



**NESNELERİN İNTERNETİ DESTEKLİ  
ALGILAYICI ARABİRİMİ TASARLANARAK  
VERİ TOPLAMA AĞI GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğba DEMİR**

**Danışman**

**Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU**

**BİLGİSAYAR ANABİLİM DALI**

**Ocak 2020**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESNELERİN İNTERNETİ DESTEKLİ ALGILAYICI ARABİRİMİ**  
**TASARLANARAK VERİ TOPLAMA AĞI GELİŞTİRİLMESİ**

**Tuğba DEMİR**

**Danışman**

**Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU**

**BİLGİSAYAR ANABİLİM DALI**

**Ocak 2020**

## TEZ ONAY SAYFASI

Tuğba DEMİR tarafından hazırlanan “Nesnelerin İnterneti Destekli Algılayıcı Arabirimi Tasarlanarak Veri Toplama Ağı Geliştirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bilgisayar Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU

**Başkan** : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAHRAMAN  
Afyon Kocatepe Üniv., Eğitim Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU  
Afyon Kocatepe Üniv., Afyon M.Y.O.

**Üye** : Doç. Dr. Utku KÖSE  
Süleyman Demirel Üniv., Mühendislik Fak.

İmza  
.....  
.....  
.....

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
..... /..... /..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**07 / 01 / 2020**

  
**İmza**

**Tuğba DEMİR**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### NESNELERİN İNTERNETİ DESTEKLİ ALGILAYICI ARABİRİMİ TASARLANARAK VERİ TOPLAMA AĞI GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba DEMİR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU

Bu çalışmada araştırmacıların alan çalışmalarında kullanımına yönelik nesnelerin interneti destekli algılayıcı arabirimi tasarlanarak veri toplama ağı oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda OrangePi Zero temelli veri toplama ve sunucu görevlerini üstelenecek bir ana modül tasarlanmıştır. Verilerin tutulmasında MongoDB veri tabanı kullanılmış, servis uygulamaları içinse NodeJS Express tercih edilmiştir. Kullanıcı arabirimi için AngularJS kullanılarak web arabirimi oluşturulmuştur. Modbus, I<sup>2</sup>C ve OneWire gibi protokoller kullanılarak amaca yönelik algılayıcılar ve diğer modüllerin kullanımına imkân verecek şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Modbus RTU RS485 veya I<sup>2</sup>C protokolleri kullanarak ana modüle birlikte kullanılabilecek ayrı bir yardımcı modül tasarlanmıştır. Tasarlanan yardımcı modül üzerinde analog ve dijital portlar ile hx711 yük hücresi yükselticisi yer almaktadır. Ana modül ve yardımcı modülün yazılımı hazırlanarak gerekli konfigürasyonları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sisteme çeşitli algılayıcılar bağlanarak test edilmiş ve araştırmacıların alan çalışmalarında kullanılabileceği bir yapı olduğu görülmüştür.

**2020, xi + 109 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti, IoT, Algılayıcı arabirimi, Veri toplama ağı.

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **DEVELOPING A DATA COLLECTION NETWORK BY DESIGNING AN IOT-BASED SENSOR INTERFACE**

Tuğba DEMİR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer

**Supervisor:** Assoc. Prof. Ömer DEPERLİOĞLU

In this research, it is aimed to create a data collection network by designing the internet supported sensor interface of the objects for the use of researchers in field studies. In this context, a main module is designed to handle Orange Pi Zero based data collection and server tasks. MongoDB database was used for data retention and NodeJS Express was preferred for service applications. The web interface has been formed for the user interface using AngularJS. Modbus, I<sup>2</sup>C and OneWire protocols are used to create a structure that allows the use of purposeful sensors and other modules. Modbus RTU A separate auxiliary module is designed to be used together with the main module using RS485 or I<sup>2</sup>C protocols. There are analog and digital ports and hx711 load cell amplifier on the designed auxiliary module. The software of the main module and auxiliary module have been prepared and the necessary configurations have been made. It was tested by connecting various sensors to the system realized and it was found that it was a structure that could be used in field studies by researchers.

**2020, xi + 109 pages**

**Keywords:** Internet of things, IoT, Sensor interface, Data collection network.

## TEŞEKKÜR

Eğitimim süresince katkı ve yardımları ile beni yönlendiren, her ne koşulda ne olursa olsun değerli zamanını ve tüm manevi yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ömer DEPERLİOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım ve her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bana yürekten inanan saygı değer aileme sonsuz şükranlarımı sunar, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Tuğba DEMİR  
Afyonkarahisar 2020

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|                                                                    | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                         | i     |
| ABSTRACT .....                                                     | ii    |
| TEŞEKKÜR .....                                                     | iii   |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....                                            | iv    |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                               | vi    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                               | ix    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                             | xi    |
| 1. GİRİŞ.....                                                      | 1     |
| 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....                                       | 3     |
| 2.1 Nesnelerin İnterneti ile Yapılmış Olan Örnekler .....          | 3     |
| 2.1.1 Akıllı Nesnelere Örnekler .....                              | 3     |
| 2.1.2 Enerji Yönetimi ve Madencilik Alanından Örnekler .....       | 5     |
| 2.1.3 Endüstriyel Alandan Örnekler.....                            | 6     |
| 2.1.4 Çevre ve Altyapı Alanlarından Örnekler .....                 | 8     |
| 2.1.5 Sağlık Alanından Örnekler.....                               | 9     |
| 2.1.6 Gıda Alanından Örnekler .....                                | 11    |
| 2.1.7 Tarım ve Hayvancılık Alanından Örnekler.....                 | 12    |
| 2.1.8 Ev ve Bina Alanından Örnekler .....                          | 14    |
| 2.1.9 Güvenliğin Sağlanması ve Acil Durum Alanından Örnekler ..... | 17    |
| 2.1.10 Taşıt Sistemlerinden Örnekler .....                         | 18    |
| 2.1.11 Üretim ve Tedarik Zincirlerinde Örnekler .....              | 19    |
| 2.1.12 Eğitim Alanından Örnekler .....                             | 20    |
| 2.1.13 Ağ Geçiti Olarak Kullanımına Örnekler .....                 | 21    |
| 3. MATERYAL ve METOT .....                                         | 24    |
| 3.1 Nesnelerin İnterneti.....                                      | 24    |
| 3.1.1 Mimari Modelleri .....                                       | 26    |
| 3.1.2 Güvenlik.....                                                | 31    |
| 3.2 Ağ Bağlantısı ve Teknolojileri.....                            | 36    |
| 3.3 Veri İletişimi .....                                           | 37    |
| 3.3.1 Veri İletişim Modları.....                                   | 38    |
| 3.3.2 Paralel ve Seri Veri İletim Yöntemleri.....                  | 38    |
| 3.3.3 Seri Veri İletim Türleri.....                                | 39    |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.4 Veri İletişim Protokolleri .....                                          | 40  |
| 3.4 Yazılım.....                                                                | 54  |
| 3.5 Bulut Bilişim ve Servis Sağlayıcılar .....                                  | 55  |
| 3.6 Algılayıcılar .....                                                         | 60  |
| 3.6.1 Sıcaklık Algılayıcısı .....                                               | 60  |
| 3.6.2 Ağırlık Algılayıcısı .....                                                | 61  |
| 3.6.3 Toprak ve Hava Nemlilik Algılayıcı.....                                   | 62  |
| 3.7 Kontrol Birimleri .....                                                     | 63  |
| 3.7.1 Tek Kart Bilgisayar (Orange Pi Zero).....                                 | 63  |
| 3.7.2 ATmega328P Mikro denetleyicisi .....                                      | 65  |
| 3.8 IoT Destekli Algılayıcı Arabirimin Tasarlanması Ve Gerçekleştirilmesi ..... | 66  |
| 3.8.1 Kontrol Devresinin Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi .....               | 66  |
| 3.8.2 Ek Modül Devresinin Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi.....               | 68  |
| 3.8.3 Montaj .....                                                              | 69  |
| 3.8.4 Ek Modül Yazılımı.....                                                    | 71  |
| 3.8.5 Kontrol Modülünün Konfigürasyonu ve Yazılımı.....                         | 72  |
| 4. BULGULAR .....                                                               | 83  |
| 4.1 Uygulanan Sistem Mimarisi .....                                             | 83  |
| 4.2 Kompost Üretimi Örneğinde Ele Alınan Başlıca Parametreler .....             | 84  |
| 4.3 Kompost Üretiminde Paloma'nın Kullanım Örneği .....                         | 85  |
| 5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....                                                      | 93  |
| 6. KAYNAKLAR.....                                                               | 96  |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                   | 109 |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| °C  | Derece                              |
| A   | Amper                               |
| bps | Bit per second ( saniye başına bit) |
| GB  | Giga Byte                           |
| MB  | Mega Byte                           |
| MHZ | Mega Herz                           |
| ms  | Milisaniye                          |
| KB  | Kilobyte                            |
| V   | Volt                                |

### Kısaltmalar

|                  |                                                                                                                |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACK              | Acknowledge (Onaylama)                                                                                         |
| ADC              | Analog Digital Converter (Analog Dijital Dönüştürücü)                                                          |
| ASCII            | American Standart Codes for Information Interchange<br>(Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi) |
| AWS              | Amazon Web Services                                                                                            |
| BIM              | Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modelleme)                                                           |
| BLE              | Bluetooth 4.0                                                                                                  |
| CRC              | Cyclic Redundancy Check (Döngüsel Artıklık Denetimi)                                                           |
| CMU              | Carnegie Mellon Üniversitesi                                                                                   |
| DCE              | Data Communications Equipment (Veri İletişim Cihazı)                                                           |
| DHCP             | Dynamic Host Configuration Protocol<br>(Dinamik Ana Bilgisayar Yapılandırma Protokolü)                         |
| DNS              | Domain Name System<br>(Alan Adı Sistemi / Etki Alanı Adlandırma Sistemi)                                       |
| DoD              | Department of Defense (Savunma Bakanlığı)                                                                      |
| DSSs             | Decision Support Systems (Karar Destek Sistemleri)                                                             |
| DTE              | Data Terminal Equipment (Veri Ucu Cihazı)                                                                      |
| EIA              | Electronic Industrial Association<br>(Elektronik Endüstrileri Birliği)                                         |
| EPICS            | Experimental Physics and Industrial Control System<br>(DeneySEL Fizik ve Endüstriyel Kontrol Sistemleri)       |
| FTP              | File Transfer Protocol (Dosya Aktarım Protokolü)                                                               |
| GIF              | Graphics Interchange Format (Grafik Dönüş Biçimi)                                                              |
| GPIO             | General Purpose Input/Output (Genel Amaçlı Giriş / Çıkış)                                                      |
| GPU              | Graphics Processing Unit (Grafik İşleme Ünitesi)                                                               |
| GSM              | Global System for Mobile Communications<br>(Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)                                |
| HTML             | Hyper Text Markup Language (Hiper Metin İşaret Dili)                                                           |
| HTTP             | HyperText Transfer Protocol<br>(Hiper/Köprü Metin Aktarım Protokolü)                                           |
| I <sup>2</sup> C | Inter-Integrated Circuit                                                                                       |
| IaaS             | (Hizmet olarak Altyapı)                                                                                        |

|             |                                                                                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IC          | Integrated Circuits (Entegre Devre)                                                                      |
| ICMP        | Internet Control Message Protocol<br>(İnternet Kontrol Mesaj Protokolü)                                  |
| IEEE        | The Institute of Electrical and Electronics Engineers<br>(Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) |
| IERC        | IoT European Research Cluster (Avrupa Araştırma Kümesi)                                                  |
| IoT         | Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)                                                                |
| IR          | Infrared (Kızılötesi)                                                                                    |
| ISM (bandı) | Industrial Scientific Medical Band<br>(Endüstriyel Bilimsel Tıbbi Bandı)                                 |
| ISO         | International Standards Organization<br>(Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)                             |
| ITU         | International Telecommunication Union<br>(Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)                         |
| IP          | Internet Protocol (İnternet İletişim Protokolü)                                                          |
| IPv4        | (İnternet Protokolü Versiyon 4)                                                                          |
| IPv6        | (İnternet İletişim Protokolü Versiyon 6)                                                                 |
| MAC         | Media Access Control (Media Erişim Kontrolü)                                                             |
| MISO        | Master In Slave Out                                                                                      |
| MIT         | Massachusetts Teknoloji Enstitüsü                                                                        |
| MOSI        | Master Out Slave In                                                                                      |
| MQTT        | Message Queuing Telemetry Transport<br>(Mesaj Kuyruğu Telemetri Taşıma)                                  |
| NACK        | Non-Acknowledge (Onaylamama)                                                                             |
| NFC         | Near Field Communication (Yakın Alan İletişimi)                                                          |
| OSI         | Open Systems Interconnection (Açık Sistem Bağlantı)                                                      |
| OTG         | On-The-Go                                                                                                |
| P & G       | Procter & Gamble                                                                                         |
| PaaS        | Hizmet olarak Servis                                                                                     |
| PHY         | Physical (Fiziksel)                                                                                      |
| PLC         | Programmable Logic Controller<br>(Programlanabilir Mantık Denetleyicileri)                               |
| POP3        | Post Office Protocol versiyon 3 (Postane Protokolü)                                                      |
| PPP         | Point to Point Protocol (Noktadan Noktaya Protokolü)                                                     |
| R/W         | Read/Write (Okuma/Yazma)                                                                                 |
| RAM         | Random Access Memory (Rastgele Erişimli Bellek)                                                          |
| RF          | (Radyo frekansı)                                                                                         |
| RFID        | Radyo Frekansı ile Tanımlama                                                                             |
| RPi3        | Raspberry Pi 3                                                                                           |
| RTU         | Remote Terminal Mod (Uzaktan Terminal Modu)                                                              |
| SaaS        | Software as a service (Bir Hizmet Olarak Yazılım)                                                        |
| SC          | Single Carrier (Tek Taşıyıcı)                                                                            |
| SCL         | Serial Clock (Seri Saat)                                                                                 |
| SCLK        | Serial Clock (Seri Saat)                                                                                 |
| SDA         | Serial Data (Seri Veri)                                                                                  |
| SDK         | Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)                                                       |
| SenML       | Sensor Markup Language (Algılayıcı işaretleme dili)                                                      |

|       |                                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SMTP  | Simple Mail Transfer Protocol<br>(Basit E-posta Aktarım Protokolü)                                                 |
| SNMP  | Simple Network Management Protocol<br>(Basit Ağ Yönetim Protokolü)                                                 |
| SPI   | Serial Peripheral Interface<br>(Çevresel Seri Haberleşme Arayüzü)                                                  |
| SS    | Security Sublayer (Güvenlik Alt Katmanı)                                                                           |
| SS    | Slave Select (Köle/Slave Düğüm Seçimi)                                                                             |
| SSH   | Secure Shell (Güvenli Kabuk)                                                                                       |
| TCP   | Transmission Control Protocol (İletim Denetimi Protokolü)                                                          |
| TIA   | (Telekomünikasyon Endüstrisi Birliği)                                                                              |
| TFTP  | Trivial File Transfer Protocol<br>(Basit Dosya Aktarım Protokolü)                                                  |
| UART  | Universal Asynchronous Transmitter Receiver<br>(Evrensel Asenkron Verici Alıcısı)                                  |
| USB   | Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)                                                                      |
| UDP   | User Datagram Protocol (Kullanıcı Veri Bloğu Protokolü)                                                            |
| UPS   | Uninterruptible Power Supply (Kesintisiz Güç Kaynağı)                                                              |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)                                                                        |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access<br>(Mikrodalga Erişimi için Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik) |
| WLAN  | Wireless Local Area Network (Kablosuz Yerel Alan Ağı)                                                              |
| WPAN  | Wireless Personal Area Network (Kablosuz Kişisel Alan Ağı)                                                         |
| WSU   | Wireless Sensor Unit (Kablosuz Algılayıcı Ünitesi)                                                                 |
| WIU   | Wireless Information Unit (Kablosuz Bilgi Ünitesi)                                                                 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                               | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1 İnternete bağlanan tost makinesi .....                                              | 4     |
| Şekil 2.2 Xcoffee ekran görüntüsü .....                                                       | 4     |
| Şekil 3.1 Nesnelerin interneti mimarileri .....                                               | 28    |
| Şekil 3.2 ITU tarafından 2012 yılında beş katmanlı mimari modeli .....                        | 29    |
| Şekil 3.3 Nesnelerin interneti katmanları .....                                               | 30    |
| Şekil 3.4 Çavdar ve Öztürk (2018)'ün önerdiği nesnelerin interneti mimari modeli ....         | 31    |
| Şekil 3.5 Katmanlı mimari yapı .....                                                          | 34    |
| Şekil 3.6 RS-485'te full-duplex ve half-duplex bağlantı yapıları .....                        | 42    |
| Şekil 3.7 Modbus RTU veri paketi yapısı. ....                                                 | 44    |
| Şekil 3.8 Modbus RTU mesaj iletimi süreleri .....                                             | 45    |
| Şekil 3.9 Modbus RTU mesajı başlangıç ve sonu .....                                           | 45    |
| Şekil 3.10 İki mikrodenetleyici kullanan bir I <sup>2</sup> C hat konfigürasyonu örneği ..... | 47    |
| Şekil 3.11 I <sup>2</sup> C mesaj aktarımı .....                                              | 47    |
| Şekil 3.12 Başlatma koşulu ve durdurma koşulu voltaj seviyeleri .....                         | 48    |
| Şekil 3.13 7-bit adrese sahip bir slave düğüme yönelik bir master düğüm .....                 | 49    |
| Şekil 3.14 Bir master düğümden, 10 bit adresli bir slave düğüme yönelik veri iletimi. ....    | 49    |
| Şekil 3.15 SPI konfigürasyonu örneği .....                                                    | 50    |
| Şekil 3.16 SPI konfigürasyon örneği .....                                                     | 51    |
| Şekil 3.17 UART bağlantısı .....                                                              | 52    |
| Şekil 3.18 UART paket yapısı .....                                                            | 52    |
| Şekil 3.19 OneWire bağlantı şekli .....                                                       | 54    |
| Şekil 3.20 Bulut bilişimde IaaS, PaaS, SaaS katmanları .....                                  | 58    |
| Şekil 3.21 DS18B20 bağlantı pinleri .....                                                     | 61    |
| Şekil 3.22 HX711 yük hücresi şeması .....                                                     | 62    |
| Şekil 3.23 Toprak nem algılayıcısı .....                                                      | 62    |
| Şekil 3.24 Orange Pi Zero üst görünüm .....                                                   | 63    |
| Şekil 3.25 Orange Pi Zero alt görünüm .....                                                   | 64    |
| Şekil 3.26 Orange Pi Zero genişletme kartı .....                                              | 64    |
| Şekil 3.27 ATmega328P ve Arduino Uno pin eşlemesi .....                                       | 66    |
| Şekil 3.28 Orange Pi'nin yer aldığı kontrol modülü baskı devresi .....                        | 67    |
| Şekil 3.29 Orange Pi'nin yer aldığı kontrol modülü dış koruma tasarımı .....                  | 67    |
| Şekil 3.30 Ek modul baskı devresi .....                                                       | 68    |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.31 Ek modül devresi için dış koruma tasarımı.....                          | 69 |
| Şekil 3.32 Orange Pi'nin yer aldığı kontrol modülü .....                           | 69 |
| Şekil 3.33 Ek modül bağlantı yuvaları .....                                        | 70 |
| Şekil 3.34 Hazırlanan sistem .....                                                 | 70 |
| Şekil 3.35 Ek modül için akış diyagramı .....                                      | 71 |
| Şekil 3.36 Putty programı ekran görüntüsü.....                                     | 73 |
| Şekil 3.37 armbian-config penceresi. ....                                          | 74 |
| Şekil 3.38 free -m komutu ile bellek durum tablosu .....                           | 76 |
| Şekil 3.39 OneWire üzerinden değer okuma.....                                      | 76 |
| Şekil 3.40 I <sup>2</sup> C üzerinden erişilen bağlı cihazların adres bilgisi..... | 78 |
| Şekil 3.41 Tasarlanan sistem şeması (Paloma) .....                                 | 80 |
| Şekil 3.42 Kullanılan python kodları akış diyagramı.....                           | 81 |
| Şekil 4.1 Örnek bağlantı.....                                                      | 83 |
| Şekil 4.2 Kazan iç tasarımı ve kazan motor bağlantısı.....                         | 86 |
| Şekil 4.3 Kasanın önden görünüşü. ....                                             | 87 |
| Şekil 4.4 Kasa dış yan yüzeyinde bulunan birimler .....                            | 88 |
| Şekil 4.5 Kontrol modülü üzerinde yer alan ekran görüntüsü.....                    | 88 |
| Şekil 4.6 (a) Kasanın üst yüzeyinde ve (b) arka yüzeyinde yer alan birimler.....   | 89 |
| Şekil 4.7 Su kabı.....                                                             | 89 |
| Şekil 4.8 Paloma'nın kullanım örneği.....                                          | 90 |
| Şekil 4.9 Kullanıcı arabirimi ve gösterge paneli .....                             | 91 |
| Şekil 4.10 Mobil cihazlar üzerinden kullanıcı arabirimi ve gösterge paneli.....    | 92 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                          | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1 Dünya nüfusunun internet kullanıcı oranı.....                                | 32    |
| Çizelge 3.2 Kablosuz algılayıcı ağlarına yönelik olası saldırılarını ve savunmaları..... | 33    |
| Çizelge 3.3 Kablosuz algılayıcı ağ katmanlarını etkileyen saldırı türleri .....          | 34    |
| Çizelge 3.4 Düşük-orta ve yüksek seviyeli güvenlik sorunları .....                       | 35    |
| Çizelge 3.5 OSI modeli ve TCP/IP modeli karşılaştırması ve başlıca protokolleri .....    | 36    |
| Çizelge 3.6 RS -232, RS-422 ve RS-485 seri arabirim standartları .....                   | 41    |
| Çizelge 3.7 Modbus adres uzayı.....                                                      | 44    |
| Çizelge 3.8 Modbus RTU 1 byte'lık veri paket içeriği .....                               | 45    |
| Çizelge 3.9 DS18S20 dönüşüm zamanı ve çözünürlük tablosu.....                            | 61    |
| Çizelge 3.10 Orange Pi Zero'nun özellikleri .....                                        | 65    |
| Çizelge 3.11 Modbus bellek haritası. ....                                                | 72    |
| Çizelge 3.12 DS1820 çözünürlük ve okuma zamanı .....                                     | 77    |
| Çizelge 3.13 Kompostlama işleminde uygun ortam sıcaklık değerleri.....                   | 85    |

## 1. GİRİŞ

İnsanlar evreni tanıma çabalarında ve karşılaştıkları sorunlarda doğru bilgilerin kullanımıyla güvenilir çözümlere ulaşmaktadır (Karasar 2016). Güvenilir çözümler insanların ve içinde bulundukları toplumun refah seviyesini arttırmaktadır. Dolayısıyla “Bilgi güçtür.” denilmektedir (Çalık ve Sezgin 2005). Bu güce hızlı sahip olmak yani hızlı güçlenmek için bilgiye hızlı ulaşarak ulaşılan bilgiyi doğru ve hızlı bir şekilde değerlendirmekle mümkün olacağı öngörülmektedir.

Günümüzde bilgiye hızlı erişim sağlayabileceğimiz önemli bir bilgi kaynağı olarak interneti belirtebiliriz. Bu kaynak üzerinden dosya transferi, alışveriş, sohbet, gündem takibi, banka işlemleri, eğlence gibi daha birçok işlem gerçekleştirilebilir. Bu işlemlerde elde edilen bilgiler sadece insanların doğrudan faydalandığı bilgiler olma yönünden çıkmış internet ortamında varlığını gösterebilen nesnelerinde internet ortamında bilgi sunabileceği ve anlamlı bilgiler elde edebileceği bir ortam haline gelmektedir.

Nesnelerin internet ortamından yararlanabiliyor olması Nesnelerin İnterneti, Şeylerin İnterneti ve son zamanlardaki vurgusuyla “Her şeyin İnterneti” ifadelerini ön plana çıkarmıştır. Günümüzde net bir tanımı olmamakla beraber “Nesnelerin İnterneti” kavramına yapılan tanımlara bu çalışmada yer verilmiştir.

Nesnelerin interneti kullanımında kesinleşmiş mimari yapılar (modeller) olmamakla beraber araştırmacılar tarafından önerilerin ve tasarımların sunulmaya devam ettiği görülmektedir.

Nesnelerinde birçok bilgiler sunabilir hale gelmesi internet ortamında bu bilgilerin paylaşımı depolanmasını gerekli kılmaktayken bu kısımda uygulama geliştiricileri bulut bilişim sistemlerinden destek almaya yönlendirmiştir. İnternet ortamında depolanan bilgilerin gerek diğer nesneler ve kullanıcılar gerekse yapay zekâ üzerinden değerlendirilebilmesi açısından yönetim, uygulama, arayüz yapılarına duyulan ihtiyacı IoT Bulut platformlarının gelişimini sağlamıştır. Microsoft firmasının Azure IoT

Platformu, Amazon firmasının AWS IoT, Google firmasının Google IoT örnek olarak verilebilir.

Nesnelerin internetinin gelişimi her geçen gün bilgi artışını da getirmektedir. Bu bilgilerin artışı daha fazla bant genişliği, daha fazla aktarım hızı, daha fazla depola alanı ihtiyacına neden olmaktadır. Ayrıca bu bilgilerin korunması için güvenlik önlemlerini gerektirmektedir ki bu durumlarda IoT uygulamalarının başlıca sorunları arasında yer alır.

Çalışmamızda Nesnelerin İnterneti hakkında genel bilgiler verilmekte ve kullanımının önemine vurgu yapılmakta olup gerek araştırmacıların gerekse genel kullanıcıların ihtiyaçlarına yönelik kolaylıkla uyarlanabilecek nesnelerin interneti destekli algılayıcı arabiriminin tasarlanması ve bir kullanım örneği ile sunulması amaçlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Bu bölümde nesnelerin internetinin kullanıldığı alanlara yönelik örnekler incelenmiştir. Bu şekilde okuyucuların tez çalışmasının temel kapsamına hâkim olması amaçlanmıştır.

### 2.1 Nesnelerin İnterneti ile Yapılmış Olan Örnekler

Nesnelerin interneti üzerine yapılan araştırmalar sonucunda enerji yönetiminde, madencilik alanında, çevre ve alt yapı alanlarında, endüstriyel alanda, sağlık hizmetleri alanında, gıda alanında, güvenliğin sağlanması ve acil durum alanlarında, tarım ve hayvancılık alanında, ev ve bina ortamlarında, alışveriş alanında, eğitim alanında, kişisel uygulamalarda, taşıt sistemlerinde, üretim ve tedarik zincirinde, akıllı nesneler üzerinden IoT kullanım alanlarının mevcut olduğu ve nesnelerin kendisini gösterebileceği her alanda kullanımının artarak devam etmekte olduğu belirtilebilir.

#### 2.1.1 Akıllı Nesnelere Örnekler

1982’de, Carnegie Mellon Üniversitesi (CMU) Bilgisayar Bilimleri Bölümü’nde Laboratuvar çalışmaları sırasında çalışanlar uzun koridorları geçerek ulaştıkları kola makinesi içindeki içeceklerin bitmiş olması ya da istenilen soğuklukta olmamasından rahatsızlık duyduklarını belirtmişlerdir. Çalışanlar makinedeki içecek miktarını ve sodaların soğukluğunun uygun olduğunu kola makinesinin yanına gitmeden ağ üzerinden öğrenmelerini sağlayacak bir sistemi makineye dâhil etmişlerdir. Bu kullanım nesnelerin internetinin doğuşundaki ilk uygulama olarak ifade edilmektedir (İnt.Kyn.1).

Interop İnternet ağ gösterisinin başkanı olan Dan Lynch, 1989’da John Romkey’e, bir tost makinesini internete bağlayabilirse onu ödüllendireceğini belirtmiştir. John Romkey ve arkadaşı Simon Hackett 1990 yılında basit bir ağ yönetimi protokolü kullanarak tost makinesini internet üzerinden açıp kapatma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Fakat ekmeklerin el ile yerleştirilip alınıyor olması internetten tost makinesinin açık kapatılır olmasındaki kolaylığa gölge düşürmüştür. Bunun üzerine 1991 Interop’ta, internetten de kontrol edilen ve bir dilim ekmek alıp tost makinesine bırakan, uçtan uca sistemi otomatikleştiren küçük bir robotik vinç sisteme eklenmiştir. Hackett’in tost makinesiyle olan bir fotoğrafı Şekil 2.1’de yer almaktadır (İnt.Kyn.2).



**Şekil 2.1** İnternete bağlanan tost makinesi

1991 yılında Quentin Stafford-Fraser, Paul Jardetzky ve arkadaşlarının, Cambridge Üniversitesi Bilgisayar Laboratuvarının Trojan Room isimli yazılım geliştirme biriminde çalışırken kahve için laboratuvarın dışındaki kahve makinesinin yanına gitmeleri gerekmekteydi. Ayrıca kahve makinesinin yanına gitmek için iki üç kat merdiven kullanan başka çalışanlar da vardır. Bu kadar mesafe sonrasında kahvenin kalmadığı sürpriziyle karşılaşmalarının önüne geçmek için ağa bağlı bir bilgisayar ve yönü kahve makinesine göre yerleştirilmiş bir kameradan yararlanılmıştır. Ağ üzerinden kahve makinesinin görüntüsünü üç dakikaya bir yenilenecek şekilde xcoffe uygulamasına gönderen bir sistem kurmuşlardır. Şekil 2.2’de xcoffe uygulamasının ekran görüntüsü yer almaktadır (İnt.Kyn.3).



**Şekil 2.2** Xcoffe ekran görüntüsü

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT)’nde Auto-ID Center kurucularından olan Kevin Ashton’un nesnelerin interneti kavramıyla ilgili olarak 2009 yılında çalışma

yayınlanmıştır. Bu çalışmada, 1999 yılında Procter & Gamble (P & G) firmasına tedarik zincirinde RFID'yi içeren fikrini anlatmak için sunum yapmıştır. Yöneticilerin dikkatini çekmeyi amaçlayan sunumun başlığının “Nesnelerin İnterneti” olarak geçmesiyle kavramın hayata başladığını belirtmiştir (İnt.Kyn.4).

González vd. (2014) çalışmalarında, Midgar olarak adlandırdıkları bir IoT platformu geliştirmişlerdir. Midgar aracılığıyla, uygulama oluşturma sorununu kaldırılabilmesine yönelik bir Etki Alanına Özel Dil (DSL) tarafından tanımlanan bir grafik düzenleyici ile kullanıcıların nesneleri kaydedebileceği ve her yerde bulunan, heterojen/akıllı nesneler arasında ara bağlantı oluşturabildikleri belirtmişlerdir. Platformun teknik etkinliğini doğrulamak için birden fazla Akıllı Nesneyi birbirine bağlamak ve birlikte çalışmasını sağlamak için kullanılmıştır. Kullanıcılara deneyimleri sonrası yaptırdıkları anketler üzerinden sistemin değerlendirmesinde bulunmuşlardır.

Steinberg vd. (2014) çalışmalarında, pasif RFID akıllı etiket formatı etrafında tasarlanmış minyatür ve taşınabilir, düşük maliyetli, düşük güçlü bir kablosuz fotometre sunmuşlardır. Kablosuz fotometrenin performansının iki farklı model analitik uygulaması ile test edildiğini, ilkinde boya konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak renk yoğunluğunun ölçüldüğü çözeltide fotometriyi, ikincisinde dökme optod membranları kullanılarak potasyum iyon konsantrasyonlarının belirlendiği bir iyon seçici optod sistemini bildirmişlerdir.

### **2.1.2 Enerji Yönetimi ve Madencilik Alanından Örnekler**

Maden atık barajlarında da güvenlik amaçlı erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasında Nesnelerin internetinden yararlanılmaktadır. Örneğin Sun vd. (2012), Atık barajı güvenliğini artırmak için, nesnelerin internetine dayalı (IOT) ve bulut bilişim temelli atık barajı izleme ve ön-alarm sistemi (TDMPAS) tasarlamış ve uygulamışlardır. Çalışmalarında su seviyesi ve baraj deformasyonunu her türlü hava koşulunda doymuş hattın 7/24 gerçek zamanlı alarm öncesi bilgilerini otomatik olarak ve uzaktan edinebildikleri verileri grafik üzerinden izleyebildiklerini göstermişlerdir.

Zhang vd. (2012), IOT tabanlı mobil servis için dâhili kesintisiz güç kaynağı sisteminin geliştirilmesi üzerine çalışmada bulunmuşlardır. Çalışmalarında Arm çipleri, ATmega ürünleri (ATmega 161, ATmega 162 gibi), Ağ Arabirimi Denetleyicisi, TCP / IP protokol paketi ve diğer yazılım bileşenlerini kullanmışlardır. Tasarlanmış UPS sisteminde, yongadaki (seri EEPROM gibi) veri ve izin bilgilerini yapılandırılmış şekilde kaydeden ve I<sup>2</sup>C veri yolu üzerinden MCU ile iletişim kuran bir gömülü dosya sistemi tasarlanıp uygulanmıştır. Denemelerine dayanarak, mobil kullanıcıların UPS'i uzun mesafelerde farklı yerlerde kolayca izleyebilecekleri ve kontrol edebilecekleri belirtilmiştir.

Monteiro vd. (2014), çalışmalarında pil analizi yapma ve şarj ve deşarj işlemlerini önceden tanımlanmış profilleri kullanarak bir web uygulaması aracılığıyla kontrol etmeyi sağlayan akıllı güç elektroniği platformunu sunmuşlardır. Bu bağlamda, temel katkılardan birinin farklı çalışma senaryolarında pillerin performansını analiz etmeyi amaçlayan, birkaç kontrollü test yapma ve elde edilen verileri bir web sunucusunda saklama imkânı olduğu bildirilmiştir. Bu testler sayesinde, kullanım stratejilerini tanımlamak, performanslarını ve dolayısıyla ömürlerini optimize etmek amacıyla pilleri karakterize etmenin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Singh vd. (2018) çalışmalarında radyo frekans yayılımı, gecikmeli iletişim protokolü ve enerji verimliliği değişkenliği ve özerk olay tespiti gibi çeşitli yönleri kapsayan bir entegre sistem geliştirmişlerdir. IoT teknolojilerinin gücünden yararlanarak Smart Self-Advances Goaf Edge Destek Sistemlerinin (SAGES) geliştirilmesi üzerine öneriler belirtilmiştir. Madencilik endüstrisiyle ilişkili büyük ekonomik faktör nedeniyle siber saldırılara yönelik artan bir eğilime vurgu yapılmıştır. SAGES verilerinin güvenliğini ve güvenilirliğini sağlamak için bulutlara ve akıllı telefon uygulaması aracılığıyla bilgiye güvenli erişim sağlandığından, çalışma, SAGES için veri kaydedici kullanılarak sağlam bir iletişim kanalının kurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

### **2.1.3 Endüstriyel Alandan Örnekler**

Thramboulidis (2015) çalışmasında endüstriyel otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi için siber fiziksel sistem temelli bir yaklaşım önermiştir. Buna dayanarak, sistemin

yazılım kısmının UML modeli SysML sistem modelinden çıkarılmıştır. PLC'den ve IEC 61131'in yeni nesne yönelimli versiyonundan yararlanılmıştır. Sistem seviyesinde siber fiziksel bileşenlerin tesisin işlemlerini gerçekleştiren siber bileşenlerle entegrasyonu için REST ağ tabanlı mimari modelini kullanmıştır. Araştırmacı çalışmasında yaklaşımı göstermek için kullandığı vaka sunumunda, öğrencilere siber-fiziksel sistemler alanındaki zorlukları ele almak için kullanılan bir dizi teknolojiyi tanıtmayı amaçlamıştır. Ayrıca Nesnelerin İnternet'inin (IoT) rolünü vurgulayan bir laboratuvar alıştırması olarak geliştirmiştir.

Thramboulidis ve Christoulakis (2016) çalışmalarında IoT için bir UML profiline dayanan ve UML4IoT olarak adlandırılan yaklaşımın, siber-fiziksel bileşenin modern IoT üretim ortamına etkili bir şekilde entegre edilmesi için gereken IoT uyumlu katmanın üretim sürecini tam olarak otomatikleştirmek için sunulmuştur. Yaklaşımın ayrıca, bir UML tasarım belirtiminin bulunmaması durumunda bileşenin kaynak kod seviyesi belirtiminde de uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. MyLiqueur üretim laboratuvar sisteminin bir prototip uygulaması, UML4IoT yaklaşımının uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek için kullanılmıştır.

Shinde ve Bhagat (2017) farklı uygulamalar için IoT kullanarak endüstriyel süreci izlemeye amaçlayan çalışma gerçekleştirmişlerdir. Önerilen bu sistemde ESP8266 Wi-Fi modülü, ekipmanlardan veri toplamak ve kablosuz bir internete aktarmak için kullanılmıştır. Endüstriyel süreç izleme sistemi, PLC bazlı renk karıştırma, sıvı seviye kontrolü ve izleme, DC motor hız kontrolü ve enerji izleme olmak üzere dört uygulamadan oluşturulmuştur. Donanım kısmında her uygulama türü için birkaç birimden meydana getirildiği belirtilmiştir. Enerji izleme uygulaması ESP8266 ve IC MAX485 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. RS485 seviye dönüşümü, MAX485 seviye çevirici IC ve birkaç harici bileşen kullanılarak yapılmıştır. Enerji sayacı RS485 veri yolu kullanılarak IoT modülüne bağlanmıştır. ESP8266'da MODBUS protokolü Arduino IDE C++ dili kullanılarak uygulanmıştır. ESP8266, enerjisini, voltaj, akım ve güç faktörü gibi elektriksel parametreleri okumak için enerji sayaçlarına uygun komutlar vermektedir. ESP modülü, cihazı MODBUS kullanarak okumakta ve verileri HTTP GET protokolü kullanarak sunucuya gönderilmiştir. Alma isteği PHP

kullanılarak çözülmekte ve veriler MySQL'e kaydedilmiştir. Kullanıcı pano sayfasını istediğinde tekrar okuyabilmiş ve kullanıcı bilgileri web tarayıcısında sürekli güncellenebilmiştir.

