

**T.C.
ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA NESNELERİN
İNTERNETİ İÇİN DÜŞÜK GÜÇ TÜKETİMLİ VE GÜVENLİ
BİR ARABİRİM GELİŞTİRME UYGULAMASI**

Cansu BEKTAŞ

Danışman: Doç. Dr. Ahmet BARAN

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ERZİNCAN

2017

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA NESNELERİN İNTERNETİ İÇİN DÜŞÜK GÜÇ TÜKETİMLİ VE GÜVENLİ BİR ARABİRİM GELİŞTİRME UYGULAMASI

Cansu BEKTAŞ

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet BARAN

Kablosuz ağların sunduğu imkânlar genişlerken, bugün artık internette yeni bir boyuta ulaşılmıştır. Nesnelerin İnterneti (IoT), nesnelere birbirine bağlamak için interneti omurga olarak kullanan yeni bir mimaridir. Nesnelerin interneti ile nesnelere; algılayıcılar, kontrolcüler ve mikro denetleyicilerle donatıldığında hissetme, kontrol etme ve düşünme özellikleri elde etmeye başlar, kendileri hakkında bilgi paylaşımına izin verirler. Başka nesnelere tarafından toplanan bilgilere erişebilirler.

Bu çalışmada kablosuz yerel alan ağlarında düşük güç tüketimli ve güvenli bir arabirim geliştirilecektir. Kontrol noktası olarak, bir nesneden veri elde etme ve nesneyi kontrol etme özellikleri uygulanacaktır. Bu çalışma, noktaların düşük güç tüketimli olması ve güvenli erişim sağlanması hususlarında literatüre katkıda bulunacaktır.

2017, 100 Sayfa

Anahtar Kelimeler: IEEE 802.11 Kablosuz ağları, Nesnelerin interneti, Yıldız ağları

ABSTRACT

Master Thesis

DEVELOPMENT OF A SECURE INTERFACE WITH LOW ENERGY FOR INTERNET OF THINGS IN WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

Cansu BEKTAŞ

Erzincan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric Electrical Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Ahmet BARAN

A new dimension has been reached on the internet as a result of expanding the possibilities of wireless networks today. The Internet of Objects (IoT) is a new architecture that uses the internet as a backbone to connect things together. Through objects of internet, when equipped with sensors, controllers and micro-controllers, they begin to acquire the ability to feel, control, and think, allowing them to share information about themselves. They can access information collected by other things.

In this study, a low-power and secure interface will be developed on wireless local area networks. As a control point, the features of acquiring data from an object and controlling the object will be applied. This study will contribute to the literature in terms of low power consumption and secure access.

2017, 100 Pages

Keywords: IEEE 802.11 Wireless networks, Internet of Things, Star networks

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin önemini asla unutmayacağım, yol gösterici kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet BARAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, hayattaki en büyük şansım olan Annem'e sonsuz teşekkürler.

Cansu BEKTAŞ

Aralık, 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER	7
2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları.....	7
2.2. Gerçekleştirilen Arabirim Cihazının Olası Uygulama Alanları	22
2.3. Ağ Bağlantı Teknolojileri	26
2.4. Kablosuz Ağlar ve Tarihçesi	26
2.5. Kablosuz Ağların Avantajları	29
2.6. Arabirim Cihazının Erişim Güvenliği	31
2.7. Kablosuz Ağların Kısıtları	37
3. MATERYAL ve YÖNTEM	38
3.1. IEEE 802.11 Standartları ve Tarihi Gelişimi	38
3.2. IEEE 802.11 Standartlarının Teknik Özellikleri	40
3.3. TCP/IP Modeli	47
3.4. İletişim Arabirimi.....	47
3.5. ESP8266 Modülü	50
3.3.1. ESP8266'nın güncellenmesi	52
3.3.2. ESP8266 ile arduinonun haberleşmesi	53
3.3.3. Ağ topolojisi	55
3.3.4. Yıldız (star) topolojisi.....	56
3.6. Sensör	59
3.7. Kontrolcü	61
3.8. Mikrodenetleyici ve Arduino	62
3.9. Mikrodenetleyici Yazılımı	64

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	67
4.1. Geliştirme Süreci Ayrıntıları.....	67
4.2. Sistemin Mimarisi.....	68
4.3. AT Komut Seti.....	69
4.4. Kodlar.....	75
4.5. Arabirim Cihazının Güç Tüketimi	82
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR.....	87
EKLER	97
EK-1. Tez Çalışma Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar	98
EK-2. At Komut Dizini	99
EK-3. AT Komut Dizini Devamı	100
ÖZGEÇMİŞ	101

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. IoT uygulamasının ilk örneği.....	1
Şekil 1.2. Nesnelerin interneti.....	3
Şekil 1.3. Geliştirilen IoT sistem çalışma şeması	4
Şekil 2.1. Nest akıllı termostat	10
Şekil 2.2. Akıllı ampul	11
Şekil 2.3. Kablosuz bağlantı yöntemlerinden bazıları	27
Şekil 2.4. WEP kimlik doğrulama	33
Şekil 2.5. MIC'in blok şifre kullanarak CBC-MAC AES tabanlı hesaplanması.....	34
Şekil 2.6. 802.11x ile WEP, WPA, WPA2 arasındaki ilişki.....	35
Şekil 3.1. 802.11 ailesi fiziksel katman değişimleri	41
Şekil 3.2. MIMO ve MU-MIMO teknolojileri arasındaki temel fark	44
Şekil 3.3. ESP8266-01 modülü.....	50
Şekil 3.4. ESP8266 blok şeması.....	51
Şekil 3.5. Regülatör devre şeması	52
Şekil 3.6. ESP8266 ve Arduino bağlantıları	53
Şekil 3.7. Tercihler sekmesi	54
Şekil 3.8. Kütüphane ekleme sayfası	54
Şekil 3.9. Yıldız topoloji	56
Şekil 3.10. Genişletilmiş yıldız topoloji.....	57
Şekil 3.11. LM35 sensörü	59
Şekil 3.12. Kontrolcü devre şeması ve görüntüsü	61
Şekil 3.13. Röle	62
Şekil 3.14. Arduino uno	64
Şekil 3.15. Mikrodenetleyici yazılımı	66
Şekil 4.1. Arabirim Cihazı Devre Şeması.....	68
Şekil 4.2. Bağlantı uçları.....	69
Şekil 4.3. Serial port butonu.....	70
Şekil 4.4. Bant genişliği	70

Şekil 4.5. Seri port ekranı.....	71
Şekil 4.6. Bulunan kablosuz ağlar.....	73
Şekil 4.7. Statik IP elde edilmesi	74
Şekil 4.8. Bilgisayardaki arayüz sayfası	81
Şekil 4.9. Android işletim sistemli cep telefonundan açılan arayüz sayfası	81
Şekil 4.10. ESP8266-01 modülü gerilim ile beslenirken çektiği akım.....	82
Şekil 4.11. Arabirim cihazının çektiği akım değeri.....	83



TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. IoT'yi oluşturan ögeler	2
Tablo 2.1. Güvenlik mekanizmalarından bazılarının sınıflandırılması.....	32
Tablo 2.2. Kablosuz protokollerin karşılaştırılması.....	36
Tablo 3.1. Kablosuz ağ standartlarının karşılaştırılması.....	46
Tablo 3.2. İletişim tablosu.....	49
Tablo 3.3. Mikrodenetleyici türlerinin karşılaştırması.....	63
Tablo 4.1. ESP8266 modları	72
Tablo 4.2. Benzer uygulamaların karşılaştırılması	83

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

®	Registered
°C	Derece Santigrat
™	Trademark

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABI	Allied Business Intelligence
AD HOC	Cihazdan Cihaza
AES	Advanced Encryption Standard
AIEE	American Institute of Electrical Engineers
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AP	Access Point
ARP	Address Resolution Protocol
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
AT	Attention
ATM	Asenkron Transfer Modu
BACKBONE	Omurga
BAN	Body Area Network
C	Celcius
CAM	Content Addressable Memory
CCA	Circuit Card Assembly
CCK	Complementary Code Keying
CCMP	Counter Cipher Mode with Block
CCTV	Closed Circuit Television
CPU	Central Processing Unit
DA	Doğru Akım
DAC	Digital to Analog Converters
DC	Direct Current

DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DES	Data Encryption Standard
DoS	Denial of Service
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
EAP	Extensible Authentication Protocol
EEG	Elektroensefalogram
EEPROM	Electronically Erasable Programmable Read Only Memory
EKG	Elektrokardiyogram
EMG	Elektromiyogram
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FIPS	Federal Information Processing Standard
FM	Frequency Modulation
FOBO Tire	For Our Better wOrld Tire Pressure Monitoring System
FTDI	Future Technology Devices International
FTP	File Transfer Protocol
G	Gram
GBPS	Gigabits Per Second
GHz	Gigahertz
GND	Ground
GPIO	General Purpose Input/Output
GPRS	General Package Radio Servise
GPS	Global Positioning System
GSA	Gateway Selection Algorithm
GSM	Global System for Mobile Communication
HiperLAN	High Performance Radio LAN
HomeRF	HomeRF Çalışma Grubu
HR	Hertzprung-Russell Çizeneği
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hyper Text Transfer Protocol Secure

Hz	Hertz
I	Input
IBM	International Business Machines
ICV	Integrty Check Value
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IERC	IoT European Research Council
IETF	Internet Engineering Task Force
IMT	International Mobile Telecommunications
IMTS	The Improved Mobile Telephone Service
INTELSAT	İlk Haberleşme ve Uydu Yayıncılığı Uydusu
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
IR	Infrared
IrDA	Infrared Data Association
IRE	Institute of Radio Engineers
ISM	Industrial Scientific Medical
ISO	International Standards Organization
IV	Initialization Vector
KAA	Kablosuz Alan Ağları
KB	Kilobayt
KCK	Key Conformance Key
KM	Kilometre
KVAA	Kablosuz Vücut Alan Ağları
LAN	Local Area Network
LAP	List Access Points
LCD	Liquid Crystal Display
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LED	Light Emittion Diode

LTE	Local Thermodynamic Equilibrium
M	Metre
MAC	Media Access Control
MB	Mega Bayt
MBPS	Megabit Per Second
MESH	Örgü Topoloji
MHZ	Mega Hertz
MIC	Message Integrity Code
MIMO	Multiple-Input And Multiple-Output
MS	Milisaniye
MU-MIMO	Multi User–Multiple Input Multiple Output
NFC	Near Field Communication
NMT	Nordic Mobile Telephone
O	Output
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OEK	Ortam Erişim Kontrol
OFDA	Orthogonal Frequency Division Access
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
OGC	Open Geospatial Consortium
OK	Okey
OPNET	Optimized Network Engineering Tools
P	Power
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
PH	Power of Hydrogen
PHY	Physical Layer
PIC	Peripheral Interface Controller
PLL	Phase Locked Loop
PPP	Point-to-Point Protocol

PQRST	Kalp Siklusundaki Dalgalardaki Sapmaları Tanımlar
PSK	Pre-Shared Key
PSTN	Public Switched Telephone Network
PWM	Pulse Width Modulation
QoS	Quality of Service
QRS	Ventriküllerin Depolarizasyonunu
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service
RC4	Rivest Cipher 4
RFID	Radio Frequency Identification
SDIO	Secure Digital Input/Output
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SN	Saniye
SPI	Serial Peripheral Interface
SQL	Structured Query Language
SRA	Strategic Research Agenda
SRAM	Static Random Access Memory
SSID	Service Set Identifier
SSL	Secure Sockets Layer
ST	Simultaneous Transmit
STA	Static Timing Analysis
STP	Spanning Tree Protokolü
STR	Simultaneous Transmit Receive
STS	Satellite Television Service
TCP	Transmission Control Protocol
TKIP	Temporary Key Integrity Protocol
TL	Türk Lirası
TLS	Transport Layer Security
TTL	Time to Live
TV	Televizyon

UART	Universal Asenkron Reciever Transmitter
UHF	Ultra High Frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
UWB	Ultra Wide Band
V	Volt
VB	Ve Benzerleri
VCO	Voltage Controlled Oscillator
VPN	Virtual Private Network
VSAT	Very Small Aperture Terminal
W	Watt
WDS	Wireless Distribution System
WEB	World Wide Web
WEP	Wired Equivalent Privacy
WiFi	Kablosuz Bağlantı Alanı
WiGig	Wireless Gigabit Alliance
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wifi Protected Access
WPA2	Wifi Protected Access Version 2
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWW	World Wide Web
ZB	ZigBee

1. GİRİŞ

Günlük hayatta kullanılan her nesneyi, çeşitli haberleşme kanalları aracılığıyla birbirlerine bağlayıp veri alışverişini mümkün kılan cihazlar sistemine Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) adı verilir.

