbirlere sağlam şifreler, pinler ve yamalarla kullanıcının kendini sabitlemesi ve güvenliği üreticisi tarafından kanıtlanmamış IOT’lerin projelerde kullanılmaması gibi diğer önemler eklenebilir.

4.5. Karşılaşılan Güçlükler ve Öneriler

Denizel ortamda kullanılacak cihazların su sızdırmazlığı ve yalıtımlarının (izolasyon) sağlanması önemlidir. Ayrıca kullanılacak sensörlerin denizel ortamlardaki koşullara dayanıklı malzemelerden imalatı yapılmalı veya sensörler bu şekilde korunmaya alınmalıdır.

Bünyelerinde metal içeren cihazların tuzlu su içerisinde elektrolize uğrayıp erimesi ve kimyasal reaksiyona girmemesi için çinko tarzı metaller (tutya veya anot) ile korunması gereklidir. Tutyalar yurtdışından yüksek fiyatlarla döviz kullanılarak getirilmektedir. Ancak bu çalışmada aynı işi görecekt yerel imalatla uygun fiyatlı tutyalar döktürülmüştür. Bu tutyalar tez çalışması kapsamında laboratuvar ortamında kullanılsa da denizel ortam uygulamalarında kullanılması planlanmıştır. Denizel ortamlarda yüksel fiyatlarda satılan endüstriyel ürünlerin dahi sık sık sorun çıkardığı ve bakım onarımlarının yapılması gerektiği düşünüldüğünde aynı problemler ile karşı karşıya kalınabileceği fakat zaten maliyeti düşürücü nesnelerin interneti cihazları kullanıldığında bunun bir nebze de olsa göz ardı edilebileceği düşünülmüştür. Ayrıca ilgili bilim insanlarının kendi geliştirdiği cihazın da servisini kendi sağlayacağı için servis maliyetlerini de azaltabileceği ve çalışmalarında başka şeylere kaynak yaratabileceği, ülke ekonomisine yurtdışına döviz çıkışını engelleyerek katkı sağlayabileceği ön görülmektedir. Her halükarda denizel ortamlarda kullanılacak cihazlarda olduğu gibi bu cihazların da uygun bir muhafaza içerisinde uzun süreli testlerinin ve geliştirmelerinin yapılması gerekmektedir. Tez kapsamında bu maliyeti karşılayacak imkân bulunmadığından bu yola gidilmesi tercih edilmemiştir.

KAYNAKLAR

- Addison, P., Collins, D., Trebilco, R., Howe, S., Bax, N., Hedge, P., Jones, G., Miloslavich, P., Roelfsema, C., Sams, M. (2017). A new wave of marine evidence-based management: Emerging challenges and solutions to transform monitoring, evaluating, and reporting. *ICES J. Marine Science*, 75, 941–952.
- Ang, K.L., Seng, J.K.P. (2019). Application Specific Internet of Things (ASIoTs): Taxonomy, applications, use case and future directions. In: *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Access*, 7, 56577–56590.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., Ayyash, M. (2015). Internet of Things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Communication Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 54, 2787–2805.
- Barry, K.M., Cavers, D.A., Kneale, C.W. (1975). Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics*, 40, 244-352.
- Benjamin, A. (2016). On the Security of the MQTT protocol. In: *IET, Engineering Secure Internet of Things Systems, Security Series*, (Ed.) Benjamin Aziz, Alvero Arenas, Bruno Crispo, 159-178.
- Benjamin, A., Fremantle P., Arenas, A. (2016). A reputation model for the Internet of Things, In: *IET, Engineering Secure Internet of Things Systems, Security Series*, (Ed.) Benjamin Aziz, Alvero Arenas, Bruno Crispo, 229-245.
- Çamoğlu, D. (2015). *Mikrodenetleyiciler ile Elektronik*. Dikeyksen 20 Yayıncılık, ISBN 978-605-87588-9-6, İstanbul, s.38
- Dökmetaş, G. (2016). *Arduino Eğitim Kitabı*. Dikeyksen 50 Yayıncılık, ISBN 978-605-4898-22-0, İstanbul, s.31-33.
- Gasparini, L., Del Bianco, F., Stanghellini, G., Priore, F. (2014). Acquisition of geophysical data in shallow-water environments using autonomous vehicles: state of the art, perspectives and case histories. 33° convegno GNGTS, Bologna 25-27.11.2014.
- Guobao X., Yanjun S., Xueyan S., Weiming S., (2019). Internet of Things in marine environment monitoring: a review. *Sensors*, 19, 1711.
- Jahanbakht, M., Xiang, W., Hanzo, L., Azghadi, M.R. (2021). Internet of Underwater Things and big marine data analytics – a comprehensive survey. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Communication Surveys & Tutorials*, arXiv: 2012.06712v2 [cs.NI].