#### **2.1.4 Çevre ve Altyapı Alanlarından Örnekler**

Han vd. (2012), Hidroloji izleme sisteminin gerekliliklerini ve hidroloji izleme ağının gereksinimlerini karşılamak için, IoT'un avantajlarını birleştiren kablosuz hidroloji izleme sisteminin tasarım şemasını önermişlerdir. Çalışmanın tasarım şemasında her ikisi de SPI ara yüzüne bağlı olan 32 bit ARM9 işlemcili mikro denetleyici ve RF çipine, GPRS modülüne, TCP/IP protokolüne, Zigbee teknolojisine ve RS-232 veri haberleşme standardına yer verilmiştir.

Koo vd. (2015), çalışmalarında su tedarik sistemlerinin sürdürülebilirliğine yönelik sayısız su müşterisi aracılığıyla büyük veri toplanması için IoT uygulamasının şematik bir gelişimini otomatik sayaç okumanın bir örneği üzerinden sunmuşlardır. Araştırmacıların sundukları sistem üzerinden su kaçağında tespit olmak üzere otomatik sistem durumu izleme, enerji tüketimini optimize etme, su tüketimini optimize etme gibi faydaları sağlayabildiğinin belirtilmiştir.

Gutierrez vd. (2015) çalışmalarında çöp hacmi verilerini internet üzerinden okuyabilen, toplayan ve iletebilen, algılayıcılarla gömülü bir IoT prototipi kullanarak, çöp alanlarına istihbarat sağlamaya dayanan bir atık toplama çözümü sunduklarını ve çalışmalarının Kopenhag şehrinden açık veri kullanılarak gerçekçi bir senaryoya oluşturmuşlardır.

Anagnostopoulos vd. (2015) çalışmalarında farklı mekânlarda yer alan atık toplama kutularda bulunan birbirlerine bağlı algılayıcılar kullanmışlardır. Algılayıcılardan elde edilen verilere dayanan dinamik bir atık toplama mimarisini bildirmişlerdir. Araştırmacılar Acil toplama ve maliyeti arasındaki değişimin yönetimi ile dinamik atık toplama sorununa etkili ve ölçeklenebilir çözümler sunmayı amaçlayan algoritmalar önermişlerdir.

Shahanas ve Sivakumar (2016)'ın çalışmalarında akıllı bir ortam için gerekli olan farklı teknolojileri ve platformları gözden geçirilerek akıllı su yönetimi için bir mimari tasarım önerildiği ve akıllı su izleme sisteminin bir uygulama detayı tartışılmıştır.

### **2.1.5 Sağlık Alanından Örnekler**

Laranjo vd. (2012) çalışmalarında, Çevresel Destekli Yaşam için özel olarak yaşlı insanlara yönelik bir uzaktan ilaç kontrol sistemi olan bir e-sağlık hizmeti mimarisi sunmuşlardır. Çalışmalarında önerilen hizmetin kullanımına yönelik RFID, EPC (Elektronik Ürün Kodu) ve ONS (Nesne Adı Servisi) temelli prototip servisi ve web arayüzü sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Çalışmada oluşturulan sistemin işlevselliğine ve geliştirilmeye açık taraflarına vurgu yapıldığı görülmektedir.

Domingo (2012) çalışmasında, engelliler için Nesnelerin İnterneti'ne genel bir bakış sunarak, mimari önerisinde bulunmuştur. Farklı uygulama senaryoları üzerinden Nesnelerin İnterneti bileşenlerinin etkileşimi ve engelli insanlar için Nesnelerin İnterneti'ne yönelik araştırma zorlukları da çalışmasında yer almaktadır.

Sung ve Chang (2013) çalışmalarında EKG, kan basıncı, oksijen satürasyonu, solunum hızı ve diğer değerleri ölçmek için kullanılmak üzere fizyolojik ölçüm yapan bir Android platformu sunmuşlardır. Sundukları bu sistem ile hasta kimliğini, sinyal işlemeyi, sonuçların toplanması ve analizini bulut bilgi işlem yoluyla sürdürdükleri elde edilen füzyon sonucu doğruluğunu arttırmak ve ölçüm süresini azaltmak içinse fiziksel sinyal işleme füzyon algoritmaları ve kanıt teorisi kullanmışlardır.

Santos vd. (2014) çalışmalarında, özellikle ayakta tedavi kliniğinde yaşlı insanların bakımını hedef alan Ortam Destekli Yaşam(Ambient Assisted Living) için uzaktan bir ilaç kontrol sistemi kurmak amacıyla RFID etiketlerini kullanmışlardır. Ayrıca Nesnelerin İnterneti etrafında yapılandırılmış bir sağlık hizmeti mimarisi sunmuşlardır.

Moosavi vd. (2015) çalışmalarında, dağıtılmış akıllı e-sağlık ağ geçitlerini kullanan IoT tabanlı sağlık hizmetleri için güvenli ve verimli bir kimlik doğrulama ve yetkilendirme mimarisi geliştirdiklerini belirtmişlerdir.

Mano vd. (2016) çalışmalarında, hastalara ve yaşlılara evde sağlık hizmeti kapsamında yardımcı olmak için hasta görüntülerinin ve duygusal algılamının kullanımı tartışmışlardır. Ev içi sağlık çözümü olarak evin etrafına dağılmış ve sakinlerin yüzlerini çeken kameralara bağlı Kablosuz Algılayıcı Ağı (WSN) ve akıllı telefonları birleştirerek tasarladıkları IoT platformu prototipini ayrıca ilgili prototipin uygulanabilirliğini gösteren sonuçlarını sunmuşlardır.

Ishii vd. (2016) çalışmalarında, tek başına yaşayan yaşlıların Alzheimer hastalığının belirtilerini M2M (Makineden Makineye) / IoT (Nesnelerin İnterneti) platformunu kullanarak tespit eden bir sistem sunmuşlardır. Araştırmacılar tarafından sahte hastalarla tespit sisteminin yeterliliği ve sistemin çevrede kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bununla birlikte gelecekteki çalışmalarda, ilgili sistemi Alzheimer hastalarının evlerine kurarak hastalardan elde edilen verilerle sırayla yeni algılayıcılar ve analitik yöntemler ekleneceği bildirilmiştir.

Swaroop vd. (2019) çalışmalarında, bir hastanın temel sağlık parametrelerini saklayabilen gerçek zamanlı bir sağlık izleme sisteminin tasarımını sunmuşlardır. Verilerin bir tıp doktoruna alarm olarak ve çoklu iletişim araçlarıyla izlenebilmesi için erişilebilir hale getirilebileceği belirtilmiştir. Önerilen sağlık izleme sistemi, BLE (mobil uygulama), GSM (mesajlaşma servisleri) ve Wi-Fi (İnternet) gibi üç modda çoğaltılmış verileri ileterek sağlık hizmet sunumunu geliştirilmiştir. Veri kaynağı olarak tansiyonu, nabızı ve sıcaklığı izlemek için algılayıcı arayüzü kullanıldığı, veri toplama ve işlemenin Raspberry Pi 3 (RPi3) tarafından yapıldığı, veri iletişiminin ise RPi3'ün çip üzerindeki BLE ve Wi-Fi modülleri ve GSM arabirimine yönelik USB bağlantı noktaları, çok modlu iletişim için seçildiği belirtilmiştir. Çekirdek uygulaması Python programlama dilinde yazılmıştır. Web uygulamasının kullanıcı arayüzü için HTML5 ve CSS3 ile geliştirilmiştir. Hiper metin ön işlemcisi olan PHP, veri tabanı için MYSQL ve hizmetler için JSON'un RESTful API'si yer almıştır.

Zilani vd. (2018) çalışmalarında, doktorların ve tıbbi personellerin hastaları (R3) 24 saat süresince sürekli olarak izlenmesi için HMS (Uzaktan Güvenilir ve Gerçek Zamanlı

Sağlık İzleme Sistemi) çalışmasını sunmuşlardır. Sistem, hastaları EKG, solunum hava akımı ve SpO2 gibi fizyolojik sinyalleri ölçmekte ve bu çıkarılan verileri uzaktaki bir sunucuya gönderilmiştir. Kablosuz iletişim için ESP8266 Wi-Fi yongası seçilmiştir. Veri toplamak ve işlemek için 8 bit MCU ATmega328p kullanılmıştır. Amazon Web Services (AWS) yardımı ile veriler MQTT mesajlaşma protokolünü kullanan cihazlar arasında aktarılmıştır. Bu verilerin uzmanlar tarafından görüntülenebileceği ve analiz edilebileceği belirtilmiştir.

### **2.1.6 Gıda Alanından Örnekler**

Chen vd. (2014) çalışmalarında, maliyeti düşürmek için yarı-pasif etiketlerin pasif etiketlerle değiştirildiği bir Rafine Akıllı Soğuk Zincir Sistemi (RSCCS) önermişlerdir. Araştırmacılar Gıda ürünlerinin depolama, nakliye ve satış sırasında tazeliğinin korunmasının takip etmek için kullanılan soğuk zincir sistemlerinde araştırmacılar kullanılabilirlik ve ölçeklenebilirlik için tasarımlarında 2G-RFID-Sys adında bir RFID uygulaması kullanılmıştır. Böylelikle etiketli her bir gıdanın durumunu ve karakteristiğini imzalı mobil kod ile kaydetme ortamı sağlanmıştır. Mobil kodla da arka uç sistemi bağlı olmasa veya kullanılamıyor olsa bile hizmet vermeye devam edebilecek olduğunu, veri tabanına her zaman erişmekten kaçınarak iletişimini, işlenmesini ve depolanmasını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Kassahun vd. (2014) çalışmalarında, et tedarik zinciri şeffaflık sistemleri için düzenleyici, ticari, tüketici ve teknolojik gereksinimleri belirlemişlerdir. Bu sistemlerin gerçekleştirilmesine rehberlik edecek izleme ve takip için EPCIS standardı, şeffaflık sistemlerinin bulut temelli gerçekleştirilmesi, üçüncü taraf şeffaflık servis sağlayıcılarının hizmetleri olarak şeffaflık sistemlerinin sağlanması üzerine üç ana unsur ile tanımladıkları bir referans yazılım mimarisini sunmuşlardır. Farklı et tedarik zinciri oyuncularının mimariye dayalı Şeffaf sistemlerini nasıl kullanabileceğini açıklamak için kullanım senaryoları yer almıştır.

Jilani vd. (2019) çalışmalarında, et kalitesi bilgilerine ilişkin gerçek zamanlı izlenmesinin uygulanabilirliğini göstermeye dayalı çalışmada bulunmuşlardır. Çalışmalarında doku nemini belirlemek amaçlı oldukça hassas bir mikrodalga

algılayıcısını kullanarak elde ettikleri ölçümleri bluetooth düşük enerjili (BLE) radyo ağı üzerinden paylaşılmıştır. Veri depolama ve geliştirilen uygulamanın uzaktaki kullanıcılarla kalite izleme amacıyla barındırılması için bir yerel bulut yaklaşımının seçildiği IoT tabanlı bir sistem geliştirdiklerini ve bir test ortamı üzerinden kullandıkları belirtilmiştir.

## **2.1.7 Tarım ve Hayvancılık Alanından Örnekler**

Kaloxyllos vd. (2014) FI-WARE projesi kapsamında geliştirilen “jenerik kolaylaştırıcılar” olarak adlandırılan bir dizi etki alanı bağımsız yazılım aracına dayanarak, farklı servis sağlayıcılar tarafından geliştirilen hizmetler arasında ara bağlantıya izin veren bulut tabanlı tarım sektörü için “Çiftlik Yönetim Sistemi” olarak açık bir mimarinin uygulanmasını sunmuşlardır. Araştırmacıların Çiftçiler için bağımsız sağlayıcılar tarafından geliştirilen hizmetlerin pazar yeri kavramını gerçeğe dönüştürmek için, en önemli sorunun Bulut tabanlı Çiftlik Yönetim Sistemi için açık ve standartlaştırılmış ara yüzlerden biri olduğu belirtilmiştir. Bunun sağlanmasıyla servis geliştiricilerin bu tür ara yüzlere erişimi olmasıyla, bir çiftçinin birlikte çalışan servislerden bir çalışma ortamı oluşturabileceğine değinilmiştir. Bu tür kavramların, gıda ve ürün tedarik zincirindeki paydaşlar arasında iş dünyası ile işbirliğine yönelik bir platform oluşturmayı amaçlayan FI-PPP “FIspace” projesi kapsamında araştırılmıştır.

Mohanraj vd. (2016) çalışmalarında, tarım alanındaki çeşitli zorluklar tanımlanmış ve belirtilen zorluklarla başa çıkacak bir mimari çerçeve belirtilmiştir. Araştırmacılar bilgi edinimi, akış, pazar mevcudiyeti, jeo-uzamsal veriler ve hava durumu tahmini gibi çeşitli girdilerden yararlanılarak çeşitli aşamalarda bitki büyümesini izleme, sulama planlayıcısı, mahsul kar hesaplayıcı, felaket kontrolü ve problem tanımlayıcı gibi modüller kullanmışlardır. Bir bitkinin su ihtiyacını günlük algoritma yardımı ile hesaplamaya dayalı yöntemle de çalışmalarında yer verilmiştir. İlgili çalışma için izleme modülleri, verimlilik ve güvenilirlik gibi çeşitli yönleri göz önünde bulundurarak mevcut gelişmiş sistemle mevcut çeşitli uygulamalar arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Kodali ve Sahu (2016) tarafından yapılan çalışmada bitkilerin toprak nem seviyesini sürekli olarak ölçen tarım çiftliğini izlemek için düşük maliyetli ve belirli bitkilerin nem

içeriği düşükse sms veya e-posta yoluyla çiftçileri uyarmayı amaçlayan bir sistem önerilmiştir. Bu sistemde NodeMCU V1.0, ESP8266-12E yongaları olan açık kaynaklı bir IoT platformu ve Losant IoT bulut platformunu kullanan bir nem algılayıcısından yararlanılmıştır. Bir istemci gibi davranan nodemcu kartı, losant / DEVICE\_ID / state konulu MQTT protokolünü kullanarak algılayıcı verilerini Losant Message Broker'da yayınlanmıştır. Kayıt mesajlarını anlamak için, tanımlanmış bir JSON tabanlı yük takibi yapılmıştır. Yayınlanan veriler otomatik saklanmakta ve bunları Losant platformunun görselleştirme aracında kullanıma sunulmuştur.

Athani vd. (2017) çalışmaları ile çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bir toprak numunesinin nem seviyesini izlemek ve düzenlemek, gübrelerin ve toprak besin maddelerinin tarımdaki etkilerini belirlemek, toprak koruma önlemlerinin etkinliğinin artırılması ayrıca Toprağın bozulmasına ilişkin halkın bilinçlendirilmesi için uygun maliyetli ve otomatik bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçları için önerdikleri sistemde ilgili algılayıcılarla nem içeriği, pH içeriği ve tuzluluk içeriğini izlemek için ilgili algılayıcılar toprağa yerleştirildiğinde, örneğin toprak nemi algılayıcısı toprağı girdi olarak alınmış ve nem içeriği ölçüsünde çıktı elde edilmiştir. Toprak nemi algılayıcısı, sırayla Wi-Fi kalkanı kullanarak android uygulaması ile arayüzlü olan bir arduinoya bağlanmıştır. Toprak nemi algılayıcı tarafından sürekli izlenmekte ve çıkış değerleri veritabanında depolanmıştır. Veriler aynı Düzeltme faktörleri ve sinir ağı algoritması kullanılarak işlenmiştir. Çıktı değerleri veritabanından alınmış ve android uygulamasında görüntülenmiştir. Araştırmacılar bu çalışmaları ile diğer çalışmalardan farklı olarak düzeltme faktörleri ve sinir ağı algoritması kullandıklarını bildirmişlerdir.

Kishor vd. (2018) çalışmaları ile tarım alanlarında kullanılan tatlı su'da tasarrufu sağlamayı amaçlayarak otomatik bir sulama sistemi geliştirmişlerdir. İlgili sistemlerinde sıcaklık algılayıcısı, toprak nemi algılayıcısı, su seviye algılayıcısı kullanılmıştır. Otomatik sulama sistemi temel olarak iki bileşenli kablosuz algılayıcı ünitesi (WSU'lar) ve bir kablosuz bilgi ünitesinden (WIU) oluşturulmuştur. Nem algılayıcısı ve sıcaklık algılayıcısından oluşan kablosuz algılayıcı ünitesi, çevrenin fiziksel durumunu izlemek ve kaydetmek için kullanılmıştır. Kablosuz bilgi birimi denetleyici, GPRS, röle ve

motordan oluşmuştur. GPRS, kullanıcıyı tam saha koşulları hakkında bilgilendirmek için kullanılmıştır. WIU sıcaklık algılayıcı, toprak nemi algılayıcı ve su seviyesinin değerlerini denetleyiciden toplayarak Web’de depolamak ve kullanıcıları bilgilendirmek için GPRS ile gönderilmiştir. Web verileri yapay sinir ağlarında kullanılmıştır. Yapay sinir ağı önceki sıcaklık ve nem seviyesini karşılaştırmakta ve sonraki günlerin değerleri elde edilmiştir. Röle, sulamanın motorla iletişim kurmasını sağlayarak motorun, suyu sahaya pompalaması için kullanılmıştır. Sıcaklık eşik değerin altında olduğunda, motor KAPALI ve eşik değerin üzerinde olduğunda, motor AÇIK olacağı belirtilmiştir.

Vidrascu ve Svasta (2017) çalışmalarında, arı kovanlarının izlenmesine üzerine örneklenmiş yerel izleme ağını mobil veri ağı ile ara yüzleyebilen ağ geçidi cihazı için donanım tasarımı önermişlerdir. Wi-Fi alıcı-verici olarak ESP8266-12 ve mobil veri şebekesine bağlanmak için bir GSM / GPRS modem seçilmiştir. Ağ geçidi cihazı, arı kovanının tamamında ortak olan parametreleri ölçen sıcaklık ve bağıl nem algılayıcı (SHT21), barometrik algılayıcı (MPL3115A2) beraberinde yer alan sıcaklık algılayıcı, ışık algılayıcı (TSL2561), toz konsantrasyon algılayıcı (GP2Y1010AU0F) ile donatılmıştır. Veriler bir I<sup>2</sup>C arayüzü üzerinden sağlanmıştır. Yağış miktarı kovan nemi ve arı toplama aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Test edilen yağış ölçüm sistemi, fincan kabı mekanizması olarak isimlendirilmiştir. Sistemde ağ geçidi cihazı için bir güç yönetim devresine de yer verilmiştir.

### **2.1.8 Ev ve Bina Alanından Örnekler**

Li vd. (2012) çalışmalarında ontoloji temelli bir bağlam modeli ve kural temelli bir akıl yürütme yaklaşımını, bağlam değişimlerini tespit etmek ve anlamak için ayrıca IoT tekniklerini de aydınlatıcı mühendislik alanına entegre ederek insanın aydınlık alandaki değişen görevlerine otomatik destek sağlama yeteneğini arttırmayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda Akıllı toplantı salonları için içeriğe duyarlı aydınlatma kontrol sistemi sunmuşlardır. Sundukları sistemde, sadece sistemin temel fikirlerinin öne sürülmüş olmasından dolayı gelecekteki çalışmalarda sistemin uygulanabilirliği değerlendirilmesi gerektiğine ayrıca aydınlatıcı mühendislik alanındaki genel teoriye göre farklı yerleşimli odalar için parlaklık gereksiniminin tanımlanması gerektiğine vurgu yapmışlardır.

Amato vd. (2013) kültürel miras alanı olan müzeler için “Konuşan Müze” adında bir hizmet platformu önermişlerdir. Çalışmalarında bir müze sergisinin nesnelerini, kullanıcıların ziyareti sırasında “konuşabilecek” ve multimedya olanaklarını kullanarak hikâyelerini otomatik olarak anlatabilecek nesneler yapmak için Nesnelerin İnterneti teknolojilerini kullanmışlardır. Hazırladıkları sistemde bluetooth teknolojisini kullanarak, kullanıcı cihazlarının varlığını tespit etmek için çevreyi algılayabilen belirli bir kablosuz algılayıcı ağı kullandığına, bir cihaz tespit edildiğinde, ilgili MAC adresi alınarak en yakın müze objelerinin bir multimedya öyküsünün ilgili kullanıcıya iletilmesine yer verilmiştir. Böylelikle uygun multimedya önerme teknikleri ile ziyareti kolaylaştırma ve daha fazla teşvik etmek için kullanıcıları olası diğer ilgi alanlarına yönlendirmeyi amaçlamışlardır.

Liu vd. (2014) çalışmalarında heterojen platformlarla birlikte çalışabilen bir ara katman yazılımı olarak adlandırılan adlandırma, adresleme ve profil sunucusunu (NAPS) tasarlamışlardır. NAPS sistemlerini akıllı bina senaryosu ile Çin Pekin’deki IBM Araştırma yeri 3’te 308 numaralı odada ZigBee tarafından merkezi bir ZigBee koordinatörü ile kablosuz olarak bağlanan üç sıcaklık algılayıcı, bir nem algılayıcı, bir alarm ve bir kamera donanımlarından yararlanarak vaka çalışması üzerinden sunmuşlardır.

Ramos vd. (2015), akıllı nesnelerin kesintisiz entegrasyonu nedeniyle yeni riskler ve gereksinimlerle karşılaşılması dolayısıyla bu zorlukların üstesinden gelmek için, çalışmalarında akıllı bina senaryolarında kullanılacak güvenlik ve gizlilik konularını ön planda tutan ARM uyumlu bir IoT güvenlik çerçevesi önerisinde bulunmuşlardır. Bu çerçevenin akıllı binalara uygulanmasına yönelik senoryalara yer vermişlerdir. Önerilen çerçeve için, keşif ve güvenlik mekanizmalarıyla genişletilen Şehir Gezini adlı bir platformda başlatıldığı, bu platform kullanılarak referans alınan akıllı bir bina üzerinde, enerji tasarrufu, hizmet keşfi ve yetkilendirmenin makul sonuçlarına ulaşıldığı ve onaylandığı belirtilmiştir.

Vujović ve Maksimović (2015) çalışmalarında ev güvenliği için bir yangın güvenliği örneği olan bir binadaki yangın güvenliğinin izlenmesi ve belirlenmesinde IoT'nin bir parçası olarak bir algılayıcı web düğümünün Raspberry Pi kullanımını sunmuşlardır.

Ray (2016)'ın çalışmasında, iç mekan sakinlerinin termal konforunun gerçek zamanlı olarak izlenmesine yönelik mikro denetleyici sistemi, algılayıcı, iletişim protokolü, IoT Bulut etkileşiminden oluşan Nesnelerin İnterneti tabanlı MISSENARD endeksi ölçümünün önerilmiş ve prototip sistemi uygulanmıştır. Araştırmacı tarafından önerilen sistemin, kullanıcıya, çevreye girmeden önce konfor seviyesi biçiminde mevcut olan tehlikeyi bildirmek üzere uyarı mesajları oluşturmak için de değiştirilebileceğini, sürekli veri iletiminin, sunucu belleğinde yüke neden olabilmesiyle bu büyük veri sorununa yönelik çözümler aranması gerektiği belirtilmiştir.

Amadeo vd. (2016) yerel M2M iletişimi için Bilgi Odaklı Ağ (ICN) paradigmasını güçlendiren ve Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) M2M mimarisi aracılığıyla kaynaklara küresel erişim sağlayan bir iletişim çerçevesi sunmuşlardır. Çalışmalarında önerilen çerçevenin uygulanabilirliğinin, bir IEEE 802.15.4 arayüzü ile donatılmış ve çevresel algılayıcıları yerleştiren, kullanıma hazır düşük maliyetli cihazlarla bir ev ağını taklit eden bir test ortamına yerleştirilmesiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçların, önerilen çözümün uygulama ve performans basitliği açısından iyi bir denge sağladığını doğruladı belirtilmiştir.

Järvinen vd. (2017) çalışmalarında, karmaşık laboratuvar araçlarına ihtiyaç duymadan hem iç hem de dış mekânlar da çok yönlü gaz algılayıcı ile ölçüm yapabilen siber-fiziksel bir sistem için bir tasarım, geliştirme ve test süreci sunmuşlardır. Tasarladıkları cihaz için Arduino mikrodenetleyicisinin yanı sıra bir Raspberry Pi tek kartlı bilgisayarı kullanılmıştır. İşlevselliği C ve Python programlama dilleriyle gerçekleştirilmiştir.

Gupta vd. (2018) çalışmalarında, konut toplumlarındaki üyelerinin su depolarında bulunan suyun seviyesi ve suyun saflığı parametreleri ile bilgilendirilebileceği sistemi sunmuşlardır. Su Seviyesi algılayıcı ve bulanıklık algılayıcısından edinilen parametreler veri iletimi için kullanılan protokol olarak bir Abone Ol / Yayınla hizmeti olan MQTT

(Message Queuing Telemetry Transport) ile RaspBerry Pi Zero w ile toplanmıştır. Bu veriler gerçek zamanlı verileri güncellemek için buluta gönderilmiştir. Böylece doğrudan akıllı telefon uygulaması üzerinden verilere ulaşılabileceği ayrıca su pompası motorlarını kapatıp açmak için geçiş yapma imkânı da sunabileceği bildirilmiştir.

### **2.1.9 Güvenliğin Sağlanması ve Acil Durum Alanından Örnekler**

Ding vd. (2013) araştırmalarında, “nesnelerin interneti” (IoT) teknolojisine dayanarak, yeraltı inşaatlarında kazaları önlemek ve güvenlik yönetimini geliştirmek için gerçek zamanlı bir güvenlik erken uyarı sistemi sunmuşlardır. Önerilen sistemlerinde, fiber Bragg ızgara (FBG) algılayıcı sisteminin ve RFID (radyo frekansı tanımlama) tabanlı işgücü takip sistemi entegre edilmiştir. İlgili sistem Wuhan, Çin’deki Yangtze Riverbed Metro Tünel projesinde çapraz geçiş inşaat alanında uygulanmıştır. Sistemin uygulama sonuçları, özellikle güvenlik risklerinin gerçek zamanlı tespiti, izlenmesi ve erken uyarılmasında, yeraltı inşaat güvenliği yönetimi verimliliğini etkili bir şekilde destekleyebileceğini göstermişlerdir.

Liu ve Zhu (2014) çalışmalarında, tahliye verimliliğini artırmak için, dumanın tahliye üzerindeki etkisini analiz ederek Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve IOT Teknolojisine dayanan bir tahliye sistemi önermişlerdir. Bu tahliye sisteminde hızlı kılavuz tahliyesini sağlamak için, yolların değerlendirilmesinde Matlab kullanmışlardır.

Shah ve Haradi (2016)’nin çalışmalarında, düşük maliyetli bir IoT tabanlı biyometri mimarisi sunmuşlardır. Araştırmacıların sundukları sistemlerinde şifreleme modülü Rasperry Pi üzerinde çalıştırılarak Rasperry Pi uzaktan kablosuz kayıt düğümü olarak kullanılmıştır. Şifreli biyometrik özellikleri Rasperry Pi istemcisinden şifre çözme için Azure bulutuna gönderilmiştir. Rasperry Pi istemcisinden buluta kadar güvenliğini sağlamak için AES-256 gibi şifreleme algoritmaları uygulanmıştır. Önerilen sistemleri ile bir kapı kilidini açmak, bir binaya giren ve çıkan kişinin kayıtlarını tutmak, belirli bir hizmete erişmek vb. gibi güvenlik ve erişim kontrol mekanizmaları için kullanılabilirliği üzerine örneklendirilmiştir. Şifre çözme işlemi bulutta gerçekleştirildiğinden, kullanıcıların orijinal biyometrik bilgileri bulut servis sağlayıcıların sınırları dâhilinde olduğu belirtilmiştir.

Gill vd. (2016) çalışmalarında, acil durum bilgilerini yaşlı insanlara iletmek için yeni bir yol sunmaya yönelik “Resalert” olarak adlandırılan, IoT özellikli acil durum bilgi tedarik zinciri mimarisi odaklı yaklaşım önermişlerdir. Araştırmacılar tarafından IoT cihaz mimarisi ve sistem mimarisi ile sunulan Resalert’in uygulanabilirliği, örnek bir senaryo, taşınabilir bir Raspberry Pi tabanlı sistem prototipi ve kullanıcı değerlendirmesi ile değerlendirilerek acil durum bilgilerinin yaşlılara etkin bir şekilde iletilmesinde faydalı görüldüğü belirtilmiştir.

Kinnunen vd. (2016) çalışmalarında, insan davranışları ve insan fizyolojik durumları üzerinden algılayıcılarla elde edilen verilerin sosyal medya üzerinden paylaşımı sağlanmıştır. Güvenlik çözümü olarak değerlendirilmesinin ele alındığı bu konu içinde çocukların güvenliğini ve refahlarını arttırmaya yönelik giyilebilir bir algılayıcı yeleği prototipi yapılmıştır. Prototipin test edilmesi ve değerlendirilmesinde bir okulun güvenlik hizmeti uygulaması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ticari yönüne dayalı unsurları tartışmak için ilgili bir iş modeli oluşturulmuştur.

#### **2.1.10 Taşıt Sistemlerinden Örnekler**

Cueva vd. (2014) çalışmalarında, programlama bilgisi olmayan kullanıcıların, birbirine bağlı araçlardan ve algılayıcılardan gerçek zamanlı olarak veri kullanımına dayalı web uygulamaları tasarlayıp uygulayabilecekleri bir platform olan Vitruvius’u sunmuşlardır. Platformun başarılı olduğunu doğrulamak için uzman olmayan kullanıcıların, araçlardan elde edilen verilere dayanarak uygulamalar belirleyebildiklerini ve oluşturabildiklerini doğrulamışlardır.

Yi ve Park (2015) çalışmalarında, kullanım ömrü sonundaki araçların sökme tesisleri için IoT teknolojisi kullanılarak uzaktan gerçek zamanlı izleme ile bir hat tipi sökme sistemi önerilmiş ve uygulanmıştır. Araştırmacılar çalışmalarıyla kullanım ömrü sonundaki aracı bir RFID etiketine sahip bir yükleme aracıyla eşleştirilerek tanımlamışlardır. Kullanım ömrü sonundaki aracın ağırlığını yükleme aracından Zigbee iletişimi yoluyla istemişlerdir. Gerekli sökme talimatlarını, ilgili araç parçası

veritabanına göre istasyonun PC ekranında görüntülemişlerdir. Geliştirilen sistem orta Kore'deki bir geri dönüşüm merkezinde uygulanmıştır.

Sánchez vd. (2016) çalışmalarında, araç ve geçici ağlarda güvenlik senaryoların da yetkililerin talebi üzerine sürücülerin ve araçların gerçek kimliklerini elde etmelerine izin veren bir protokol ve uygulaması olan Site İçi Sürücü No'yu önermişlerdir. Önerilen sistemleri Barselona şehrinin bir haritası üzerinde simüle edilmiştir.

#### **2.1.11 Üretim ve Tedarik Zincirlerinde Örnekler**

Karakostas (2013) çalışmasında IoT kapasitesini internet seviyelerine yükseltmek için mevcut DNS mimarisine dayanan bir mekanizma önermiştir. Önerisini ulaştırma lojistiği üzerinde bir vaka çalışması ile sunmuştur.

Yagyasen vd. (2013) çalışmalarında şeker üretiminde tesisin verimliliğini optimize etmek için şeker kamışı verimi ve kazan kontrolünün otomatik işbirliğine odaklanılmıştır. Bunun içinde her yerde bulunan bir web servis ortamı sağlayan ontoloji kullanılarak sisteme entegre edilmiştir. Böylelikle nesnelerin bağlamını ve her yerde bulunan ortamı kullanarak sürdürülebilir bir çerçeve oluşturma konusunda bir fikir sunmuşlardır.

Trab vd. (2015) kimya endüstrisi ile ortak bir endüstri-üniversite araştırma ve geliştirme programında yürütülmüş olan çalışmalarında, merkezi depo yönetim sistemindeki ürün yerleşimlerinin sanal görünümü ile insan hataları veya ürünlerin yanlış yerleştirilmesinden kaynaklanan planlanmamış hareketler nedeniyle tesisteki gerçek durum arasındaki farkların genellikle bulunduğunu belirtmişlerdir. Ürün depolama tahsisi için reaktif ve uyumluluk kısıtlamaları olan bir ürün tahsis planlaması önermişlerdir. Araştırmacılar IoT platformunun endüstriyel kurulumundan yararlanarak depo yönetim sisteminde büyük ölçüde kullanılan değişken konumlarının boyutunu azaltmak ve ürünler arasında uyumsuzluktan doğabilecek tehlikeli kaza risklerinden kaçınmak ve daha sonra toplam lojistik maliyetlerini en aza indirmek ve güvenlik izlemesinde daha yüksek depolama hizmeti seviyelerini garanti etmeyi amaçlamışlardır.

Teknik bir uygulamasının ise Tunus Kimyasal Grubunda, IoT sisteminde RFID, iletişim nesnesi ve kablosuz algılayıcılar ağı kullanılarak yapılacağı bildirilmiştir.

Qiu vd. (2015) çalışmalarında, IoT özellikli “Endüstri Parkındaki Tedarik Merkezi” yapısını sunmuşlardır. Endüstri Parkındaki Tedarik Merkezinden yararlanılarak depolama ve taşıma operasyonel süreçleri otomatik check-in / check-out prosedürü ve gerçek zamanlı rota optimizasyonu ile hızlandırılabilmesinin, lojistik hizmetleri seviyesi gerçek zamanlı ve doğru izleme stokları, stokların izlenmesi, araç durumunun sorgulanması vb. ile iyileştirilebilmesinin, katılımcılar arasında gerçek zamanlı gerçek dünya bilgi paylaşımı sayesinde, kaynak kullanımı ve üye girişimler üretim ve teslimat için planlarının optimize edilebilmesi beklenilmiştir. Araştırmacılar konuyla ilgili araştırma boşluklarını vurgulayarak araştırma soruları sundukları, böylelikle araştırmalarını genişletmek ve yeni araştırma fırsatlarını belirlemek isteyen araştırmacılara faydalı olmayı istemişlerdir.

Kong vd. (2015) çalışmalarında, açık artırma lojistik merkezi için IoT (Nesnelerin İnterneti) ve bulut bilişim teknolojilerinin entegrasyonunu içeren bir platformu önermişlerdir. Açık artırma lojistik işleyicisi için önerilen platform ile her yerde bulunan bir ortam oluşturabilmesi ve farklı kilit paydaşlar için açık artırma lojistik hizmetleri sunulabilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca uyarlanabilir açık artırma lojistik planlama ve kontrolünün gerçek zamanlı görünürlük ve izlenebilirlik ile sağlanabilmesini amaçlamışlardır. Araştırmacılar tarafından bu çalışma önerilen metodolojiyi doğrulamak için bir açık artırma lojistik merkezi prototipi sunulmuştur.

Gnimpieba vd. (2015) çalışmalarında, tedarik zincirindeki farklı aktörler arasında izlenebilirlik, işbirliği ve birlikte çalışabilirlik için lojistik akışlar hakkında bilgi paylaşımını kolaylaştırmayı amaçlamışlardır. Yani konumlandırma, tanımlama, iletişim, izleme ve veri paylaşımı için IoT, CC, GPS / GPRS ve RFID ile ilgili teknolojilere dayalı ortak bir platformun mimarisini önermişlerdir.

## **2.1.12 Eğitim Alanından Örnekler**

Gomez vd. (2013) çalışmalarında, öğrenme de nesnelerin interneti kullanımının öğrenciler için sonuçları nasıl değiştirdiğini tanımlamayı amaçlamışlardır. Bunun için de RFID ISO1443A, NFC okuyucular, Tablet PC, etiketler QRCODE, NFC ile Samsung Galaxy S3 Akıllı Telefon, NFC ile Nokia 700, Wi-Fi, artırılmış nesneleri içeren Web Sunucusu teknolojilerinden yararlanmışlardır. Kolombiya'daki Cordoba Üniversitesi'ndeki sistem mühendisliğinde (bilgisayar donanımıyla ilgili ) giriş kursunu referans olarak kullandıkları bir deney ortamı oluşturmuşlardır. Bu deney ortamında 50 kişilik öğrenci grubunun sadece geleneksel dersler alan kontrol grubu ve nesnelerin interneti ile etkileşimli sistemiyle çalışan deney grubu olmak üzere iki bağımsız gruba ayrılmıştır. Sonuç olarak araştırmacıların sistemin kullanımına ilişkin olarak deney grubunda Nesnelerin İnternetinden yararlanan öğrencilerin kontrol grubuna kıyasla akademik çıktıları çalışmada yapılan ölçmenin sonuçları ile öğrenmelerini kolaylaştırmıştır.