Bu sistemde cihazlar birbirlerine çeşitli protokoller ile bağlanır ve gerçek zamanlı veri iletişimi sayesinde ağa dâhil olan cihazlar, kontrol noktaları ve veri elde etme noktaları haline gelir. İlk olarak 1991 yılında, Cambridge Üniversitesinde 15 akademisyenin çalıştıkları binadaki bir kahve makinasının boş olup olmadığını uzaktan öğrenme amacıyla yaptıkları bağlantı, nesnelerin internetinin ilk uygulaması sayılabilir. Bu sistem, kahve makinesinin dakika başına üç adet görüntüsünü yakalayan ve kişisel bilgisayarlara aktaran bir sistem olarak geliştirilmiştir. Siyah beyaz görüntüden cam demlik içindeki kahve miktarını görmek için faydalanılmıştır (Şekil 1.1). 1993 yılında Web'e taşınan bu sistem gün içerisinde milyonlarca kez izlenmeye başlanmıştır. Sonrasında gelişen HTTP adındaki protokol ile uygulama daha da yaygınlaşmıştır. Çalışma Cambridge Üniversitesi Araştırma Bölümü'nün farklı bir binaya taşınması nedeniyle 2001 yılında sonlandırılmıştır (Kutup, 2011).



Şekil 1.1. IoT uygulamasının ilk örneği (Fraser, 1995)

1999'da ilk olarak Kevin Ashton, Nesnelerin İnterneti kavramını tanıtmış ve iki ana unsur olarak sınıflandırmıştır: "İnternet Odaklı", "Nesne Odaklı". Bu

kavramsallaştırma, fiziksel nesnelere ve dijital ağı bir araya getirmiştir. Nesnelerin İnternetinin, diğerleri ile iletişim halinde olan birçok nesne arasında Radyo Frekans Tanımlama (Radio Frequency Identification, RFID) gibi çeşitli teknolojileri kullanarak, ortak hedeflere ulaşmak için kullanılan, birçok nesneyi yönlendiren, en önemli kavramlardan biri olduğu görüşü savunulmuştur (Atzori vd., 2010).

Sağ (2015), şimdiye kadar yaptığı birçok çalışmada IoT kavramını tanımlamıştır. Diğer taraftan IoT teriminin çeşitli tanımları öne sürülürken Witmore vd. (2015) tarafından şu tanımlama kullanılmıştır: Nesnelerin İnterneti, birtakım amaçları gerçekleştirmek için internet üzerinden, nesnelerin birbirleriyle ve diğer cihazlarla iletişim kurmalarını sağlayıp; ağ oluşturma, tanıma, algılama, ve yönlendirme yetenekleri ile donatılabilen bir dizidir.

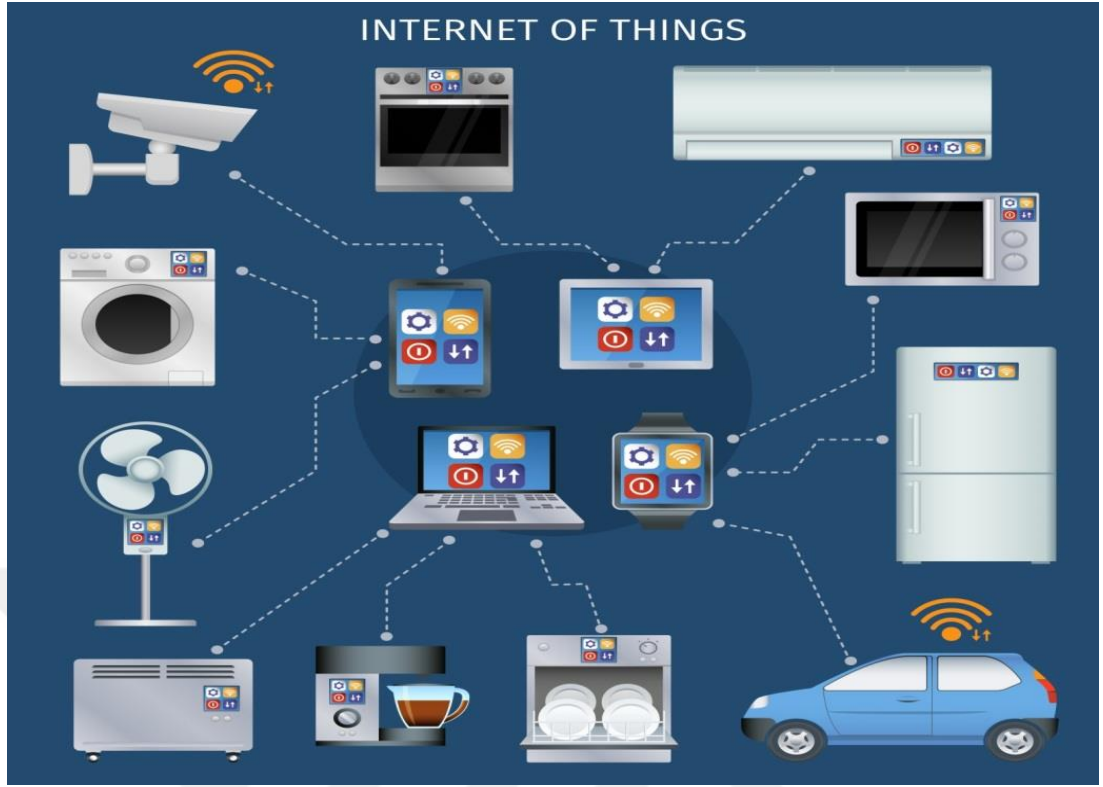
Bununla birlikte bahsedilen tanımlar, IoT teknolojisinden çıkar sağlayan grupların farklı ve net olmayan algılarını yansıtmaktadır. IoT için birçok tanım bulunmasına rağmen, benzersiz ve yaygın olarak kabul edilmiş bir tanım yoktur.

IoT kavramı üç temel öğeden oluşmaktadır. Tablo 1.1’de bu kavramlar sunulmuştur.

Tablo 1.1. IoT’yi oluşturan öğeler

IoT oluşumuna katkısı olan öğeler
Nesneler
İletişim ağları (nesnelere birbirine bağlayan)
Bilgisayar sistemleri (nesnelere nesnelere akan verileri kullanan)

Nesnelerin İnterneti, nesnelerin kendi aralarında benzersiz bir biçimde oluşturduğu protokol ile bu ağdaki nesnelerin birbirleriyle iletişimini sağlar. Bu protokol adreslenebilir, dünya çapında yaygın ve belirli bir ağıdır. Bu teknoloji ile bütün nesnelere (things) diğer bütün nesnelere ile bağlantılı olacaktır (Şekil 1.2).



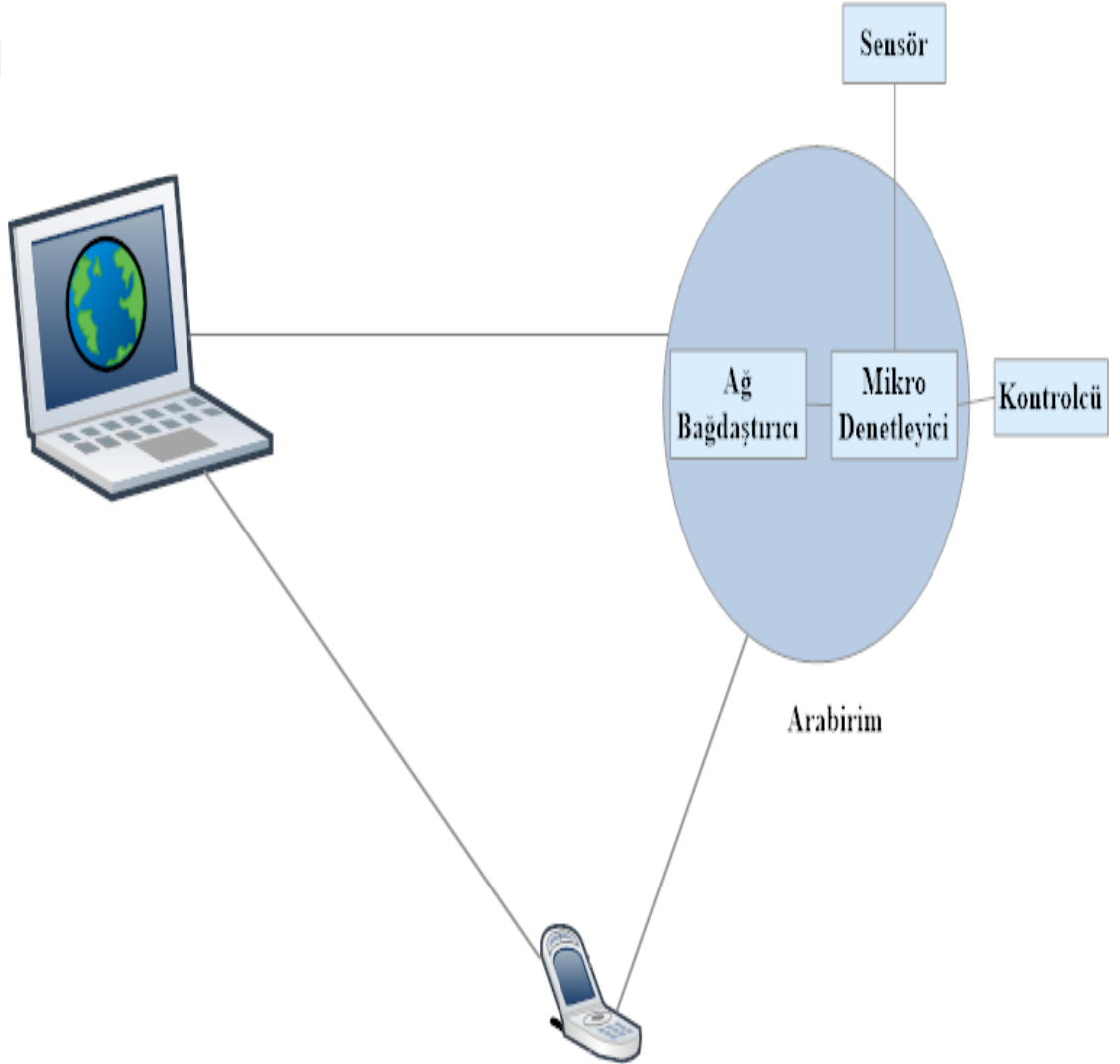
Şekil 1.2. Nesnelerin interneti (Insurance Nexus, 2016)

IoT teknolojisi ile nesnelere;

- Algılayıcılar, kontrolcüler ve mikrodenetleyiciler ile donatıldığında hissetme, kontrol etme, düşünme vb. özellikleri elde eder.
- Farklı protokoller ve geçiş arabirimleri (gateway) kullanılması ile cihaz/üretici uyumsuzlukları ortadan kalkar. Kullanılabilecek arabirimler ile neredeyse tüm endüstriyel haberleşme teknolojisine sahip cihazlar bu büyük ağa katılabilir.
- Çeşitli yayınlama (unicast, multicast, broadcast) yöntemleri ile insanlar ve birbirleri ile haberleşirler.
- İnsanlar ve birbirleri ile haberleşirken, direk (single hop) ya da aracı (multi hop) bağlantı yapabilirler.
- Kontrol, algılama ve düşünme faaliyetleri için çok küçük miktarda enerji harcaması gerçekleştirirler. Kimi zaman güneş enerjisi gibi kaynaklardan kendi beslemelerini elde ederler.