- Javed, F., Afzal, M.K., Sharif, M., Kim, B. (2018). Internet of Things (IoT) operating systems support, networking technologies, applications, and challenges: a comparative review. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Communication Surveys & Tutorials*, 20(3), 2062–2100.
- Li, Y., Zhang, Y., Li, W., Jiang, T. (2018). Marine wireless big data: efficient transmission, related applications, and challenges, *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Wireless Communication*, 25(1), 19–25.
- Project Oceans Internet of Things (2022). <https://www.media.mit.edu/projects/oceans-internet-of-things/overview/> Son Erişim: 19 Eylül 2022.
- Radeta, M., Nunes, N.J., Vasconcelos, D., Nisi, V. (2018). Poseidon-Passive-acoustic ocean sensor for entertainment and interactive data-gathering in opportunistic nautical-activities. *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference (DIS)*, Hong Kong, 9-13.06.2018. Association for Computing Machinery, Inc.: Hong Kong, Çin, 999–1012.
- Salman, T., Jain, R. Networking protocols and standards for Internet of Things. 2017. Chapter 13. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119173601> (Son Erişim 19 Eylül 2022).
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., Xu, L. (2016). Edge Computing: Vision and Challenges” In: *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Internet of Things Journal*, 3(5), 637–646.
- Sun, X., Shi, J., Liu, L., Dong, J., Plant, C., Wang, X., Zhou, H. (2018). Transferring deep knowledge for object recognition in low-quality underwater videos,” *Neurocomp.*, 275, 897–908.
- Wrigley, E. A. (2018). Reconsidering the Industrial Revolution: England and Wales. *Journal of Interdisciplinary History*, 49(01), 9–42.
- Vidales, M. (2017). Wireless for Internet of Things Developers. Chapter 13. <https://doi.org/10.1002/9781119173601.ch13> (Son Erişim 19 Eylül 2022).
- Zhou, Z., Yao, B., Xing, R., Shu, J., Bu, S. (2016). E-CARP: An energy efficient routing protocol for UWSNs in the Internet of Underwater Things. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Sensors Journal*, 16(11), 4072-4082.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi :
Doğum Yeri :
Lise : (2001-2005), Pendik Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi
Ön Lisans : (2006-2008), Sakarya Üniversitesi
Lisans : (2008-2010) Süleyman Demirel Üniversitesi
Lisans : (2010-2012) İstanbul Üniversitesi
Yüksek Lisans : (2012-2015) İstanbul Üniversitesi
Doktora : (2015-2022) İstanbul Üniversitesi

FORMLAR

Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygunluk Yazısı ve Eki





T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK RAPORU UYGUNLUK FORMU



ÖĞRENCİNİN ADI SOYADI : Koray BAŞEĞMEZ
ÖĞRENCİ NO : 3002150001
ÖĞRETİM YILI : 2022/2023
ANABİLİM DALI / BİLİM DALI : Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği / Deniz Jeofiziği
PROGRAM TÜRÜ : YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA ☒
TEZ DANIŞMANI ÜNVANI ADI SOYADI : Prof. Dr. Ş. Bedri ALPAR
II. TEZ DANIŞMANI ÜNVAN ADI SOYADI : -
TEZ BAŞLIĞI : Nesnelerin İnterneti (IoT) ve İlgili İletişim Protokollerinin Deniz Bilimlerinde Yenilikçi Kullanımı ve Uygulama Olanakları

DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın Kapak sayfası, Türkçe ve İngilizce özet, giriş ve amaç, genel bilgiler, materyal-metot, bulgular, tartışma, sonuç ve kaynaklar bölümlerinden oluşan toplam .83. sayfalık kısmına ilişkin, 11./10./2022 tarihinde Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünün kullandığı TURNİTİN programı ile, *Lisansüstü Tezlere ait Benzerlik Raporlarının Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Uygulama Esaslarının* 5inci madde ikinci fıkrasında belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış nihai rapora göre benzerlik oranı % 4'tür.

Tezimin benzerlik oranı, 06/12/2017 tarih ve 20 sayılı Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yönetim Kurul Kararıyla Tezin intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için kabul edilmiş olan üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır.

İntihal programı ile raporlanan Tezime ait Benzerlik oranım Üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu beyan ederim.

Gereğini arz ederim.

İmza
Öğrenci Ad-Soyadı
Tarih: ...11./10./2022

EK: TURNİTİN Benzerlik Nihai Raporu ilk sayfa çıktısı

Koray BAŞEĞMEZ

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR / UYGUN DEĞİLDİR
(Ünvan, Ad Soyadı, İmza)
Prof. Dr. Ş. Bedri ALPAR

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM VE ÖĞRETİM YÖNETMELİĞİ (08.09.2016/29825)

(Yüksek Lisans) MADDE 36 – (2) Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir.

(Doktora) MADDE 50 – (4) Öğrenci, doktora tezinin savunmasından önce tezini, düzeltme verilen tezlerde ise düzeltilmiş tezini danışmanına sunar. Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir

NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE UYGULAMA OLANAKLARI

Yazar Koray Başeğmez

Gönderim Tarihi: 11-Eki-2022 05:05PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1922546597

Dosya adı: N_DEN_Z_B_L_MLER_NDEK_YEN_L_K_KULLANIMI_VE_UYGULAMA_OLANA_1.docx (117.29K)

Kelime sayısı: 12544

Karakter sayısı: 82600

NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE İLGİLİ İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN DENİZ BİLİMLERİNDEKİ YENİLİKÇİ KULLANIMI VE UYGULAMA OLANAKLARI

ORJİNALLİK RAPORU

% 4	% 4	% 1	% 2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	judepereira.com İnternet Kaynağı	% 2
2	upcommons.upc.edu İnternet Kaynağı	<% 1
3	repository.tudelft.nl İnternet Kaynağı	<% 1
4	www.autobotic.com.my İnternet Kaynağı	<% 1
5	Submitted to Kirikkale University Öğrenci Ödevi	<% 1
6	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	Deepu S.P., Ramesh Kini M., Sumam David S.. "Design and implementation of a signal processing ASIC for digital hearing aids", Microprocessors and Microsystems, 2022 Yayın	<% 1