Prada vd. (2016) çalışmalarında, MQTT protokolünün Javascript gibi web standartlarını kullanarak etkileşimli ara yüzleri sağlayabilen eğitim uygulamalarına entegre edilmesine yardımcı olarak kaynak sınırlı donanım platformu arasında iletişim kurmak için baskın hafif protokollerden birinin kullanılmasını önermişlerdir. Araştırmacılar ilgili yaklaşımı değerlendirmek için, EjsS ile inşa edilmiş bir DC motor pozisyon döngüsünün kontrolüne odaklanan bir eğitim uygulaması geliştirmişlerdir. Sonuç olarak ise etkileşimli eğitim araçlarının, özellikle kaynak kısıtlı cihazlar tarafından yönlendirilenlerin, yeni gerçek araçlarla kolayca bağlanmasını sağladığına yer verildiği görülmüştür.

### **2.1.13 Ağ Geçiti Olarak Kullanımına Örnekler**

Sung ve Tsai (2012) çalışmalarında, çoklu algılayıcı veri kaynaşması için geliştirilmiş parçacık sürüsü optimizasyonu yöntemini önermişlerdir. Önerdikleri yöntemin uygunluğunu ZigBee kablosuz algılayıcı ağı, RFID, çeşitli algılayıcılar ve gömülü bir sistemden oluşan Nesnelerin İnterneti (IoT) sistemi uygulaması üzerinde sunmuşlardır.

Huang ve Hsieh 2013 yılındaki çalışmalarında, IoT tabanlı bir izleme sisteminde verileri sürekli, periyodik ve sıralı uzamsal telematik toplamak için ARM9 işlemcisine

dayalı gömülü sistem tabanlı bir ağ geçidi uygulanmıştır. Ana modül, tüm algılayıcı kartlarından veri alan, bu verileri analiz eden ve sonucu Ethernet üzerinden ileten ağ geçidi olarak belirtilmiştir. WiMAX ağ geçidi IEEE802.16e bağlantı yeteneği sağlamıştır. Bir ivmeölçer ve bir eğimölçer içeren algılayıcı modülleri (S1... S6) hem titreşimleri hem de eğimleri algılayabilmiştir. İki güç telli CAN veriyolu ağ geçidini tüm algılayıcı modüllerine bağlanmıştır.

Datta vd. (2014) çalışmalarında, mobil istemcilerin M2M cihazlarıyla etkileşime girebilecekleri bir kablosuz ağ geçidi önermişlerdir. Önerilen ağ geçidi sadece uygulama katmanındaki REST sorgularını desteklemiş ve dinamik cihaz keşfi yapmıştır. Modbus üzerinden bağlı akıllı olmayan nesneler ile bağlantıyı yönetmiştir. Algılayıcı işaretleme dili (SenML) kullanarak algılayıcı ve aktüatör ölçümleriyle meta verileri sağlamıştır. Kullanıcı algılayıcı meta verilerini çekmek, görüntülemek ve aktüatörleri kontrol etmek için mobil cihazdan istenen algılayıcıları seçmiştir.

Li vd. (2015) çalışmalarında, Raspberry Pi'ye dayalı bir web tabanlı denetim kontrol sistemi tasarlanmıştır. Sistem bir adet Raspberry Pi tek kartlı bilgisayar ve çoklu veri toplama modüllerinden oluşmuştur. Sistemin algılanması ve kullanılması, bu veri modüllerini RS485 arayüzü üzerinden Modbus RTU protokolü ile okuyarak / yazarak tamamlanmıştır. Katıştırılmış veritabanı giriş / çıkış verilerini depolamak için kullanılmıştır. Gömülü web sunucusu uzaktan izleme ve kontrol için arayüz sağlamıştır. Sistem bilgisayar odası için çevre kontrolüne uygulanmıştır. İklimlendirme sistemleri, oda sıcaklığı ve nemi, yangın alarm sistemleri, kesintisiz güç kaynağı (UPS) sistemleri, elektrik tedarik sistemleri ve kapı erişim kontrol sistemleri izlenmiştir. Sistem bir şey olursa, zili, alarmı, sesli aramayı veya klimayı çalıştırmıştır.

Zhong vd. (2015) çalışmalarında, IoT ağ geçidini sunmuşlardır. Çalışmalarında ethernet (MAC) ara yüzünü entegre eden STR912 ARM9 yongası yer alan çalışmalarında üç modülden oluşturulmuştur. İlgili çalışma kontrol birimi olarak gömülü ARM işlemci modülünü, ZigBee protokol modülünü (CC2530) ve ağ erişim modülünü(Ethernet fiziksel katman (PHY) yongası RTL8201BL) içermiştir. STR912FW44 işlemci modülü esas olarak ZibBee kablosuz algılayıcı ağından verileri

almıştır. Veri depolama ve işlemlerini gerçekleştirmesi akabinde internete gönderilen işlenmiş verileri merkezi sunucusuna ağ erişim modülü kullanılarak ağ erişimi yoluyla göndermiştir. Aynı zamanda, sunucu merkezi birimi tarafından gönderilen bazı kontrol komutlarının işlenmesi ve algılama ağının düğümlerine iletilmesi sağlanmıştır. Ek olarak, ağ geçidi bir LCD ekran, düğmeler ve diğer fonksiyonel bileşenleri de içermiştir.

Joshi vd. (2016), EPICS (Deneysel Fizik ve Endüstriyel Kontrol Sistemleri) kullanarak web tabanlı ve gerçek zamanlı programlanabilir mantık denetleyicileri (PLC) verilerinin takibi konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu Sistemde MODBUS veya TCP protokolleri verilerin iletilmesi ve geri alınması için ve ayrıca alınan verileri bir web tarayıcısında gerçek zamanlı bir grafikte görüntülemek için kullanılmıştır.

Glória vd. (2017) çalışmalarında, akıllı ortam oluşturmak için bir IoT ağ geçidi tasarımı ve tasarımın örnek uygulamasının akıllı bir yüzme havuzu oluşturarak gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar tasarımlarının bir toplama düğümü olarak işlev gören bir Raspberry Pi, bir algılayıcı düğümü olarak bir dizi algılayıcıya sahip bir Arduino ve ağı izlemek ve kontrol etmek için bir web platformundan oluşturmuşlardır.

### 3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde öncelikli olarak nesnelerin interneti kavramına değinilmiştir. Akabinde nesnelerin interneti sisteminin unsurları olan ağ bağlantısı ve teknolojilerine, veri iletişimi yöntemlerine, bulut bilişim ve servis sağlayıcılarına, algılayıcılar ve kontrol birimlerine değinilerek nesnelerin interneti destekli algılayıcı arabirimi tasarlanması ve gerçekleştirilmesindeki aşamalar sunulmuştur.

#### 3.1 Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti ifadesi için kullanım alanları ve teknolojideki gelişmelerin zaman içindeki durumları göz önünde bulundurulduğunda kavramın tanımında farklılıklar gözlenebilmekte ve de değişikliklere gidilebilmektedir. Dolayısıyla nesnelerin interneti kavramı için net bir tanım henüz yapılabilmiş değildir.

Weiser 1991 yılında “21.yy için bilgisayar” çalışmasında geleceğe yönelik olarak “Her yerde hesaplama(kısa biçim: “Ubicomp”))” ifadesine vurgu yapmaktadır (İnt.Kyn.5). 1993 de yayınladığı yazısında ise her bir insan için her boyutta ve şekillerde radikal olarak yeni türden bilgisayarlara ihtiyaç duyacağını ve “Her Yerde Hesaplama” (kısa biçim: “Ubicomp”) ifadesiyle bu durumu geleceğin dünyası olarak adlandırmıştır (İnt.Kyn.6).

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde (MIT) Auto-ID Center kurucularından olan Kevin Ashton’un nesnelerin interneti kavramıyla ilgili olarak 2009 yılında yayınladığı yazısında 1999 yılında Procter & Gamble (P & G) firmasına tedarik zincirinde RFID’yi içeren fikrini anlatmak için yöneticilerin dikkatini çekmeyi amaçlayan sunumun başlığının “Nesnelerin İnterneti” olarak geçmesiyle hayata başladığını belirtmektedir (İnt.Kyn.4).

Kortuem vd. (2010), akıllı nesneler için fiziksel ortamdaki olayları anlama yetenekleri, uygulama ve programlama modeline sahip olmaları ayrıca giriş-çıkış-kontrol-geri besleme açısından kullanıcılarla iletişim kurma yetenekleri ile üç tasarım boyutuna vurgu yapmaktadır.

Birçok mühendislik alanında mesleki ve teknik standartları belirleyen bir kuruluş olarak bilinen IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) Mart 2014'te Nesnelerin internetini şu şekilde tanımlamıştır: “internete bağlı olan her biri sensörlerle gömülü parçaların ağıdır” (İnt.Kyn.7).

Ercan ve Kutay (2016) çalışmalarında “nesnelerin interneti olarak adlandırılan yeni teknolojik kavram akıllı cihazların, birbirlerini algılayan ve iletişime geçebilen nesneler aracılığıyla akıllı bağlantısı şeklinde tanımlanmaktadır” şeklinde ifade etmişlerdir.

Al-Fuqaha vd. (2015), “IoT fiziksel nesnelerin görmesini, algılamasını, düşünmesini ve karar vermesini, veri paylaşımını, birbirleri ile iletişim içinde olmasını denetleyen veya düzenleyen sistemler bütünüdür” şeklinde tanımlamışlardır.

Çavdar ve Öztürk (2018) şu şekilde tanımlamışlardır: “nesnelerin (akıllı mobil cihazlar, televizyonlar vb.) adreslendirilip kullanılmasına imkân tanıyan akıllı sistemler bütünüdür”.

Başka bir şekliyle, “ fiziksel ve sanal nesnelerin kimliklere, fiziksel özniteliklere ve sanal kişiliklere sahip olduğu ve akıllı arayüzleri kullandığı, bilgi ağına sorunsuz bir şekilde entegre edildiği ayrıca standart ve birlikte çalışabilir iletişim protokollerine dayanan kendi kendini yapılandırma yeteneklerine sahip dinamik bir küresel ağ altyapısı” (Ray 2018) olarak ifade edildiği görülmektedir.

ETSI- European Telecommunications Standards Institute, OASIS-The Organization for the Advancement of Structured Information Standards, NIST-The National Institute of Standards and Technology, IETF-The Internet Engineering Task Force ayrıca W3C-The World Wide Web Consortium, OneM2M... gibi alandaki standartlarda belirleyici rol oynayan birçok kurum ve kuruluş mevcuttur ve henüz tanım hakkında kesin bir standart duyurusunda bulunmadıkları bilinmektedir.

Nesnelerin İnterneti bağlantısıyla beklenilenin herhangi bir şeyin, herhangi biriyle, herhangi bir zamanda, her hangi bir yerde, her hangi bir servisle ayrıca her hangi bir ağ ile bağlantısının sağlanılabilmesi olduğu ifade edilmektedir (İnt.Kyn.8).

### **3.1.1 Mimari Modelleri**

Nesnelerin interneti kavramı bizleri kullanıcıların ve cihazların durumu hakkında ortak bir anlayış içerisinde olarak, ilgili bilgiyi işlemek ve iletmek için yazılım mimarileri ve yaygın iletişim ağlarının ayrıca akıllı davranışı amaçlayan analiz araçlarının mevcut olması gerektiği beklentilerine götürmektedir (Swarnalatha vd. 2016). Bu gibi beklentiler ise nesnelerin interneti için çeşitli mimari yapıların sunulmasına zemin oluşturmaktadır.

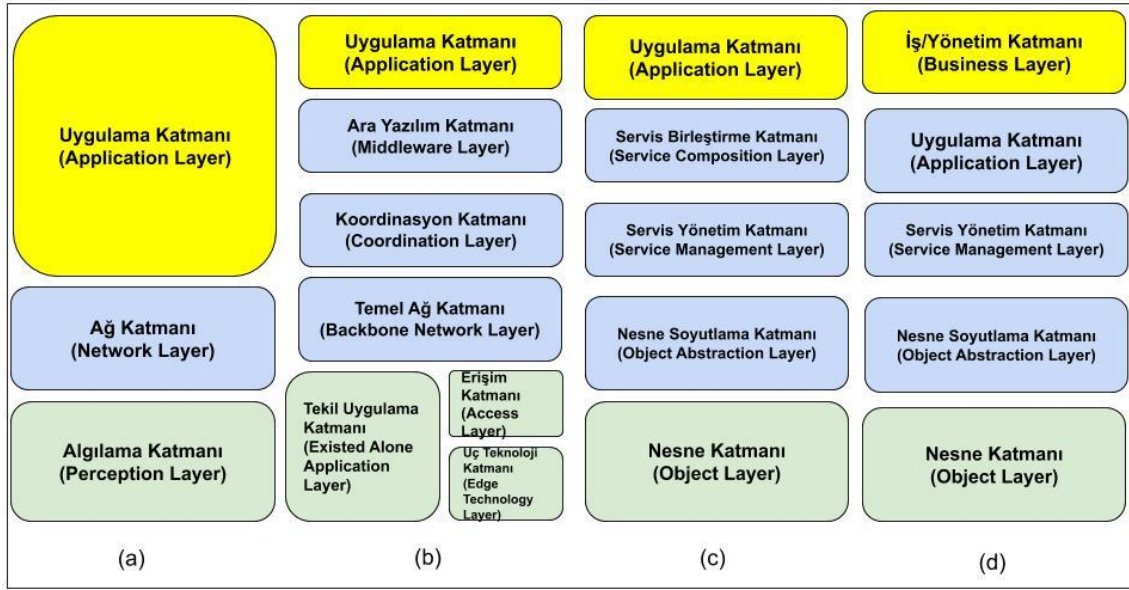
Bilim ve teknoloji alanındaki mimari yapılar, oluşturulmak istenilen sistemin parçalarının birbirleriyle ilişkilerinin ve uyumunun resmedilerek gösterimiyle sunulmaktadır. İhtiyaca yönelik bu mimari yapılar, araştırmacı ve proje geliştiricilerine konunun neresinde hangi unsurlarla karşılaşabilecekleri hususunda kılavuzluk etmektedir (İnt.Kyn.9). Bu bağlamda IoT için de tanımlanmış birçok mimari yapı mevcuttur. Fakat dünya çapında standart olarak kabul görmüş bir IoT mimari yapısı henüz belirtilmemektedir. Örneğin ITU ( International Telecommunication Union) 5 Beş katmalı mimari yapı önermektedir (ITU 2012a).

ETSI- European Telecommunications Standarts Institute, OASIS-The Organization for the Advancement of Structured Information Standarts, NIST-The National Institute of Standards and Technology, IETF-The Internet Engineering Task Force ayrıca W3C-The World Wide Web Consortium, OneM2M... gibi alandaki standartlarda belirleyici rol oynayan birçok kurum ve kuruluş mevcuttur. Bunlardan IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) kuruluşu P2413 standardı çerçevesinde Nesnelerin İnterneti için standart oluşturma faaliyetlerine devam etmekte olduğunu belirtmektedir (IEEE 2015, İnt.Kyn.10, İnt.Kyn.11). Fakat nesnelerin interneti tanımında olduğu gibi mimari modeli hakkında da kesin bir standart duyurusunda bulunmadıkları bilinmektedir.

IoT mimari model yapısında aranan bazı ölçütler belirtilmektedir. Bu ölçütler Çavdar ve Öztürk'ün çalışmasında güvenilirlik, heterojenlik, ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik ve güvenlik/gizlilik, performans şeklinde sıralanmıştır (Çavdar ve Öztürk 2018). İlgili unsurlar Salman (2015)'in çalışmasında hareketlilik (mobility), güvenilirlik (reliability), ölçeklenebilirlik (scalability), yönetim (management), kullanılabilirlik (availability), birlikte çalışabilirlik (interoperability), güvenlik (security) ve gizlilik (privacy) olarak yer almaktadır (İnt.Kyn.12). Öztürk (2018) tez çalışmasında ise ilgili konu güvenilirlik, heterojenlik, birlikte çalışabilirlik, güvenlik/gizlilik, performans, yeniden kullanılabilirlik, fonksiyonellik ve dinamiklik unsurlarıyla belirtilmiştir.

IoT için birçok mimari model önerileri de mevcuttur. Al-Fuqaha ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (a) 3 katmanlı mimari model, (b) Ara yazılım tabanlı mimari model, (c) SOA tabanlı mimari model göz önünde bulundurularak (d) 5 katmanlı mimari model açıklamasında bulunmaktadır. (d) Beş katmandan oluşan bu mimari yapının en önemli özelliği en üstte bir yönetim katmanının yer almasıdır. Şekil 3.1 bu noktada belirtilen dört nesnelerin interneti mimarisinin katmanları yer almaktadır (Al-Fuqaha vd. 2015, Çavdar ve Öztürk 2018).

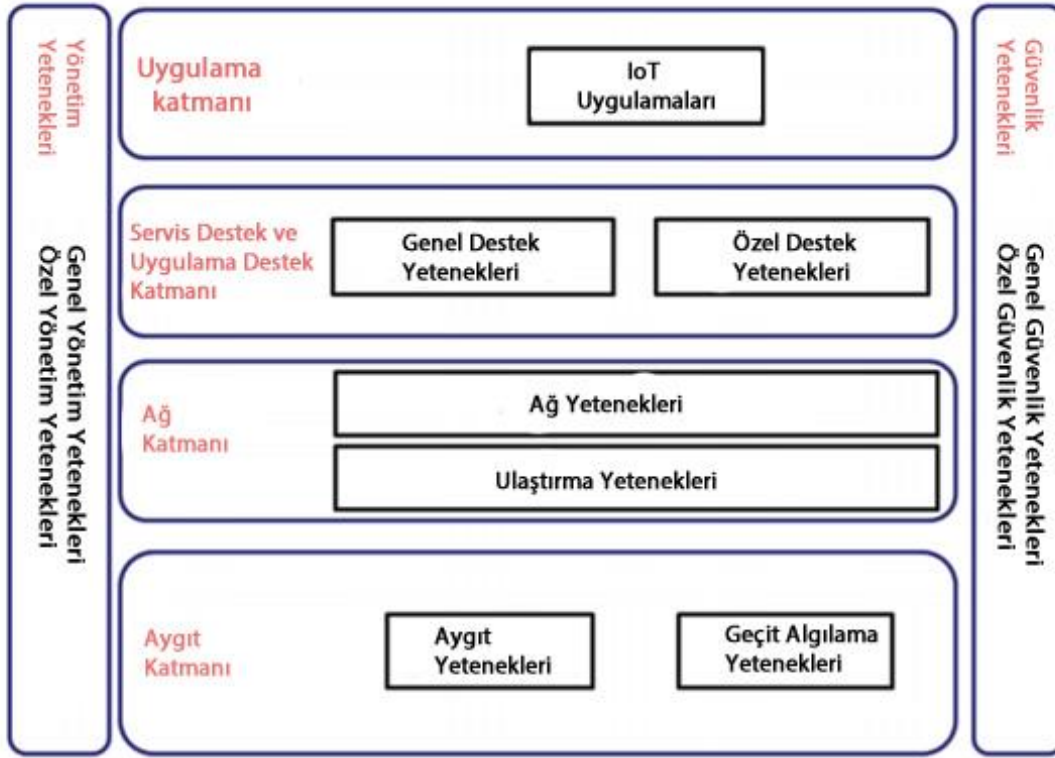
Birçok çalışmada temel teşkil eden 3 katmanlı mimari model (a) Yang ve arkadaşları tarafından 2011 de tanıtılmıştır. Bu model algılama, ağ ve uygulama katmanlarını içermektedir (Yang vd. 2011). Mimarinin sadece RFID ve sensörler gibi algılama teknolojilerini kapsaması nedeniyle ağ ortamında yer alabilecek diğer nesneleri dâhil etmede sınırlı kaldığı düşünülmektedir.



**Şekil 3.1** Nesnelerin interneti mimarileri: a) Üç Katmanlı Mimari (Three Layered Architecture), b) Ara-Yazılım Tabanlı Mimari (MiddleWare Based Architecture), c) Servis Odaklı Mimari (SOA) Tabanlı Mimari (SOA Based Architecture), d) Beş Katmanlı Mimari (Five Layered Architecture)

ITU (International Telecommunication Union) tarafından 2012 yılında beş katmanlı mimari model sunulmuştur (ITU 2012b). Şekil 3.2 de belirtilen beş Katmanlı Mimari model de ise Nesnelerin İnterneti mimari yapılarının içinde temel kabul edilen ayrıca en sık belirtilen mimari yapı olduğu yapılan çalışmalarda değinilme durumu göz önünde bulundurularak söylenilebilir.

Modelde yer alan aygıt katmanı algılayıcıları ve fiziksel aygıtları içermekte ayrıca bu aygıtların geçit algılama yeteneğine sahiptir. Ağ katmanı ile aygıt katmanından sağlanan verilerin ağ ve ulaştırma yeteneğinden yararlanarak üst katmana iletilmesi sağlanmaktadır. Servis destek ve uygulama destek katmanı ile genel ve özel destek yeteneklerinden yararlanılarak ağ katmanının ulaştırdığı verilerin yazılımdan yararlanılarak incelenmesiyle ilgili verilerin uygulama katmanına iletilmesini sağlayan katmandır. Uygulama katmanı ise sistemdeki verilerin analiz sonuçlarının kullanıcılar tarafından ulaşılabilirdiği ya da kullanıcıların nesneyle iletişime geçmesine imkân veren katmandır. Yönetim katmanı tüm katmanlardaki güvenlik ve yönetim konusunda genel ve özel yetenekleri belirtmektedir.



Şekil 3.2 ITU (International Telecommunication Union) tarafından 2012 yılında beş katmanlı mimari modeli

Yönetim katmanı, çapraz katman olarak görev alan, bütün katmanları görebilen ve denetleyebilen katmandır. Bu katmanın olması sistem bütünlüğünün incelenmesi ve kontrol edilmesini, güvenlik ve gizlilik ilkelerinin korunmasını sağlamaktadır (Öztürk 2018).

Nesnelerin interneti mimarisi önerileri konusundaki çalışmalar ülkemizde ve yurtdışında halen devam ettiği görülmektedir.

Örnek olarak, Bozdoğan (2015), algılama katmanında RFID (radyo frekansı kullanarak nesneleri tekil ve otomatik olarak tanıma yöntemi), Zigbee, NFC (Yakın Alan İletişimi) gibi uygulamaların, ağ katmanında IPV6, LowPAN'ın, aktarım katmanında UDP (Kullanıcı Veri Protokolü), ICMP (İnternet Kontrol Mesaj Protokolü) protokolleri kullanılır. Uygulama katmanında ise MQTT, MQTT-NS, XMPP, AMQP, DDS, HTTP gibi uygulama protokollerinden olan CoAP'ın kullanıldığı 4 katmanlı Nesnelerin interneti modeli önerilmiştir.

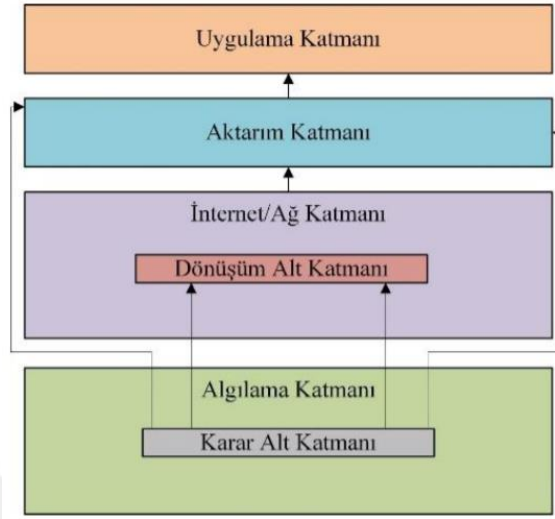
Gökrem ve Bozuklu (2016) çalışmalarında, nesnelerin interneti katmanlarını Çevre, Cihaz, İletişim ve Bilinç olarak belirtmişlerdir Şekil 3.3’de katmanların şekil üzerinde gösterimi yer almaktadır. Çevre katmanında algılayıcılarla elde edilebilecek sıcaklık, konum, ağırlık gibi fiziksel büyüklükteki verilerin yer aldığı ortama vurgu yapılmaktadır. Cihaz katmanında bu verilerin algılanmasını, işlenmesini ifade edilmektedir. Algılanan ve işlenen verilerin başka ortamlar, cihazlar veya kullanıcılar tarafından yararlanılabilmesi için iletim katmanı ile aktarılması gerektiği belirtilmiştir. İletim katmanında ağ birimleri ve protokollerinden yararlanılarak bilinç olarak belirtilen veri işleme merkezlerine iletilmektedir. Veri işleme merkezlerinde verilerin kullanımında yazılım dillerinden yararlanırken verilerin birikmesi ile oluşan büyük veri ve bu verilerin daha hızlı saklanılmasına ve kullanılmasına yönelik bulut bilişim hizmetlerinden destek alınması, büyük verilerin analizi için ise makine öğrenmesi gibi işlemler bu katmanın konusunun olduğu çalışmalarında ifade edilmiştir.



**Şekil 3.3** Nesnelerin interneti katmanları (Gökrem ve Bozuklu 2016)

Çavdar ve Öztürk 2018 yılında Algılama Katmanının içinde Karar Alt Katmanının yer aldığı ayrıca İnternet/Ağ katmanının içinde Dönüşüm Alt Katmanının yer aldığı bir model önermişlerdir. Algılama katmanında yer alan algılayıcılardan ve hareket geçiricilerden gelen verilerin doğrudan kullanılabilir veri olup olmadığı karar alt katmanında değerlendirilmesi beklenilmektedir. Elde edilen veri doğrudan kullanılabilir veri ise aktarım katmanına iletilmesi eğer doğrudan kullanılabilir veri değilse dönüşüm alt katmanına iletilerek gelen veri farklı bir yapıda ise uygun bir formata dönüştürme işlemini gerçekleştirdikten sonra mesajın iletimini sağlaması beklenilmektedir. Çavdar ve arkadaşları diğer modellerden farklı olarak önerdikleri bu mimari ile akıllı kontrolü

dâhil etmişlerdir. Şekil 3.4’de önerilen mimari modelin şekil üzerinde gösterimi yer almaktadır (Çavdar ve Öztürk 2018).



**Şekil 3.4** Çavdar ve Öztürk (2018)’ün önerdiği nesnelerin interneti mimari modeli

IoT sistemi için önerilen mimariler ve tanımlar göz önünde bulundurulduğunda sistemin gereksinimleri algılayıcılar ve hareket geçiriciler, hesaplama öğeleri, bilgileri anlamlandırma işlemleri (semantic), kimlik tanımlama, bilgi aktarımı için iletişim öğeleri, bilgilerin saklanması ve başka ortam kişi veya nesneler tarafından kullanımını sağlayan servisler olarak sıralanabilir.

### 3.1.2 Güvenlik

Internetworldstats sitesi üzerinden yayınlanan 31 Aralık 2017’de internet kullanımı ve dünya nüfus istatistikleri tahminlerine göre dünya nüfusunun internet kullanıcı oranı Çizelge 3.1’de belirtilmektedir (İnt.Kyn.13).

Cisco (2017) tarafından, IP ağlarına bağlanan cihaz sayısının 2021 yılında dünya nüfusunun üç katı kadar olacağı, 2016 yılında kişi başına 2.3 ağ aygıtından, 2021 yılına kadar kişi başına 3.5 ağ aygıtına sahip olacağı, IP trafiği için ise 2016 yılında kişi başına 13 GB olan IP trafiğinin 2021 yılına kadar kişi başına 35 GB’ye ulaşacağı belirtilmiştir (İnt.Kyn.14).

**Çizelge 3.1** İnternet Kullanımı ve Dünya Nüfus İstatistikleri tahminlerine göre dünya nüfusunun internet kullanıcı oranı

| DÜNYA İNTERNET KULLANIMI VE NÜFUS İSTATİSTİKLERİ |                   |                       |                                       |                       |                  |                          |
|--------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|
| 31 ARALIK 2017 - Güncelleme                      |                   |                       |                                       |                       |                  |                          |
| Dünya Bölgeleri                                  | Nüfus (2018 Doğu) | Dünya Nüfusunun % 'si | İnternet Kullanıcıları 31 Aralık 2017 | Penetrasyon Oranı (%) | Büyüme 2000-2018 | İnternet Kullanıcıları % |
| Afrika                                           | 1,287,914,329     | 16.9 %                | 453,329,534                           | 35.2 %                | 9,941 %          | 10.9 %                   |
| Asya                                             | 4,207,588,157     | 55.1 %                | 2,023,630,194                         | 48.1 %                | 1,670 %          | 48.7 %                   |
| Avrupa                                           | 827,650,849       | 10.8 %                | 704,833,752                           | 85.2 %                | 570 %            | 17.0 %                   |
| Latin Amerika / Karayipler                       | 652,047,996       | 8.5 %                 | 437,001,277                           | 67.0 %                | 2,318 %          | 10.5 %                   |
| Orta Doğu                                        | 254,438,981       | 3.3 %                 | 164,037,259                           | 64.5 %                | 4,893 %          | 3.9 %                    |
| Kuzey Amerika                                    | 363,844,662       | 4.8 %                 | 345,660,847                           | 95.0 %                | 219 %            | 8.3 %                    |
| Okyanusya/Avustralya                             | 41,273,454        | 0.6 %                 | 28,439,277                            | 68.9 %                | 273 %            | 0.7 %                    |
| DÜNYA                                            | 7,634,758,428     | 100.0 %               | 4,156,932,140                         | 54.4 %                | 1,052 %          | 100.0 %                  |
| TOPLAM                                           |                   |                       |                                       |                       |                  |                          |

McKinsey Global Enstitüsü'ne göre, IoT'nin yıllık ekonomik etkisi 2025 yılına kadar 2.7 trilyon dolar ve 6.2 trilyon dolar arasında bir yere sahip olması ayrıca ekonominin neredeyse her alanını etkilemeye hazır olmasından dolayı birçok işletmenin bu büyümede yer alması beklenilmektedir (İnt.Kyn.15).

2014 yılı AT&T Siber Güvenlik Raporu'na göre, bilgisayar korsanlarının saldırılarıyla nesnelerin interneti bağlantılarındaki güvenlik açığı oranında %458'lik bir artış görülmüştür (İnt.Kyn.16).

2017 yılı dünya internet kullanıcı oranı, 2021 yılı için öngörülen internete bağlı cihaz sayısı ayrıca geçtiğimiz yıllardaki nesnelerinin interneti bağlantılarındaki güvenlik açıkları göz önünde bulundurulduğunda güvenlik açığı sorunlarına daha hızlı ve verimli müdahalelerin gerekliliği vurgulanabilir.

Bant genişliği, işlem yeteneği ve bellek gibi kısıtlı özellikler içeren nesnelerin gelişmiş donanım özelliklerine sahip üst cihazların maruz kaldığı aynı saldırı ortamları içerisinde yer alıyor olması bu ilgili nesnelere yönelik farklı güvenlik çalışmalarını da gerekli kılmaktadır.

Ayrıca sahip oldukları fiziksel, iletişim, veri depolama, uygulama gibi yapıları da göz önünde bulundurulduğunda farklı saldırılarla karşılaşabilecekleri ve bunlar için alınması gereken güvenlik önlemlerinin de farklılaşacağı ifade edilmektedir.

Wood ve Stankovic (2002) kablosuz algılayıcı ağlarına yönelik olası saldırılarını ve savunmalarını fiziksel, bağlantı, ağ/yönlendirme ve aktarım katmanları altında Çizelge 3.2’de yer aldığı şekliyle listelendirmiştir.

**Çizelge 3.2** Kablosuz algılayıcı ağlarına yönelik olası saldırılarını ve savunmaları

| Ağ Katmanı               | Saldırılar                              | Savunmaları                                                                              |
|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fiziksel</b>          | Boğma Saldırısı (Jamming)               | Yayılı spektrum, öncelikli mesajlar, düşük görev döngüsü, bölge haritalama, mod değişimi |
|                          | Kurcalama Saldırıları (Tampering)       | Dış müdahale geçirmezlik, gizleme                                                        |
| <b>Bağlantı</b>          | Çarpışma (Collision)                    | Hata düzeltme kodu                                                                       |
|                          | Tükenme (Exhaustion)                    | Oran sınırlaması                                                                         |
|                          | İnsafsızlık (Unfairness)                | Küçük çerçeveler                                                                         |
| <b>Ağ ve yönlendirme</b> | İhmal ve açgözlülük (Neglect and greed) | Fazlalık, araştırma                                                                      |
|                          | Dönüş uçuşu (Homing)                    | Şifreleme                                                                                |
|                          | Yanlış yönlendirme (Misdirection)       | Çıkış filtreleme, yetkilendirme, izleme                                                  |
|                          | Kara delikler (Black holes)             | Yetkilendirme, izleme, fazlalık                                                          |
| <b>Taşıma</b>            | Sel (Flooding)                          | İstemci bulmaca                                                                          |
|                          | Dengeden çıkma (Desynchronization)      | Yetkilendirme                                                                            |

2014’ten itibaren OWASP Top 10 IoT Güvenlik Açıklarını şu şekilde sıralandırmıştır:

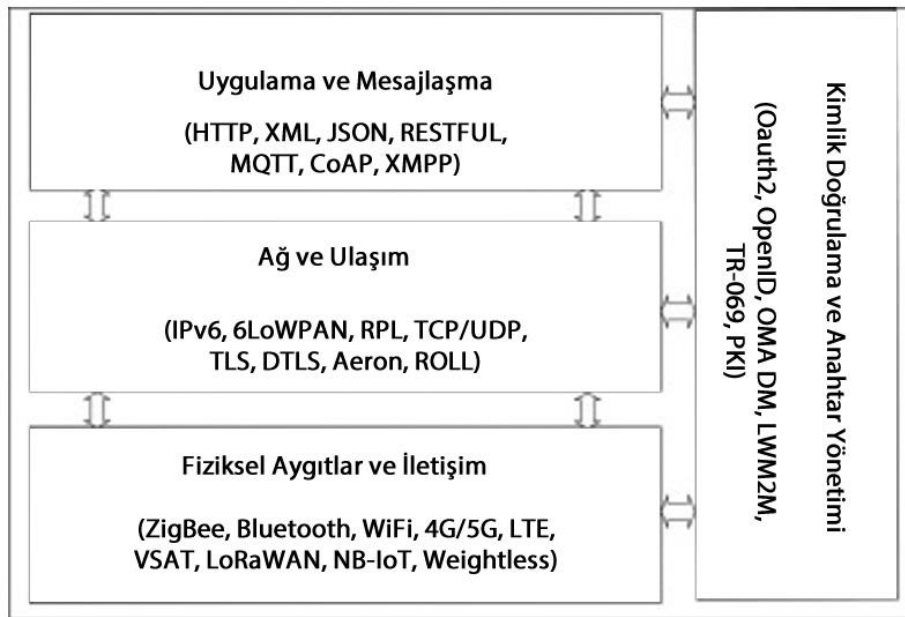
- Güvensiz web arayüzü,
- Yetersiz Kimlik Doğrulama / Yetkilendirme,
- Güvenli Olmayan Ağ Servisleri,
- Ulaştırma Şifreleme / Bütünlük Doğrulama Eksikliği,
- Gizlilik endişeleri,
- Güvensiz Bulut Arayüzü,

- Güvensiz Mobil Arayüz,
- Yetersiz Güvenlik Yapılandırılabilirliği,
- Güvenli Olmayan Yazılım / Firmware,
- Kötü Fiziksel Güvenlik (İnt.Kyn.17).

**Çizelge 3.3** Kablosuz algılayıcı ağ katmanlarını etkileyen saldırı türleri

| Katmanlar         | Saldırılar                                                                                                                               |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fiziksel Katman   | Boğma Saldırısı (Jamming)<br>Kurcalama Saldırıları (Tampering)<br>Radyo Girişimi (Interference)                                          |
| Veri Bağı Katmanı | Yorma Saldırıları (Exhaustion)<br>Sybil Saldırısı                                                                                        |
| Ağ Katmanı        | Hello Flood Saldırısı<br>Solucan Deliği Saldırısı (Wormholes)<br>Yanlış Yönlendirme (Misdirection)<br>Çıkış Deliği Saldırısı (Sinkholes) |
| İletim Katmanı    | Taşma Saldırısı (Flooding)<br>Senkronizasyon Bozma Saldırısı                                                                             |
| Uygulama Katmanı  | Hizmet Engelleme Saldırısı (Overwhelm)<br>Yol Tabanlı Hizmet Engelleme (Path Based)                                                      |

Görmüş vd. (2018) yılında Kablosuz algılayıcı ağ katmanlarını etkileyen saldırı türlerini Fiziksel, veri bağı, ağ, iletim ve uygulama katmanı olmak üzere Çizelge 3.3’de yer aldığı şekliyle 5 katmanda değerlendirmektedir.



**Şekil 3.5** Katmanlı mimari yapı (Khan ve Salah 2018)

Khan ve Salah (2018) yılında nesnelerin internetinde karşılaşılan popüler güvenlik konularını çalışmalarında göz önünde bulundurdıkları 3 katmanlı mimari yapıya göre fiziksel ve iletişim katmanı için düşük, ağ ve aktarım katmanı için orta, uygulama ve mesajlaşma katmanı için yüksek seviyeli güvenlik sorunları olarak tanımlamaktalar. Şekil 3.5’de Khan ve arkadaşlarının ele aldıkları mimari yapı yer almaktadır. Belirttikleri düşük-orta ve yüksek seviyeli güvenlik sorunlarını kendi içlerinde maddeleyerek literatür taramasıyla güvenlik sorunlarının örneklerine ve çözümlerine değinmişlerdir. Çizelge 3.4’de düşük-orta ve yüksek seviyeli güvenlik sorunları yer almaktadır.