Günümüzde bütün nesnelere internet ile erişilebilir ve kontrol edilebilir hale gelmiştir. Bu durum IoT teknolojisini tüm dünyada öne çıkan bir çalışma alanı haline getirmiş olup ateşin bulunması ve elektriğin icadı gibi büyük bir değişim yaşanması beklenilmektedir (Vermesan vd., 2011).

Bu araştırmanın temel hedefi, Nesnelerin İnterneti (IoT) için güvenli ve düşük güç tüketimli bir tasarım sunmaktır. Yüksek lisans tezi kapsamında çalışma prensibi Şekil 1.3'te verilmiş olan tasarımda; algılama, kontrol edebilme ve basit düşünme özelliklerini barındıran bir "arabirim" geliştirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1.3. Geliştirilen IoT sistem çalışma şeması

Tez kapsamında bir mikrodenetleyici temel olarak alınarak, mikrodenetleyiciye; basit/temel sensör, kontrolcü elemanı ve kablosuz iletişim arabirimi entegre edilerek sistemin donanımsal bileşeni gerçekleştirilecektir. Ardından mikrodenetleyici üzerinde yazılacak olan bir yazılım ile sistemin yazılım bileşeni gerçekleştirilecektir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada geliştirilen “arabirim”, düşük güç tüketimine ve yüksek güvenliğe sahip olacak ve bu yönleri ile literatüre katkıda bulunacaktır.

IoT kavramının kesin bir tanımı yapılamamasından dolayı, benimsenmesi gereken en iyi yöntemin, çok yönlü bir araştırma stratejisi olduğuna karar verilmiştir. Tezin yazılması için geçen araştırma süreci boyunca De Sousa (2004)’nın araştırma çerçevesinden esinlenilmiştir. Adımlar aşağıdaki gibidir:

- a) Var olan son teknoloji için araştırma alanının, kapsamlı bir literatür taraması yapılması.
- b) Tasarlanacak olan uygulama “arabirim” modelinin Temel Teori kapsamında tanımlanması (Corbin ve Strauss, 2015).
- c) Tanımlanmış olan çalışmanın, hedeflenen sonuca başarılı bir şekilde ulaşması için çeşitli IoT projelerinin incelenmesi.

Bu çalışma Giriş, Kuramsal Temeller, Materyal ve Yöntem, Araştırma Bulguları ve Tartışma, Sonuç ve Öneriler adı verilen beş temel bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde Nesnelerin İnterneti kavramı anlatılmıştır. Araştırma tezinin amacı ve bu tez çalışmasını yapma gerekçeleri belirtilmektedir.

Bölüm 2’de, çalışılan konu ile ilgili olarak literatür taraması yapılmış, önceki çalışmalara kısaca değinilmiştir. Nesnelerin İnterneti için uygulama alanları, iş fırsatları ve karşılaşılan zorluklardan bahsedilmiştir. Geliştirilecek sistemin kullanım alanlarına yönelik bazı araştırma alanları örnek olarak sunulmuştur.

Bölüm 3’te, tasarlanan “arabirim” uygulaması için gerekli yazılımların, donanımsal yapılandırılmaları ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Araştırma ölçütlerine hizmet eden en önemli bileşenlere değinilmektedir. Bunun için uygulamada kullanılan tüm donanımların gerekli ve opsiyonel yapılandırma ayarları, hazırlanmış yazılım algoritmaları ile bu yazılımlardaki prosedür ve fonksiyonları tanıtılmaktadır.

Bölüm 4'te, araştırma bulguları ve tartışma kapsamında sistemin geliştirme sürecinin ayrıntıları verilmiştir. Sistem mimarisi anlatılmış olup uygulamanın yapım aşamasına geçilmiştir. Ayrıca bu bölüm tasarım özelliklerini, ilgili değerlerin karşılaştırılmasını ve uygulamadan elde edilen sonuçları sunmaktadır.

Sonuç bölümünde ise, tez uygulamasının pratikte kullanılması ve uygulamanın değerlendirilmesi ile ilgili bazı hususlar, bu çalışmanın hangi sorulara ışık tutacağı ve son olarak uygulamanın geliştirilmesi ile ilgili bazı düşüncelere/önerilere yer verilmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde çalışılan konu ile ilgili olarak daha önce yapılmış olan çalışmalardan bazıları sunulmuştur. Tez kapsamında yapılması planlanan Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Nesnelerin İnterneti İçin kullanım alanlarından örnekler verilmiştir.

2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları

Nesnelerin İnterneti kavramı, hayatı kolaylaştıracak birçok çözümü bizlere sunmaktadır (Sag, 2015). Bugüne baktığımızda yaygın kullanılan ürünler arasında Apple™ firmasının üretmiş olduğu Apple Watch®, koşarken veya bisiklete binerken alınan mesafeyi, hızı ve tempoyu hassas biçimde kaydetmektedir. Özel bir sensör, kullanıcısının kalp atış hızını sürekli olarak ölçmektedir. Aynı firmanın Apple TV® ürünü de IoT uygulama alanlarının bir örneğidir. Kullanılan kablosuz iletişim teknolojisi, odanın her yerinden dokunmatik kumanda ile seçimleri yapmayı mümkün kılmıştır (apple.com, 1976).

Belkin® (2017) firması, ürettiği akıllı şarj aletlerini tanıtmıştır. Ayrıca yine bu firmanın ürettiği Wemo Akıllı Prizler ile son yıllarda gittikçe artan elektrik faturalarına çözüm geleceği düşünülmektedir. Bu cihazlar evdeki elektrik tesisatının üzerine takılarak ve fırınlarda olduğu gibi çevirmeli bir geri sayım aracıyla prizi belli bir dakika açık tutar. Kablosuz haberleşme yoluyla cep telefonundaki arayüze bağlanıp kontrol edilebilir. Uygulamanın gelişmiş modellerinde ise prize takılan cihazın ne kadar elektrik tükettiği bildirilmektedir.

Sera yetiştiriciliğinde üretim maliyetlerinin azaltılması, özellikle iklimlendirme ve sulama gibi rutin işlemler için enerji tüketiminin düşürülmesi gelişmiş kontrol sistemlerinin kullanılması ile sağlanabilir. Paralel olarak geniş sahalar üzerinde anlık koşulların uzaktan izlenmesini gerektiren uygulamalarda, kablosuz algılayıcı ağlar kullanılmaktadır. Sera Kontrol Sistemi Tasarımı ile uygulanan kontrol yöntemi, kablosuz algılayıcı erişim ağlarının kurulumu ve ağ içinde görev yapan düğümlerin donanım tasarımı konuları incelenmiştir (Soy vd., 2016). Sistemin tasarımı, düğümler

arasında kablosuz veri transferini organize eden haberleşme protokolü oluşturularak tamamlanmıştır.

Başka bir çalışmada, bebekler için ayrılan bebek yoğun bakım ünitesinde yatan hastalardan alınan fizyolojik verilerin hem hastane ortamı dışından hem de hastane ortamından izlenmesine olanak sağlayan IoT tabanlı sistem önerilmiştir (Aktaş vd., 2016). Önerilen bu sistem sayesinde ilgili yoğun bakım ünitesindeki ilaç envanterlerinin takibinin de yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada nesnelerin interneti ve önemli bileşenlerinden olan radyo frekanslı tanımlama sistemleri ile kablosuz vücut alan ağı tanıtılarak sağlık alanındaki uygulamalarından bahsedilmiştir. Sağlık hizmeti veren yerlerin iş yükünün azalmasına yardımcı olmak amacıyla uzaktan bakım hizmetinin kablosuz teknolojiler kullanarak verilmesi büyük önem taşımaktadır. Nesnelerin interneti altyapısı ile kronik hastalıklar uzaktan takip edilerek ölçümler anında hasta yakınları ve doktor ile paylaşılabilir. Bu şekilde ölçümler düzenli takip edilerek hastalıkların yol açtığı istenmeyen durumlar tam zamanında engellenebilmektedir.

Bu teknolojinin sağlık sektöründeki örneklerinden birkaç tanesi; kişinin doktoruna tansiyonun yükseldiğini SMS ile bildirebilmesi, sürekli kan basıncını ölçen taşınabilir tıp cihazı, evinde düşen yaşlının duvarlarda yer alan algılayıcılar tarafından algılanıp bakım merkezlerinin uyarıldığı uygulamalar olarak gösterilebilir (Ateş, 2013). Bu uygulamaların birçoğu hayata geçirilmiş ve yakın gelecekte daha birçok uygulamada hayata geçirilecektir. Bir hasta izleme uygulamasına örnek olarak HealthPatch Sağlık Monitörü gösterilebilir (Medgadget LLC., 2016).

IoT teknolojisi kullanılarak oluşturulan önemli bir diğer sistem ise aktif noktanın bir ineğin midesine yerleştirildiği sistemdir (Fraunhofer IMS, 2016). Bu sistemle ineğin vücut ısısı ve kanındaki pH değeri gibi parametreler, elde edilip ineğin yakasındaki harici alıcılara aktarılmaktadır. Bilgi, buradan merkezi bir veri tabanına kablosuz algılayıcı ağ aracılığıyla gönderilmektedir. İneğin kan pH değerinin düşmesi ile çiftçinin kişisel bilgisayarına anlık bir uyarı mesajı gitmektedir.

Sağlık sektörü için de Nesnelerin İnterneti tabanlı akıllı sağlık hizmeti sunan bir platform gerçekleştirmişlerdir (Yang vd., 2014). Platformda, hastaların ilaçlarını kullanıp kullanmadığını kontrol eden, diğer devrelere ve sistemlere entegre edilebilen

akıllı bir ilaç kutusu tasarlanmıştır. Aynı platformda hastalardan kalp ritmi bilgisini almak amacıyla giyilebilen ve esnek, pasif RFID ile haberleşebilen algılayıcı devre geliştirilmiştir. Bu sistem ile hastalara hususi olarak hazırlanan kartlar RFID ile akıllı ilaç kutusuna tanıtılır. Veri tabanı üzerinden hastalara ait ilaç ve reçete bilgileri sisteme yüklenebilmektedir. İlaç kutusu içerisinde bulunan kutu ve ilaç ağırlıklarını sürekli karşılaştıran ağırlık algılayıcıları, kullanıcıları ilgili saatte ilaç alınması için uymaktadır. İlaç kullanımı ile ilgili hatalı bir durum olduğu tespit edilirse ilgili kişilere ve doktorlara durum hakkında bilgi mesajı verilmektedir. Ayrıca tüm bilgilerin yönetimini gerçekleştirmek amacıyla bir yönetim yazılımı gerçekleştirilmiştir.

Luo vd. (2009), Nesnelerin İnterneti teknolojisini kullanarak, uzakta bulunan hastaların üzerinde bulunan algılayıcılardan gelen detaylı fizyolojik verilerin elde edilerek bu verilerin elektronik tıbbi kayıtlarının tutulması ve veri tabanına kaydedilmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Geliştirilen sistemde, gelen verilerin analizi, bilgi platformu desteği sayesinde sağlandıktan sonra tıbbi bir program ile tanı yapılabilmektedir. Geliştirilen sistemin sağlık hizmetleri ile birlikte birçok alana uygulanabilir olduğu ifade edilmiştir.

Nesnelerin İnterneti teknolojisinde en popüler parçalardan biri de akıllı ev sistemleridir (Dökmetaş, 2016). Nest Akıllı Termostat, internete bağlanarak evde geçirilen zamanları öğrenmekte ve buna göre sıcaklık değişimini sağlayabilmektedir (Şekil 2.1). Kullanıcının ne zaman evden çıktığına, ne zaman iş yerinde veya okulda olduğuna, ne zaman uyuyup uyanık olduğuna bakarak sıcaklığı kendisi ayarlar. Evlerin soğumaması için çoğu insan ısıtıcıları açık bırakıp dışarı çıkmaktadır. Yakıttan tasarruf sağlamak ve ısıtmadan verim elde etmek için geliştirilen bu teknoloji ile boşa yanan yakıtın önüne geçilmektedir. Nest'in kullanımı telefona bir mobil uygulama indirmek kadar kolaydır. Böylelikle bütün ayarlamalar cep telefonu ile yapılabilmektedir.



Şekil 2.1. Nest akıllı termostat

Jara vd. (2010), ilaçların olumsuz, yaralayıcı veya ölümcül yan etkilerini önlemek amacıyla, IoT temelinde çalışan alerjik etkileri ve olumsuz yan etkileri tespit eden sistem gerçekleştirmişlerdir. İlaçlar barkod okuma ile hastalar ise sisteme RFID-NFC (Radio Frequency Identification-Near Field Communication) teknolojisi ile tanımlanmaktadır. İlaç bilgileri ile hastalara ait bilgiler sisteme okutulur. Daha sonra okutulan bilgiler akıllı eczane bilgi sistemine gönderilir. Olması muhtemel problemleri engellemek için hastanın sağlık bilgileri ve alerji profili sistem ile eşleştirilmektedir. İstenmeyen bir problem durumunda kullanıcılara uyarı verilmektedir. Tasarlanan sistem gerçek zamanlı olarak bir hasta üzerinde denenmiştir. Örnek uygulamadaki hasta ibuprofen (iltihap önleyici) gibi bazı aktif maddelerin olduğu ilaçlara tahammül edememektedir. Bu hasta için aktif madde içeren ilaçlar denetlenmiştir. Problem olduğu zaman hasta, sistem tarafından uyarılmıştır. İlaç okuma için barkod okuyucu ve hasta tanımlamaları olmak üzere android işletim sistemi üzerinde çalışan iki uygulama yapılmıştır.

Rohokale vd. (2011), taşrada yaşayan insanların sağlık durumlarının sürekli izlenmesi amacıyla IoT tabanlı işbirlikli bir sistem tasarlamışlardır. Tasarlanan sistemin Network Simulator'de benzetimi yapılmıştır. Benzetimde enerji tüketimi, uçtan uca gecikme gibi çeşitli parametreler incelenmiştir.

Başka bir çalışmada Open-Zigbee modeli kablosuz kişisel alan ağlarında, medikal ve sağlık hizmeti uygulamalarına uyumlu hale getirilmiştir (Zhang ve Hu, 2013). OPNET Modeler programı kullanılarak benzetim yapılmıştır. Çalışmada OPNET programındaki

açık kaynak kodlu Zigbee modeli modifiye edilmiştir. Senaryoya göre ortamdaki hastalardan fizyolojik veriler toplanmıştır (örneğin kronik kalp rahatsızlıklarının teşhisi için EKG verileri). Ayrıca bu veriler ya direkt olarak ya da erişim noktası üzerinden izleme merkezine gönderilmiştir. Sistem, bu bilgileri analiz etmektedir. Sistemde kayıtlı doktor, bu bilgiler ışığında hasta hakkında teşhis koyabilmektedir. Benzetim sonucunda elde edilen sonuçlara göre farklı gereksinimler için sistemin modifiye edilerek uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Akıllı ampul ne olabilir, bildiğimiz bir ampulün hangi yapamadığı yapabilir? Nesnelerin İnterneti ile bu gibi şaşırtıcı sorulara cevap bulanabilmektedir. Philips Hue Akıllı Ampuller, renk değiştirebilmekte ve bu rengi de kullanıcı seçebilmektedir. Wifi ile cep telefonuna bağlanıp belirli bir takvime ve plana göre ampuller açılıp kapanabilmekte hatta kullanıcının dinlediği müzik ile eşgüdümlü olarak animasyonlar oluşturabilmektedir (Şekil 2.2). Başlangıçtaki amaç denetimli olarak açıp kapatmayı sağlayarak güç tasarrufu yapabilmek olsa da, gelişen çağın teknolojisiyle artan istekler doğrultusunda yeni özellikler ortaya çıkmaktadır (Philips, 2004).



Şekil 2.2. Akıllı ampul

Yves Behar isimli tasarımcı tarafından geliştirilen August Smart Lock isimli akıllı kilit sistemiyle anahtarları kaybetmek veya şifreyi unutmak kaygısına son verilmektedir. Cep telefonuna yüklenen bir uygulama ile kullanılan bu kilit, kapıya telefona yaklaşıldığında akraba veya arkadaşlar için 7/24 giriş yapabilecekleri dijital yedek

anahtar yaratma, otomatik kilit açma, temizlik görevlileri için belirli saatler arasında geçerli özel anahtar üretebilme, uygulama üzerinden kilit açıp kapama gibi imkanlar sunmaktadır (August Home, 2017). Eğer cep telefonu yanınızda değilse tercihe bağlı oluşturulan bir şifre ile kilidin açılması sağlanmaktadır. Akıllı güvenlik sistemleri arasında kablosuz haberleşmeyi kullanarak insanlara büyük yarar sağlaması düşünülen bu kilit, şimdiden kendine geniş bir yer edinmiş görünmektedir.

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bir çalışmada, hastaların ilaç takibiyle ilgili bir uygulama gerçekleştirilmiştir (Celentani, 2007). Bu uygulamanın yanında yüksek hassasiyetli EKG verilerini %2 - %10 arasında değişen, veri kaybı oranı çok yüksek olan kablosuz ortamda Kalman Filtresi kullanarak doğru bir biçimde alabilmeyi sağlamak amacıyla benzetim çalışması gerçekleştirmiştir. Hastaların ilaç takibi için kablosuz alan ağlarında benzetim sistemini kurmuş, bu sisteme entegre edilen RFID sistemi ile de ilaç kutularının üzerine pasif RFID etiketi takılarak kutulara kimlik kazandırılmıştır. RFID etiketin içeriğinde ilaç miktarı, reçete adı, hasta adı, alınacak günlük doz miktarı ve RFID etiket numarası gibi çeşitli bilgiler yer almaktadır. RFID etiketin okunması, etikete bilgi yazılması ve gelen bilgilerin veri tabanına kaydedilmesi için uygulama programları yazılmıştır. Kablosuz alan ağlarında elemanlar olarak, Crossbow firmasının Mica2 algılayıcı düğümleri kullanılmıştır. RFID okuyucusu olarak SkyeTek firmasının M1-Mini okuyucusu kullanılmıştır. İlaç kutularından alınan bilgiler ile veri tabanı eşleştirilmektedir. Herhangi bir nedenle hasta ilacı almazsa ya da yanlış bir alım olursa IoT teknolojisi yardımıyla kullanılan giyilebilir algılayıcı üzerindeki lamba, kırmızı şekilde yanarak hastayı uyarmaktadır. Aynı anda sistemde tanımlı sağlık personeli uyarılarak durum ile ilgili mesaj gönderilmektedir.

Akıllı güvenlik donanımları üreten Canary, yeni güvenlik kamerası ürünü olan Canary Flex'i tanıtmıştır (Canary Connect Inc., 2017). Geliştirilen bu aygıt; video, gece görüşü, hareket, siren, hava kalitesi, ses, nem ve sıcaklık gibi özellikleri bünyesinde barındırır. Sistemin denetimi akıllı telefon üzerinden sağlanmaktadır. Wifi üstünden bağlantı kurması, cihazı kullanım açısından daha da popüler kılmaktadır. Piper adı verilen bir başka güvenlik sistemi de, ev görüntüleme sistemi ve güvenlik sistemini birlikte yürütmektedir (Icontrol Networks, 2016). Piper'da sisteme, kullanıcının bağlayacağı bir hoparlör vasıtasıyla istenmeyen yabancılara sesli komut yollamak mümkündür. Bunun

gibi sistemler ev ya da işyerlerinin güvenliğinde yapılabileceklerin sınırlarını zorlamaktadır.

Kurban (2009) tez çalışmasında, kişilerin fizyolojik verilerinin (EKG, nabız, vücut ısısı vb. gibi) tasarlanan gömülü sistem ile toplanarak, IEEE 802.15.1 Bluetooth ile ağ geçidi olarak ayarlanmış kişisel dijital asistana (PDA) gönderilmesi işlemi gerçekleştirmiştir. Ayrıca bilgilerin cihaz üzerinde değerlendirilmesi, görüntülenmesi ve uzun süreli olarak kaydedilmesi, acil durumlarda verilerin merkezi sunucuya Wifi ve GSM/GPRS teknolojileri ile gönderilmesi ve kişinin uzaktan gerçek zamanlı olarak izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece, kişilerin hastane dışından kritik hayatsal verileri takip edilmekte ve olası sorunlara karşı erken müdahale edilebilmektedir. Diğer bir taraftan GPS (Global Positioning System - Küresel Konumlama Sistemi) alıcısı yardımı ile elde edilen konum bilgileri harita üzerinde gösterilmekte ve ilgili birimlere kişinin konumu bildirilmektedir.

Samsung tarafından evlerdeki ışıkları, prizleri, kilitleri, kameraları, termostatı, hoparlörleri vb. tek bir yönetici üstünden kontrol etmeyi mümkün kılan bir cihaz geliştirilmiştir (SmartThings Inc., 2017). “Connect Home Smart Wi-Fi System” adı verilen bir teknoloji ile çalışmakta olup Bluetooth 4.1, Wi-Fi, Zigbee veya Z-wave üzerinden akıllı ev cihazlarıyla iletişim kurulması sağlanmaktadır. Cihaz 140 metre kare alana kadar kullanım olanağı sunmaktadır.

Yapılan bir doktora tez çalışmasında, kablosuz vücut alan ağlarındaki (KVAA) enerji verimliliği, ağ ömrü, sinyal çarpışmaları ve paket gecikmesi problemlerini çözmek amacıyla, çok kanallı olarak haberleşmeyi destekleyen, enerji etkin yeni bir ortam erişim kontrol (OEK) katmanı tasarlanmıştır (Kırbas, 2013). Önerilen OEK protokolünün benzetimi OPNET Modeler benzetim yazılımı kullanılarak yapılmıştır ve IEEE 802.15.4 protokolü ile ağ çıkışı, enerji tüketimi ve uçtan uca gecikme bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca önerilen protokolün gerçek zamanlı başarımını tespit etmek amacıyla yeni bir kablosuz algılayıcı düğüm geliştirilmiş ve toplanacak verilerin takip edilebilmesi için bir bilgisayar yazılımı hazırlanmıştır. Çeşitli haberleşme tekniklerini kıyaslamak amacıyla üç farklı haberleşme senaryosu belirlenerek düğüm enerji tüketim değerleri geliştirilen algılayıcı düğümler temel alınarak karşılaştırılmıştır. Benzetim ile

elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, önerilen OEK protokolünün benzerlerinden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Uygulamadan elde edilen sonuçlar da, tasarlanan protokolün başarılı ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Fransız bir firma olan Kolibree, Ara ismini verdiği akıllı bir diş fırçası geliştirmiştir. 64g olan bu diş fırçası akıllı telefona yüklenen uygulama ile kablosuz haberleşme sağlayıp nerelerin fırçalandığını, fırçanın dişe uyguladığı baskıyı, ne kadar süre fırçalandığını, fırçalama şeklini vb. telefonun ekranında göstermektedir. Kişinin bu kullanımlarını, içinde barındırdığı yapay zekâ sayesinde kayıt altına almakta ve düzenli diş fırçalamasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca iyi fırçalamanın yüksek puanlarla ödüllendirildiği oyun seçenekleri de mevcuttur. Geliştirilen uygulama, nesnelerin internetinin nelere dahil olabileceğinin sınır tanımadığını göstermektedir (Kolibree, 2015).

Yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında, kablosuz alan ağlarının biyomedikal bir uygulamasını gerçekleştirmiştir (Cetin, 2009). Geliştirilen sistem Ege Üniversitesi Hastanesi'nde denenmiştir. Kablosuz modüller olarak Crossbow firmasının Mica2 düğümleri kullanılmıştır. Bu modüller nesC diliyle programlanmış, pals oksimetre algılayıcılar bu modüllere bağlanarak hastaların nabız, plestismogram (kalbin her vuruşuyla çevrel damarlara dolan kan akışı) ve kandaki oksijen oranı verileri haberleşme standardı kullanılarak kablosuz ağ üzerinden merkezi veri tabanına aktarılmıştır. Sistemin performansı, değişik ağ topolojilerinde, paket kaybı yüzdesi olarak ölçülmüştür.