**Çizelge 3.4** Düşük-orta ve yüksek seviyeli güvenlik sorunları (Khan ve Salah 2018)

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Düşük Seviye Güvenlik Sorunları  | Boğma Saldırıları (Jamming adversaries)<br>Güvensiz Başlatma (Insecure initialization)<br>Düşük seviye Sybil ve sahtecilik saldırıları (Low-level Sybil and spoofing attacks)<br>Güvenli olmayan fiziksel arayüz (Insecure physical interface)<br>Uyku yoksunluğu saldırısı (Sleep deprivation attack)                                                                                                     |
|                                  | Parçalara tekrarlama veya kopyalama saldırılarının etkileri (Replay or duplication attacks due to fragmentation)<br>Güvensiz komşu keşfi (Insecure neighbor discovery)<br>Tampon rezervasyon saldırısı (Buffer reservation attack)<br>RPL yönlendirme saldırısı (RPL routing attack)<br>Lavabo ve solucan deliği saldırıları (Sinkhole and wormhole attacks)                                               |
| Orta Seviye Güvenlik Sorunları   | Orta katmanlara Sybil saldırıları (Sybil attacks on intermediate layers)<br>Kimlik doğrulama ve güvenli iletişim (Authentication and secure communication)<br>Ulaştırma seviyesi uçtan uca güvenlik (Transport level end-to-end security)<br>Oturumun kurulması ve yeniden başlaması (Session establishment and resumption)<br>Bulut tabanlı IoT’de gizlilik ihlali (Privacy violation on cloud-based IoT) |
| Yüksek Seviye Güvenlik Sorunları | İnternet ile CoAP güvenliği (CoAP security with internet)<br>Güvenli olmayan arayüzler (Insecure interfaces)<br>Güvenli olmayan yazılım / firmware (Insecure software/firmware)<br>Middleware güvenliği (Middleware security)                                                                                                                                                                              |

### 3.2 Ağ Bağlantısı ve Teknolojileri

Ağ, iki veya daha fazla bilgisayarın kablolu ya da kablosuz iletişim araçları üzerinden yazılım ve donanım bileşenleri ile birlikte bağlanarak meydana getirilen sistem olarak tanımlanmaktadır.

Haberleşme ağları karmaşık bir yapıya sahiptir. Ortamın fiziksel olarak yaratılması, bu ortam üzerinde veri aktarımı için gerekli kodlamanın yapılması, paketlerin oluşturulması, paketlerin varış noktasına yönlendirilmesi, veri aktarımı sırasında oluşan tıkanıklıkların giderilmesi, ağdaki bir hattın ya da birimin bozulması durumunda alternatif yolların bulunması, paketlerin birleştirilmesi, hataların farkedilmesi/düzeltilmesi, verinin bir uygulama protokolü aracılığı ile kullanıcıya sunulması vb. pek çok karmaşık işlemin yapılması gerekir. Bu işlemleri bir düzen içinde gerçekleştirerek karmaşıklığın giderilmesi için katmanlardan yararlanılarak ağ çerçeveleri sağlayan OSI ve TCP/IP Referans Modelleri önerilmiştir (İnt.Kyn.18).

Referans Modellerinin katmanlardan meydana gelmesinin başlıca yararları olarak: karmaşıklığı önlemesi, arabirimleri standartlaştırması, modüler mühendisliğe izin vermesi, hem öğrenmeyi hem de öğretmeyi kolaylaştıracağı belirtilmektedir (Yılmaz 2004).

**Çizelge 3.5** OSI modeli ve TCP/IP modeli karşılaştırması ve başlıca protokolleri

| OSI Modeli      | TCP/IP Modeli         | TCP/IP Protokol Paketi     |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| Uygulama        | Uygulama              | HTTP, DNS, DHCP, FTP,      |
| Sunum           |                       | TFTP, POP3, SMTP,          |
| Oturum          |                       | SNMP...                    |
| İletim          | İletim(Ulaşım)        | TCP, UDP                   |
| Ağ              | İnternet(Yönlendirme) | IPv4, IPv6, ICMPv4, ICMPv6 |
| Veri Bağlantısı | Ağ Erişim             | Elektriksel Bağlantı       |
| Fiziksel        |                       | (Ethernet, Wi-Fi, PPP...)  |

TCP/IP modelinin 4 katmanlı yapısı 7 katmanlı OSI Modeli ile eşleştirilerek bu katmanlarda yer alan protokoller çizelge 3.5 üzerinde görülmektedir. Her bir alt katman OSI referans modelinde olduğu gibi bir üsttekine hizmet sunarken bir alttaki katmandan hizmet beklemektedir (Çölkesen ve Örencik 2003).

### 3.3 Veri İletişimi

Veri iletişimi, sayısal olarak kodlanmış bir bilginin iki aygıt arasında aktarılması olarak ifade edilmektedir. Veri iletişim sistemlerinde kullanılacak veri iletişim modları, veri iletim yöntemleri, seri veri iletim türleri ve protokoller gibi unsurlar aygıtlar arasındaki fiziksel uzaklık, verinin türü, iletişimin ortamının özellikleri, istenen veri hızı, cihaz sayısı vb. ihtiyaçlarına göre seçilmektedir (Baykal 2005, İnt.Kyn.19) .

Veri iletişiminin etkinliği aşağıdaki 4 temel parametreye dayanmaktadır:

- Doğru hedef (Delivery): Verinin sadece doğru hedefe ulaşmasıdır.
- Doğruluk (Accuracy): Verinin kaynağından çıktığı şekliyle iletilmesidir.
- Zaman (Timeliness): Verinin zamanında hedefe ulaşmasıdır. Gerçek zamanlı iletişimde (audio, video) çok önemlidir.
- Gecikme değişimi (Jitter): Paketlerin hedefe ulaşma süresindeki değişimdir. (İnt.Kyn.20).

Veri iletişim sistemi 5 elemandan oluşmaktadır:

- Message (mesaj): iletilen bilgidir (ses, görüntü, metin, sayı, resim)
- Sender (gönderici): veriyi ileten cihazdır (pc, g ), workstation, video camera)
- Receiver (alıcı): veriyi alan cihazdır (pc, workstation, televizyon)
- Transmission medium (iletim ortamı): verinin gönderen ve alan cihaz arasında iletilmesini sağlayan fiziksel yoldur (twisted pair wire, coaxial cable, fiber optic cable, radio waves)
- Protocol (protokol): veri iletişimini başlatır, yönetir, sonlandırır (İnt.Kyn.20) .

### 3.3.1 Veri İletişim Modları

Veri akışı 3 şekilde gerçekleşir.

- Tek yönlü İletişim (Simplex): iletişim tek yönlüdür (televizyon, klavye, monitor).
- Yarım çift yönlü iletişim (Half-duplex): iki cihazda veriyi hem gönderebilir hem de alabilir. Ancak iki cihaz iletim ortamını paylaşmak zorundadırlar ve sırayla veri alıp gönderebilir (telsiz, walkie).
- Çift yönlü iletişim (full-duplex): iki cihaz eşzamanlı veri gönderebilir ve alabilir (telefon, adsl modem) (İnt.Kyn.21).

### 3.3.2 Paralel ve Seri Veri İletim Yöntemleri

Bir veriyi iki nokta arasında aktarmak için paralel veri iletimi ve seri veri iletimi olmak üzerine iki temel yöntemden yararlanılabilir.

Paralel veri iletiminde bir karakteri oluşturan bütün ikiller aynı anda aktarılmaktadır. Bu iletim yönteminde, alıcı ve verici arasında, her iki taşıyan bir kabloun yanı sıra, saat sinyali gibi başvuru sinyallerini taşıyacak başka bir kabloun da bulunması gerekmektedir. Bu aktarım yöntemi, genellikle bir bilgisayarın içindeki parçaları bağlamak için kullanılmaktadır. Bilgisayarın içindeki parçalar birbirine yakın olduğu için, iki kablo arasında çok sayıda kablo çekmek önemli bir maliyet artışına neden olmaz. Böylece, bir karakteri oluşturan ikiller iki birim arasında aynı anda, birbirlerine paralel olarak gönderilmektedir. Ancak, birbirinden çok daha uzakta bulunan aygıtlar için paralel veri iletiminin maliyeti yüksek olmaktadır. Bunun yerine, tüm ikillerin tek bir hat üzerinden gönderildiği, seri veri iletim yöntemi tercih edilmektedir. Seri veri iletiminde bir karakteri oluşturan ikiller birbiri ardına aynı hat üzerinden gönderilmekte ve alıcı tarafından tekrar bir araya getirilmektedir (Baykal 2005).

### 3.3.3 Seri Veri İletim Türleri

Bilgisayar ağları üzerinde bilgi alışverişi seri ilettime dayanmaktadır. Seri iletim kendi içerisinde asenkron, senkron ve isokron olarak üçe ayrılmaktadır (Çölkesen ve Örencik 2003).

**Asekron Seri İletim:** Gönderici ve alıcının ayrı saatler kullandıkları seri iletim şeklidir. Gönderilecek bilgi karakter adı verilen bloklara ayrılmaktadır. Karakterlerin başına başla (start) biti özel bir bit eklenmektedir. Karakterlerin sonuna hata sezmede kullanılan eşlik (parity) biti eklenmektedir. En sonuna ise dur (stop) biti gelmektedir (Çölkesen ve Örencik 2003). PC'lerdeki RS-232 portlarda, RS-485 gibi bağlantılarda, modemlerle ve diğer cihazlarla iletişimde asenkron seri iletim kullanılmaktadır (Torun 2009).

**Senkron Seri İletim:** Senkron iletimde karakterlerin başına başla ve dur bitleri koyulmamaktadır. Gönderici veriyi saat işareti ile modüle ederek alıcıya göndermektedir. Alıcı vericinin gönderdiği işaret dizisini bir faz kilitleme devresinden geçirerek vericinin bit frekansına eşit frekanslı bir senkronizasyon işareti elde etmektedir. Senkronizasyon için modülasyon gerektirmeyen ikinci bir yol, verici ve alıcı arasında ayrı bir yoldan saat işaretinin gönderilmesiyle sağlanabilir. Senkron iletimde 64 bit ile 4096 bit arasındaki bilgi bit katarının başına ve sonuna özel desenli ön ve son ekler koyularak alıcının bilginin başlangıç ve sonunu belirlemesi sağlanmaktadır (Çölkesen ve Örencik 2003). Uzun mesafeli bağlantılarda saat sinyalinin iletimi, parazit nedeniyle, ilave bir hat gerektirdiğinden senkron iletimin bu kullanımlar için pratik olmadığı belirtilmektedir (Torun 2009).

**Isokron İletim:** Senkron iletimin bir çeşididir. Bu iletimde uç sistemlerin birbiriyle olan haberleşme gereksinimi periyodik olarak karşılanmaktadır; bu periyotlar ile iletim ihtiyacı olan yol kapasitesi garanti altında tutulmaktadır (Çölkesen ve Örencik 2003).

### 3.3.4 Veri İletişim Protokolleri

Veri iletişim protokolü genel olarak elektronik sistemler arasında bilgi alışverişinin ne şekilde yapılacağını belirlemektedir. Gönderilmek istenen verinin istenilen alıcıya ulaşmasını sağlamak için uygun yönlendirme algoritmasının hazırlanması ve alıcı tarafından sadece kendisine ulaşması istenen verilerin alınıp hata kontrollerinin gerçekleştirilmesi, eğer gerekiyorsa bir sinyal ile vericiye bilginin alındığının bildirilmesi gibi işlemleri tanımlayan kurallar bütünü, bir veri iletişim protokolünü oluşturmaktadır (İnt.Kyn.22).

Veri iletişim protokolünü yazılım ve donanım kısımlarından oluşmaktadır. Bu kapsamda örneğin haberleşme için, hava ara yüzü kullanılması durumunda sayısal veri gönderimi için uygun olan modülasyon tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Yazılım kısmı içinse; sistemler arasında iletilmek istenen bilginin doğru alıcıya ulaşması için yönlendirme algoritmaları, bilginin alıcıya hatalı ulaşma olasılıklarını azaltmak amacıyla verinin kodlanması, paketlere ayrılması, hata kontrol bitlerinin, paketlerinin ve algoritmalarının tasarlanması ve alıcıya verinin hatalı olarak ulaşması durumunda dahi hataların kaldırılarak doğru verinin tekrar elde edilmesi işlemlerinin yazılımsal olarak tasarlanması aşamalarından oluştuğu belirtilmektedir (İnt.Kyn.22).

**Seri Veri Arabirim Standartları:** Teknik olarak bütün bilgisayar ve çevre birimleri “Veri Ucu Cihazı (DTE-Data Terminal Equipment)” ve “Veri İletişim Cihazı (DCE-Data Communications Equipment)” olmak üzere iki sınıfta toplanabilir (İnt.Kyn.19). Bu cihazlar arasında bağlantı sağlamak için arabirim standartlarından yararlanılmaktadır. Arabirim standartları değişik üretici gruplarının ürünlerinin birbirine veri yolları üzerinden bağlanabilmesi ve sorunsuzca haberleşmesi için gerekli lojik “1” ve “0” gerilim seviyeleri, maksimum bit hızları, maksimum kablo uzunluğu ve kullanılacak bağlayıcının fiziksel özellikleri gibi mekanik ve elektriksel detayları tanımlamaktadır (Adiyan 2012, İnt.Kyn.19).

EIA(Electronic Industrial Association)tarafından üretilmiş olan seri veri arabirim standartları mevcut bulunmaktadır ve en çok bilinenleri RS-232, RS-422, RS-423 ve

RS-485 olarak belirtilmektedir (İnt.Kyn.19). Çizelge 3.6’da RS -232, RS-422 ve RS-485 seri arabirim standartlarının karşılaştırılmasına yer verilmektedir (İnt.Kyn.23).

**Çizelge 3.6** RS -232, RS-422 ve RS-485 Seri Arabirim Standartlarının karşılaştırılması

|                                        | <b>RS232</b>                         | <b>RS423</b>         | <b>RS422</b>         | <b>RS485</b>         |
|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Differential                           | no                                   | no                   | yes                  | Yes                  |
| Maksimum Sürücü Sayısı                 | 1                                    | 1                    | 1                    | 32                   |
| Maksimum Alıcı Sayısı                  | 1                                    | 10                   | 10                   | 32                   |
| Veri İletişim Modları                  | yarı çift yönlü                      | yarı çift yönlü      | yarı çift yönlü      | yarı çift yönlü      |
|                                        | tam çift yönlü                       |                      |                      |                      |
| Ağ topolojisi                          | noktadan noktaya<br>(point to point) | çoklu<br>(multidrop) | çoklu<br>(multidrop) | çoklu<br>(multidrop) |
| Azami Mesafe                           | 15 m                                 | 1200 m               | 1200 m               | 1200 m               |
| 12 m’de maksimum hız                   | 20 kbs                               | 100 kbs              | 10 Mbs               | 35 Mbs               |
| 1200 m’de maksimum hız                 | 1 kbs                                | 1 kbs                | 100 kbs              | 100 kbs              |
| Maksimum dönüş hızı                    | 30 V/μs                              | ayarlanabilir        | n/a                  | n/a                  |
| Alıcı giriş direnci                    | 3..7 kΩ                              | ≥ 4 kΩ               | ≥ 4 kΩ               | ≥ 12 kΩ              |
| Sürücü yük empedansı                   | 3..7 kΩ                              | ≥ 450 Ω              | 100 Ω                | 54 Ω                 |
| Alıcı giriş hassasiyeti                | ±3 V                                 | ±200 mV              | ±200 mV              | ±200 mV              |
| Alıcı giriş aralığı                    | ±15 V                                | ±12 V                | ±10 V                | -7..12 V             |
| Max sürücü çıkış voltajı               | ±25 V                                | ±6 V                 | ±6 V                 | -7..12 V             |
| Min sürücü çıkış gerilimi<br>(yük ile) | ±5 V                                 | ±3.6 V               | ±2.0 V               | ±1.5 V               |

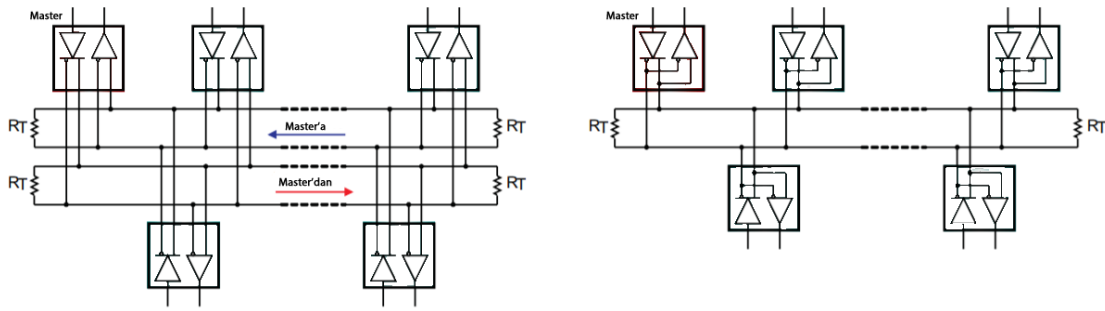
Bu tez çalışmasında RS485 standardından yararlanılması nedeniyle bu standart hakkında temel bilgiler yer almaktadır.

Standart, Telekomünikasyon Endüstrisi Birliği ve Elektronik Endüstrileri Birliği (TIA / EIA) tarafından ortaklaşa yayınlanmaktadır. RS-485, bükülmüş çift kablo üzerinden RS-422 ile aynı diferansiyel sinyalini kullanarak, dijital iletişim ağları uzun mesafelerde ve elektriksel olarak gürültülü ortamlarda etkili bir şekilde kullanılabilir. Doğrusal, çok uçlu bir veri yolunda bu tür bir ağa birden fazla alıcı bağlanabilir. Bu özellikler RS-485’i endüstriyel kontrol sistemlerinde ve benzeri uygulamalarda kullanışlı kılmaktadır. Örneğin Modbus RTU seri hat haberleşmesi de fiziksel katmanda EIA/TIA-485

standartını (RS485) kullanarak veri iletimi sağlamaktadır. RS485 ortamı, veriyi üst katmanlarda çalışan protokollerden bağımsız olarak iletmektedir (Akkaya 2015).

RS485 5 V'lık tek bir kaynaktan çok noktaya kullanımında, veri yolu ortak mod aralığının  $-7\text{ V} - +12\text{ V}$  olması, 10 Mbit / s veri hızlarında veya daha düşük hızlarda 1.200 m (4.000 ft) mesafelere kadar kullanılabileceği temel özellikleri olarak kabul edilmektedir (Kugelstadt 2008).

RS-485 standartları, düğümlerinin veri yoluna bağlantısı için bir zincir halinde ağa bağlanmasını önermektedir. Bu uygulamada arabirim veriyolu, full-duplex (tam çift yönlü) veya half-duplex (yarı çift yönlü) iletim için tasarlanabilir. Şekil 3.6'de bağlantı örneği sunulmaktadır (Kugelstadt 2008).



**Şekil 3.6** RS-485'te full-duplex ve half-duplex bağlantı yapıları

**Endüstriyel İletişim Protokolleri (Bus Protokolleri) :** Endüstriyel iletişim protokolleri kapalı ve açık sistem olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Kapalı sistem haberleşme protokolü: her üreticinin sadece kendi ürünleri arasında iletişim sağlamasına imkân veren protokollerdir. Mitsubishi Melsec, Omron Phoenix Contact Interbus-S Compobus gibi (İnt.Kyn.20).

Açık sistem iletişim protokolü: Markaya bağlı olmaksızın aynı amaç için üretilmiş tüm cihazların birbiriyle iletişim kurabilmesine imkân veren protokollerdir. Açık sistem iletişimi için Modbus Protokolü, Interbus-S Protokolü, Profibus Protokolü, CANBus Protokolü gibi protokoller örnek olarak verilmektedir (İnt.Kyn.20). Bu tez çalışmasında

kullanımı tamamen açık olan ve herhangi bir ücrete tabi olmayan Modbus'ın RTU protokolünden yararlanılmaktadır.

Modbus protokolü, Modicon firması tarafından geliştirilmiş, sunucu istemci tabanlı olarak endüstride kullanılan akıllı cihaz olarak tabir edilen aygıtların haberleşmesi için geliştirilmiş bir protokoldür (İnt.Kyn.20). Bu protokol, üzerinde iletişim kurdukları ağların türüne bakılmaksızın denetleyicilerin tanıyacağı ve kullanacağı bir mesaj yapısı tanımlamaktadır. Bir kontrol cihazının başka bir cihaza erişim talep etmek için kullandığı süreci, diğer cihazlardan gelen taleplere nasıl cevap vereceğini ve hataların nasıl algılanacağını ve raporlanacağını açıklamaktadır. Mesaj alanlarının düzeni ve içeriği için ortak bir format oluşturmaktadır (Modbus 1996).

Modbus seri iletişim protokolü, master/slave tekniği kullanarak iletişim kurmaktadır. Diğer cihazlar (slave'ler) istenen verileri ana cihaza (master'a) sağlayarak veya sorguda istenen işlemi yaparak yanıt verir. Tipik ana cihazlar, ana işlemci ve programlama panellerini içerir. Tipik slave'ler programlanabilir kontrolörleri içerir. Aynı zamanda olmak koşulu ile sadece bir master düğümü en fazla 247 slave düğümüne aynı bus (yol) üzerinde bağlanabilir. Modbus iletişimi her zaman master tarafından başlatılmaktadır. Master düğüm tarafından gönderilen mesaja sorgu veya istek, slave düğümler tarafından gönderilen mesaja yanıt denilir. Master düğümler, slave düğümlere hitap edebilmekte veya tüm slave düğümlere bir yayın mesajı başlatabilir. Master düğüm bütün slave düğümlere aynı anda ortak bilgi gönderebilmekteyken bütün slave düğümleri ise aynı anda yanıt gönderememektedir. Slave düğümler Master düğüm tarafından bir istek emri almadığı sürece asla veri iletimi yapmamaktadır. Slave düğümler kendi aralarında hiçbir şekilde haberleşmemektedirler. Master düğüm aynı zaman içerisinde sadece tek bir Modbus iletişimi kurabilir ( İnt.Kyn.20, Modbus 1996).

Kontrolörler ASCII veya RTU olarak belirtilen iki iletim modundan birini kullanarak standart Modbus ağlarında iletişim kurmak için ayarlanabilir. Kullanıcılar, her denetleyicinin yapılandırması sırasında seri port iletişim parametreleri (baud hızı, eşlik modu vb.) ile birlikte istenen modu seçer. Modbus ve seri parametreleri bir Modbus ağındaki tüm cihazlar için aynı olması gerekir. ASCII veya RTU modunun seçimi

sadece standart Modbus ağları ile ilgilidir. Bu şebekelerde seri olarak iletilen mesaj alanlarının bit içeriğini tanımlamaktadır. Bilgilerin mesaj alanlarına nasıl paketleneceğini ve kodunun çözüleceğini belirler (Modbus 1996).

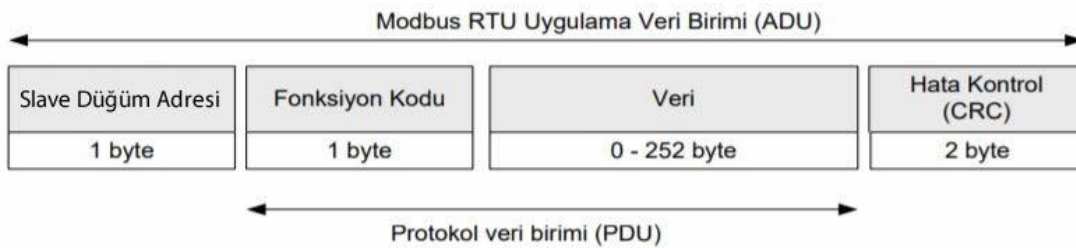
Bu tez çalışmasında da veri bağlantı katmanında Modbus RTU iletim modu ve fiziksel katmanda veri iletimi için RS 485 standardı yer almaktadır.

Modbus RTU haberleşme protokolünde protokol veri birimine adres birimi ve hata kontrol birimi (CRC) eklenmektedir. Modbus adres uzayı 1'den 256'ya kadar numaralandırılmaktadır. Master düğümün adresi yoktur, fakat her slave düğümün kendine özel bir adresi vardır. Sıfırcı adres yayın modu (broadcast) için ayrılmaktadır. Çizelge 3.7'de Modbus adres uzayı gösterilmektedir (Akkaya 2015).

**Çizelge 3.7** Modbus adres uzayı

|                   |                       |         |
|-------------------|-----------------------|---------|
| 0                 | 1-247                 | 248-256 |
| Yayın Modu Adresi | Slave düğüm adresleri | Rezerve |

Adres biriminde master düğümün istek göndermek istediği slave düğümün adresi yazılır. Slave düğümler için geçerli adres aralığı 1-247'dir. Slave düğüm isteğe cevap verirken adres bölümüne kendi adresini yazarak master düğüm hangi slave düğümden cevap geldiğini anlamaktadır. Hata kontrol birimi de gönderilen mesajın doğruluğunu kontrol eder. Modbus RTU protokolü hata denetimi için döngüsel artıklık denetimi (CRC) algoritmasını kullanmaktadır. Şekil 3.7'de Modbus RTU veri paketi yapısı görülmektedir (Akkaya 2015).



**Şekil 3.7** Modbus RTU veri paketi yapısı.

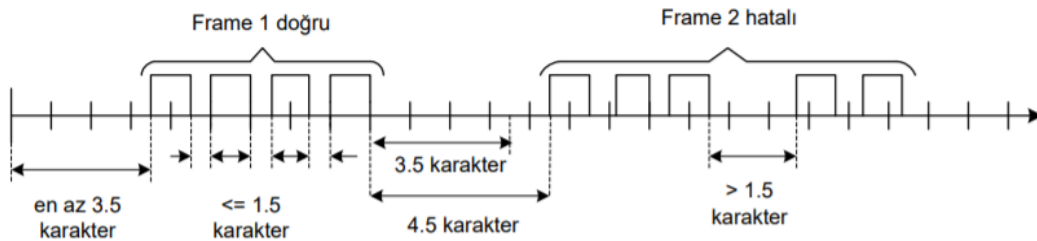
Düğüm RTU (Remote Terminal Mod) modu ile Modbus seri haberleşmesi yaparken, mesajdaki her 8-bitlik byte, iki 4-bitlik hexadecimal karakter içerir. Bu haberleşme

modunun en büyük avantajı, daha büyük karakter yoğunluğu sayesinde aynı haberleşme hızında ASCII moda göre daha fazla veri iletebilmesidir. Modbus RTU modunda 1 byte'lık veri paketi içeriği Çizelge 3.8'de gösterilmiştir (Akkaya 2015).

**Çizelge 3.8** Modbus RTU 1 byte'lık veri paket içeriği

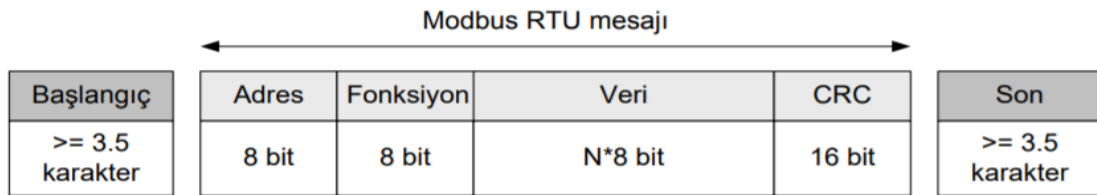
|                    |                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| Kodlama Sistemi    | 8-bit ikili sistem (binary)                                  |
| Byte başına bitler | 1 başlangıç biti (start bit)                                 |
|                    | 8 bit veri biti (data bits) en az önemli bit ilk gönderilir. |
|                    | 1 eşitlik biti (parity bit)                                  |
|                    | 1 stop biti                                                  |
| Hata kontrol alanı | Döngüsel artıklık denetimi (CRC)                             |

RTU modda veri alanları en az 3.5 karakterlik bir bekleme süresi ile birbirinden ayrılmaktadır. Tüm mesajın bir karakter akışı şeklinde iletilmesi gerekmektedir. Eğer iletilen iki karakter arasında 1.5 karakter süresinden daha fazla zaman geçerse, mesaj tamamlanmamış ve hatalı olur, alıcı tarafından kabul edilmemektedir. Şekil 3.8'de iki Modbus mesajının iletimi sırasında başlangıç ve bitiş süreleri ile bir mesajın karakterleri arasındaki iletim süresi ifade edilmiştir (Akkaya 2015).



**Şekil 3.8** Modbus RTU mesaj iletimi süreleri

Şekil 3.9'da Modbus seri haberleşme ağı içerisinde veri alanına bir modbus mesajının nasıl yerleştirileceği gösterilmiştir.



**Şekil 3.9** Modbus RTU mesajı başlangıç ve sonu

Başlıca Modbus fonksiyonları şu şekildedir (Modbus 1996):

( 01 ) READ COIL STATUS: Cihazdaki Output'ların konumlarını öğrenmek için kullanılmaktadır.

( 02 ) READ INPUT STATUS: Cihazdaki Input'ların konumlarını ( ON / OFF ) öğrenmek için kullanılmaktadır.

( 03 ) READ HOLDING REGISTER: Cihazdaki Holding Register olarak tanımlanan parametrelerin durumlarını öğrenmek için kullanılmaktadır.

( 04 ) READ INPUT REGISTER: Cihazdaki Input Register olarak tanımlanan parametrelerin durumlarını öğrenmek için kullanılmaktadır.

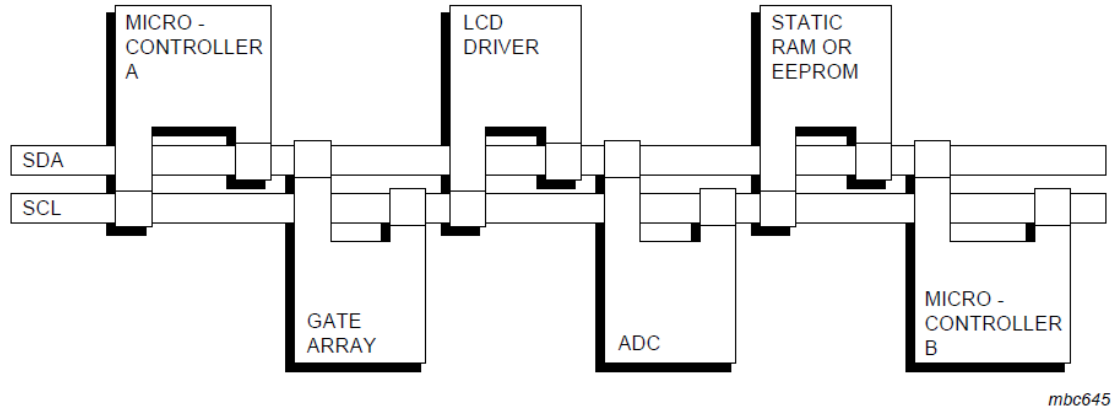
( 05 ) FORCE SINGLE COIL: Cihazdaki Coil olarak belirlenen Outputlardan sadece bir tanesinin konumunu değiştirmemize izin veren fonksiyondur.

( 06 ) PRESET SINGLE REGISTER: Cihazdaki Holding Register olarak tanımlanan Tek bir parametrelerin içeriğini değiştirebilmemizi sağlayan fonksiyondur.

( 15 [ 0F Hex ] ) FORCE MULTIPLE COILS: Cihazdaki Coil olarak belirlenen birden fazla Outputların konumunu değiştirmemize izin veren fonksiyondur.

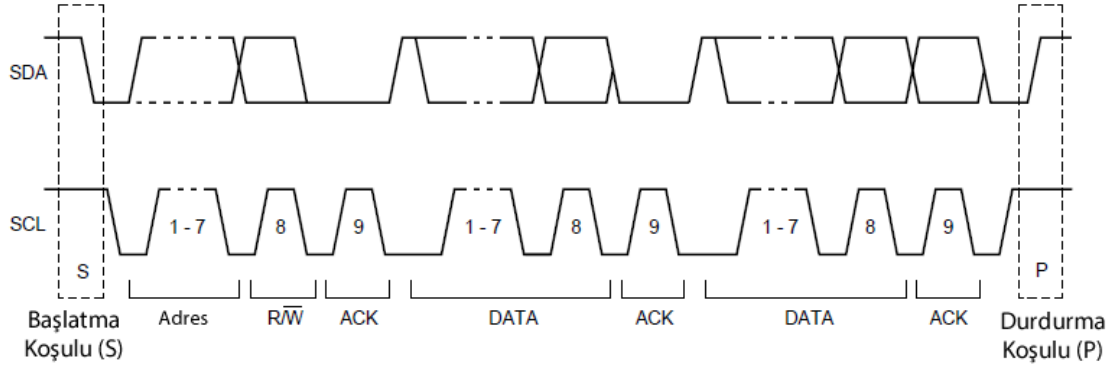
( 16 [ 10 Hex ] ) PRESET MULTIPLE REGISTERS: Cihazdaki Holding Register olarak tanımlanan birden fazla parametrenin içeriğini değiştirebilmemizi sağlayan fonksiyondur.

**I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) Protokolü:** I<sup>2</sup>C ile tek bir master düğüme birden fazla slave düğüm bağlanabilir. Tekli veya çoklu slave düğümleri kontrol eden çoklu master düğümlere sahip olunabilir. I<sup>2</sup>C de cihazlar arasında veri iletimi için SDA (Seri Veri) , SCL (Seri Saat) olarak adlandırılan sadece iki kablo kullanılmaktadır. SDA master düğümün ve slave düğümün veri gönderip alacağı hattı, SCL saat sinyalini taşıyan hattı belirtir. I<sup>2</sup>C bir seri iletişim protokolü olması dolayısı ile veriler tek bir kablo boyunca (SDA hattı üzerinden) bit bit aktarılır. Bitlerin çıkışı master ve slave düğümler arasında paylaşılan bir saat sinyaliyle örneklendirilerek senkronize edilir. Saat sinyali her zaman master düğüm tarafından kontrol edilir. Şekil 3.10'da iki mikrogenetleyici kullanan bir I<sup>2</sup>C hat konfigürasyonu örneği yer almaktadır (Semiconductors 2014).



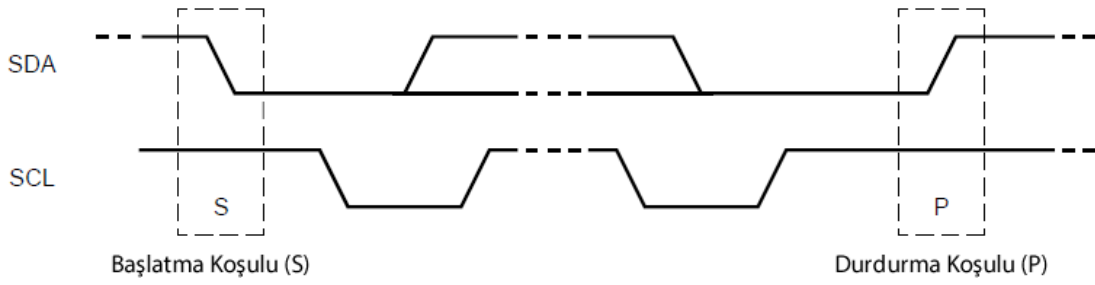
**Şekil 3.10** İki mikrodnetleyici kullanan bir I<sup>2</sup>C hat konfigürasyonu örneği

I<sup>2</sup>C ile veri mesajlarla aktarılır. Mesajlar veri çerçevelerine ayrılır. Her mesajda, slave düğümün ikili sayı sisteminde kodlanmış olarak adresini içeren bir adres çerçevesi ve iletilen verileri içeren bir veya daha fazla veri çerçevesi bulunur. Mesaj her bir veri çerçevesi arasında başlatma ve durdurma koşulları, okuma / yazma bitleri ve ACK / NACK bitlerini içerir. Şekil 3.11’de bir mesaj aktarımı sunulmaktadır.



**Şekil 3.11** I<sup>2</sup>C mesaj aktarımı

Başlama Koşulunda(S) SCL hattı yüksekten düşüğe geçmeden önce SDA hattı yüksek voltaj seviyesinden düşük voltaj seviyesine geçmelidir. Durdurma koşulunda (P) ise SCL hattı düşükten yükseğe geçtikten sonra SDA hattı düşük voltaj seviyesinden yüksek voltaj seviyesine geçmelidir. Şekil 3.12 de başlatma koşulu ve durdurma koşulu voltaj seviyeleri görülmektedir (Semiconductors 2014).



**Şekil 3.12** Başlatma koşulu ve durdurma koşulu voltaj seviyeleri

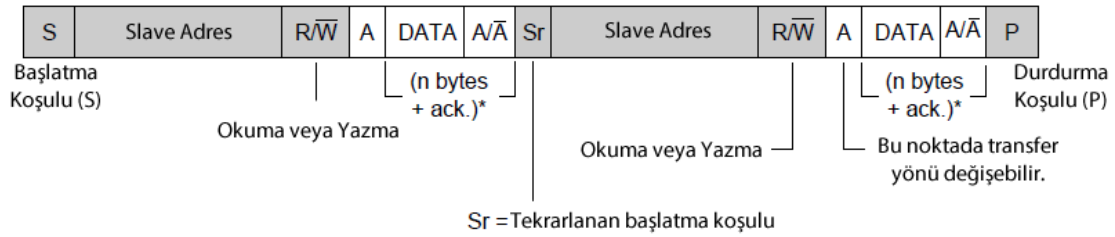
Başlatma ve durdurma koşulları her zaman master düğüm tarafından üretilmektedir. Başlatma koşulundan sonra veriyolunun durdurma koşulunu görene kadar meşgul olduğu kabul edilmektedir. Bir durdurma koşulu yerine tekrarlanan bir başlatma üretilirse veriyolu meşgul kalmaktadır. Bu bakımdan, başlatma (S) ve tekrarlanan başlatma (Sr-Start repeated) koşulları fonksiyonel olarak aynı görevi görmektedir. Veri aktarımı her zaman master düğüm tarafından oluşturulan durdurma koşulu (P) ile sonlandırılmaktadır. Bununla birlikte, eğer bir master düğüm veri yolu üzerinde iletişim kurmak istiyorsa, tekrarlanan bir başlatma koşulu (Sr) üretebilir ve önce bir STOP koşulu oluşturmadan başka bir slave düğümü ele alabilir. Böyle bir transferde çeşitli okuma / yazma formatları kombinasyonları mümkün olmaktadır (Semiconductors 2014).

Onaylama (ACK) ve Onaylamama (NACK) durum bitleri her bayttan sonra gerçekleşir. Onaylama(ACK) biti alıcının vericiye baytın başarıyla alındığını ve başka bir baytın gönderilebileceğini bildirmesini sağlar. Baytın başarı ile alınmadığı durumlarda ise onaylamama durumu gerçekleşir (Semiconductors 2014).

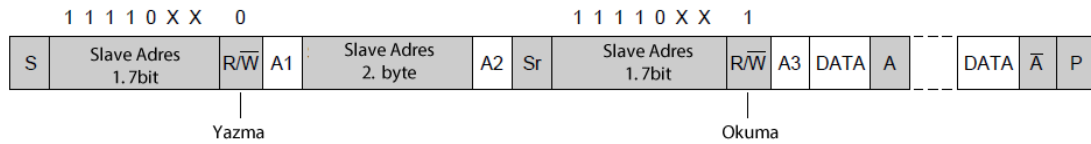
Okuma / Yazma(R/W) veya veri yönü biti olarak ifade edilen bir bit master düğümünden slave düğümüne veri gönderip göndermeyeceğini veya ondan veri istediğini belirten bir bit olarak kullanılır. Veri yön biti “0” iletimi ile yazma (Write) yani veri göndereceğini göstermekte iken, “1” iletimi ile(READ) veri istediğini belirtir (Semiconductors 2014).

Adres Çerçevesi, Slave düğümleri tanımlayan her bir slave düğümüne özgü 7 veya 10 bitlik bir dizi olarak ifade edilir. Şekil 3.13’da 7bitlik adres dizisine sahip slave düğüm

ile master düğüm arasındaki veri iletim formatı yer almaktadır. Gri renkli bloklar master düğümünden slave düğüme doğru giden verileri gösterirken beyaz blokları slave düğümünden master düğüme doğru giden verileri gösterir. Şekil 3.14 ise bir master düğümünden, 10 bit adresli bir slave düğüme yönelik veri iletim formatı yer almaktadır (Semiconductors 2014).



Şekil 3.13 7-bit adrese sahip bir slave düğüme yönelik bir master düğüm



Şekil 3.14 Bir master düğümünden, 10 bit adresli bir slave düğüme yönelik veri iletimi

**SPI (Serial Peripheral Interface) Protokolü:** SPI(Çevresel Seri Haberleşme Arayüzü), birçok farklı cihaz tarafından kullanılan ortak bir seri iletişim protokolüdür. SD kart modülleri, RFID kart okuyucu modülleri ve 2,4 GHz kablosuz verici / alıcıları mikrodenetleyicilerle iletişim kurmak için SPI protokolünü kullanan birimlere örnek olarak verilebilir. Özellik ve kullanım olarak I<sup>2</sup>C'ye benzemektedir. SPI protokolünde de I<sup>2</sup>C'de olduğu gibi bir adet master düğüm bulunur. Bu düğüm hatta bağlı slave düğümleri kontrol ederek kısa mesafede haberleşmede kullanılır (İnt.Kyn.24).

Master ve slave düğümlere bağlanan MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCLK (Serial Clock) ve SS(Slave Select) olmak üzere dört adet SPI hattı bulunmaktadır.

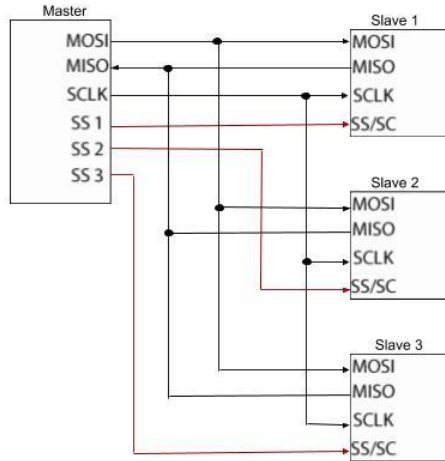
**MISO:** Slave düğümünün master düğüme veri göndermesi için kullandığı hattı ifade etmektedir.

MOSI: Master düğümün slave düğüme veri göndermesi için kullandığı hattı ifade etmektedir.

SCLK: SPI veri iletişiminde senkronu sağlayan saat sinyalinin bulunduğu hattı ifade etmektedir. Master düğüm, saat sinyalini yapılandırıp oluşturduğundan, SPI iletişimi her zaman master düğüm tarafından başlatılmaktadır.

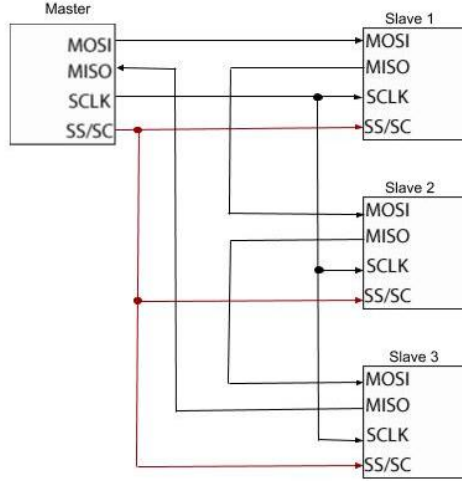
SS (Slave Select): her bir düğümdeki, belirli düğümleri etkinleştirmek veya devre dışı bırakmak için master düğümün kullanabileceği hattı ifade etmektedir.

SPI protokolünde  $I^2C$ 'den farklı olarak veri hatları tek yönlüdür. SS (Slave Select) hattı kullanımı ile slave düğümlerin adreslerinin olması gerekmemektedir. Her slave düğümün seçim ayağı bulunmaktadır. Bu ayağa, SS (Slave Select) denilmektedir. Her slave düğüm için master düğümde ayrı SS hatları yer almaktadır. SS hattı LOW (0 volt) düzeyinde olan slave düğüm, master düğümle iletişime başlamaktadır. Şekil 3.15'de master düğümde her bir slave düğüm için seçme hattı olduğuna SPI hattı konfigürasyon örneği yer almaktadır.



**Şekil 3.15** Master düğümde her bir slave düğüm için seçme hattı olduğunda SPI konfigürasyon örneği.

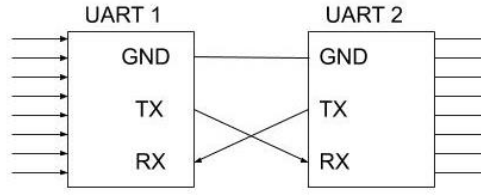
Master düğümde sadece bir slave seçme hattı olması durumdan kullanılabilecek SPI konfigürasyon örneği Şekil 3.16'de sunulmaktadır (İnt.Kyn.24).



**Şekil 3.16** Master düğümün bir SS/SC hattı bulundurması durumunda kullanılabilecek SPI konfigürasyon örneği.

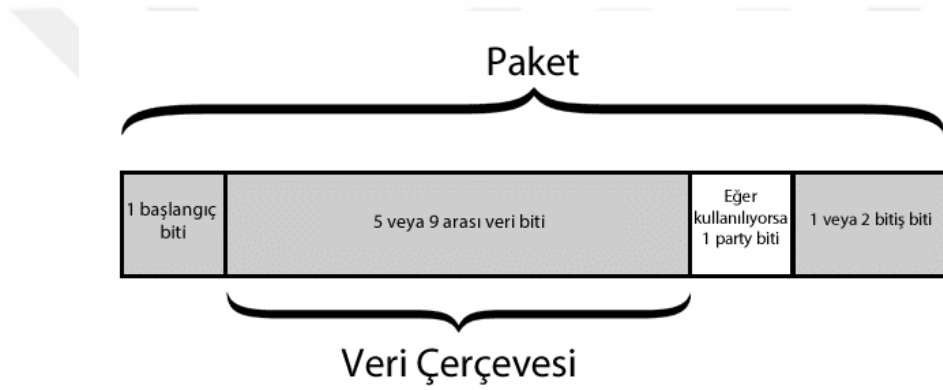
**UART (Universal Asynchronous Transmitter Receiver) Veri İletimi:** GPS modüllerini, Bluetooth modüllerini ve RFID kart okuyucu modüllerini Orange Pi, Arduino veya diğer mikro denetleyicilerine bağlamak için birçok elektronik projesinde veri iletimi için UART protokolünden yararlanılmaktadır.

Evrensel Asenkron Alıcı / Verici anlamına gelen UART genellikle entegre bir devredir (IC). Bir veya daha fazla UART çevre birimi, genellikle mikro denetleyici yongalarına entegre edilmiştir. UART Evrensel asenkron(eşzamansız) işlemi desteklemektedir, USART (eşzamansız alıcı-vericisi) ise senkron(eşzamanlı) işlemi de desteklemektedir. Bir UART'ın temel amacı seri veri iletmek ve almaktır. Bunun için aktarılacak istenen ve paralel veri yolu üzerinden baytlar halinde kendisine gelen verileri sıralı bitler haline dönüştürerek TX pininden karşı taraftaki diğer bir UART'ın RX pinine veriler iletilmektedir. Buradaki UART ise kendisine ulaşan sıralı bitleri tekrar baytlar haline getirerek bağlı olduğu sistemin kullanımına sunmaktadır. Böylelikle verilerin doğrudan çoklu hatlar üzerinden iletilmesi yerine veriyi alan ve veriyi gönderen olarak üzere veri iletiminde iki hat kullanılması kablo maliyetini azaltmaktadır. Şekil 3.17'de UART bağlantı yapısı yer almaktadır.



**Şekil 3.17** UART bağlantısı

UART ile iletilen veriler paketler halinde düzenlenmektedir. Her paket 1 başlangıç biti, 5 ila 9 veri biti (UART’a bağlı olarak), isteğe bağlı bir parite biti ve 1 veya 2 durdurma biti içermektedir. Şekil 3.18 UART üzerinde oluşturulan bir paket yapısı yer almaktadır (İnt.Kyn.25).



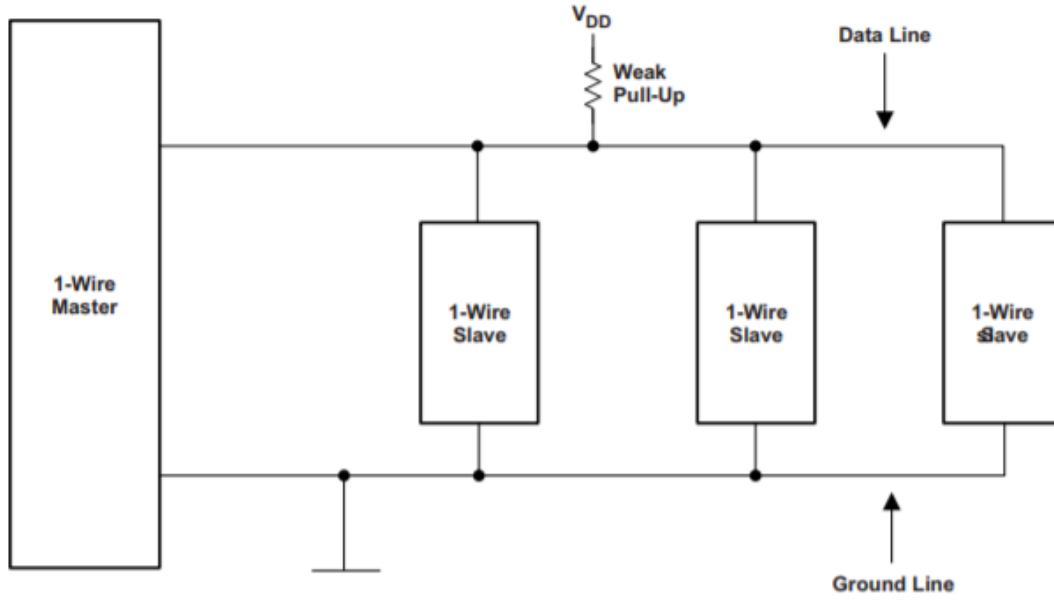
**Şekil 3.18** UART paket yapısı

UART’ın verileri eşzamansız olarak iletiyor olması veriyi ileten UART’tan alıcı UART tarafından bitlerin örneklenmesine eşzamanlamak için saat sinyali kullanmadığından veri paketlerinde başlangıç ve bitiş bitlerinden yararlanılmaktadır. Basit bir UART için bir başlangıç biti algıladığında, gelen bitleri, baud hızı olarak bilinen belirli bir frekansta okumaya başlamaktadır. Baud hızı, saniyede bit cinsinden (bps) ifade edilen veri aktarım hızının bir ölçüsü olarak belirtilmektedir. Her iki UART da yaklaşık aynı baud hızında çalışmalıdır. Başlangıç biti (mantık düşük - 0) alıcıya yeni bir karakterin geldiğini de bildirmektedir. Sonraki beş ila dokuz bit, kullanılan koda bağlı olarak, karakteri temsil etmektedir. Bir parite biti kullanılacaksa tüm veri bitlerinden sonra bu parite biti yerleştirilmektedir. Sonraki bir veya iki bit alıcıya karakterin tamamlandığını bildiren bitiş biti (bitleri) (mantık yüksek - 1) olarak belirtilmektedir (İnt.Kyn.25).

**OneWire Protokolü:** OneWire protokolü, batarya, termal yönetim cihazları, hafıza, iButtons® vb. dâhil olmak üzere birçok parça ile etkileşime izin vererek tanımlama, hafıza, zaman tutma, ölçüm ve kontrol için çözümler sunmaktadır (Maniyar 2008).

Aslen Dallas Semiconductor tarafından tanımlandığı gibi asıl olarak MicroLAN™ ismiyle bilinen OneWire protokolünün veri aktarmak için 1 tel kullanmasından dolayı bu isimle adlandırıldığı belirtilmektedir. Üç ana unsurdan oluşmaktadır: Bus master olarak adlandırılan OneWire arayüzü, slave düğümler ve bus master ile slave düğümler arasındaki elektriksel bağlantı olarak belirtilmektedir (Awtrey vd. 2004).

OneWire mimarisi, ana taraftaki veri hattından voltaj almak için bir çekme direnci (pull-up resistor) kullanmaktadır. OneWire protokolü CMOS / TTL mantığını kullanmaktadır ve 2,8V ile 6V arasında değişen bir voltajla çalışmaktadır. Bu sistem düşük hızlı ve düşük güçlü iletişim düğümleri için kullanılmaktadır. Master ve slave düğümler alıcılar ve vericiler olabilir, ancak veri bir seferde sadece bir yönde transfer edilebilir (half duplex yönlü). Master düğüm tüm OneWire işlemlerini başlatmakta ve kontrol etmektedir. Veri yolu üzerinde bir slave düğüm veya çok sayıda slave düğüm bulunabilir. Veri transferi sadece master ve slave düğüm arasında mümkündür bu nedenle veriler slave düğümler arasında aktarılamamaktadır. Her bir parça kendinde bir dâhili osilatör tarafından saatli olduğu ve master düğümün düşen kenarı ile senkronize edildiği için sistem saatine ihtiyaç duyulmamaktadır (Maniyar 2008, Anonim 2013). Şekil 3.19’da OneWire bağlantı şekli yer almaktadır (Anonim 2013).



Şekil 3.19 OneWire bağlantı şekli

Temel OneWire protokolü veri hattında dört tür sinyalden oluşur: Bunlar;

1. Reset : Sıfırlama darbesi, OneWire veri yolundaki tüm düğümleri bilinen bir duruma getirmek için kullanılır. Bir slave veya slave düğümler, sıfırlama Darbesini gördüğünde, veri hattında aktif bir durumda "bulunduğunu" veya varlığını belirtmek için bir durum darbesi döndürerek alındığını onaylar.
2. Write 0 :OneWire slave düğümlerine "0" bit gönderir (0 zaman dilimi yaz).
3. Write 1 :OneWire slave düğümlerine "1" bit (1 zaman dilimi yaz)
4. Read Data :Veri okuma dizileri, yazma 1 zaman dilimine benzemektedir, ancak veri yolu master düğümü veriyi bir slave düğümünden geri okumak için hattı serbest bıraktıktan sonra veri yolu durumunu örnekler. Bu şekilde, slave düğümlerden 0 ya da 1 geri okunabilir (Awtrey vd. 2004).

### 3.4 Yazılım

Çalışmada yazılım kısmı olarak gömülü sistem yazılımı, İşletim sistemi, veritabanı yazılımı ve bulut sistemlerine yer verilmiştir.

IoT uygulamalarında kullanılan işletim sistemlerinden Contiki, TinyOS, Linux, RIOT OS, Android, LiteOS örnekleri verilebilir. Bu çalışmada Orange Pi Zero'da ARM işlemcili tek kartlı bir bilgisayar olması dolayısı ile açık kaynak kodlu sistem yazılımı olan debian tabanlı armbian sistem yazılımı tercih edilmiştir.

Veritabanı sunucusu olarak mongodb ve web servisler ile web kullanıcı arabiriminin gerçekleştirilmesinde nodejs ve farklı çözünürlükteki ekranlarda kullanıcı deneyimlerinde kolaylık sağlaması açısından bootstrap kullanılmıştır.

### **3.5 Bulut Bilişim ve Servis Sağlayıcılar**

Günümüzde Bulut teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak Nesnelerin interneti uygulamalarında da servis sağlayıcılar olarak gelişim gösterir. Böylelikle sistemlerden otomatik gerçek zamanlı veri toplanılması ayrıca sayısız nesnelerin bulut yoluyla yönetilmesi ve paylaşılması mümkündür (Xu vd. 2018). Servisler, Nesnelerin İnterneti uygulamalarını geliştirmeyi ve uygulamalar da güvenlik, ağ, sunucular, veri tabanları ve veri ambarları gibi alanlarda karşılaşılan problemlerin veya uygulamaların performansını artırabilecek çözümleri sunabilmektedir. Servisler diğer bir ifade ile “işbirliği yapabilen yazılım bileşenleri olup, çeşitli uygulamaların servis olarak tanımlanması” şeklinde belirtilebilir (İncereis ve Akgün 2017).

Hille ve arkadaşlarının 2017 yılında 143 Bulut platformuyla karşılaştırma yapmış performans ve uygulama hacmine göre oluşturulan çeşitli kriterlerine göre elemeler yapmaları sonucunda 20 bulut servis sağlayıcısı üzerinde karşılaştırmalarda bulunmuşlardır. Belirtilen servis sağlayıcılarının incelemeleri arasında Amazon Web Services, Microsoft, Google, IBM sağlayıcılarının aktif yer edindiği gözlenmektedir (İnt.Kyn.26). Servis sağlayıcılarından aktif rol oynayan bu firmaların servis hizmetleri de benzerlikler göstermektedir.

Bulut tabanlı Nesnelerin İnterneti Servisinin teknik çerçevesi PaaS, IaaS, SaaS, MaaS şeklinde belirtilebilir (Xu vd. 2018).

**1) Hizmet olarak Altyapı (IaaS):** Üretimin tüm yaşam döngüsünde gerekli olan veri depolama ve hesaplama yetenekleri sanal olarak bulut sisteminden temin edilerek tercih edilen işletim sisteminin kurulabilmesine imkân veren altyapı hizmetinin sağlanabilmesidir (Tao vd. 2014).

**2) Hizmet olarak Servis (PaaS):** Servis, altta yatan donanım ve yazılım katmanlarının satın alınması ve yönetilmesinin maliyeti ve karmaşıklığı olmadan yani işletim sistemi, ağ ve sunucu gibi sistemlerle uğraşmadan sadece (kullanıcının uygulamalarını yani) üretim uygulamalarının geliştirilmesini ve uygulanmasını mümkün kılan bir hizmet olarak sunulmaktadır (Tao vd. 2014).

**3) Bir hizmet olarak yazılım (SaaS):** Uygulama ve yazılımlar için uygulamanın bulut üzerinde çalıştığı ve uygulamanın ara yüzüne de bulut üzerinden erişilerek istemci bilgisayarındaki yükleme ve çalıştırma gereksinimlerinin ortadan kaldırıldığı kullanıcının uygulama bilgilerinin burada saklandığı bir hizmet olarak sunulur (Tao vd. 2014).

IoT’de servis yazılımı kullanılması gereken durumlara örnekleri şu şekilde sıralanabilir:

- Bir nesne ile aynı anda veri alış verişi yapmak isteyen çok fazla cihaz varsa,
- Akıllı nesnelerin karar verebilme sürelerinin arttırılması,
- Sistemde yapılması gereken işleri parçalayarak sistemdeki bir problem durumunda sorunun kolay bulunabilmesi,
- IoT sisteminde güncelleme, ekleme, silme gereksinimleri,
- Etkili, esnek ve ölçeklenebilir esnek çözümler imkânları şeklinde olabilir (İncereis ve Akgün 2017).

Ray (2016) IoT bulut platformları üzerine yaptığı çalışmasında, birden çok hizmet alanı sunan 26 IoT bulut platformu ele alınarak bu platformların gerçek zamanlı veri yakalama özellikleri, veri görselleştirme, bulut model türü, veri analizi, cihaz yapılandırması, API protokolleri, güvenlik ve kullanım maliyeti gibi unsurlarının karşılaştırıldığı görülmektedir. Çalışmada IoT bulut platformları Aer cloud, Arkessa, Arrayant connect, Axeda, Ayla’s cloud fabric, Carriots, Echelon, Etherios, Exosite,

GroveStreams, IBM IoT, InfoBright, Jasper Control Centre, KAA, Microsoft research lab of things, Nimbits, Oracle IoT cloud, OpenRemote, Plotly, SeeControl IoT, SensorCloud, Temboo, Thethings.io, ThingSpeak, ThingWorx, Xively yer almıştır (Ray 2016a).

Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) için önde gelen pazar bilgileri ve stratejik iş zekası sağlayıcısı IoT Analytics 2017 yaz dönemi için 450 IoT platformunun varlığı üzerine yayında bulunmuştur. IoT servis sağlayıcılarından ön planda yer alanlardan Arrayent, Autodesk, AWS, Bosch, C3 IoT, Cisco, Cihaz Insight, Elektrik Imp, Ericsson, EVERYTHING, Ex, GE, Hitachi, Huawei IBM, Microsoft, PTC, Relayr, Samsung Electronics, SAP, Siemens, Sierra Kablosuz, Yazılım AG , Telit, Zebra Teknolojileri'nin belirtildiği görülmüştür (İnt.Kyn.27).

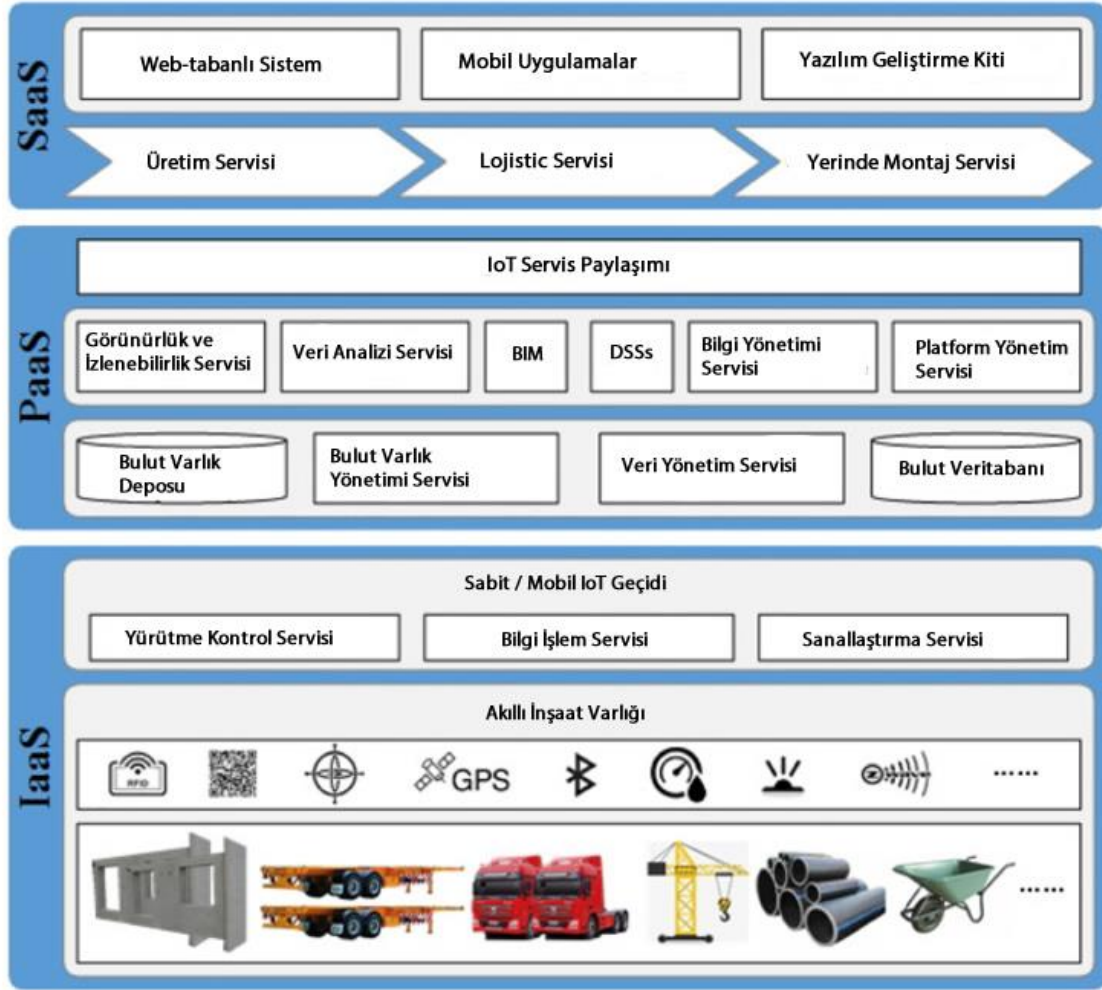
Tüm IoT platformlarının genel yapıları ortak niteliklerde olmalarına karşın ayrıntılara bakıldığında sundukları hizmetler bakımından farklılıklar gösteren taraflarının mevcut olduğu vurgulanmaktadır.

IoT Analytics 'in 2017 verilerine göre IoT bulut platformlarının şirketlere yönelik kullanımında %32'si endüstri alanına, %22'si akıllı şehir alanına, %21'i enerji alanına, %20'si iş akışına, %16'i sağlık alanına, %16'sı tedarik zinciri alanına, %14'ü perakende alanına, %9'u kamu hizmetine ve %32'si diğer iş alanlarına odaklanmaktadır. Tüketicilere yönelik kullanımında ise %21'i ev uygulamalarına, %8'i yaşam tarzı uygulamalarına, %8'i hayatın akışına dayalı uygulamalarına, %5'i sağlık uygulamalarına odaklanır (İnt.Kyn.27).

IoT bulut platformlarının kullanımının her geçen zaman farklı kullanım alanlarında kullanım oranının artarak devam etmesi beklenilmektedir.

IoT bulut platformu sağlayıcılarından temin edilebilecek IoT bulut platformu hizmetlerine alternatif olarak geliştiricilerin de ihtiyaçlara yönelik kendi IoT bulut platformlarını oluşturmakta oldukları belirtilebilir.

Örneğin, Xu vd. (2018) KOBİ'lerin IoT bulut platformu imkânından ekonomik ve esnek bir şekilde yararlanabilmelerine yönelik bir model önermişlerdir. Farklı önceden hazırlanmış yapı (inşaat) projeleri arasındaki farklı gereksinimleri karşılayabilecek bir bulut tabanlı IoT platformu kurmuşlardır (Xu vd. 2018).



Şekil 3.20 Bulut bilişimde IaaS, PaaS, SaaS katmanları (Xu vd. 2018)

Şekil 3.20 de IaaS katmanının akıllı yapı varlıklar ve Nesnelerin İnterneti ağ geçidi olarak iki ana bölümden oluştuğu ifade edilmiştir

RFID etiketleri, GPS modülleri, algılayıcılar gibi Nesnelerin İnterneti cihazlarıyla donatılmış tüm fiziksel varlıklar olarak belirtilen bu akıllı yapı varlıklar, benzersiz bir şekilde tanımlanır. Fiziksel dünyadan gerçek zamanlı verileri otomatik olarak

toplayabilir ve başkalarıyla iletişim kurabilir. IoT ağ geçidi, akıllı yapı varlıkları ile üst katman arasında köprü görevi görür. Yakındaki akıllı yapı varlıklarını bir araya getirme, barındırma ve yerinde kontrolünü sağlama gibi işlevinden söz edilebilir. Fiziksel dünyadan toplanan verileri önceden işlemekte ve üst katmandan gönderilen kontrol komutlarının kodunu çözmektedir. Akıllı yapı varlıklarını bulut yoluyla depolanabilen, kontrol edilebilen ve paylaşılabilen (kendi kararlarını verebilen bulut varlıklar) nesneler olarak görselleştirebilmektedir.

PaaS Şekil 3.20 de 3 ana bölümden oluştuğu ifade edilmektedir. En alt bölümünde, nesnelerden elde edilen verilerin nesne veri modeline göre depoda saklanabilir. Nesne yönetim hizmeti tarafından bulut üzerinden yönetilir. Diğer yönetim verileri bulut veritabanında saklanabilir ve veri yönetimi hizmeti tarafından yönetilebilir. PaaS'ın orta kısmı, platformun yürütülmesi ve platform yönetim hizmeti, görünürlük ve izlenebilirlik servisi, veri analizi hizmeti, yapı bilgi modelleme (BIM- s Building Information Modeling) servisi, bilgi yönetimi hizmeti ve karar destek sistemleri (DSSs- Decision Support Systems) dâhil olmak üzere önceden hazırlanmış yapıların uygulanmasını destekleyen çeşitli hizmetler sunmaktadır. Burada, karar destek sistemleri (DSSs- Decision Support Systems), önceden hazırlanmış yapıların her yönü için operasyon planlama, programlama ve optimizasyona destek veren bir dizi hizmeti belirtmektedir. Tüm bu hizmetler PaaS'ın son kısmı olan IoT servis paylaşım modülü aracılığıyla yayınlanmakta ve paylaşılmaktadır.

Şekil 3.20'de SaaS hizmetinin kapsamına yer verilmiştir. SaaS hizmeti, önceden hazırlanmış yapının farklı durumlarını desteklemek için PaaS hizmeti tarafından sağlanan servisler üzerine kurulan uygulamaları içermektedir. Üç çeşit uygulama sağlanmıştır. Bunlar web tabanlı sistem, mobil uygulama ve Yazılım Geliştirme Kiti (SDK)'dir. Web tabanlı sistem farklı yollarla kolayla erişilebilir genel yönetim hizmetleri sağlamaktadır. Yapı şirketleri, sisteme erişerek, senaryoları tanımlayarak ve temel çalışma parametrelerini yapılandırarak hizmetleri kullanabilmektedir. İkincisi, mobil uygulama internetten indirilebilir akıllı telefonlar ve tabletler gibi mobil cihazlara yüklenebilmektedir. Mobil uygulama, hizmetlere erişmek için tipik bir bulut istemcisi olarak hizmet etmektedir. Önceden hazırlanmış yapı sırasında çoğunlukla yürütme

kontrolü için kullanılmaktadır. Bazı durumlarda, nesnelerden gerçek zamanlı veri toplamak için mobil ağ geçidi olarak da kullanılabilir. Üçüncü olarak, SDK kendi bilgi sistemlerini zaten uygulamış olan yapı şirketleri ile ilgilidir. Bu mevcut sistemler, hizmetlere erişebilir veya SDK tarafından sağlanan iyi tanımlanmış arayüzler aracılığıyla doğrudan servisle bağlantı kurabilmektedir.

Windows Azure Microsoft firmasının sunduğu bulut bilişim servisi. Azure'nin Nesnelerin İnterneti desteği içerisinde IaaS, PaaS ve SaaS hizmetleri ele alındığında diğer bulut tabanlı nesnelerin interneti servisleriyle benzerlik gösterdiği görülür (İnt.Kyn.28).

### **3.6 Algılayıcılar**

Sensör kelimesi İngilizce “to sense” ifadesinden gelmektedir. Türkçede ise “algılayıcı” veya “duyarga” olarak ifade edilir (Işık 2013).

Algılayıcılar, fiziksel aktiviteyi veya değişiklikleri elektriksel bir sinyal haline dönüştüren cihazlardır. Fiziksel veya gerçek dünya ile elektrik sistemi ve bilgi işlem cihazının bileşenleri arasındaki arabirimdir. En basit biçimdeki bir algılayıcı, bir çeşit fiziksel değişikliğe veya uyarıya tepki verir ve bir miktar elektriksel sinyal veya veri çıkarır. Bilgi işlem sisteminin uygulayabileceği verileri üretmek için algılayıcılar gerekir (Gajjar 2017). Steinel'in, 1987'de aydınlatmayı kontrol etmek için ilk algılayıcı serisini başlattığı belirtilmektedir (İnt.Kyn.29).

Başlıca algılayıcı çeşitlerine sıcaklık algılayıcıları, ışık algılayıcıları, titreşim algılayıcıları, ağırlık algılayıcıları, toprak ve hava nemlilik algılayıcıları örnek olarak verilebilir.

#### **3.6.1 Sıcaklık Algılayıcısı**

Sıcaklık bilgisinin elde edilmesinde kullanılabilecek çeşitli algılayıcılar bulunmaktadır. Çalışmada kalibrasyon ihtiyacı düşüklüğünden dolayı ve verinin algılayıcıdan okunmasında ONEWIRE iletişimi kullanılarak dijital olarak yapılmasından Dallas

Semiconductor tarafından geliştirilen Maxim Integrated firmasının DS18S20 algılayıcısı kullanılmıştır. Çizelge 3.9’de DS18S20 için dönüşüm zamanı ve çözünürlük tablosu verilmiştir. DS18S20 Bağlantı Pinleri Şekil 3.21’de verilmektedir.

**Çizelge 3.9** DS18S20 dönüşüm zamanı ve çözünürlük tablosu

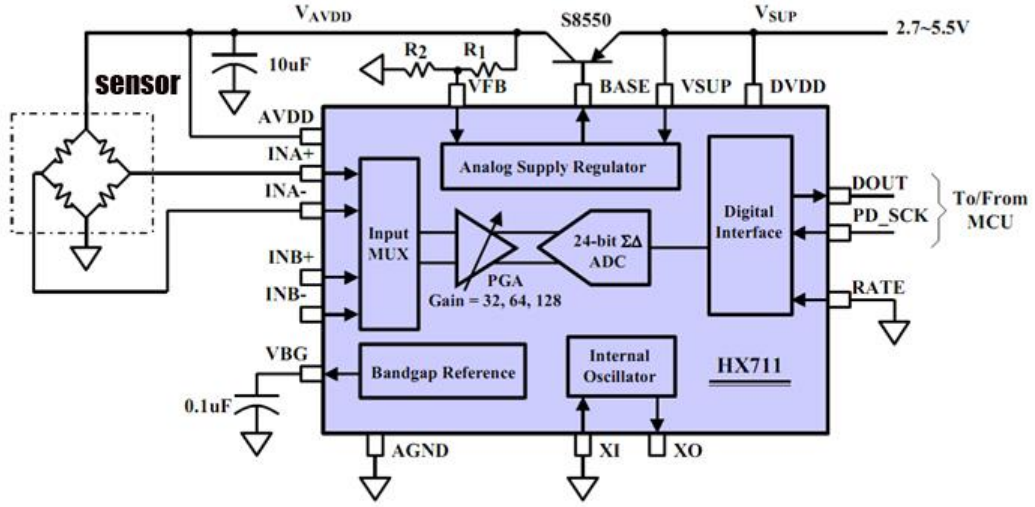
| Çözünürlük          | 9 bit | 10 bit | 11 bit | 12 bit |
|---------------------|-------|--------|--------|--------|
| Dönüşüm Zamanı (ms) | 93.75 | 187.5  | 375    | 750    |
| LSB (°C)            | 0.5   | 0.25   | 0.125  | 0.0625 |



**Şekil 3.21** DS18B20 bağlantı pinleri

### 3.6.2 Ağırlık Algılayıcısı

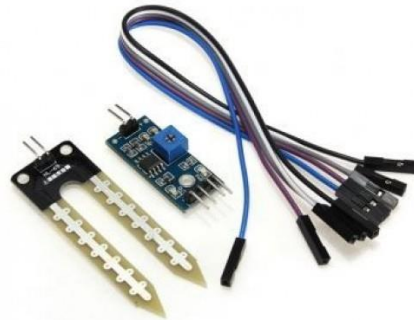
Ağırlık ölçümü için Yük Hücresi kullanılmıştır. Yük hücresi, üzerine etki eden bir yükü veya kuvveti elektronik bir sinyal haline dönüştürmektedir. Bu elektronik sinyalin dijital olarak okunması için yük hücresi yükselteci olarak HX711 entegresi kullanılabilir. Şekil 3.22’de HX711 entegresi ve yük hücresi bağlantı şeması yer almaktadır.