FOBO (2017) firmasının tasarladığı FOBO Tire, "Tire Pressure Monitoring System" (Lastik Basıncı Takip Sistemi) olarak tanımlanan akıllı bir sübab mekanizmasıdır. Satın alınan sübablar lastiklere takılır. Kullanıcının akıllı telefona yüklediği uygulamayı açması ve kablosuz haberleşme yoluyla her FOBO Tire cihazını senkron etmesi gerekir. Lastiklerin havasının inmesi durumunda veya lastik patlamışsa uygulama kullanıcının telefonuna bilgi göndermektedir.

Güncel hasta izleme teknolojilerinin kullanıldığı bir hasta izleme sistemi de başka bir yüksek lisans tezinde önerilmiştir (Bas, 2011). Önerilen hasta izleme sistemi 2 parçadan oluşmaktadır. Bunlar, uzaktan hasta izleme sistemi ve hastane içindeki hastaların izlenmesi sistemleridir. Uzaktan hasta izleme sistemi 3 katmanlı bir yapıdan oluşmaktadır. Bu katmanlar, KVAA katmanı, vücut alan ağı (Body Area Network, BAN) sunucusu katmanı ve medikal sunucu katmanıdır. Bu tez uygulamaya dayanmayıp, tasarım önerisi geliştirmek için tasarlanmıştır.

Atzori vd. (2010), nesnelerin interneti kavramıyla ilgili bir inceleme çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışmada, nesnelerin interneti tabanlı uygulamalara geniş yer verilmiş ve biyomedikal uygulamalar içinde hasta izleme uygulamalarının gereksinimlerinden bahsedilmiştir.

Başka bir çalışmada geniş bir ekiple Intel ve Ford motor şirketi gibi firmaların desteklerini alarak uzaktan hasta izleme ve hasta doktor etkileşimini arttırarak sağlık hizmetlerinin maliyetlerini azaltmaya yönelik çeşitli prototipler geliştirilmiştir (Baker, vd., 2007). İlk çalışmada, bebeklerde ani ölüme yol açan bir sendrom sonucu hayatını kaybeden bebeklerin ölüm oranını azaltma amacıyla, bebeklerin uyuma pozisyonlarının tespiti için basit bir prototip geliştirilmiştir. Buradaki amaç bebeklerin uyurken yüz üstü uyuma pozisyonuna geldiğinde alarm vermesidir. Prototipte SHIMMER kablosuz algılayıcı düğümleri kullanılmıştır. Bu düğümde 3 boyutlu ivmeölçer bulunmaktadır. Giyilebilir bir düğümdür ve elbiseye tutturulabilmektedir. Bebek uyurken, anne ve babalar bebeği sürekli izlemek zorunda kalmadan, uyuma pozisyonu düğüm tarafından tespit edilerek aile uyarılmaktadır. Alarm, çağrı cihazı veya cep telefonuna gönderilebilmektedir. Hassaslık, farklı risk seviyelerine göre kullanıcı tarafından ayarlanabilmektedir. İkinci bir çalışmada, erken doğan prematüre bebeklerin buldukları ortam sıcaklığını izlemeye yönelik bir prototip geliştirilmiştir. Prematüre ve zayıf kiloda doğmuş bebeklerde, bebeğin bulunduğu ortamın sıcaklığının iyi ayarlanamaması terlemeye neden olabilmektedir. Bu durum bebeklerde aşırı terlemeye ve aşırı soğumaya neden olmaktadır. Bebekler için maksimum sıcaklık dalgalanmasının 36-38 derece olması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada bebeğin kundağı içine yerleştirilmiş algılayıcı tabakalarla vücut sıcaklığı, alt ıslanması ve kalp atma ritimleri izlenmektedir. Gerçekleştirilen bu sistemle bebeğin bulunduğu kuvözün sıcaklığı gelen

bilgilere göre otomatik olarak güncellenebilmektedir. Yapılan diğerk bir prototip ile hem psikolojik hem de fizyolojik olarak zor koşullarda çalışan itfaiye erlerinin kablosuz olarak kalp ritimlerinin izlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede ani kalp rahatsızlıkları ve yaralanmaları azaltmak düşünölmektedir. Yapılan son uygulama ise çevredeki kritik ses bilgilerini (kapı zili, çocuk ağlaması vb.) algılama yeteneğine sahip güçlü bir prototiptir. Bu uygulama ile işitme engelli ve ağır işitme kaybı olan hastaların ortamdaki seslerden haberdar olmaları sağlanmaktadır. Ortamda bulunan mikrofon ile daha önceden tanımlanmış seslerle ortamdaki sesler karşılaştırır ve sesin nerden geldiği kişiye LED veya titreşim vasıtasıyla bildirilir. Ayrıca LCD ekran vasıtasıyla sesin kaynağının ne olduğu kişiye bildirilebilmektedir.

Çin teknoloji firması olan Baidu (2017), gıda maddelerinin güvenilir olup olmadığını tespit eden elektronik çubukları piyasaya sürmüştür. Uzakdoğu klasieği olan yemek çubukları, üzerinde hassas sensörler barındırmaktadır. Çubuğun ucunda ısı, sodyum ve sıvı sensörleri vardır. Taradığı yiyecekler hakkındaki bilgiyi, anında akıllı telefon veya tablete aktarmaktadır. Ayrıca üzerinde bulunan LED sayesinde sorunlu gıda saptarsa ışıkla uyarı vermektedir.

Başka bir çalışmada yaşlı hastaların evde bakımı için EKG sinyallerinin izlenmesi ve analizi üzerine yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir (Lee vd., 2007). Geliştirilen platform ile gerçek zamanlı olarak sinyaller analiz edilmiş, gelişmiş teşhis ve alarm sistemi kurulmuştur. Sistemde Maxfor firmasının TIP50CM algılayıcı düğümleri kullanılmıştır. Düğümlerin içerisinde TinyOS işletim sistemi bulunmaktadır. Hastalardan gelen sinyaller bir veri tabanına aktarılıp analiz edilmektedir. Kalp sinyallerindeki PQRST parametrelerindeki QRS parametrelerinin genişliği, R-R parametreleri arasındaki mesafe gibi bilgileri incelenerek kalbin çalışmasındaki anormallikler analiz edilmektedir. Bu anormal durumlar geliştirilen yazılım ile sınıflandırılmaktadır. Ayrıca oluşan anormal kalp ritimleri doktorlara alarm şeklinde iletilmektedir.

Başka bir çalışmada evcil hayvanları, uzaktan besleyebilecek bir teknoloji sunulmuştur (Petnet Inc., 2017). Akıllı telefona yüklenen uygulamaya evcil hayvanın yaşı, kilosu ve aktivite seviyesi girilir. Belirli periyotlarla haznesine koyulan besinleri, altında bulundurduğu kaba boşaltan cihaz, yem azaldıkça da telefona sinyal göndermektedir.

Bu cihaz Nesnelerin İnterneti kavramının sadece insanlar için geçerli olmadığını gösterir niteliktedir.

Hu vd. (2009), çoklu fizyolojik sinyalleri toplayıp izlemek ve bu çoklu sinyallerin toplanmasından kaynaklanan ağ sıkışmalarını önleme amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada, yaşlı hastaların ani kalp rahatsızlıkları, felç ve akıl hastalıkları ve yüksek tansiyon gibi rahatsızlıklarını tespit etmek amacıyla; beyin için elektroensefalogram (EEG), kalp için elektrokardiyogram (EKG) ve kas hareketleri için elektromiyogram (EMG) sinyallerini elde edip, iletilmesine yönelik bir KAA altyapısı kurulmuştur. Gerçek zamanlı olarak alınan sinyaller (EMG, EKG vb.) geliştirilen yazılım ile analiz edilerek anormal durumlar tespit edilip sınıflandırılmıştır. Hastaların kimlik bilgileri ve konum bilgilerini tespit etmek amacıyla sisteme RFID entegre edilmiştir.

Diğer bir çalışmada arabaların içine yerleştirilen bir adaptör yardımıyla arabalar hakkında özel bilgilere erişmeyi mümkün kılan bir cihaz geliştirilmiştir. Takip edilecek bilgiler arasında kilometre bilgisi, sürüş süresi, yakıt harcaması ve konum bulunmaktadır. Cihazın kablosuz olarak diğer uygulamalarla bağlantılı olabilmesi ayrı bir işlevsellik katmaktadır. Gelecekte bu gibi cihazların daha çok kullanılacağı düşünülmektedir (Dökmetaş, 2016).

Rahim vd. (2011), kablosuz biyomedikal algılayıcı ağ uygulamaları için test düzeneği geliştirmişlerdir. Geliştirilen test düzeneğindeki algılayıcı düğümün genel özellikleri arasında düşük güç tüketimi, giyilebilir, esnek ve küçük boyutlu olması bulunmaktadır. Geliştirilen test düzeneğinin performans metrikleri olarak paket alım oranı ve uçtan uca gecikme değerleri incelenmiştir. Sonuçlar, atlama sayısı arttıkça gecikmenin arttığını, mesafe arttıkça da paket alım oranının düştüğünü göstermektedir. 10 metrenin altında yapılan tüm atlamalarda alınan sinyal gücünün tatmin edici olduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen yazılım ile farklı mesafelerde alınan EKG sinyallerinin doğruluğu karşılaştırılmıştır.

Gerçekleştirilen CodeBlue adlı projede MICA düğümleri kullanılarak kablosuz alan ağlarının tıbbi uygulamalar üzerinde uygulama imkânları araştırılmıştır (Malan vd., 2004). Çalışmanın amacı çok sayıda bireye ait EKG sinyallerinin takibi ve kayıt

edilmesidir. Afet bölgelerinde ve hastanelerin acil ünitelerinde acil mesaj iletme sistemi olarak kullanılabilir.

Başka bir çalışmada önerilen sistem, otobüs durağı ve otobüsün birbiri ile etkileşimli olarak konuşabilmesini, dolayısıyla otobüs durağında bekleyen yolcunun hangi otobüsü beklediği bilgisinin anlık olarak otobüs ile paylaşılmasını içermektedir (Satar, 2016).

Borgia (2014), akıllı şehirlerde IoT kullanımını için çeşitli senaryo örneklerine değinmiştir. Bu örnekler: Trafik yoğunluğuyla ilgili veri toplama, trafik yoğunluğuna göre trafik ışıklarının otomatik olarak düzenlenmesi, akıllı park yuvası sistemleri ile sürücülere boş alanlar hakkında rehberlik etmek, karbon ayak izini azaltmak, yerel yetkililerin yasadışı park faaliyetlerini tespit etmesine yardım etmek, mobil ödeme sistemleri sayesinde entegre park ödeme sistemleri (Apple Pay vb.), akıllı turizm faaliyetlerinde turist ile miras hakkında gerçek zamanlı verilerin sunulması, akıllı şehir enerji sistemleridir.

Aktaş vd. (2016), çalışmasında Nesnelerin İnterneti tabanlı kablosuz vücut alan ağları ve bu ağlara entegre edilecek RFID sistemler kullanılarak uzaktan hasta izleme ve veri analiz sistemi sunulmaktadır. IoT bileşenlerinden olan KVAA kullanarak hastalardan fizyolojik verilerin (EKG, EMG, EEG sinyalleri, nabız, pals oksimetresi, solunum vb.) toplanmasını sağlayarak hastalardan gelen bu verilerin daha sonra işlenmek üzere depolandığı hasta bilgi toplama modülü oluşturmak, IoT yapısının diğer bir bileşeni olan RFID sistemi kullanarak hastalara ait kişisel bilgilerin tutulmasını sağlamak, hastalardan gelen bilgilere göre oluşacak acil durumlar için alarm vermek, gelen bilgileri değerlendirip teşhis ve tanı yapılmasına yönelik bir modül oluşturmak, geliştirilecek genel amaçlı teşhis ve tanı modülünün özel hastalıklara yönelik uygulanabilir olmasını sağlamak sunulan amaçlar arasındadır. Elde edilen sonuçlara göre hastalardan alınan fizyolojik sinyaller servis kalitesi parametrelerine göre başarılı bir şekilde iletilmektedir.