Şekil 3.22 HX711 yük hücresi şeması

### 3.6.3 Toprak ve Hava Nemlilik Algılayıcı

Toprak nem algılayıcı olarak torağın elektriksel iletkenliğini temel alarak ölçüm gerçekleştirilecek. Hava nemliliğinde ise SHT11 nem ve sıcaklık algılayıcısından faydalanılmıştır. Toprak nem algılayıcısı olarak YL-69 modülü Şekil 3.23’ de gösterilmiştir.



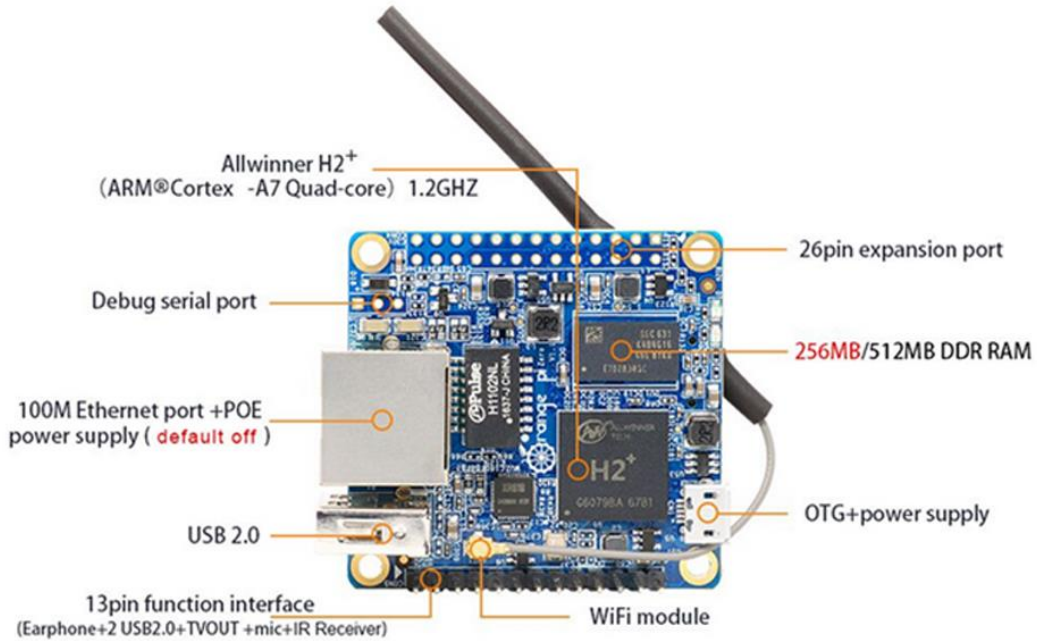
Şekil 3.23 Toprak nem algılayıcısı

### 3.7 Kontrol Birimleri

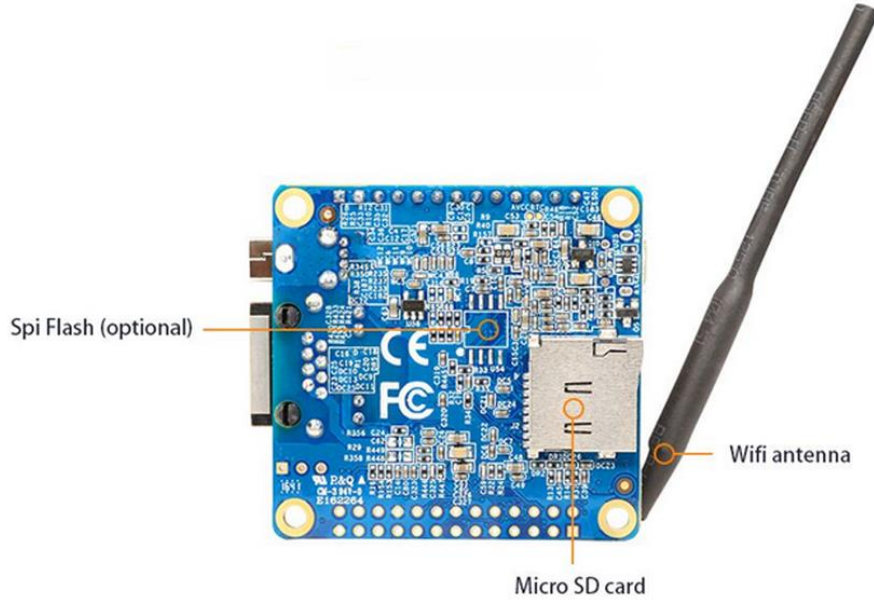
Algılayıcılardan alınan verilerin işlenmesi, iletişim birimlerine aktarılması gibi durumlarda devreye giren kısımlardır. Donanım ve yazılım bölümleri mevcuttur. Günümüzde bulunan başlıca donanım örnekleri SmartThing, Arduino, Phidgets, Intel Galileo, Raspberry Pi, Gadgeteer, BeagleBoard Black, Pinoccio, Cubieboard, Smart Phones, mbed, WeIO, Nanode, The Rascal, Wi-Go, PcDuino, OpenPicus, HackBerry UDOO, Libelium Wasmote, Orange Pi olarak belirtilebilir.

#### 3.7.1 Tek Kart Bilgisayar (Orange Pi Zero)

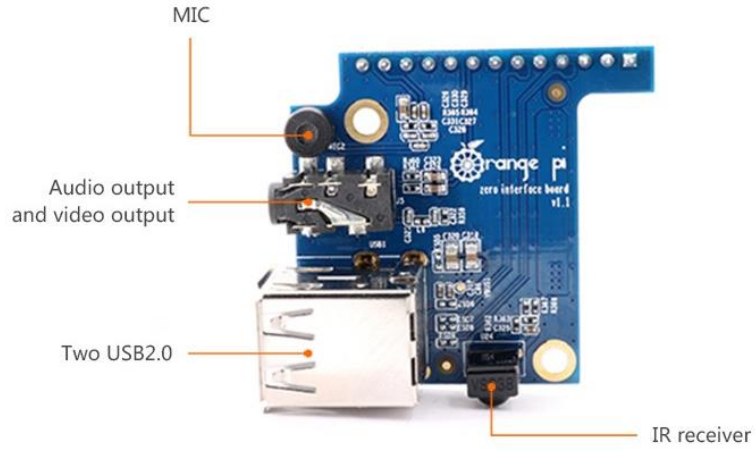
Port üzerinde usb çıkışların olması kart ile iletişimin usb üzerinden yapılabilmesi, dahili wifi modülünün olması (kablosuz internet modülüne sahip) avantajları nedeni ile bu çalışmanın kontrol biriminde Orange Pi Zero tercih edilecektir. Şekil 3.24’de Orange Pi Zero üst görüntüsü ve Şekil 3.25’de alt görüntüsü yer almaktadır. Çizelge 3.10’da ise teknik özellikleri belirtilmiştir (İnt.Kyn.30).



Şekil 3.24 Orange Pi Zero üst görünüm



Şekil 3.25 Orange Pi Zero alt görünüm



Şekil 3.26 Orange Pi Zero genişletme kartı

Orange Pi Zero ile uyumlu olan Şekil 3.26'daki kartı kullanarak Orange Pi kartına 2 adet USB portu, kızılötesi, alıcı mikrofön, analog ses ve görüntü çıkışı özellikleri eklenmektedir.

### Çizelge 3.10 Orange Pi Zero'nun özellikleri

|                            |                                                                         |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| İşlemci (SOC)              | Alwinner H2 Dört Çekirdek Cortex A7 (H.265/HEVC 1080P)                  |
| Grafik İşlemci (GPU)       | Mali400MP2 @600 MHZ (OpenGL ES 2.0 Desteği)                             |
| Bellek (RAM)               | 256 / 512 MB DDR3                                                       |
| Depolama                   | SD Card (maks. 64 GB)                                                   |
| Ağ Bağlantısı              | 10/100M Ethernet                                                        |
| Kablosuz Ağ Bağlantısı     | Alwinner XR810, 802.11 b/g/n (u.Fl anten kablosu )                      |
| Görüntü Çıkışları          | GPIO Genişleme Kartı ile.                                               |
| Ses Giriş / Çıkışları      | GPIO Genişleme Kartı ile.                                               |
| USB Bağlantıları           | 1 x USB 2.0                                                             |
| Micro USB Bağlantıları     | 1 x micro USB 2.0 OTG Desteği                                           |
| Dahili Algılayıcılar       | GPIO Genişleme Kartı ile.                                               |
| Sata Bağlantısı            | GPIO Genişleme Kartı ile.                                               |
| Kamera Bağlantısı          | -                                                                       |
| GPIO Geliştirici Pinleri   | 26pin (Raspberry Pi ile benzer yapıda)<br>13pin (2x USB, IR pin, AUDIO) |
| Hata Giderme (DEBUGGING)   | Seri Konsol ile UART                                                    |
| Buton Led ve Özellikleri   | Güç butonu.                                                             |
| Güç Kaynağı                | Micro USB çıkışından güç alır.                                          |
| Ürün Boyutları ve Ağırlığı | 48mm x 46mm – 22gr                                                      |

### 3.7.2 ATmega328P Mikro denetleyicisi

Atmega328P mikro denetleyicisi Atmel megaAVR ailesi mikrodenetleyicisidir. Harvard mimarisini temel almaktadır. 32 KB flash belleği, 2 KB SRAM ve 1 KB EEPROM belleği bulunmaktadır. 5 V gerilim ile çalıştırıldığında 20 MHZ saat hızında kullanılabilir. Üzerinde ADC, PWM, I<sup>2</sup>C, UART ve SPI gibi modüller bulunmaktadır. Şekil 3.27'de ATmega328P'nin pin özellikleri ve bu pinlerin Arduino Uno pin fonksiyonları ile eşleştirmesi yer almaktadır.

## ATMega328P ve Arduino Uno Pin Eşleme

| Arduino Fonksiyonu  |                          |    |    |                        | Arduino Fonksiyonu   |
|---------------------|--------------------------|----|----|------------------------|----------------------|
| reset               | (PCINT14/RESET) PC6      | 1  | 28 | PC5 (ADC5/SCL/PCINT13) | analog giriş 5       |
| dijital pin 0 (RX)  | (PCINT16/RXD) PD0        | 2  | 27 | PC4 (ADC4/SDA/PCINT12) | analog giriş 4       |
| dijital pin 1 (TX)  | (PCINT17/TXD) PD1        | 3  | 26 | PC3 (ADC3/PCINT11)     | analog giriş 3       |
| dijital pin 2       | (PCINT18/INT0) PD2       | 4  | 25 | PC2 (ADC2/PCINT10)     | analog giriş 2       |
| dijital pin 3 (PWM) | (PCINT19/OC2B/INT1) PD3  | 5  | 24 | PC1 (ADC1/PCINT9)      | analog giriş 1       |
| dijital pin 4       | (PCINT20/XCK/T0) PD4     | 6  | 23 | PC0 (ADC0/PCINT8)      | analog giriş 0       |
| VCC                 | VCC                      | 7  | 22 | GND                    | GND                  |
| GND                 | GND                      | 8  | 21 | AREF                   | analog referans      |
| kristal             | (PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6 | 9  | 20 | AVCC                   | VCC                  |
| kristal             | (PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7 | 10 | 19 | PB5 (SCK/PCINT5)       | dijital pin 13       |
| dijital pin 5 (PWM) | (PCINT21/OC0B/T1) PD5    | 11 | 18 | PB4 (MISO/PCINT4)      | dijital pin 12       |
| dijital pin 6 (PWM) | (PCINT22/OC0A/AIN0) PD6  | 12 | 17 | PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3) | dijital pin 11 (PWM) |
| dijital pin 7       | (PCINT23/AIN1) PD7       | 13 | 16 | PB2 (SS/OC1B/PCINT2)   | dijital pin 10 (PWM) |
| dijital pin 8       | (PCINT0/CLKO/ICP1) PB0   | 14 | 15 | PB1 (OC1A/PCINT1)      | dijital pin 9 (PWM)  |

Dijital Pinler 11,12,13, MOSI, MISO, SCK bağlantıları için ICSP başlığı tarafından kullanılır (Atmega328 pimleri 17,18 ve 19). ICSP başlığını kullanırken bu pinlere düşük empedanslı yüklerden kaçınılmalıdır.

Şekil 3.27 ATMega328P ve Arduino Uno pin eşlemesi

### 3.8 Nesnelerin İnterneti Destekli Algılayıcı Arabirimin Tasarlanması Ve Gerçekleştirilmesi

Bu çalışmada öncelikli olarak araştırmacıların alan çalışmalarında ihtiyaç duydukları ısı, ışık şiddeti, sıcaklık, nem, titreşim, ağırlık ve bu gibi verileri elde edilmesini sağlayacak algılayıcılar üzerinde çalışılacaktır. Kullanılacak iletişim ihtiyaçları belirlenip ihtiyaçlar doğrultusunda kontrol birimi seçimi yapılacaktır. Gerekli servis yazılımları hazırlanıp veri depolanması ve verinin görselleştirilmesi uygulaması oluşturularak Örnek bir veri toplama ağı meydana getirilecektir. Tasarlanılacak yapı için İspanyolca güvercin anlamına gelen PALOMA ismi tercih edilmiştir.

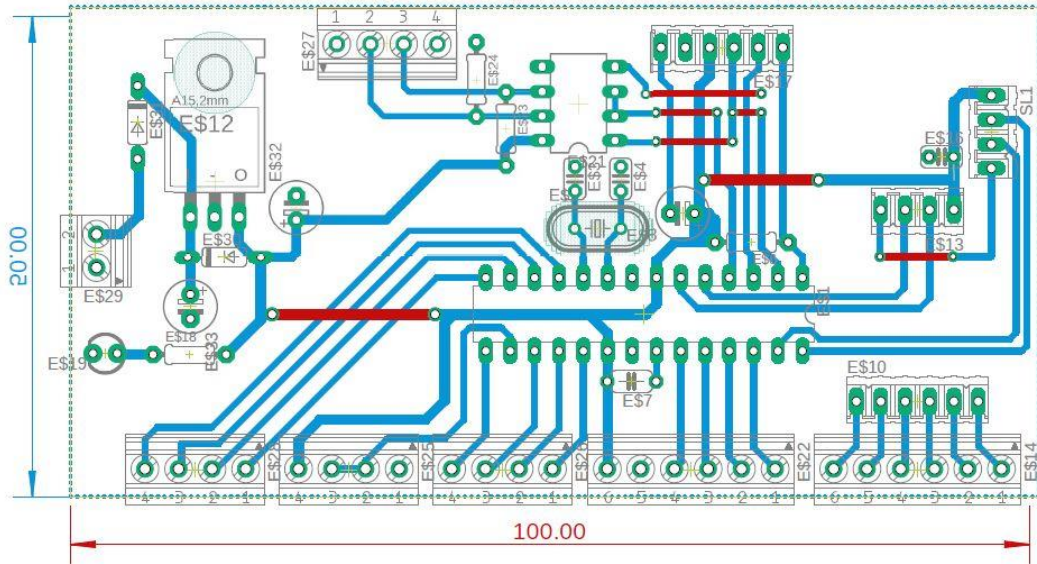
#### 3.8.1 Kontrol Devresinin Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi

Kontrol devresi OrangePi Zero kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üzerinde bulunan dört çekirdekli Alwinner H2 Cortex A7 işlemci sayesinde ihtiyaç duyulan işlem kabiliyetine sahiptir. Giriş çıkış portları aracılığı ile I<sup>2</sup>C iletişim hatına 128x64 oled ekran, DS1307 gerçek zaman saati ve ek modüllerin bağlanabilmesi için pinler yerleştirilmiştir. Modbus protokü kullanımı amacıyla MAX485 entegresi kullanılarak UART portuna



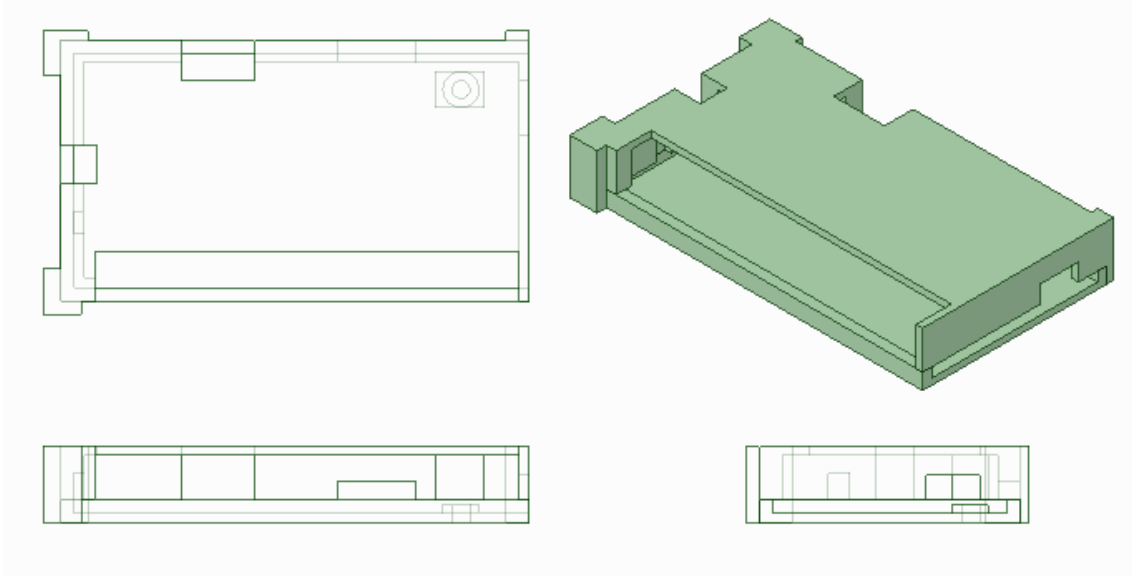
### 3.8.2 Ek Modül Devresinin Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi

Kontrol modülü ile I<sup>2</sup>C veya RS485 hattı üzerinden Modbus RTU ile haberleşerek Analog ve Dijital verilerin aktarılmasında kullanılacak bir modül tasarlanmıştır. Tasarlanan modülde Atmge328p mikro denetleyicisi kullanılmıştır. İ2C ile kullanılırken modül ihtiyaç duyduğu çalışma gerilimini kontrol modülünden alacaktır, RS485 hattı üzerinden MODBUS RTU ile kullanılacağına ise 7805 voltaj regülatörü aracılığı 7-25 Volt arası harici bir doğru akım kaynağına ihtiyaç duyacaktır. UART rs485 hattı dönüşümü için MAX485 entegresi kullanılmıştır. Yük hücresi analog verilerini okumak için HX711 yük hücresi sinyal yükselticisi kullanılmıştır. Ek modül baskı devresi EAGLE PCB yazılımı ile tasarlanıp Şekil 3.30’da verilmiştir.



Şekil 3.30 Ek modül baskı devresi

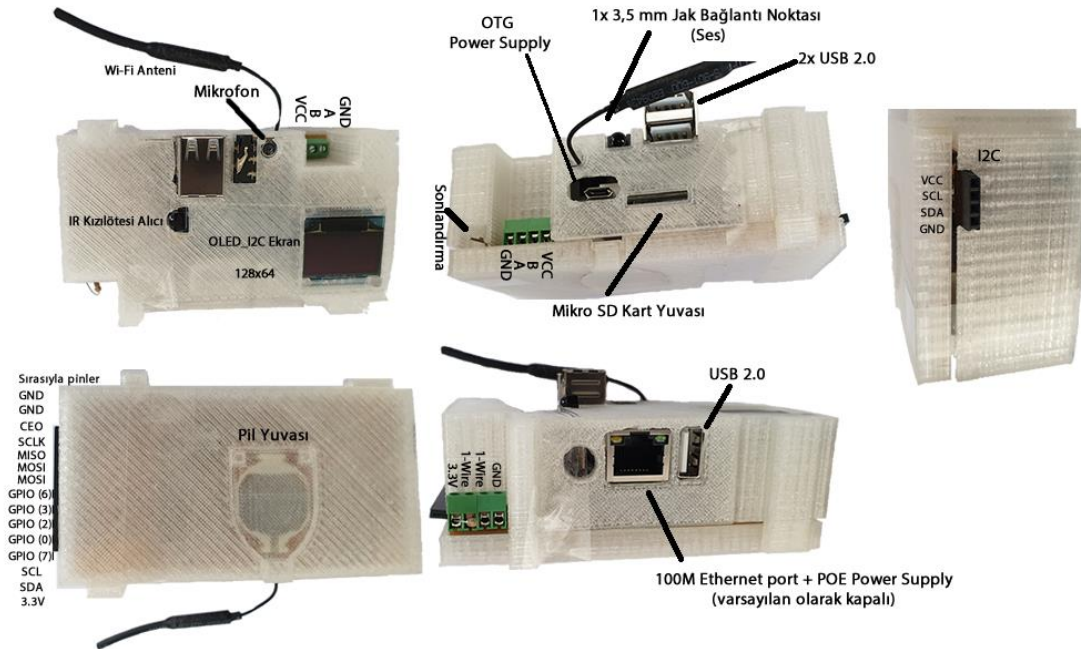
Ek modül devresi için gerekli olan dış koruma tasarımı Şekil 3.31’de verilmiştir. Tasarımın oluşturulmasında öğrenciler ve öğretmenler için ücretsiz 3D CAD/CAM tasarım yazılımı olan Fusion 360 kullanılmıştır.



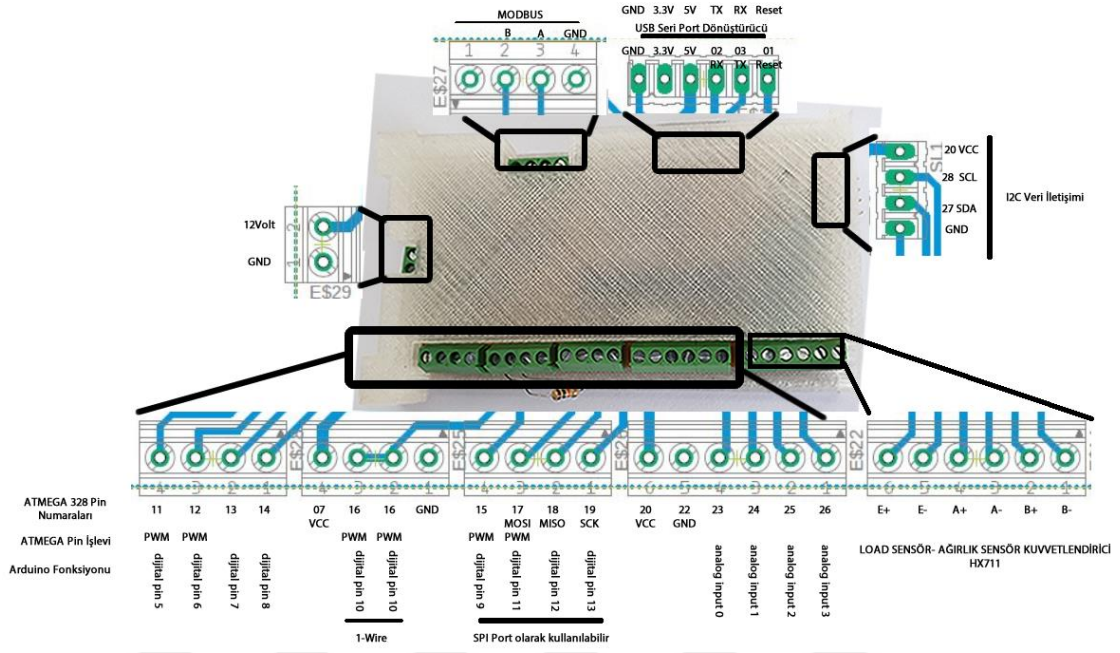
Şekil 3.31 Ek modül devresi için dış koruma tasarımı

### 3.8.3 Montaj

Tasarlanan devreler ve birleşenleri için kutu modelleri oluşturulup 3D yazıcı ile oluşturulmuştur. Kontrol modülü ve ek modülün montaj sonrası görüntüleri şekil 3.32 ve şekil 3.33’da verilmiş ve Giriş çıkışları belirtilmiştir.

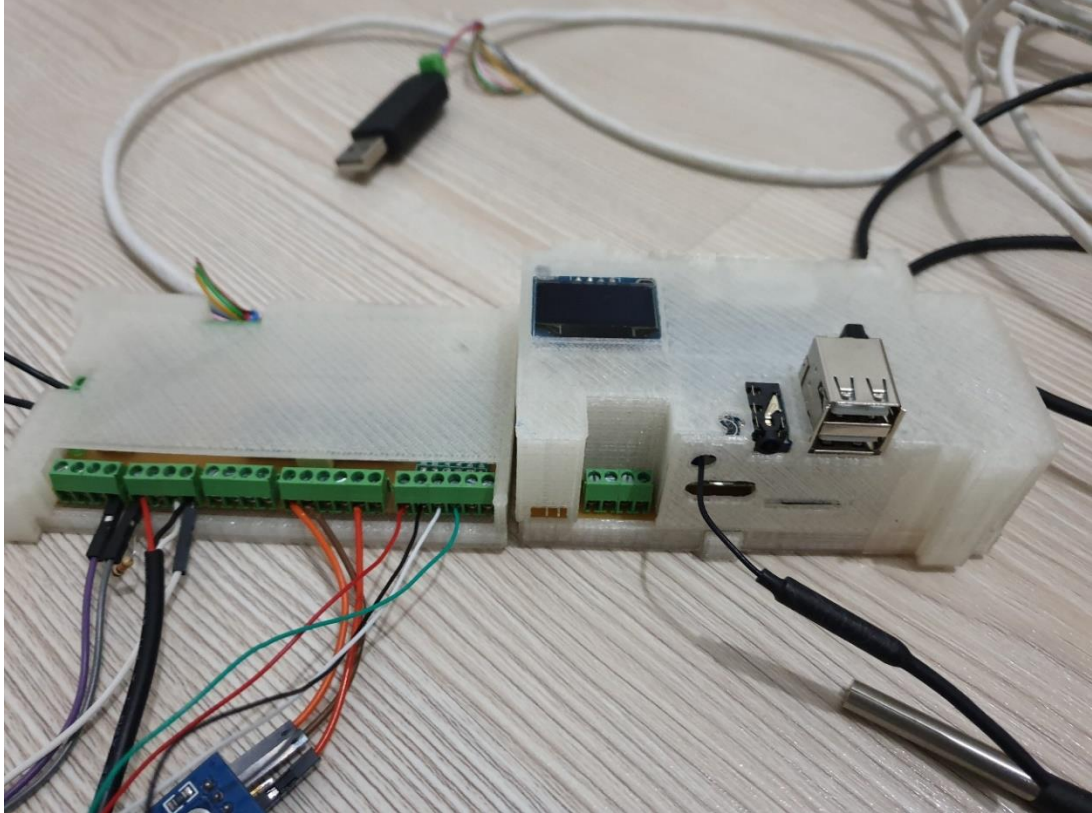


Şekil 3.32 Orange Pi’nin yer aldığı kontrol modülü



Şekil 3.33 Ek modül bağlantı yuvaları

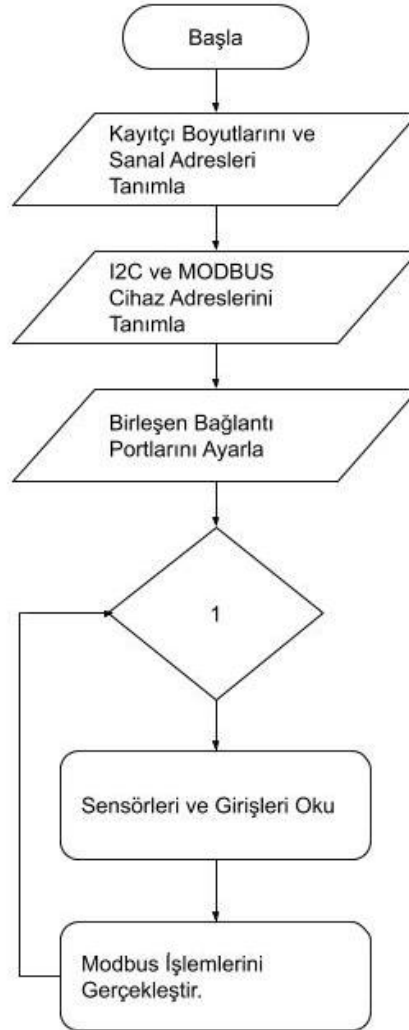
Şekil 3.34’da algılayıcılarla bağlantısı gerçekleştirmiş kontrol modülü ve ek modül yer almaktadır.



Şekil 3.34 Hazırlanan sistem (solda ek modül, sağda kontrol modülü)

### 3.8.4 Ek Modül Yazılımı

Ek modül tasarlanırken Atmega328P kullanılıp, Arduinio bootloader yüklenmiştir. Bu sayede yazılım güncellemesi USB-UART dönüştürücüler aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Yazılım geliştirilirken Arduinio IDE yazılımı kullanılmıştır. Ek Modül için akış diyagramı Şekil 3.35’da yer almaktadır.



Şekil 3.35 Ek modül için akış diyagramı

Modbus ve I<sup>2</sup>C ile ek modül üzerinde bulunan giriş çıkış aygıtlarının kontrolünde Master düğüm – Slave düğüm şeklinde gerçekleştirilmektedir. Veri iletişimi için bir dizi oluşturularak kullanılmıştır. Oluşturulan çizelge 3.11’de Modbus bellek haritası sunulmaktadır.

**Çizelge 3.11** Modbus bellek haritası.

| index | Modbus Adres | Bellek alanı | Açıklama         |
|-------|--------------|--------------|------------------|
| 0     | 0X7000       | 2B           | DHT11 Sıcaklık   |
| 1     | 0X7002       | 2B           | DHT11 Nem        |
| 2-3   | 0X7004       | 4B           | HX711 Veri       |
| 4     | 0X7008       | 2B           | DS1820B Sıcaklık |
| 5     | 0X7010       | 2B           | Analog 3         |
| 6     | 0X7012       | 2B           | Analog 2         |
| 7     | 0X7014       | 2B           | Analog 1         |
| 8     | 0X7016       | 2B           | Analog 0         |
| 0     | 0x2000       | 1B           | Dijital Giriş 0  |
| 1     | 0x2001       | 1B           | Dijital Giriş 1  |
| 2     | 0x2002       | 1B           | Dijital Giriş 2  |
| 3     | 0x2003       | 1B           | Dijital Giriş 3  |
| 4     | 0x2004       | 1B           | Dijital Çıkış 0  |
| 5     | 0x2005       | 1B           | Dijital Çıkış 1  |
| 6     | 0x2006       | 1B           | Dijital Çıkış 2  |

### 3.8.5 Kontrol Modülünün Konfigürasyonu ve Yazılımı

Orangepi Zero'ya işletim sisteminin yüklenmesi ve uygulama için hazır hale getirilmesi için gerçekleştirilen adımlar bu bölümde belirtilmiştir.

#### A. Orange Pi Zero Çalışmadaki İşlevi ve Kullanıma Hazırlanması 1.Aşama (Orange Pi Zero Kullanıma Hazır Hale Getirme Aşamaları)

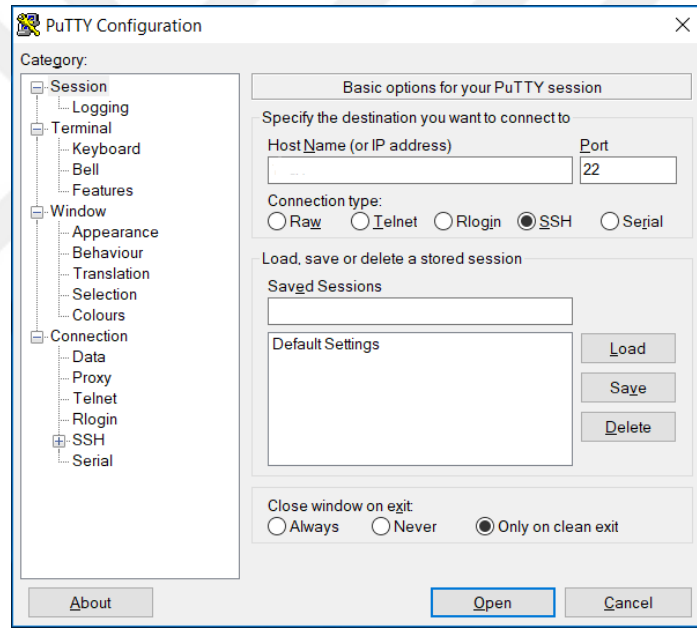
**1- Armbian işletim sistemi imajlarının indirilmesi:** Armbian, ARM işlemcili tek kartlı bilgisayarlar için Debian veya Ubuntu tabanlı bir İşletim Sistemidir. Orange Pi Zero'da ARM işlemcili tek kartlı bir bilgisayar olması dolayısı ile armbian.com/orange-pi-zero için de işletim sistemi olarak kurulum imkânı sunmaktadır. Sayfada Armbian Bionic ve Armbian Stretch olmak üzere iki farklı yükleme seçeneği sunulmaktadır. Armbian Bionic Ubuntu merkezli dağıtımdır, Armbian Stretch ise Debian merkezli dağıtımdır. Tercihe göre armbian sitesi üzerinden edinilen sıkıştırılmış dosya formatında olan imaj dosyaları sıkıştırma programı ile klasöre çıkartılarak <https://www.balena.io/etcher/> adresinden indirilen açık kaynak kodlu etcher programı aracılığı ile Orange Pi Zero da kullanılacak olan mikro SD kart içerisine yüklenmektedir. Hazırlanan mikro SD kart Orange Pi Zero kart yuvasına yerleştirildikten sonra Ethernet birimi üzerinden ağ bağlantısı sağlanarak ve güç bağlantısının yapılmasıyla çalışmaya başlayacaktır. Bu noktadan sonra Orange Pi

Zero'nun ağda almış olduğu IP bilgisi modem/router ayarları ya da Fing, Advanced Port Scanner veya Angry IP Scanner gibi benzeri ağ uygulamaları üzerinden tarama yapılarak öğrenilebilir.

**2- İlk Oturum Açmak:** OrangePiZero'ya Windows İşletim sistemi kullanarak bağlanmak isteyen kullanıcılar için <https://www.putty.org/> adresi üzerinden temin edebilecekleri "Putty.exe" programına

|                                              |
|----------------------------------------------|
| Host name(or IP address): OrangePi_Ip_Adresi |
| Port:22                                      |
| Connection type:SSH                          |

Değerler girilerek erişim sağlayabilir. Şekil 3.36 Putty.exe ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.36 Putty programı ekran görüntüsü

OrangePiZero'ya Linux işletim sistemi kullanarak bağlanmak isteyen kullanıcılar aynı ağ üzerindeki bilgisayarlarında bir uç birim penceresi üzerinden

|                             |
|-----------------------------|
| ssh root@OrangePi_Ip_Adresi |
|-----------------------------|

komutu kullanarak erişim sağlayabilir.

Bilgisayara bağlanan usb otg kablo ile seri port arabirimi üzerinden de bağlantı gerçekleştirilebilir.

Bağlantı gerçekleştirildiğinde varsayılan kullanıcı adı “root” şifresi “1234” olarak gelmektedir. İlk olarak bizden yeni bir root şifresi belirlememiz istenilmektedir, sıradaki adımda ise yeni bir kullanıcı hesabı oluşturulması istenilecektir. CTRL C tuşu kombinasyonu ile bu adım atlanabilir.

### 3- Güncelleme ve Donanım Konfigürasyonu:

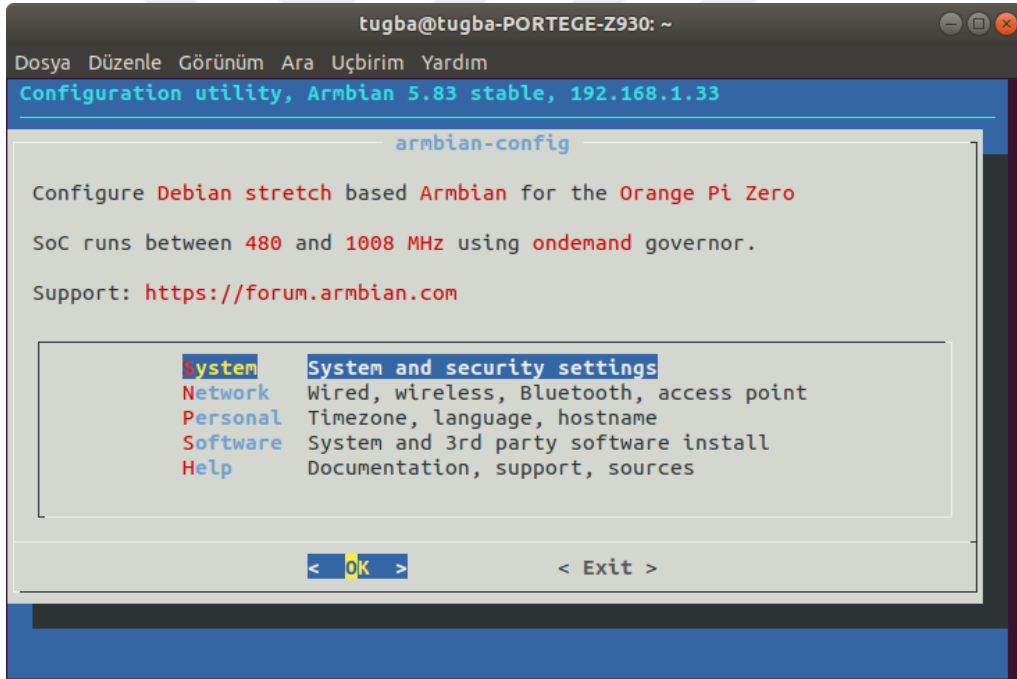
```
apt update  
apt upgrade
```

Komutları ile yazılım güncellemesi gerçekleştirilir.

Donanım konfigürasyonu için:

```
armbian-config
```

komutu kullanılır. Şekil 3.37’de armbian-config komutu çalıştırılması sonrası gelen pencere yer almaktadır.



Şekil 3.37 Armbian-config penceresi.

“System” seçeneği onaylandıktan sonra “Hardware” seçimiyle gelen listede I2c1, I2c0, Uart1, 1Wire aktif olarak işaretlenir ve kaydedilir, geri ifadesi ile pencereden çıkılır ve sistemin yeniden başlatılacağı belirtilir, böylelikle donanım konfigürasyonu gerçekleştirilmiş olunur.

**4- Swap alanı oluşturmak:** Swap dosyası, bilgisayarda RAM(Random Access Memory) miktarının düşük kaldığı durumlarda sistemin sabit disk işlevindeki belleğin bir bölümünün RAM işlevinde kullanılmasını sağlayan dosya olarak ifade edilmektedir.

Boş bir swap dosyası oluşturmak için:

```
sudo install -o root -g root -m 0600 /dev/null /swapfile
```

Oluşturulan swap dosyasının boyutunu belirten alan açmak için:

```
dd if=/dev/zero of=/swapfile bs=1k count=2048k
```

Alternatif

```
fallocate -l 2G swapfile
```

kullanılabilir.

İşletim sistemine bu dosyasının swap bellek alanı olarak kullanılacağını belirtmek için:

```
mkswap /swapfile
```

Yeni swap bellek alanını aktifleştirmek için:

```
swapon /swapfile
```

Bu alan dosyasını sistem alanına eklemek için: (Bu sayede yeniden başlattıktan sonrada etkin olacaktır)

```
echo "/swapfile swap swap auto 0 0" | sudo tee -a /etc/fstab
```

OrangePiZero'yu yeniden başlatma komutu:

```
init 6
```

Swap bellek alanının durumunu görmek için:

```
free -m
```

free -m komutu sonrası bellek durum tablosu şekil 38'de yer almaktadır.

```

root@orangeipizero:~# free -m
              total        used        free      shared  buff/cache   available
Mem:           492          64          92           2         335         415
Swap:          2294           0         2293
root@orangeipizero:~#

```

Şekil 3.38 free -m komutu ile bellek durum tablosu

Bu alanın sadece acil durumlarda kullanılması için:

```

sudo sysctl -w vm.swappiness=10
echo vm.swappiness = 10 | sudo tee -a /etc/sysctl.conf

```

komutları kullanılmaktadır.

**5-OneWire konfigürasyonu ve DS1820 testi:** arbian-config hardware ayarlarından etkinleştirdikten sonra, “/boot/armbianEnv.txt” dosyasına aşağıdaki satırları ekliyoruz bu sayede PA10 pinini OneWire iletişim için ayarlamış oluyoruz.

```

#overlays=w1-gpio //bu satır arbian-config tarafından zaten ekleniyor.
param_w1_pin=PA10
param_w1_pin_int_pullup=1

```

Yeniden başlattıktan sonra bağlı cihazları listelemek için:

```

ls -l /sys/bus/w1/devices/

```

Örneğin eğer cihaz id’si 28-0317254e1fff ise şu şekilde okuma yapılabilir:

```

cat /sys/bus/w1/devices/28-0317254e1fff/w1_slave

```

Şekil 3.39’de OneWire üzerinde bulunan DS1820 ile sıcaklık okuma işlemi gerçekleştirilmektedir. Okunan değer t=25000 yani 25 °C’yi göstermektedir.

```

tugba@tugba-PORTEGE-Z930: ~
Dosya Düzenle Görünüm Ara Uçbirim Yardım
root@orangeipizero:~# ls -l /sys/bus/w1/devices/
total 0
lrwxrwxrwx 1 root root 0 May 18 13:05 28-0317254e1fff -> ../../../../devices/w1_bus_master1/28-0317254e1fff
lrwxrwxrwx 1 root root 0 May 18 13:05 w1_bus_master1 -> ../../../../devices/w1_bus_master1
root@orangeipizero:~# cat /sys/bus/w1/devices/28-0317254e1fff/w1_slave
90 01 4b 46 7f ff 0c 10 33 : crc=33 YES
90 01 4b 46 7f ff 0c 10 33 t=25000
root@orangeipizero:~#

```

Şekil 3.39 OneWire üzerinden değer okuma

Çihaza veri yazmak içinse

```
echo 10 > /sys/bus/w1/devices/28-0317254e1fff/w1_slave
```

Çizelge 3.12’de DS1820 çözünürlük ve okuma zamanı gösterilmektedir.

**Çizelge 3.12** DS1820 çözünürlük ve okuma zamanı (maxim\_integrated, 2018)

| Çözünürlük | Adım      | Zaman    |
|------------|-----------|----------|
| 9 bit      | 0.5 °C    | 93,75 ms |
| 10 bit     | 0.25 °C   | 187,5 ms |
| 11 bit     | 0.125 °C  | 375 ms   |
| 12 bit     | 0.0625 °C | 750 ms   |

**6-I<sup>2</sup>C konfigürasyonu:** armbian-config ten i2c0, i2c1 aktif hale getirilmesi gerekmektedir.

Giriş çıkış portlarını kullanmak için:

```
sudo modprobe gpio-sunxi
```

I<sup>2</sup>C iletişim için:

```
sudo apt-get install i2c-tools
```

I<sup>2</sup>C kanalında bulunan cihazları listelemek için, 0, 1 şeklinde kanal numarası belirtilmelidir.

```
sudo i2cdetect -y 1
```

Şekil 3.40’da 0f, 3c, 68 gösteriliyor olması o adresteki cihazların kullanımda olduğu anlamına gelmektedir.

```
tugba@tugba-PORTEGE-Z930: ~
Dosya Düzenle Görünüm Ara Uçbirim Yardım
root@orangepi-zero:~# sudo i2cdetect -y 1
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  -- 0f
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  3c  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  68  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
root@orangepi-zero:~#
```

Şekil 3.40 I<sup>2</sup>C üzerinden erişilen bağlı cihazların adres bilgisi

### 7-Python kurulumu ve gerekli kütüphanelerin eklenmesi:

python kullanmak için gerekli olan paketler

```
apt install python-dev python-all-dev python-setuptools python-wheel python-pip
```

Giriş çıkışları kontrol etmek için

```
pip install --upgrade Opi.GPIO
```

Modbus iletişim için

```
pip install --upgrade MinimalModbus
```

mongodb kullanmak için

```
pip install pymongo
```

### 8- NodeJs kurulumu:

İşletim sistemi paket kaynağı eklemek için

```
curl -sL https://deb.nodesource.com/setup_12.x | sudo -E bash -
```

NodeJs frameworkün sisteme kurmak için

```
sudo apt-get install nodejs
```

kodları kullanılabilir.

## 9- MongoDB kurulumu:

Mongoddb için kullanıcı ve gerekli klasörlerin oluşturulması

```
sudo adduser --ingroup nogroup --shell /etc/false --disabled-password --gecos "" \
--no-create-home mongodb
```

```
sudo mkdir /var/log/mongoddb
sudo chown mongoddb:nogroup /var/log/mongoddb
sudo mkdir /var/lib/mongoddb
sudo chown mongoddb:root /var/lib/mongoddb
sudo chmod 775 /var/lib/mongoddb
```

Önceden derlenmiş dosyaların indirilmesi ve dosyalarının gerekli yerlere kopyalanması

```
git clone https://github.com/robertsLando/MongoDB-OrangePI.git
cd MongoDB-OrangePI
sudo cp mongoddb.conf /etc
sudo cp mongoddb.service /lib/systemd/system
cd bin
sudo chown root:root mongo*
sudo chmod 755 mongo*
sudo cp -p mongo* /usr/bin
sudo systemctl start mongoddb
sudo systemctl status mongoddb
```

mongoddb servisinin orangepi her açıldığında otomatik başlatılması için

```
sudo systemctl enable mongoddb
```

Eğer beklenmedik şekilde kapatıldığında veri tabanı dosyaları zarar görürse onarmak için kullanılacak komutlar:

```
sudo -u mongoddb mongod --repair --dbpath /var/lib/mongoddb/
sudo service mongoddb restart
```

## 10- Kablosuz ağ bağlantısı için “nmtui” uygulaması:

```
sudo nmtui
```

Uygulamanın ekranından “Activate a new connection” komutunu seçtikten sonra cıvardaki görünür ağlar listelenmektedir. Bu kısma bağlanılmak istenilen ağın şifresi kaydedildikten sonra Orange Pi Zero ile kablosuz bağlantı sağlanabilir.

#### 11- Kontrol modülüne OLED ekran eklenmesi:

OLED ekran için hazırlanan kodları root içerisinde ekran klasöründe yer alan ilgili kodları çalıştırmak için:

```
cd ekran
make
sudo ./build/OrangePI_ssd1306
```

OLED ekranın sistem her başlatıldığında otomatik başlatılması için:

```
sudo crontab -e
@reboot /ekran/build/OrangePI_ssd1306
```

#### B. Orange Pi Zero Çalışmadaki İşlevi ve Kullanıma Hazırlanması 2.Aşama (Kontrol Modülünün Yazılımı)

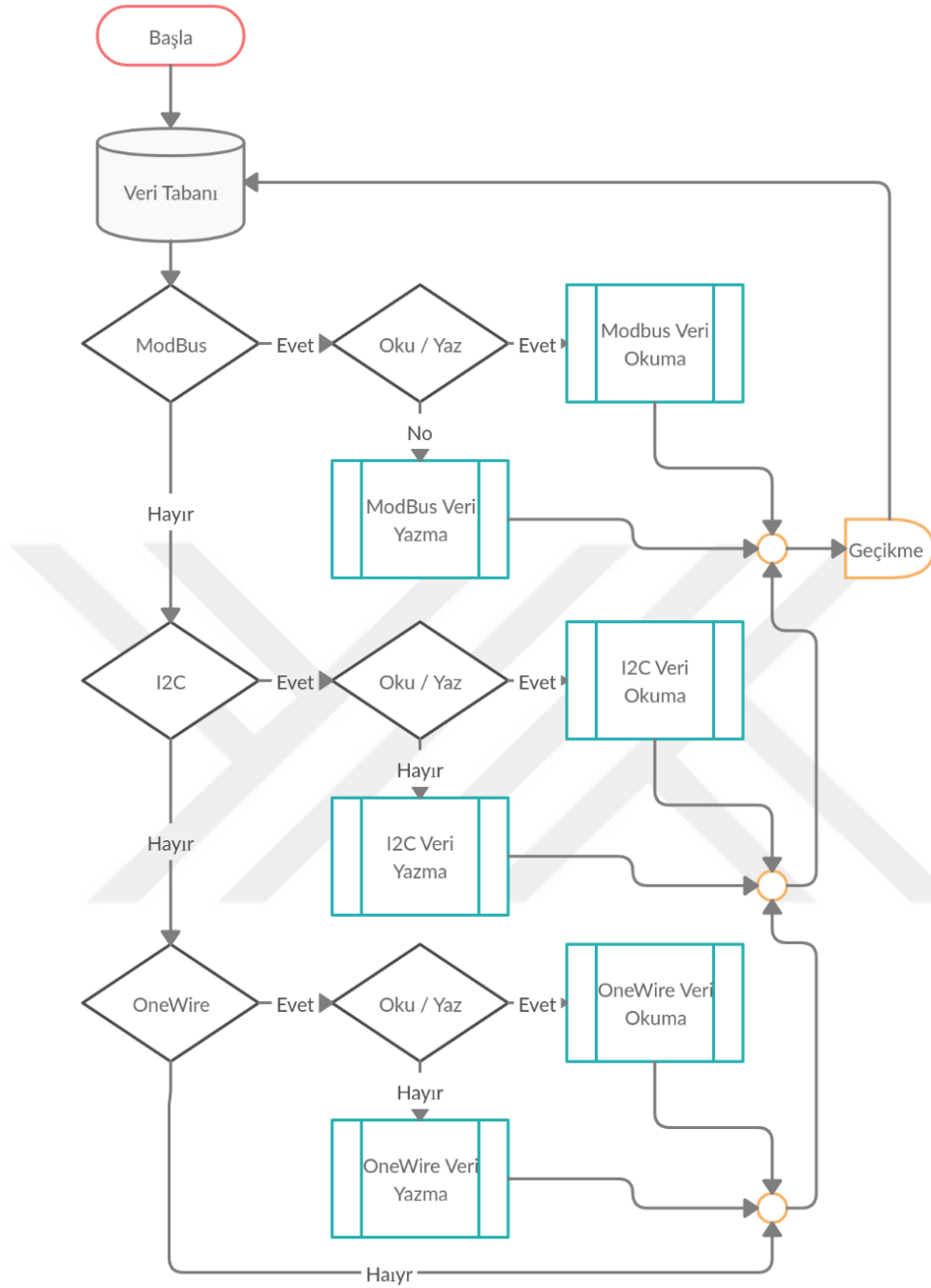
Kontrol modülünün yazılımı hazırlanırken 128x64 oled ekran, I<sup>2</sup>C iletişim, RS485 Modbus RTU iletişim, OneWire iletişim servis yazılımları ile NodeJs Web kullanıcı arabirimi ve Web servisleri şeklinde 2 farklı yapı olarak hazırlandı. Veritabanı olarak MongoDB veri tabanı kullanıldı. Şekil 3.41’de tasarlanan sistem şeması yer almaktadır.

**PALOMA**



Şekil 3.41 Tasarlanan sistem şeması (Paloma)

Cihazlar arasında iletişim sağlamaya yönelik okuma ve yazma emirlerini işleyerek MongoDB veri tabanına verileri kaydetmek için gerekli programın hazırlanmasında python programlama dili kullanılmış olup akış diyagramı Şekil 3.42’de verilmiştir.



**Şekil 3.42** Kullanılan python kodları akış diyagramı

- 128x64 OLED Ekran Kontrol Yazılımı: C programlama dili kullanılarak yazılmış olan uygulama, sistem bellek kullanımı işlemci kullanım oranı ve bağlı olunan ağ bağdaştırıcılarının ip adreslerine yer vermektedir. C programlama dili sınırlı bellek alanının daha verimli kullanılması amacıyla seçilmiştir.

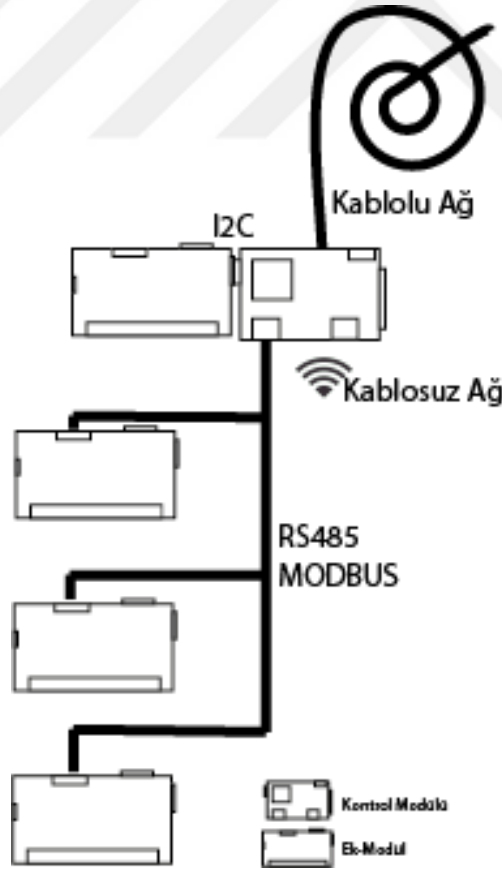
- RS485 Veri Hattı Üzerinden MODBUS RTU Protokolü Kontrol Yazılımı: Python programlama dili kullanılarak minimalmodbus, pymongo ve opi.gpio gibi kütüphaneler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modbus protokol çözümlemesinde minimalmodbus, mongo veritabanı kullanımı için pymongo ve MAX485 entegresinin RE-DE pinlerinin kontrolü içinse opi.gpio kütüphanelerinden faydalanılmıştır.
- I<sup>2</sup>C İletişim Hattı Kontrolü Yazılımı: Python programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Pymongo ve smbus kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- OneWire İletişim Hattı Kontrolü Yazılımı: Python programa dili kullanılarak yazılmıştır. OneWire protkolü ile kullanılan birçok çeşit aygıt olsada bu uygulamada sıcaklık algılayıcılarına yönelik gerçekleştirilmiştir. Pymongo ve W1thermsensor kütüphanelerinden faydalanılmıştır. Birden fazla algılayıcının aynı veriyolunu paylaşabileceği göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.
- Verilerin Depolanması: Verilerin depolanmasında MongoDB kullanılmıştır. Json formatında iletişim NOSQL yapısına sahip olması ilişkisel tablo veritabanlarından daha esnek olarak kullanılabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. İstenirse sadece local veritabanında veya sadece uzak sunucu üzerindeki veritabanında veya hem local hemde uzak veritabanı sunucu üzerinde verileri depolayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Birden fazla kontrol modülü tek bir uzak sunucu üzerinde verileri tutarak bir veri havuzunda meydana getirebileceklerdir.

## 4. BULGULAR

Gerçekleştirilen sistemin düşük maliyeti, az enerji sarfıyatı ve birden fazla kontrol modülü ve ek modülün bir arada kullanılması ile oldukça geniş alanlarda farklı lokasyonlarda veri toplama ve kontrol faaliyetleri icra edilebilir. Özellikle seralar, besihaneler, kümesler, solucan gübresi üretim tesisleri gibi alanlardan veri toplama faaliyeti için oldukça kullanışlı olabileceği öngörülmektedir.

### 4.1 Uygulanan Sistem Mimarisi

Tasarlanılan sistemde dâhili veri depolama yeterliliği sayesinde internet bağlantı problemi olsa dâhi veri kaybı riski düşük olacaktır. Ayrıca Hotspot özelliği sayesinde kablosuz algılayıcıların da kullanıldığı esnek bir veri ağı oluşturmak özellikle tarım ve hayvancılık gibi alanlarda faydalı olacağı düşünülmektedir. Şekil 4.1’te Temel bir bağlantı örneği verilmiştir.



Şekil 4.1 Örnek bağlantı

## 4.2 Kompost Üretimi Örneğinde Ele Alınan Başlıca Parametreler

İlgili çalışma için gerçekleştirilen kullanım örneğinde kompost üretimi üzerine bir prototip oluşturulmaktadır. Kompostlaştırma kavramı kontrollü şartlar altında biyolojik olarak bozulabilir maddelerin parçalanması olarak belirtilebilirken, kompost kavramı ise kompostlaştırma sonucu elde edilen ürün olarak ifade edilmektedir (Topal ve Topal 2013) (İnt.Kyn.31). Toprakta kompost kullanımı ile topraktaki (zeminin) boşluk hacmini arttırdığı, zeminin kolay havalandırmasını sağladığı, zor işlenen toprakların kolay işlenmesini sağladığı, toprağın su tutma kabiliyetini artırarak kurak mevsimlerde tuzlanmayı önlediği, yüksek oranlarda mineral gübrelemeye karşı tampon etkisi gösterdiği, besin maddelerinin bitkilerce daha iyi kullanılmasını sağladığı belirtilmektedir (Erdin, n.d.). Ayrıca kompostun solucan gübresi üretiminde solucanların besin maddesi olarak ve hızlı gübre üretimi için kullanıldığı belirtilmektedir (İnt.Kyn.32). Örneğin Akyüz ve Kirbag 2009 yılında bazı tarımsal ve endüstriyel atıkların kültür mantarı üretiminde kompost olarak değerlendirilmesi üzerine yaptıkları araştırmalarında hem çevrenin korunmasında katkıda bulunacağı hem de üretim sırasında yeni iş gücüne ihtiyaç duyulacağından, bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağını belirttikleri görülmektedir (Akyüz ve Kirbag 2009).

Kompostlamaya etki eden parametrelerin oksijen ve havalandırma; besin maddeleri(C:N oranı); nem; porozite, yapı, kıvam ve parçacık boyutu; pH; sıcaklık ve süre faktörleri olduğu belirtilmektedir (Öztürk 2017). Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen sistemin kompost üretimi işleminde kullanılan uygulama örneğinde de sıcaklık, havalandırma ve nem parametreleri dikkate alınmıştır.

Kompostlama esnasında mikrobiyal bozunma ile fazla miktarda enerji, ısı şeklinde açığa çıkmaktadır. Mikrobiyal aktivitenin ürettiği ısı ve kompost maddesinin kendini çürütme özelliği nedeniyle ortam sıcaklığı artmakta olup sıcaklığın 71 °C'nin üzerine yükselmesine neden olabilir. Bu durumla ortamdaki yararlı organizmaların yaşamının da tehlikeye girdiği belirtilebilir (Öztürk 2017). Dolayısı ile kompost üretiminde sıcaklığın izlenmesi gerekmektedir.

Kompostlama işleminde görev yapan mikroorganizmalar için uygun ortam sıcaklık değerleri Çizelge 3.13’de yer almaktadır.

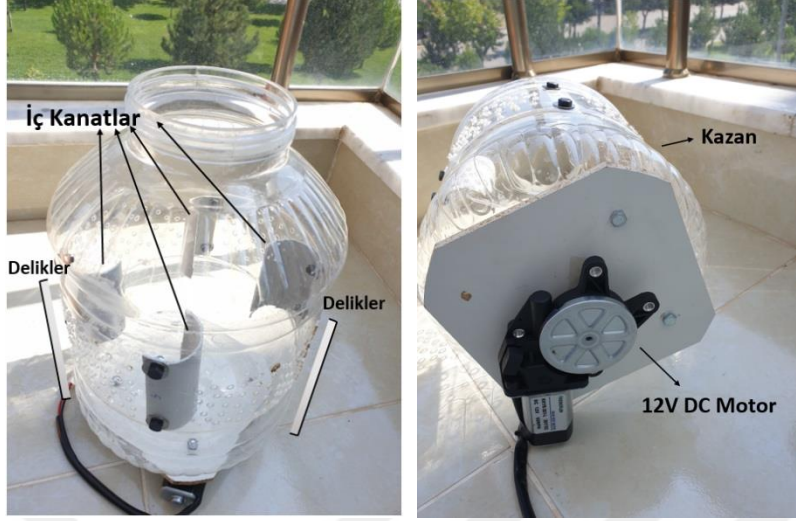
**Çizelge 3.13** Kompostlama işleminde görev yapan mikroorganizmalar için uygun ortam sıcaklık değerleri (Öztürk 2017).

| <b>Mikroorganizma çeşidi</b> | <b>Optimal sıcaklık</b> |
|------------------------------|-------------------------|
| Bakteriler                   | 15-60 °C                |
| Mantarlar                    | 20-30 °C                |
| Aktinomizetler               | 30-40/50-55 °C          |
| Protozoolar                  | 40 °C                   |

Sıcaklık 60°C’ye yaklaştığında basınçlı havalandırma veya döndürme ile ısı kaybı hızlandırılabilceği gibi yığın daha aktif maddelerle karıştırılarak ortam sıcaklığının iyileşmesi çabuklaştırılabilir. Aynı zamanda döndürme ile oluşan hava akımının kompost üretimi sürecinde oluşan su buharı ve diğer sıcak gazları uzağa taşımasından dolayı ortamdan nem ve ısı da kaybedilmektedir. Bu izlenimler içerisinde sıcaklık ve nem değerlerinin belirli aralıkların altına düşmemesine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Küçük boyutlu yığınlar ve soğuk hava da ısı kaybını arttıran sebepler arasında belirtilmektedir. Kompostlamada ısı kaybının çoğu, suyun buharlaşmasıyla olduğu için maddelerin nem oranı %40’ın altına düşmemelidir. Düşük nem oranı kendiliğinden yanmaya yol açmaktadır (Öztürk 2017).

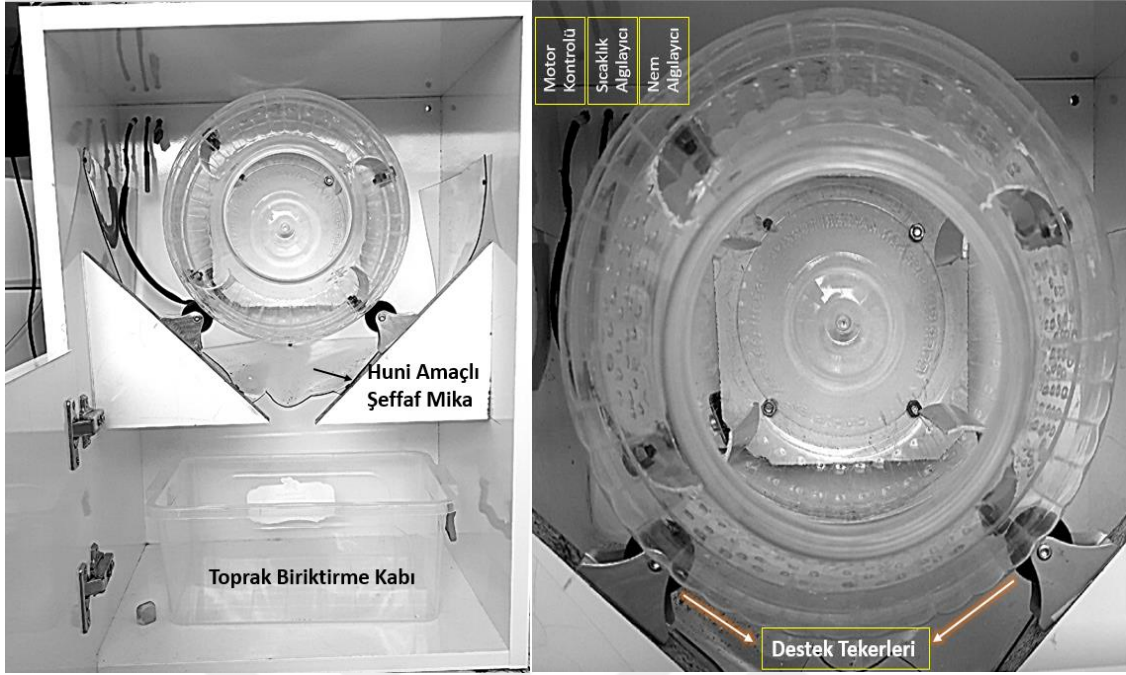
#### **4.3 Kompost Üretiminde Paloma’nın Kullanım Örneği**

Kompost üretimi üzerine edinilen temel bilgiler doğrultusunda sistemin prototipi olarak kasa yapısı oluşturularak araştırmacıların alan çalışmalarında kullanımına yönelik tasarlanan nesnelerin interneti destekli algılayıcı arabirimi kasaya yerleştirilmiş olup veri toplama ağı haline getirilmiştir.



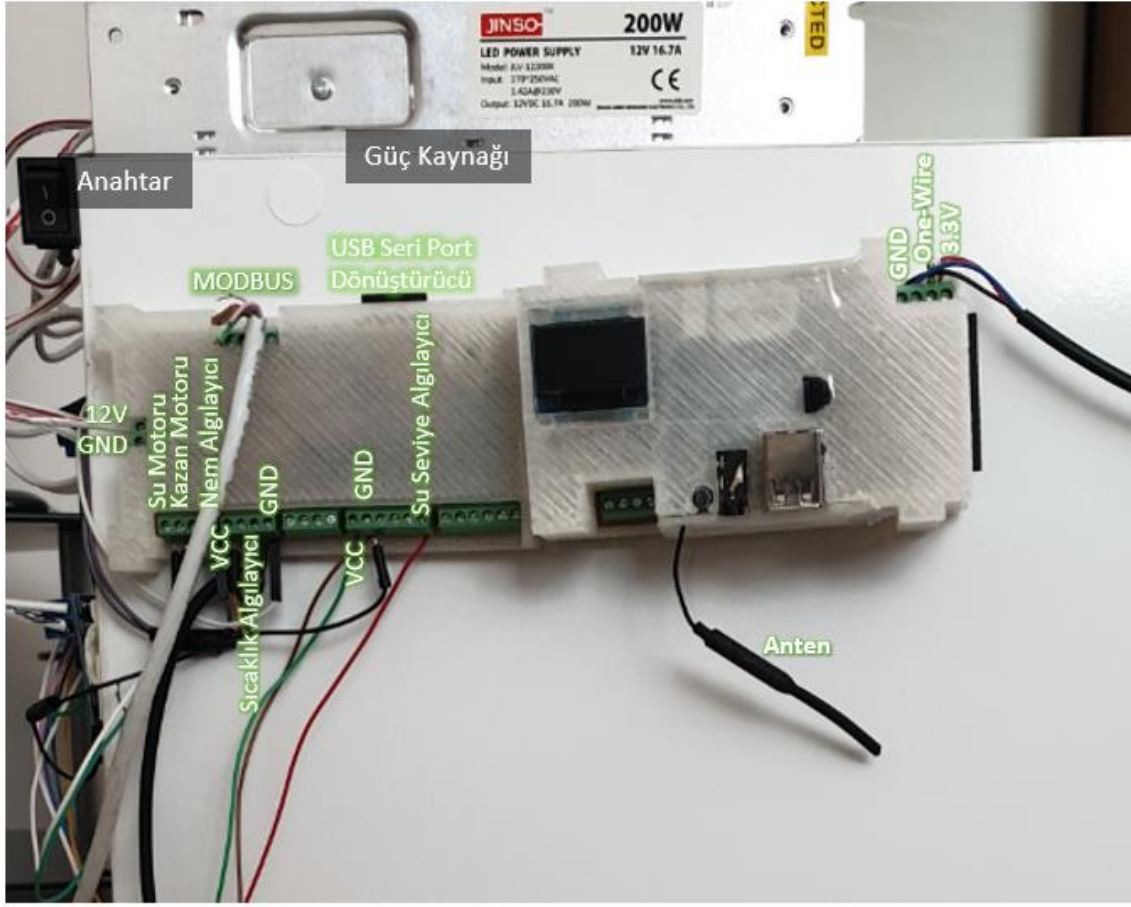
**Şekil 4.2** Kazan iç tasarımı ve kazan motor bağlantısı

Mutfaktan çıkan bitkisel atıklar, yaprak kuruları, talaş, kâğıt atıklar vb. organik atıklarla doldurulacak olan kazanın iç tasarımı Şekil 4.2’de yer almaktadır. Bu kısımda 5 cm çaplı tesisat borularından 10’ar cm uzunluklarında 2 parça kesilip ortadan ikiye bölünerek oluşturulan 4 kanat yer almaktadır. Kanatlar karışımı kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Kazan gövdesine açılan delikler ise hazır olmaya başlayan kompostun kazandan ayrılabilmesi için ve kazanın havalandırılmasını sağlamak için oluşturulmuştur. Kazanın karışımı için döndürülmesi işleminde 12V DC motor kullanılmıştır. Motorun kazanla bağlantısında 18x18 cm<sup>2</sup> alanında levha yer almaktadır. Motorun monta edildiği levhanın diğer yüzü kazanla vidalanmış olup böylelikle motorun çalışması ile dönen levha kazanında dönmesine neden olacaktır.



**Şekil 4.3** Kasanın önden görünüşü

Şekil 4.3’de belirtilen kasanın ebatları 60cm yüksekliğinde 34 cm derinliğinde 43 cm genişliğindedir. Kasa iç düzeninde iç arka yüzeyle motorun sabitlenmesi sağlanmıştır. Motor kontrolü ve çalışmada yer alan sıcaklık ve nem algılayıcılarının yerleşimi için girişler oluşturulmuştur. Şekil 4.3’de kazanın yerleşiminde ve çevrilmesinde kolaylığın sağlanmasına yönelik 3 cm çaplı tekerleklerle kasanın iç yan duvarlarından destek oluşturulduğu gösterilmektedir. Kazanın deliklerinden dökülen ürünün etrafa dağılmadan kap içerisinde toplanabilmesi için huni amaçlı şeffaf mika yan yüzeylere monte edilmiştir. Huninin de desteği ile kompost toprak biriktirme kabına dökülmektedir. Tercihe göre toprak biriktirme kabına solucan bırakılarak solucan gübresi üretimi yapılabilmesine yönelik ortamın ışığını azaltması için kasanın alt bölümüne kapak yerleştirilmiştir.

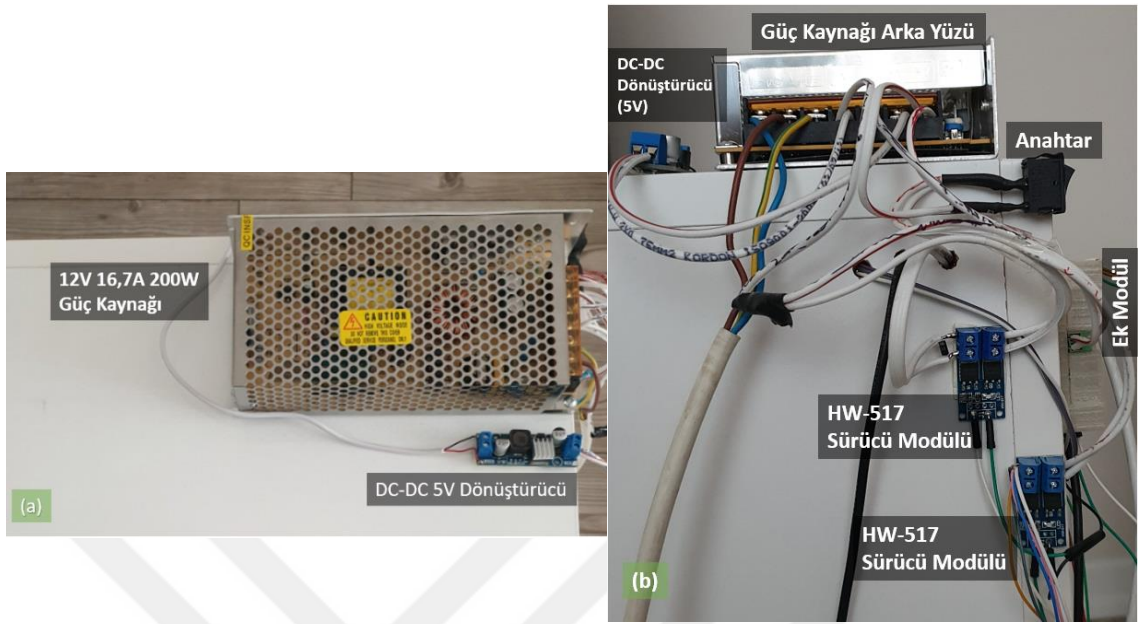


Şekil 4.4 Kasa dış yan yüzeyinde bulunan birimler

Şekil 4.4’de Kasa dış yan yüzeyine montalanmış anahtar, ek modül devresi ve kontrol devresi yer almaktadır. Anahtar ile sistemin açılıp kapatılması sağlanmaktadır. Bu çalışmada ek modül devresi üzerinden nem algılayıcı, sıcaklık algılayıcı, su seviye algılayıcı ve motor bağlantıları sağlanmaktadır. Kontrol modülünde yer alan ekran ağdaki IP adresini okumayı kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Şekil 4.5’de ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.5 Kontrol modülü üzerinde yer alan ekran görüntüsü



Şekil 4.6 (a) Kasanın üst yüzeyinde ve (b) arka yüzeyinde yer alan birimler

Şekil 4.6’de kasanın üst yüzeyinde 12V 16,7A 200W özellikli güç kaynağı ve DC-DC 5V dönüştürücünün yer aldığı gösterilmektedir. Belirtilen dönüştürücü kontrol modülü için kullanılmaktadır.



Şekil 4.7 Su kabı

Şekil 4.7’de kompostlaştırma işlemi sırasında gerekli olan nemi sağlamaya yönelik su kabı görülmektedir. Su kabında su motoru ve su seviye belirleme algılayıcısı yer almaktadır. Kabin su motoru üzerinde dengede bulunabilmesi için kabin destekleyici kutu kabin ortasına yerleştirilmiştir.

Su seviye algılayıcısının tasarımında potansiyometre kullanılmış olup potansiyometre ucuna su seviyesi için bir çubuk monte edilmiştir. Çubuk ucunda yer alan naylon köpük parça suyun çubuğu daha kolay kaldırmasını sağlaması için kullanılmıştır. Böylelikle su seviyesi, değişen direnç değerine bağlı olarak elde edilmektedir.