Bayılmış ve Younis (2012), düğümlerin enerji durumlarına göre bağlantı noktası olabilecek en uygun düğümü seçen yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Bağlantı Noktası Seçme Algoritmasının (Gateway Selection Algorithm, GSA) amacı düğümlerin enerji durumlarına göre bağlantı noktasını uyarlamalı (adaptif) olarak değiştirerek düğümler

arasındaki yükü dengelemektir. Çalışmada kullanılan enerji, insan vücudundan elde edilmektedir. Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) için çok önemli bir parametre olan ağ ömrü geliştirilen algoritma ile arttırılmıştır.

Türker ve Kutlu (2011), çalışmalarında sağlık hizmetlerinin daha büyük kitlelere ulaşabilmesi için kablosuz algılayıcı ağın, internet ile bağlantı kurma yöntemlerini açıklamaktadır. Çalışmada veri paketi iletim gerçekleştirmek için iki ayrı ağ teknolojisinin bağlantısını sağlayan ağ geçidine duyulan ihtiyaç vurgulanmıştır. Hasta verilerinin web üzerine taşınarak aktarılması, sağlık çalışanlarına ulaşabilme açısından büyük önem taşımaktadır. Bu teknolojinin uygulamalarının geliştirilmesi ve ülkemize en iyi imkan dahilinde kurulması önerilmektedir.

Nabaztag isimli firma tarafından piyasaya sürülen ve hızla popüler olan Nabaztag'ler (tavşan anlamını taşımaktadır) kablosuz ağdan internete bağlanabilmekte, sesli iletişim kurabilmekte, yol/haber/hava durumu okuyabilmekte, mesajlaşma sağlayabilmekte, kitap okuyabilmekte ve hatta Tai Chi bile öğretebilmektedir.

Arrayent (2017) firmasının geliştirdiği bir sistemle, çevrede var olan her türlü nesnelere kişilerin cep telefonu ya da PC sistemine bağlayarak internetten kontrol etmesine olanak sağlamaktadır.

Hollanda merkezli Sparked firması tarafından geliştirilen bir uygulama Avrupa'da çokça benimsenmiştir. Geliştirilen bir yazılım ve algılayıcı sayesinde bir süt ineğinin sağlığı ile ilgili tüm bilgileri, diğer inekler ile iletişimi, vucut sıcaklığı, kanındaki pH değeri ve günlük yaşamsal hareketleri ana merkeze iletilmektedir (İTEUROPA, 2017).

Teknoloji alanında, ürünlerin yüksek dağılıma oranına ulaşması için potansiyel kullanıcılar özellikle de tüm işlevleri anlayan güçlü kullanıcı olan uzmanlar, standartlaşmanın mühim konulardan biri olduğunu vurgulamışlardır. Böylece birçok bilim adamı standartlaştırma konularına odaklanmıştır. Atzori vd. (2010), makalelerinde IoT teknolojilerinin standardizasyonu hakkında katkılarını sunmuştur. Konuyla ilgili olarak sadece Uluslararası Standartlaştırma Kurumlarının (ISO, ETSI vb.) çalışmadığını, aynı zamanda birçok meslek grubunun bu konuda çaba gösterdiğini belirtmişlerdir.

Nesnelerin İnterneti teknolojisini kullanılabilecek birçok alan ve uygulama mevcuttur. Bu uygulamalar yaşamdaki her alanda çeşitlilik göstermekle beraber genişletilebilir. İnsanların günlük hayatlarını etkileyen temel uygulamalar çevre, iş dünyası ve toplumsal alanlardır. Albayati (2016) yaptığı bir çalışmada, Nesnelerin İnterneti'nin neredeyse bütün araştırma konularını şu alanlardan birine göre sınıflandırılabilirliğini ileri sürmüştür:

- Akıllı Şehirler
- Akıllı Binalar
- Akıllı Yaşam
- E- Sağlık
- Akıllı Enerji
- Akıllı Ulaşım

Nesnelerin İnterneti'ne, Strategic Research Agenda (SRA) tarafından altı yeni uygulama alanı eklenmiştir: Akıllı Şehir, Akıllı Ev, Akıllı Ulaşım, Akıllı Fabrika, Akıllı Yaşam Tarzı, Akıllı Çevre (IoT European Research Cluster (IERC), 2015). 2012 yılına gelindiğinde yapılan bir çalışmada Ian, Ovidiu, Peter, and Anthony (2012), on dört alan sunmuştur: Enerji, Tarım, Perekende, Sağlık Bakımı, Tedarik Zinciri, Acil Durum, Kültür ve Turizm, Su vb. bu alanlardan bir kaçıdır.

IoT cihazlarının insanların yaşamında geniş bir şekilde yer almasıyla birlikte güvenlikle ilgili konularda toplum tarafından endişe duyulmaktadır (Atzori vd., 2010). IoT fikrinin ortaya çıktığı ilk zamanlardan bu yana devam eden bu endişe, çeşitli çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Güvenlikle ilgili konuları üç başlığa ayırmışlardır: Veri Gizliliği, Gizlilik ve Güven (Miorandi vd., 2012). Bazı yazarlar ise daha spesifik konular üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin, IoT bağlamında Güven Yönetimi konularına odaklanmışlardır (Yan vd., 2014).

Mevcut IoT cihazları, günümüzde sadece elektrikli cihazların kontrolü ile veri iletişimi amaçlı kullanılmaktadır. Bununla birlikte 2020'lerden sonra IoT'nin gıda paketleri ve mobilya gibi her nesneye bağlantı yapabileceği beklenmektedir (Atzori vd., 2010). Bradley ve arkadaşlarının yaptığı başka bir tahminde ise IoT 2013-2022 yılları arasında

14,4 trilyon dolarlık bir değer üretecektir (Bradley vd., 2013). Gartner (dünyanın önde gelen bilgi teknolojisi araştırma ve danışmanlık Şirketi, 2017), IoT'nin 2020'ye kadar 26 milyar cihaza ulaşacağını ve 2009 yılındakinin neredeyse 30 katı olacağını tahmin etmektedir. ABI Research (2017) tarafından gerçekleştirilen bir başka araştırmada 30 milyardan fazla cihaz, 2020'ye kadar Nesnelerin İnterneti'ne kablosuz olarak bağlanacaktır. Benzer bir Şekilde (Brody ve Pureswaran, 2015) IoT endüstrisinin gelişimini, bazı görsel enformasyon değerlerine dayanarak (gözlem, araştırma vb.) sundular. Bu nedenle 2050 yılına kadar tüm endüstrilerdeki akıllı cihazların sayısının 100 milyardan fazla olacağını savunmaktadırlar.

nceki yıllarda, olası güvenlik tehditleri nedeniyle akıllı cihazları kullanma konusunda biraz tereddüt gösterildiği saptanmıştır. Hewlett Packard, IoT teknolojilerinin %70'inin güvenlik saldırıları için açıklıklara sahip olduğunu açıklamıştır (Lee ve Lee, 2015). Bu nedenle, IoT czmleri daha fazla kullanıcıya erişmek için güvenlik zorluğuyla baş etmelidir (Atzori vd., 2010). IoT, güvenlik tehlikelerine karşı aşağıdaki sebeplerden ötürü savunmasızdır. Birincisi, bileşenlerin güvenlik saldırılarına açık özerk yapıları olmasıdır. İkinicisi bu cihazlar, hackerların bu sistemlere saldırması için bazı zayıf noktaları barındıran kablosuz teknolojilerle bağlantılıdır. Son olarak, düşük enerjili tüketiciler cihazları olduklarından enerji kaynaklarının eksikliği nedeniyle gelişmiş güvenlik mekanizmalarının uygulanması zordur. Buna paralel olarak Witmore vd. (2015), yüksek enerji gereksinimi arttırılmış Şifreleme teknolojilerine ihtiyaç duyulduğunu belirterek, aynı enerji kaynaklarını ve güvenlik tehditlerini tartışmışlardır. Sistem güvenliği için verimli enerji tketiciminin önemli olduğunu, güvenlik risklerini vurgulayan ve IoT teknolojilerinin yardımıyla ağ için yeni fırsatların, toplumlar arasındaki ayırım problemini czebileceğini savunan çalışmasını yayınlamıştır (Dutton, 2014).

IoT yatırımları hkmet planlarında da yer bulmaya başlamıştır. İngiltere hükümeti IoT girişimleri için 5 milyon Euro yatırım yapmıştır. Avrupa Birliği, IoT Avrupa Araştırma Komitesi'ni (IERC) kurmuş ve gelecekteki IoT'nin Avrupa'daki vizyonunu sunmak için bazı uluslararası etkinlikler düzenlemiştir. in 2015'e kadar 800 milyon dolarlık btce ayırmıştır. ABD'de IBM ve Bilgi Teknolojileri ve Yenilikçi Vakfı 2009'dan itibaren IoT projelerine yatırım yapmaya başlamıştır. Aynı Şekilde Japon hükümeti IoT

girişimlerini desteklemek için bazı teknoloji programları başlatmıştır (Lee ve Lee, 2015). Birleşik Krallık hükümeti Glasgow, Sunderland, Birmingham, Milton Keynes ve Bristol şehirlerinde de olmak üzere İngiltere'deki akıllı şehirlere 24 milyon sterlin yatırım yapmıştır. Bu şehirlerde uygulanan temalar şunları taşımaktadır:

- Veri Toplama
- Suç Faaliyetlerini Önleme ve İzleme CCTV (Closed-Circuit Television)
- Çevre Dostu Bisikletçi ve Yaya Destek Faaliyetleri
- Şehir Enerji Girişimleri
- İngiltere'de Optimizasyon ve Akıllı Şehir Aydınlatması Projeleri

Tafazolli vd. (2012), yol haritası araştırmalarında bazı stratejiler geliştirmiş ve 2020 yılına kadar çeşitli sektörler yayılmış geniş kapsamlı ticari dağıtımlar gerçekleştireceklerini belirtmişlerdir.

2.2. Gerçekleştirilen Arabirim Cihazının Olası Uygulama Alanları

Nesnelerin interneti kavramı için belirli bir tanımlama yapılamaması, yapılan tanımların kişilere göre değişiklik göstermesinin sebebi; bu kavramın her alanda kullanılabilecek olmasından kaynaklanmaktadır. Hayal gücü, uygun ortam şartları ile birleştirildiğinde gerçekleştirilen “arabirim” cihazının ihtiyaçlar doğrultusunda kullanım alanına pek çok örnek verilebildiği gözlemlenmiştir. Bu uygulama alanları kısa başlıklar altında toplanacak olursa şunlardan söz edilebilir: Çevre ve altyapı izleme, endüstriyel uygulamalar, eğitim, askeri, perakende, konaklama ve eğlence alanları, depolama ve üretim, enerji yönetimi, medikal endüstri, ev ve bina otomasyonu, taşıma ve sevkiyat, gıda sektörü, kamu güvenliği ve ilkyardım hizmetleri vb. gibi.

IoT uygulamaları, anlatılanlar ile sınırlı olmayıp teoride her alanda kullanılmaya müsaittir. Örneğin akıllı park sistemleriyle şehrin park alanlarındaki doluluk oranları öğrenilebilir. Binalara koyulan çeşitli algılayıcılar yardımıyla titreşimler ölçülebilir. Bu yapılar tarihi binalar, köprüler, geçitler veya depremlerin olduğu merkez üsleri olabilir. Yapılan bir gürültü ölçer alet ile istenmeyen yerlerdeki aşırı gürültüye çözüm bulunabilir, şehir merkezlerindeki gürültü kirliliği ortadan kaldırılabilir. Bulunulan bir

ortamdaki akıllı cihazların sayısını öğrenen bir sistem tasarlanabilir ve böylelikle Wifi kullanan sistemlerin sayısına ulaşılmış olunur. Elektromanyetik alan şiddetinin ve baz istasyonlarının bulunduğu yerler çokça şikayet alınan bölgelerdir. Bu durumu görüntülemek için çeşitli yerlere elektromanyetik algılayıcılar konularak ışınım seviyesi görüntülenip yayınlanabilir. Taşımалıklardaki çöp durumunu gösterecek bir sistem sayesinde zamandan ve işten tasarruf yapılarak planlı bir şekilde çöp alımı gerçekleştirilecektir. Trafiğin büyük önem arz ettiği akıllı şehirlerde, yollara koyulacak algılayıcı sistem sayesinde hava durumu hakkında bilgi edinilebilir. Trafik yoğunluğuna sebep verebilecek gizli buzlanma, ıslak yol gibi durumlar sürücülere haber verilebilir, kaza olduğunda kilometreler ötesinden uyarı yapılabilir. Yol güvenliğine katkı sağlayabilecek sistemlerin tasarlanmasıyla kurumlar yeterli bilgiyi toplayabilir. Karın yüzeyde oluşturduğu miktar ölçülebilir (Dökmetaş, 2016).

Makinelerin haberleşmesi, verimli bir çalışma ortamı sunmaktadır. Orman yangınlarını saptayabilen dedektörler, hava kirliliği ve zehirli gazları ölçen ve bunların kaynağını gösterebilen akıllı cihazların geliştirilmesi, ilgili kurumların ağına bağlanarak haber verip erken müdahaleye katkı sağlayabilir. Fabrikalarda hava kalitesi ölçümü yapabilen aygıtlar sayesinde havalandırıcılar otomatik çalıştırılabilir. Madenlere yerleştirilecek akıllı cihazlarla gaz kaçaqları, göçük, su baskını gibi büyük felaketler ana denetim masasına yollanacak raporlarla önlenabilir.

Şehirlerdeki içme suyu kalitesi önemli konular arasındadır. Musluklara bağlanılacak kalite ölçümü yapabilen sistemlerle çeşitli noktalardaki suyun kalitesi ölçülüp yerel yönetimlere konu hakkında bilgi verilebilir. Yüzme havuzlarına entegre edilecek akıllı cihazlarla suyun durumu ve geçmişe yönelik kayıtlar kullanıcılara sunulabilir. Deniz, nehir, göl gibi alanlarda çeşitli noktalara önceden yerleştirilecek algılayıcılar sayesinde kimyevi atıklar, kirlilik oranı vb. algılanıp karadaki bir inceleme veya denetim merkezi gibi yetkili mercilere bildirilebilir. Ayrıca bu gibi yerlerde meydana gelecek taşmaları önlemek için gömülü sistem geliştirilerek birçok mal ve can kaybının önüne geçilmiş olunacaktır. Çeşitli sıvıları taşıyan tanklardaki basınç ve çatlakları hissedip yetkiliye bildirim yapabilen cihazlar geliştirilebilir.

Nesnelerin İnterneti ile akıllı cihazlar elbette endüstride de kendini gösterecektir. Güneş enerjisi son yıllarda oldukça revaçta görünmektedir. Geliştirilecek başka bir sistem, güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan santrallerde verimlilik, ışık seviyesi durumu, santralin kurulmasına en müsait alanın tespiti ve benzerlerinde kullanılabilir. Ülkemizde elektrik israfının büyük bir bölümü sokak ışıklarından kaynaklanmaktadır. Ekonomiye katkı sağlamak amacıyla Nesnelerin İnterneti teknolojilerinden faydalanılarak geliştirilecek bir algılayıcıyla sokak lambalarını denetlemek mümkün olabilir.

Tarımsal ürünlerin depolandığı büyük ambarlarda algılayıcı sistemin kurulmasıyla, yetkililer ürünler hakkında bilgi edinmiş olacaktır. İslanmaması gereken bir tarım ürünüde, yağmur henüz sepmeye başlamışken ekinciye haber verilecek sistem geliştirilebilir. Çiftçiler için topraktaki çeşitli kimyasal maddelerin oranını veya kuraklık uyarısını veren gömülü algılayıcılar tasarlanabilir. Hayvanlara yerleştirilecek takip sistemiyle konum bilgisine ulaşılabilir.

Marketlerdeki rafların durumunu bildiren aygıtlar, ticari alanda büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Ürünlere yerleştirilen cihazlar ile titreşim ve çarpmalardan dolayı kaynaklanan tartışmalar taşımacılıkta son bulabilir. Büyük depolarda ürünler akıllı cihazlarla kayıt altına alınabilir ve zamandan tasarruf sağlanarak yer tespiti yapılabilir.

Aşağıda internet taraması sonucunda gözlenen ve çalışmadaki cihazın kullanılabileceği uygulama alanları detaylıca verilmiştir.

- Araçların izlenmesi ve kontrol
- Aydınlatma kontrolü
- Bilinmeyen bir asker ve araç faaliyetleri için askeri uyanıklık
- Binalar için enerji izleme ve kontrol
- Büyükşehir işlemleri (otomatik geçiş ücretleri, trafik, yangın, vb.)
- Çatı izleme (askeri)
- Çevre (deniz, hava, toprak) ve tarım kablosuz algılayıcıları
- Ev otomasyonu, alarmlar
- Evde herhangi bir yerden, ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinin esnek yönetimi

- Geniş bir alanda koşulları izlemek için kablosuz algılayıcılar
- Habitat izleme veya algılama
- Hava durumu algılama
- Kalp atışı algılayıcıları
- Kamyon ve gemilerin yük varlıklarının takibi
- Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer kablosuz algılayıcılar
- Kritik altyapı koruma ve güvenlik
- Malzeme işleme sistemleri (soğutma, gaz akışı, kimyasal, ısı)
- Mikro klima değerlendirme ve izleme
- Milli Savunma
- Mobil sağlık izleme sistem tasarımı ve uygulaması (Başçiftçi, 2011)
- Norveç'te bir buzula gömülü algılayıcılar
- Orman yangını takip ve izleme
- Otomobilden otomobile uygulamaları
- Patlayıcı izleme
- Radyasyon ve nükleer tehdit algılama sistemleri
- Saldırı tespit
- Sera Kontrol Sistemi Tasarımı (Soy vd., 2016)
- Sınır izleme çalışmaları (Meksika ve Kanada sınırları gibi)
- Sismik ivmeölçerler ya da hareketi ölçmek için diğer cihazlar
- Sosyal ağlarda güvenlik (Erdogan ve Bahtiyar, 2014)
- Suçlu izleme
- Tehlike altındaki türlerin takibi
- Tıbbi afet müdahale
- Trafik ışık algılayıcıları ve kontrol
- Varlık yönetimi (konteyner izleme gibi)
- Volkanik patlama olaylarını izleme
- Vücuda takılı halde olan tıbbi algılayıcılar
- Yaşlı ve kronik hastalarda izleme (sürekli veri toplama ve hekimlere iletmek)
- Yönlendirme, keşif ve tıbbi kablosuz algılayıcılar, isimlendirme, kişisel dijital asistanlar, bilgisayarlar ve diğer cihazlar için güvenlik (Soylu, 2012).

2.3. Ağ Bağlantı Teknolojileri

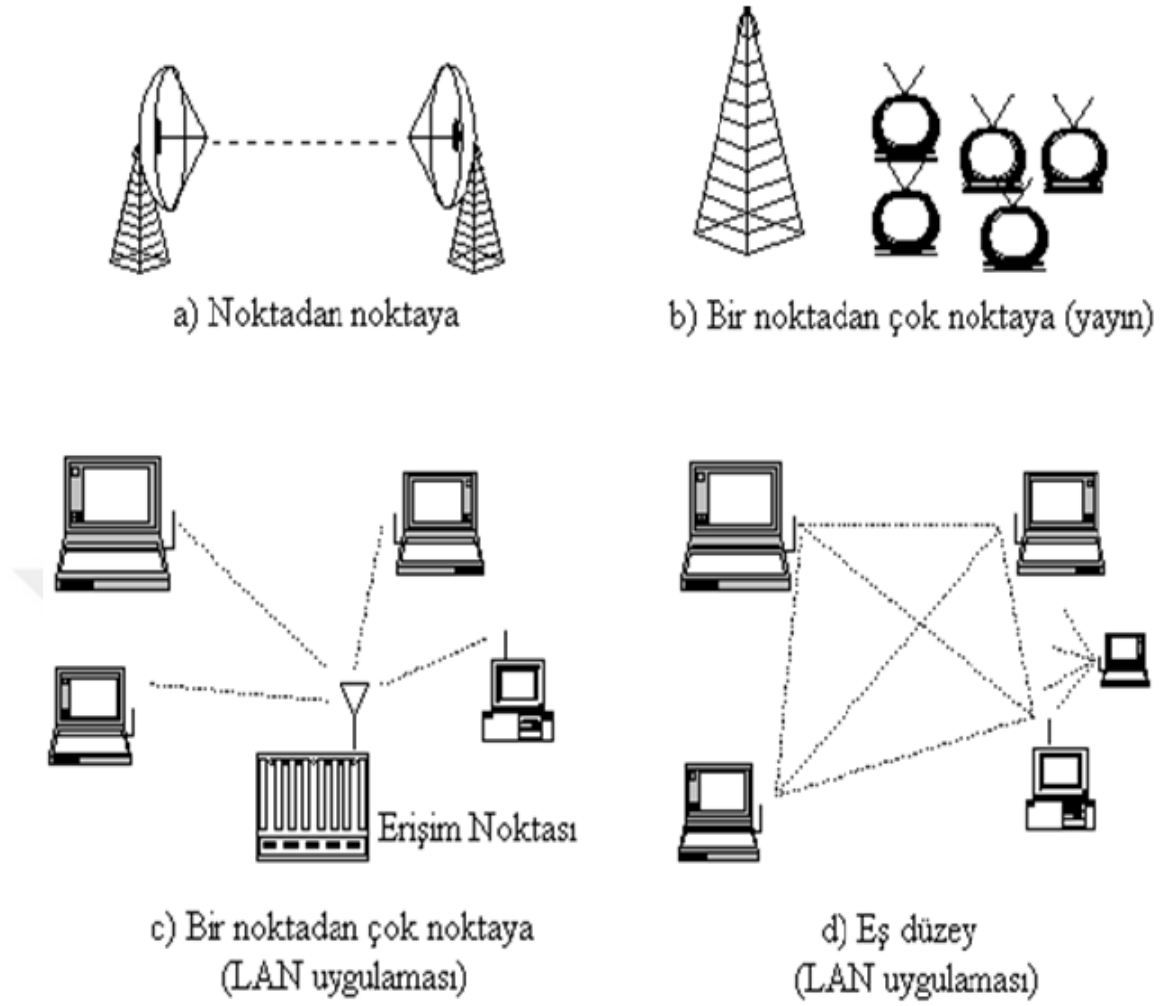
Kablolu ve kablosuz olmak üzere iki tip ağ bağlantısı mevcuttur. Bunların kendi içinde çeşitleri vardır. Kablolu ağ bağlantı tipleri: UTP, Koaksiyel, Fiber Kablo, STP'dir. Kablosuz ağ bağlantı tipleri: Home RF, IrDA, Bluetooth, Wifi, WiMax, 3G, 4G, 4.5G, 5G'dir.

Kablosuz ağ bağlantıları, radyo dalgaları ile çalışmaktadır. Üç tür radyo cihazı mevcuttur. Bunlar:

- Alıcı (Receiver): Yalnızca radyo sinyallerini alabilen, gönderme özelliği olmayan cihazlardır. Örneğin TV ve FM radyolar.
- Verici (Transmitter): Yalnızca radyo sinyallerini gönderebilen, alma özelliği olmayan cihazlardır. Örneğin TV verici istasyonları, radyo verici istasyonları vb. verilebilir.
- Alıcı-Verici (Trans-Receiver): Radyo sinyallerini alabilen-vereabilen özellikleri olan cihazlardır. Örnek olarak cep telefonları, cep telefonları baz istasyonları, telsiz röleleri vb. gösterilebilir.

2.4. Kablosuz Ağlar ve Tarihçesi

Kablosuz haberleşme yeteneği sunan (IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, GSM, bluetooth, infrared, DECT, IrDA, UWB), radyo frekans sinyalleri ile veri iletişimi yapabilen ev, okul, iş merkezi, otel vb. alanlarda internet erişimini sağlamak amacıyla kullanılan teknolojiye Kablosuz Yerel Alan Ağları denilmektedir. İngilizce Wireless Local Area Networks (WLANs) olarak anılır. Şekil 2.3'te çeşitli kablosuz bağlantı yöntemleri görülmektedir.