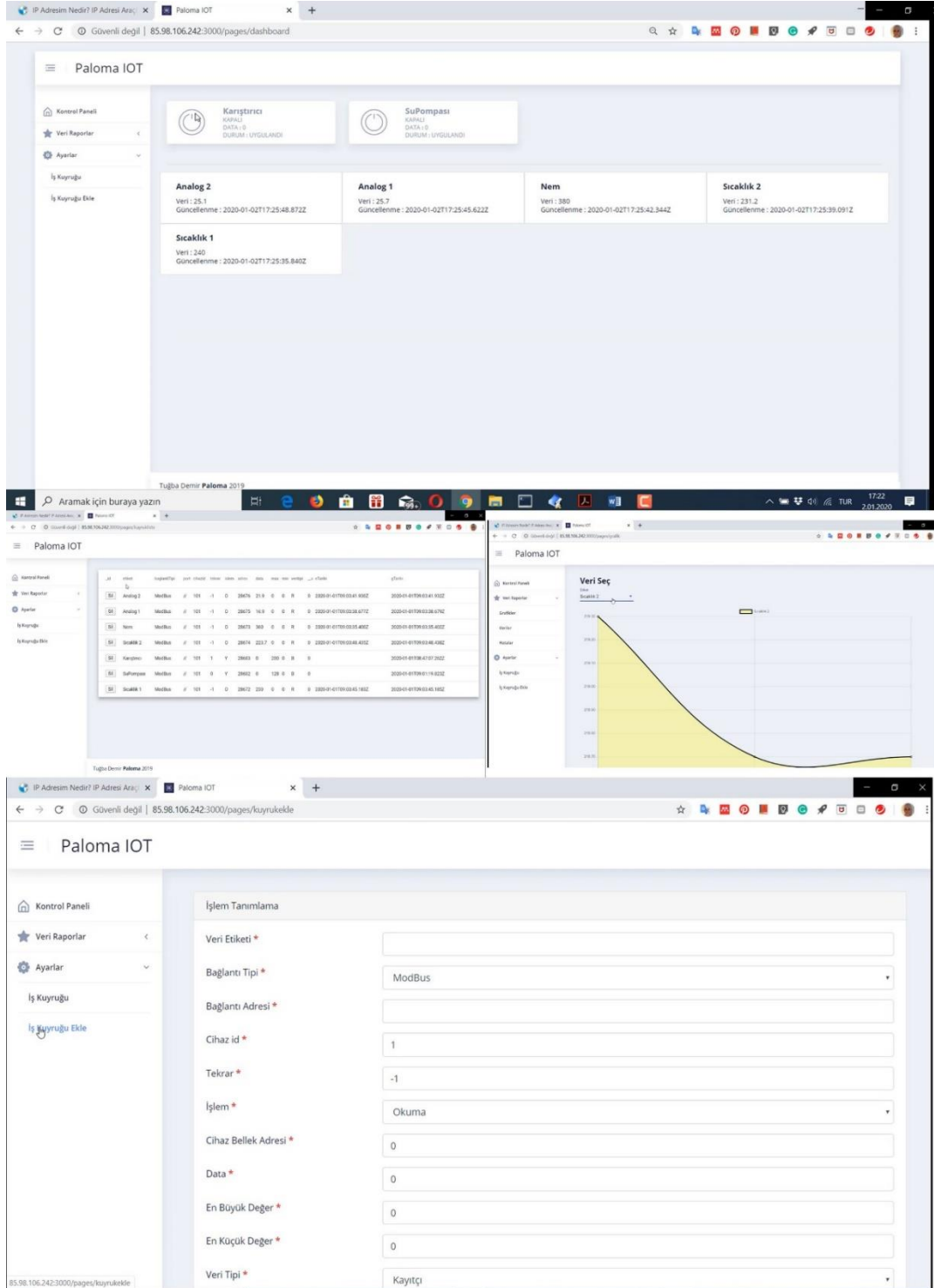
Tasarlanmış olunan sistem ile kompostlaştırma üzerine deney düzeneğinin takibi ve kaydedilmesi gerçekleştirilmiş olup bu sistemin denetimde kullanılabileceği gösterilmiştir. Oluşturulan sistemin donanımının tam görüntüsü Şekil 4.8’da yer almaktadır.



**Şekil 4.8** Paloma’nın kullanım örneği

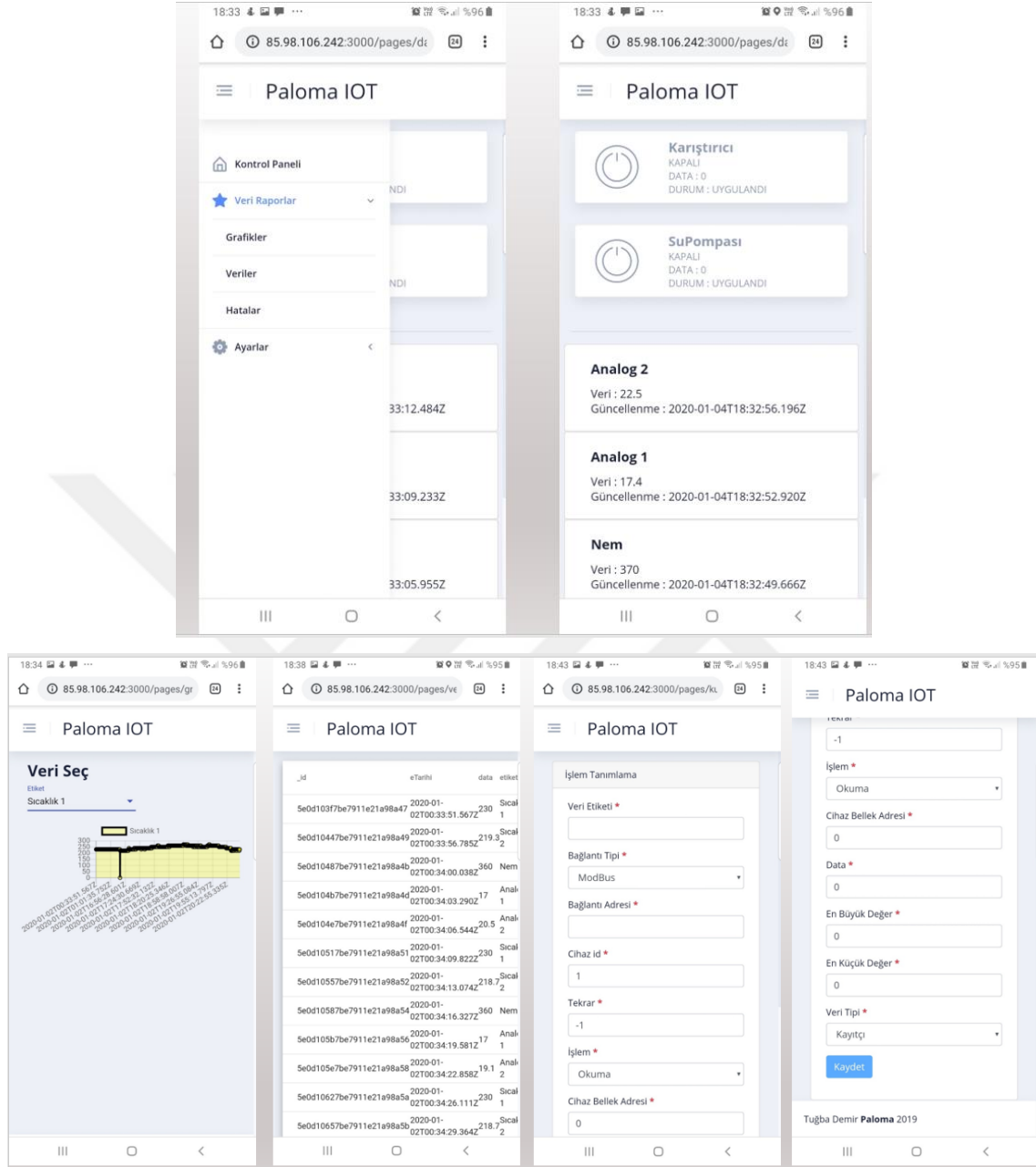
Kullanıcı arabirimi ve algılayıcılardan elde edilen değerler için gösterge paneli Şekil 4.9’de yer almaktadır. Kontrol paneli sistemdeki kullanılmakta olan birimleri gösterir. Sistem ilk çalıştırılacağında boş olarak verilir. Kullanıcı hangi birimlerle çalışmak isterse iş kuyruğu ekleme penceresinden birimleri ekleyebilir. Eklediği birimler Kontrol

paneline yansıyacaktır. Ayrıca eklediği birimlerin bilgilerine iş kuyruğu menüsünden ulaşılabilir. Sistemden elde edilen verilerin bilgisine grafikler ve veriler bölümünden erişim sağlanabilir. Hata bölümünde olası bir hata durumunda hatanın hangi birimden kaynaklandığını görmeye yönelik bilgiler yer almaktadır.



Şekil 4.9 Kullanıcı arabirimi ve gösterge paneli

Mobil cihaz üzerinden ekran görüntüleri Şekil 4.10’da sunulmaktadır.



Şekil 4.10 Mobil cihazlar üzerinden kullanıcı arabirimi ve gösterge paneli

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmacıların çalışmalarında ihtiyaç duydukları verileri kolay bir şekilde elde edebilmeleri için IoT temelli bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımda Modbus, I<sup>2</sup>C ve OneWire gibi protokoller kullanılarak amaca yönelik algılayıcılar ve diğer modüllerin kullanımına imkân verecek şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Modbus RTU RS485 veya I<sup>2</sup>C protokolleri kullanarak ana modüle birlikte kullanılacak ayrı bir yardımcı modül ATmega328P Mikro denetleyicisi kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan yardımcı modül üzerinde analog ve dijital portlar ile hx711 yük hücresi yükselticisi yer almaktadır. Sıcaklık, toprak ve hava nemi algılayıcıları sistemde yer alan başlıca algılayıcılardır. Ana modül ve yardımcı modülün yazılımı hazırlanarak gerekli konfigürasyonları yapılmıştır. Kullanıcı arabirimi için AngularJS kullanılarak web arabirimi oluşturulmuştur. Verilerin tutulmasında MongoDB veri tabanı kullanılmış, servis uygulamaları içinse NodeJS Express tercih edilmiştir.

Bu çalışma ile özellikle alan çalışmalarında diğer araştırmacılara da veri toplayabilmelerini sağlayacak alternatif bir çözüm sunulmak istenilmiştir. Gerçekleştirilen sistem ile genel amaçlı bir yapı oluşturulmuştur. Yoğun talebe sahip popüler platformların yoğunluktan dolayı kullanıcılarla iletişimde yaşayabileceği irtibat ve performans zorluklarına karşı daha az kişiyi daha özel ilgiyle hizmetler sunan sistemlere alternatif olarak gerçekleştirilmiştir. Test amaçlı kompost üretiminde deney düzeneği hazırlanmış ve deney düzeneğinin başarılı bir şekilde kontrol edildiği görülmüştür.

Bulut sistemlerinin güvenlik açıklarına karşın özel bulut yapısı tercih edilmiş olup veriler kendi bellek biriminde toplamaktadır. Ayrıca bulut sunucularına bağımlı sistemlerin servislerinin sonlandırılması veya sunucularının kapanması gibi problemler ile karşılaşılabilir. Veri kayıplarına karşın tercih ettiğimiz yapı sayesinde kontrol kullanıcının kendisinde olmaktadır. Gerçekleştirilen sistemde kullanıcı isterse veri kayıtları için uzak sunucuları tercih edebilecektir.

Sistemde MongoDB veritabanı kullanılmış olup bu durumla dosyaların farklı uygulamalarda kullanım kolaylığını sunar. Kontrol biriminde yer alan web yayını ile

hızlı ve kolay bir şekilde verilere ulaşılabilmesini ve algılayıcı verilerinin gerçek zamanlı veri görselleştirmesini sunmaktadır. Web sayfası tasarımında bootstrap yapısından yararlanılması ile web tarayıcısı yazılımlarının kullanımına olanak veren akıllı cihazlar üzerinden kullanıcı arabirimi kullanımı uyumlu niteliktedir.

Modbus, I<sup>2</sup>C ve OneWire gibi iletişim yapılarını kullanarak bir veri toplama ağı oluşturulabilir. Özellikle geniş alana yayılmış ölçüm ve kontrol noktalarından veri toplama gereksimine çözüm sunmaktadır. Modbus veri iletişim protokolünün kullanımına imkân vermesi ile 1200 m ye kadar geniş alanlarda çalışmalara olanak sunmakta ayrıca modbus trafiğinin çalışma üzerinden kontrol edilebilir olması veri trafiğinin takibi üzerinden güvenlik sağlama çalışmalarını kolaylaştırabilir. Oluşturulan ek modüllerin sahip olduğu analog ve dijital portları ile gerek I<sup>2</sup>C üzerinden bağlanarak gerekse RS485 hattı ile çoklu kullanımı mümkündür. RS485 ile endüstriyel diğer kontrol cihazlarında kontrolüne ve izlenmesine olanak verebilecektir. Birden fazla ek modülün tek bir birimle kontrol edilebilebilir olmasıyla maliyeti düşüreceği düşünülmektedir.

Kontrol Modülünün sahip olduğu Ethernet ve Wifi özellikleri ve Hotspot desteği sayesinde esnek network yapıları oluşturulabilir. Gerekli takdirde üzerinde bulunan USB girişleri ile dönüştürücüler aracılığı ile Can-bus gibi daha farklı ağlar içinde yeniden düzenlenebilir.

Bellek birimi olarak micro SD yerine USB, USB Harddisk veya SSD kullanılabilir. Düşük enerji tüketimi üzerine özellikle saha çalışmalarında güneş paneli ve batarya grubu ile rahat kullanılabileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen sistemde kullanılmış olunan Orange Pi Zero'nun Alwinner H2 Dört Çekirdek Cortex A7 işlemcisi sayesinde karmaşık karar mekanizmaları ve yapay sinir ağları gibi uygulama denemelerinde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilmiş olunan sistemde veri toplama ve kullanıcı tarafından manuel kontrol özellikleri bulunmaktadır. İleriki çalışmalarda çeşitli kontrol algoritmaları kullanılarak otomatik kontrol özelliğinin de eklenmesi önerilmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- Adiyan A, 2012, Sıvı Seviye Kontrolü İçin Scada Sistem Tasarımı, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 90s, İzmir.
- Akkaya Ş, 2015, FPGA Tabanlı Modbus Ağ Geçidi Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mekatronik Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, 118s, İstanbul.
- Akyüz M, ve Kirbag S, 2009, Bazı Tarımsal ve Endüstriyel Atıkların *Pleurotus spp.* Üretiminde Kompost Olarak Değerlendirilmesi, *Ekoloji Dergisi*, 70, 27-31.
- Al-Fuqaha A, Guizani M, Mohammadi M, Aledhari M, Ayyash M, 2015, Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Amadeo M, Briante O, Campolo C, Molinaro A, ve Ruggeri G, 2016, Information-centric networking for M2M communications: Design and deployment, *Computer Communications*, 89, 105-116.
- Amato F, Chianese A, Mazzeo A, Moscato V, Picariello A, Piccialli F, 2013, The Talking Museum Project, *Procedia Computer Science*, 21, 114–121.
- Anagnostopoulos T, Kolomvatsos K, Anagnostopoulos C, Zaslavsky A, Hadjiefthymiades S, 2015, Assessing dynamic models for high priority waste collection in smart cities, *The Journal of Systems & Software*, 110, 178–192.
- Athani S, Tejeshwar C H, Patil M M, Patil, P, Kulkarni R, 2017, Soil moisture monitoring using IoT enabled arduino sensors with neural networks for improving soil management for farmers and predict seasonal rainfall for planning future harvest in North Karnataka — India, In 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), IEEE, 10-11 Feb, Palladam, India, 43–48.

- Awtrey D, Smith K, Lissiuk D, 2004, Understanding 1-Wire Series, Springbok Digitronics, Version 1.0 8/19/04, 95s.
- Baykal N, 2005, Bilgisayar ağıları, SAS Bilişim Yayınları, A94, 542s Ankara
- Bozdoğan Z, 2015, Nesnelerin interneti için mimari tasarımı, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 36s, Düzce.
- Çalık T, Sezgin F, 2005, Küreselleşme, Bilgi Toplumu ve Eğitim, Kastamonu Eğitim Dergisi, C.13 (1), 55–66.
- Çavdar T, Öztürk E, 2018, Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı, Sakarya University Journal of Science, 22(1), 39–48.
- Chen Y Y, Wang Y J, Jan J K, 2014, A novel deployment of smart cold chain system using 2G-RFID-Sys, Journal of Food Engineering, 141, 113–121.
- Çölkesen R, Örencik B, 2003, Bilgisayar haberleşmesi ve ağ teknolojileri, Papatya Yayıncılık, A29, 448s, İstanbul.
- Cueva F G, Espada J P, García D V, García C G, Garcia F N, 2014, Vitruvius: An expert system for vehicle sensor tracking and managing application generation, Journal of Network and Computer Applications, 42, 178–188.
- Datta S K, Bonnet C, Nikaein N, 2014, An IoT gateway centric architecture to provide novel M2M services, In 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 6-8 March, Seoul, South Korea, 514–519.
- Ding L Y, Zhou C, Deng Q X, Luo H B, Ye X W, Ni Y Q, vd., 2013, Real-time safety early warning system for cross passage construction in Yangtze Riverbed Metro Tunnel based on the internet of things, Automation in Construction, 36, 25–37.
- Domingo M C, 2012, An overview of the Internet of Things for people with disabilities, Journal of Network and Computer Applications, 35(2), 584–596.

- Ercan T, Kutay M, 2016, Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları, Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, 16, 599–607.
- Erdin E, Kompost Ve Kompostlaştırma Hakkında Özlü Bilgiler. Erişim Tarihi:12.11.2019 <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc25.htm>
- Gajjar M J, 2017, Sensors and actuators, In Mobile Sensors and Context-Aware Computing, 37–83, Elsevier.
- Gill A Q, Phennel N, Lane D, Phung V L, 2016, IoT-enabled emergency information supply chain architecture for elderly people: The Australian context, Information Systems, 58, 75-86
- Glória A, Cercas F, Souto N, 2017, Design and implementation of an IoT gateway to create smart environments, Procedia Computer Science, 109, 568–575.
- Gnimpieba Z D R, Nait-Sidi-Moh A, Durand D, Fortin J, 2015, Using Internet of Things Technologies for a Collaborative Supply Chain, Application to Tracking of Pallets and Containers. Procedia Computer Science, 56, 550–557.
- Gökrem L, Bozuklu M, 2016, Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum, Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research, 13, 47–68.
- Gómez J, Huete J F, Hoyos O, Perez L, Grigori D, 2013, Interaction System based on Internet of Things as Support for Education, Procedia Computer Science, 21, 132–139.
- González G C, Pelayo G B B C, Pascual E J, Cueva F G, 2014, Midgar: Generation of heterogeneous objects interconnecting applications, A Domain Specific Language proposal for Internet of Things scenarios, Computer Networks, 64, 143–158.
- Görmüş S, Aydın H, Ulutaş G, 2018, Nesnelerin interneti teknolojisi için güvenlik: var olan mekanizmalar, protokoller ve yaşanan zorlukların araştırılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 33 (4) , 1247-1272.

- Gupta K, Kulkarni M, Magdum M, Baldawa Y, Patil S, 2018, Smart Water Management in Housing Societies using IoT. In 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 1609–1613, IEEE Xplore Compliant - Part Number: CFP18BAC-ART; ISBN:978-1-5386-1974-2
- Gutierrez J M, Jensen M, Henius M, Riaz T, 2015, Smart Waste Collection System Based on Location Intelligence, *Procedia - Procedia Computer Science*, 61, 120–127.
- Han K, Zhang D, Bo J, Zhang Z, 2012, Hydrological monitoring system design and implementation Based on IOT peer-review under responsibility of [name organizer], International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering, 33, 449–454.
- Hernández-Ramos J L, Moreno M V, Bernabé J B, Carrillo D G, Skarmeta A F, (2015). SAFIR: Secure access framework for IoT-enabled services on smart buildings, *Journal of Computer and System Sciences*, 81(8), 1452–1463.
- Huang, J D, Hsieh H C, 2013, Design of Gateway for Monitoring System in IoT Networks. In 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 1876–1880, IEEE 978-0-7695-5046-6/13.
- IEEE. P2413.1, 2015 Standard for a Reference Architecture for Smart City (RASC), IEEE, Piscataway, NJ, USA.
- İncereis N, Akgün B T, 2017, IoT Uygulamaları için Oluşturulan Sistemde Servisler Services on System Created for IOT Applications. 19. Akademik Bilişim Konferansı - AB, 8-10 Şubat, Aksaray.
- Ishii H, Kimino K, Aljehani M, Ohe N, Inoue M, 2016, An Early Detection System for Dementia Using the M2M/IoT Platform, *Procedia Computer Science*, 96, 1332–1340.

- Işık A F, 2013, Sensör çeşitleri, robotik alanda kullanılan sensörler ve FSR sensör uygulaması, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Balıkesir.
- ITU, ITU-T Y.2060 (06/2012), 2012a, provides an overview of the Internet of things (IoT), ITU, Geneva, Switzerland.
- ITU, ITU-T Y.2069, 2012b, specifies the terms and definitions relevant to the Internet of things (IoT) from an ITU-T perspective, in order to clarify the Internet of things and IoT-related activities, ITU, Geneva, Switzerland.
- Järvinen T, Lorite G S, Rautio A R, Levente Juhász K, Kukovecz Á, Kónya Z, vd., 2017, Portable cyber-physical system for indoor and outdoor gas sensing, *Sensors and Actuators B*, 252, 983–990.
- Jilani M T, Rehman M, Z, U, Khan A M, Chughtai O, Abbas M A, Khan M T, 2019, An implementation of IoT-based microwave sensing system for the evaluation of tissues moisture, *Microelectronics Journal*, 88, 117–127.
- Joshi R, Jadav H M, Mali A, Kulkarni S V, 2016, IOT application for real-time monitor of PLC data using EPICS, In 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA), IEEE, 22-24 Jan., Pune, India, 68–72.
- Kaloxylos A, Groumas A, Sarris V, Katsikas L, Magdalinos P, Antoniou E, vd., 2014, A cloud-based Farm Management System: Architecture and implementation, *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 168-179.
- Karakostas B, 2013, A DNS Architecture for the Internet of Things: A Case Study in Transport Logistics, *Procedia Computer Science*, 19, 594–601.
- Karasar N, 2016, Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramsal İlkeler Teknikler, Nobel Yayınları, 343s, Ankara.

- Kassahun A, Hartog R J M, Sadowski T, Scholten H, Bartram T, Wolfert S, vd., 2014, Enabling chain-wide transparency in meat supply chains based on the EPCIS global standard and cloud-based services, *Computers and Electronics in Agriculture*, 109, 179-190.
- Khan M A, Salah K, 2018, IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges, *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411.
- Kinnunen M, Mian S Q, Oinas-Kukkonen H, Riekkki J, Jutila M, Ervasti M vd., 2016, Wearable and mobile sensors connected to social media in human well-being applications, *Telematics and Informatics*, 33, 92–101.
- Kishor C, Sunil Kumar H, Praveena H, Kavya S, Apeksha G, Darshini J N, 2018, Water usage approximation of Automated Irrigation System using IOT and ANN's, In 2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2018 2nd International Conference, IEEE, 30-31 Aug., Palladam, India, 76-80.
- Kodali R K, Sahu A, 2016, An IoT based soil moisture monitoring on Losant platform, In 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), IEEE, 14-17 Dec., Noida, India, 764-768.
- Kong X T R, Fang J, Luo H, Huang G Q, 2015, Cloud-enabled real-time platform for adaptive planning and control in auction logistics center, *Computers & Industrial Engineering*, 84, 79–90.
- Koo D, Piratla K, Matthews C J, 2015, Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT), *Procedia Engineering*, 118, 489–497.
- Kortuem G, Kawsar F, Fitton D, Sundramoorthy V, 2010, Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things, *Internet Computing, IEEE*, 14(1), 44–51.
- Kugelstadt T, 2008, *The RS-485 Design Guide Application Report The RS-485 Design Guide*, Texas Instruments, SLLA272C–February 2008, 9s.

- Laranjo I, Macedo J, Santos A, 2012, Internet of Things for Medication Control: Service Implementation and Testing, *Procedia Technology*, 5, 777–786.
- Li C, Sun L, Hu X, 2012, A context-aware lighting control system for smart meeting rooms, *Systems Engineering Procedia*, 4, 314–323.
- Li W J, Tung S C, Huang S M, 2015, Web-Based Supervisory Control System Based on Raspberry Pi, *Applied Mechanics and Materials*, 764–765, 640–643.
- Liu C H, Yang B, Liu T, 2014, Efficient naming, addressing and profile services in Internet-of-Things sensory environments, *Ad Hoc Networks*, 18, 85–101.
- Liu S, Zhu G, 2014, The Application of GIS and IOT Technology on Building Fire Evacuation, *Procedia Engineering*, 71, 577–582.
- Maniyar S, 2008, *1-Wire® Communication with PIC® Microcontroller*, Microchip DS01199A, 16s.
- Mano L Y, Façal B S, Nakamura L H V, Gomes P H, Libralon G L, Meneguete R I, vd., 2016, Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition, *Computer Communications*, 89-90, 178–190.
- Modbus, PI-MBUS-300, 1996, *Modicon Modbus Protocol Reference Guide*, MODICON, North Andover, Massachusetts.
- Mohanraj I, Ashokumar K, Naren J, 2016, Field Monitoring and Automation using IOT in Agriculture Domain, 6th International Conference On Advances In Computing & Communications, ICACC 2016, 93, 931–939.
- Monteiro V, Ferreira J C, Afonso J L, 2014, Smart Platform towards Batteries Analysis Based on Internet-of-Things, *Procedia Technology*, 17, 520–527.

- Moosavi S R, Gia T N, Rahmani A M, Nigussie E, Virtanen S, Isoaho J, vd., 2015, SEA: A Secure and Efficient Authentication and Authorization Architecture for IoT-Based Healthcare Using Smart Gateways, *Procedia Computer Science*, 52, 452–459.
- Öztürk E, 2018, Nesnelerin İnterneti İçin Genel Amaçlı Yeni Bir Mimari Modelin Önerilmesi Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Trabzon.
- Öztürk M, 2017, Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 207s. Ankara.
- Prada M A, Reguera P, Alonso S, Morán A, Fuertes J J, Domínguez, M, 2016, Communication with resource-constrained devices through MQTT for control education, *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 150–155.
- Qiu X, Luo H, Xu G, Zhong R, Huang G Q, 2015, Physical assets and service sharing for IoT-enabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP), *International Journal of Production Economics*, 159, 4–15.
- Ray P P, 2018, A survey on Internet of Things architectures, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30(3), 291–319.
- Ray P P, 2016a, A survey of IoT cloud platforms, *Future Computing and Informatics Journal*, 1(1–2), 35–46.
- Ray P P, 2016b, Internet of Things cloud enabled MISSENARD index measurement for indoor occupants, *Measurement*, 92, 157–165.
- Sánchez G J, García C J M, Reina D G, Toral S L, Barrero, F. (2016). On-siteDriverID: A secure authentication scheme based on Spanish eID cards for vehicular ad hoc networks, *Future Generation Computer Systems*, 64, 50–60.
- Santos A, Macedo J, Costa A, Nicolau M J, 2014, Internet of Things and Smart Objects for M-health Monitoring and Control, *Procedia Technology*, 16, 1351–1360.

- Semiconductors, UM10204 I2C-bus specification and user manual Rev. 6-4 April 2014  
User manual Document information Info Content, Eindhoven, Netherlands
- Shah D, Haradi V, 2016, IoT Based Biometrics Implementation on Raspberry Pi, *Procedia Computer Science*, 79, 328–336.
- Shahanas K M, Sivakumar P B, 2016, Framework for a Smart Water Management System in the Context of Smart City Initiatives in India, *Procedia Computer Science*, 92, 142–147.
- Shinde K S, Bhagat P H 2017, Industrial process monitoring using IoT, In 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), IEEE, 10-11 Feb, Palladam, India, 38–42.
- Singh A, Kumar D, Hötzel J, 2018, IoT Based information and communication system for enhancing underground mines safety and productivity: Genesis, taxonomy and open issues, *Ad Hoc Networks*, 78, 115-129.
- Steinberg M D, Kassal P, Tkalčec B, Murković Steinberg I, 2014, Miniaturised wireless smart tag for optical chemical analysis applications, *Talanta*, 118, 375–381.
- Sun E, Zhang X, Li Z, 2012, The internet of things (IOT) and cloud computing (CC) based tailings dam monitoring and pre-alarm system in mines, *Safety Science*, 50(4), 811–815.
- Sung W T, Chang K Y, 2013, Evidence-based multi-sensor information fusion for remote health care systems, *Sensors and Actuators A: Physical*, 204, 1–19.
- Sung W T, Tsai M H, 2012, Data fusion of multi-sensor for IOT precise measurement based on improved PSO algorithms, *Computers & Mathematics with Applications*, 64(5), 1450–1461.
- Swarnalatha K, Alankar S N, Bhagyalakshmi Y, 2016, A Cloud Platform for the Internet of Things, *World Scientific News*, 41, 16–27.

- Swaroop K N, Chandu K, Gorrepotu R, Deb S, 2019, A health monitoring system for vital signs using IoT, *Internet of Things*, 5, 116–129.
- Tao F, Zuo Y, Xu L Da, Zhang L, 2014, IoT-Based Intelligent Perception and Access of Manufacturing Resource Toward Cloud Manufacturing, *IEEE Transactions On Industrial Informatics*, 10(2), 1547-1557.
- Anonim, 2013, 1-Wire Enumeration Application Report, TexasInstruments, SPMA057C–August 2013–Revised January 2018, Dallas, Texas
- Thramboulidis K, 2015, A cyber-physical system-based approach for industrial automation systems, *Computers in Industry*, 72, 92–102.
- Thramboulidis K, Christoulakis F, 2016, UML4IoT-A UML-based approach to exploit IoT in cyber-physical manufacturing systems, *Computers in Industry*, 82, 259–272.
- Topal I, Topal M, 2013, Kompost Standartları Üzerine Bir Derleme, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 85-108.
- Torun A, 2009, İki Eksenli Salınım Yapan Sarsma Tablası Tasarımı ve Performansının İyileştirilmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 174s, Konya.
- Trab S, Bajic E, Zouinkhi A, Abdelkrim M N, Chekir H, Ltaief R H, 2015, Product Allocation Planning with Safety Compatibility Constraints in IoT-based Warehouse, *Procedia Computer Science*, 73, 290–297.
- Vidrascu M G, Svasta P M, 2017, Maintenance-free IOT gateway design for bee hive monitoring, In 2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). IEEE, 26-29 Oct, Constanta, Romania, 189-193.
- Vujovic' V, Maksimovic' M, 2015, Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers and Electrical Engineering*, 44, 153–171.

- Wood A D, Stankovic J A, 2002, Denial of service in sensor networks, *Computer*, 35(10), 54–62.
- Xu G, Li M, Chen C H, Wei Y, 2018, Cloud asset-enabled integrated IoT platform for lean prefabricated construction, *Automation in Construction*, 93, 123–134.
- Yagyasen D, Darbari M, Ahmed H, 2013, Transforming Non-living to Living: A Case on Changing Business Environment, *IERI Procedia*, 5, 87–94.
- Yang Z, Yue Y, Yang Y, Peng Y, Wang X, Liu W, 2011, Study and application on the architecture and key technologies for IOT. In 2011 International Conference on Multimedia Technology, IEEE, 26-28 July, Hangzhou, China, 747-751.
- Yi H C, Park J W, 2015, Design and Implementation of an End-of-Life Vehicle Recycling Center Based on IoT (Internet of Things) in Korea, *Procedia CIRP*, 29, 728–733.
- Yılmaz D, 2004, *Bilgisayar Ağlarının Temelleri*, Demir R. (Ed.), *Hacking: Bilişim Korsanlığı ve Korunma Yöntemleri İçinde* (35). Hayat Yayınları, 449s, İstanbul.
- Zhang D, Dong D, Peng H, 2012, Research on development of embedded uninterruptable power supply system for IOT-based mobile service, *Computers & Electrical Engineering*, 38(6), 1377–1387.
- Zhong C L, Zhu Z, Huang R G, 2015, Study on the IOT Architecture and Gateway Technology. In 2015 14th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES). IEEE, 18-24 Aug, Guiyang, China, 196-199.
- Zilani K A, Yeasmin R, Zubair K A, Sammir M R, Sabrin S, 2018, R3HMS, An IoT Based Approach for Patient Health Monitoring, In 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2). IEEE, 8-9 Feb, Rajshahi, Bangladesh, 1–4.

## İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.engineersrule.com/how-a-coke-machine-and-the-industrial-internet-of-things-can-give-birth-to-a-planetary-computer/>, 04.08.2018
- 2- [https://www.livinginternet.com/i/ia\\_myths\\_toast.htm](https://www.livinginternet.com/i/ia_myths_toast.htm), 24.10.2018
- 3- <https://www.cl.cam.ac.uk/coffee/qsf/coffee.html>, 24.11.2018
- 4- <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>, 08.08.2018
- 5- <https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf>, 07.08.2018
- 6- <http://www.cs.unibo.it/~renzo/so/articoli2/Wei93.pdf>, 07.08.2018
- 7- <http://theinstitute.ieee.org/technology-topics/internet-of-things/smarter-sensors> 07.08.2018
- 8- [http://www.internet-of-things-research.eu/about\\_iot.htm](http://www.internet-of-things-research.eu/about_iot.htm), 14.08.2018
- 9- <https://www.usability.gov/what-and-why/information-architecture.html>, 04.04.2018
- 10- <https://standards.ieee.org/initiatives/iot/index.html>, 04.05.2018
- 11- <http://grouper.ieee.org/groups/2413/>, 04.04.2018
- 12- [https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-15/ftp/iot\\_prot.pdf](https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-15/ftp/iot_prot.pdf), 07.08.2018
- 13- <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>, 15.08.2018
- 14- <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>, 15.08.2018
- 15- [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/BusinessFunctions/McKinseyDigital/OurInsiOurI/Disruptivetechologies/MGI\\_Disruptive\\_technologies\\_Full\\_report\\_May2013.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/BusinessFunctions/McKinseyDigital/OurInsiOurI/Disruptivetechologies/MGI_Disruptive_technologies_Full_report_May2013.ashx), 11.05.2018
- 16- <https://www.business.att.com/content/src/csi/decodingtheadversary.pdf>, 15.08.2018
- 17- [https://www.owasp.org/index.php/Top\\_IoT\\_Vulnerabilities](https://www.owasp.org/index.php/Top_IoT_Vulnerabilities), 05.08.2018

- 18- <http://android.eng.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/656/2018/02/8-Türkçe-kaynak-Bölüm-8.pdf>, 09.10.2018
- 19- <http://www.yildiz.edu.tr/~uzun>, 26.12.2018
- 20- [http://web.karabuk.edu.tr/emelkocak/indir/MTM406/MTM406 ENDÜSTRİYEL İLETİŞİM SİSTEMLERİ.pdf](http://web.karabuk.edu.tr/emelkocak/indir/MTM406/MTM406%20ENDÜSTRİYEL%20İLETİŞİM%20SİSTEMLERİ.pdf), 26.12.2018
- 21- <http://w3.gazi.edu.tr/~suatozdemir/teaching/bm403/slides/dc01.pdf>, 26.12.2018
- 22- <http://ramazansural.blogspot.com/2011/05/elektronik-sistemler-icin-haberlesme.html>, 26.12.2018
- 23- <https://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-485.html>, 29.11.2018
- 24- <http://www.circuitbasics.com/basics-of-the-spi-communication-protocol/>, 06.05.2019
- 25- <http://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>, 11.05.2019
- 26- [https://www.reply.com/Documents/Crisp\\_Vendor\\_Universe\\_Cloud%20Computing\\_250118\\_REPLY\\_englischeVersion\\_FINAL.pdf](https://www.reply.com/Documents/Crisp_Vendor_Universe_Cloud%20Computing_250118_REPLY_englischeVersion_FINAL.pdf), 15.08.2018
- 27- <https://iot-analytics.com/iot-platforms-company-list-2017-update/>, 15.08.2018
- 28- [https://sqlwithmanoj.com/2018/02/07/an-introduction-to-cloud-computing-aligned-with-microsoft-azure/azure-iaas-paas-saas-cloudservicescompare\\_6ee94312/](https://sqlwithmanoj.com/2018/02/07/an-introduction-to-cloud-computing-aligned-with-microsoft-azure/azure-iaas-paas-saas-cloudservicescompare_6ee94312/), 26.10.2018
- 29- <http://www.steinell.net/RelId/606550/ISvars/default/Products.htm> 04.02.2018
- 30- [http://orangeipi.com.tr/orangeipi\\_zero.html#detayliozellikler](http://orangeipi.com.tr/orangeipi_zero.html#detayliozellikler), 16.05.2019
- 31- <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc25.htm>, 12.11.2019
- 32- <http://www.ecotec.com.tr/solucanlarla-kompost-yapimi>, 12.11.2019

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğba DEMİR  
Doğum Yeri ve Tarihi : Dinar, 1987  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : tubademir32@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Şehit Ali İhsan Kalmaz Lisesi, (2001-2004)  
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,  
Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Bilgisayar  
Sistemleri Öğretmenliği, (2004-2008)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Kasırga Bilgisayar (2006-2006)  
: Gülbim Bilgisayar (2007-2007)  
: Isparta Gazi Lisesi (2009-2010)  
: Isparta Yahya Kemal Beyatlı İ.Ö.O. (2009-2010)  
: Muş İMKB Anadolu Lisesi (2011-2012)  
: Muş Selcen Hatun M.T.A.L. (2012-2013)  
: Muş Rekabet Kurumu M.T.A.L. (2013-2014)  
: Şuhut M.T.A.L. (2014-2019)  
: Şehit Erhan Çakmak Ortaokulu (2019 - Devam Ediyor )

### Yayınları (SCI ve diğer)

: Demir T, Deperlioğlu Ö, 2017, Web 3.0'dan Web 4.0'a  
Doğru Giderken Gelişmelerin E-Öğrenme Sistemlerine  
Sağlayabileceği Katkılar: Programlama Eğitimi Örneği,  
Uluslararası Bilgisayar Bilimleri Ve Mühendisliği  
Konferansı, IEEE, 5-7 Ekim, Antalya, (917-922)

Diğer konular :