Şekil 2.3. Kablosuz bağlantı yöntemlerinden bazıları (Baran, 2004)

Kullanılan ağ ve internet teknolojilerinin tarihçesine bakıldığında 1950 ve 1960'lara dayandığı görülmektedir. İlgili yıllarda askeri komuta-kontrol sisteminin nükleer saldırılardan etkilenmeyecek bir sisteme ihtiyacı bulunmakta. O yıllara kadar yürütülen komuta-kontrol işlemleri, telefon hatları aracılığıyla sağlanmaktaydı. Fakat bu hatların kilit noktalarına verilebilecek zarar ile bütün komuta-kontrol sistemi devre dışı kalabilirdi. Gerçekleşmesi planlanan yeni sistem sayesinde, ağır hasar alan bölgeler dışında kalacak hasarsız noktalar arasında iletişimin sağlanması mümkün olacaktı ve iletişim hatları merkezi bölgeler ile sınırlı kalmayacaktı. Birbiriyle iletişim kurabilen noktaları, çeşitli ara bağlantılar vasıtasıyla başka noktalara bağlamak bu sorunun bir çözümü olacaktı. Askeri bir ihtiyaçtan doğan kablosuz ağ teknolojisi bugün, dünyanın bütün köşesine yayılan ve iletişimin sürekliliğini sağlayan haberleşme sistemine dönüşmüştür.

Kablosuz ağların tarihçesine bakıldığında çok eskiye dayandığı görülmektedir. Bunlar listelenecek olursa:

- 1831’de Faraday, elektromanyetik indüklemeyi bulmuştur.
- 1864’te J. Maxwell, elektromanyetik alan teorisi ve dalga denklemlerini öne sürmüştür.
- 1888 yılında Hertz, dalgaların uzayda elektriksel olarak yayılımını keşfetmiştir.
- 1896’da Guglielmo Marconi, ilk kablosuz telgraf sistemini geliştirmiştir.
- 1927’de İngiltere ve Amerika arasında ticari olarak ilk radyo telefon servisi geliştirilmiştir.
- 1946’da St. Louis’de bas-konuş teknolojisi kullanılarak ilk araba temelli mobil telefon sistemi kurulmuştur.
- 1950’de 2400 telefon devreleri destekli ilk karasal mikro dalga telekomünikasyon sistemi TD-2 kurulmuştur.
- 1960’larda yüksek güç kapasiteli farklı kanallı veri alıp gönderen bir mobil telefon sistem (IMTS) simülasyonu ile birlikte geliştirilmiştir.
- 1962’de ilk komünikasyon sistemi Telstar, yörüngeye yerleştirilmiştir.
- 1964’de INTELSAT uluslararası telekomünikasyon uydu çalışma grubu Earlybird uydusunu yayınlanmıştır.
- 1968’de ARPANET, araştırmalarında kablosuz iletişim üzerine ilk savunma amaçlı gelişmeler yapılmıştır.

Amerika’da 29 Ekim 1969 tarihinde saat 22:30’da iki sunucu arasında gerçekleştirilen bağlantı sayesinde modern ağların ilk temelleri atılmıştır. Amerikan Savunma Bakanlığı’nın kurduğu bu sisteme ARPANET denilmektedir. İlerleyen süreçte bu bağlantıya üniversitelerin ve ticari kuruluşların da katılımıyla birçok bilgisayar merkezini kapsayan “İnternet” sistemine dönüşmüştür. Bundan dolayı Amerikan Savunma Bakanlığı ARPANET’ten ayrılarak MILITARY NET adını verdiği kendi askeri sitemini kurmuştur. 1971 yılında kurulan ALOHANET ağı ise kablosuz ağlar için milat kabul edilmektedir. ARPANET’ten ilham alan Hawaii Üniversitesi’ndeki bir grup araştırmacı tarafından kurulmuştur. Bunun sonucunda gelişmeler hızla devam etmiştir. 1973’te kısa temelli bant iletişimi (Ultra Wide Band, UWB) sağlanmıştır. 1979 Nordic

kablosuz Telefon Sistemi (NMT) kurulmuştur. 1981'de Global System for Mobile Communication (GSM)'in başlaması gerçekleşmiştir. 1982 American Advanced Mobile Phone System (AMPS) çalışmalarının başlaması gerçekleşmiştir. 1984'de CT-1 (Europe) kablosuz telefonlar için standartların belirlenmesi sağlanmıştır. 1991'de Digital European Cordless Telephony (DECT) kurulmuştur. 1994'de Ericsson ilk Bluetooth'u tanıtmıştır. 1996'de High Performance Radio Local Area Network (HiperLAN) yayınlanmıştır. 1997'de Wireless LAN standardı IEEE 802.11 Legacy sürümü yayınlanmıştır. 1998'de Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) IMT-2000 önerisi sunulmuştur. 1998'de Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba farklı protokoller kullanan aygıtların sorunlarını engellemek için tek bir platformda birleşmiştir. 2000'de yüksek veri iletim hızları ile GPRS denemeleri yapılmıştır. WEP (Wired Equivalent Privacy) şifrelemesi kırılmıştır.

Türkiye'de internetin kullanımı ilk olarak Nisan 1993 tarihinde Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ)'de başlamış zaman ilerledikçe de kullanımı birçok akademik kuruluş ve çeşitli birimlere ulaşmıştır.

2.5. Kablosuz Ağların Avantajları

Kablosuz iletişim sistemlerinin çok çeşitli olduğu bilinmektedir. Günümüzde kablolu ağların kullanılabildiği tüm ortamlarda kablosuz ağ teknolojilerinden faydalanmak mümkündür. Hatta öyle ki gelişen teknoloji ile kablolu bağlantıya bağımlı kalmadan verimlilik ve üretkenliği arttırarak kablosuz erişimin sağlanması kaçınılmazdır. Potansiyel olarak kablolu ağların bulunduğu tüm noktalarda kablosuz ağ bağlantısı yapılması önerilebilir. Esneklik, sağlamlık, maliyet, iletişim hızı, kolay kurulum, zamandan tasarruf, hattan düşme sorunu olmaması, mobilite, ölçeklenebilirlik, verimlilik ve güvenlik kablosuz ağ bağlantıları için avantajlı özelliklerden birkaçıdır.

Uzak mesafeler için ağın genişletilmesi, kablolu bağlantı için ek masraf doğurmaktadır. Ethernet kabloları maksimum 100 metre kablo boyu ile sınırlandırılmıştır. Bu mesafeyi aşan durumlarda araya Repeater denilen yenileyici, Hub denilen dağıtıcı ya da Switch adı verilen anahtar konulmalıdır. Alternatif seçenek olarak fiber optik kablolama mevcuttur. Fiber çözümler için mesafe yine sınırlıdır. Kurulum zorluğu ve maliyeti

düşünüldüğünde özellikle yüksek hıza (1 Gbps gibi) ihtiyaç yoksa bu seçenek tercih edilmemektedir. Yukarıda bahsedilen sorunlar kablosuz bağlantı kurulumu sağlandığında, ilgili ayarlamaların yapılması ile ortadan kalkmaktadır. Hata giderici algoritmaların oluşturulması sayesinde haberleşme güvenilir olmaktadır.

Kullanılacak olan ağda gerekli güvenlik tanımı yapılması ile kablosuz ağlardaki güvenlik düzeyi arttırılabilmektedir. İş segmenti, taşınan verinin niteliği ve büyüklüğüne göre çeşitli güvenlik parametreleri mevcuttur. Bunlardan birkaçı:

- Statik veya dinamik IP ile WEP (Wired Equivalent Privacy) şifreleme
- Kimlik sorgulama amaçlı EAP (Extensible Authentication Protocol) türevlerinin kullanımı
- Bölgeden bölgeye VPN
- Wifi Korumalı Erişim 2 (WPA2) / 802.11i
- Wifi Korumalı Erişim (Wifi Protected Access, WPA)
- 802.1x Ağ Kimlik Denetimi
- SSID Yayını Devre Dışı Bırakma
- MAC Adresi Kimlik Denetimi

İhtiyaca göre doğru şekilde belirlenecek olan güvenlik parametresiyle soru işaretleri ortadan kalkmaktadır.

Kablosuz ağlarda güvenlik, üzerinde en çok durulması gereken unsurlardan birisidir. Radyo frekans dalgalarının havadan iletilmesi, istenmeyen kişilerce izlenebilme ve takip edilebilme imkânı sağlar. 802.11x ailesi standartlarında, kablolu ağ düzeyinde fiziksel koruma imkânı sağlanabilmesi için çeşitli güvenlik mekanizmaları önerilmiştir. Buradaki amaç, kablolu ağların fiziksel anlamda doğal olarak sağladığı mahremiyeti sağlamaktır. Diğer taraftan bina/oda duvarları sinyal kalitesini düşürmektedir. Projede avantajlar ve dezavantajlar göz önüne alınmış, ilave olarak günümüz teknolojisinde yaygınlaştığı da düşünülerek kablosuz IEEE 802.11 ağının kullanımına karar verilmiştir.

2.6. Arabirim Cihazının Erişim Güvenliği

Ağ ynetiminde karşılaşılan sorunlardan birisi, guvenilmeyen bir ağdaki uygulamalar arasında gonderilen verileri guvence altına almaktır. Sunucular ve istemcileri dogrulamak, yetkili taraflar arasındaki verileri şifrelemek için bazı guvenlik erişim protokolleri kullanılmaktadır.

SSL, World Wide Web (WWW) üzerinden yapılan işlemleri guvenli hale getirmek için 1994 yılında Netscape Communications Corporation tarafından geliştirilmiştir. Kısa bir süre sonra IETF (Internet Engineering Task Force), aynı işlevselliği sağlayan standart bir protokol geliştirmeye çalışmıştır. TLS protokolü haline gelen bu çalışmanın temeli SSL'ye dayanmaktadır. TLS/SSL, web tarayıcıları ve web sunucuları arasındaki internet işlemleri için guvenli HTTPS sağlayan protokoller olarak kabul edilmiştir. TLS/SSL, Dosya Aktarım Protokolü (FTP), Basit Dizin Erişim Protokolü (LDAP), Basit Posta Aktarım Protokolü (SMTP) gibi üst seviye protokolleri içermektedir.

SSL (Secure Socket Layer), guvenli giriş katmanı anlamına gelmektedir. İnternet bağlantısının guvenliğini sağlamak ve kullanıcının kişisel bilgileri dâhil olmak üzere aktarılan bilgilerin okunmasını/değiştirilmesini engellemek için kullanılır. Diğer bir tanımla; iki sistem arasında gonderilen verilerin guvenliğini sağlayan teknolojidir. Örneğ olarak bir sunucu bir istemci (alışveriş sitesi-tarayıcı) veya sunucu-sunucu (bordro bilgilerine sahip bir uygulama) arasında kullanılan bilgi paylaşımı gosterilebilir.

Guvenliği sağlarken kullanıcı ile siteler arasında veya iki sistem arasında aktarılan verilerin okunmaması, şifreleme algoritmaları kullanılarak sağlanır. TLS/SSL protokolü, Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigator, Microsoft Windows, UNIX, Novell, Apache (sürüm 1.3 ve sonrası), Netscape Enterprise Server vb. işletim sistemleri olmak üzere birçok web tarayıcısında çalışır.

TLS (Transport Layer Security), taşıma katmanı guvenliği anlamına gelmektedir. SSL'nin daha guvenli ve güncellenmiş bir sürümüdür. WWW gibi ağlar üzerinden sunucu dogrulama, istemci kimlik dogrulama, veri şifreleme, veri bütünlüğü, mesaj gizliliği ve bütünlük vb. özellikleri sağlamaktadır (Microsoft, 2011). Örneğin TLS/SSL protokolü, bir e-ticaret sitesinde, kimliği dogrulanmış web sitesinde, uzaktan

erişimlerde, SQL (Structured Query Language, Yapılandırılmış Sorgu Dili) erişiminde, E-mail’de kullanılır.

AES (Advanced Encryption Standard), bir şifreleme tekniğidir. Aynı zamanda “altın standart şifreleme tekniği” olarak bilinmektedir. Simetrik anahtar şifrelemesini kullanır. ABD hükümetinin, çok gizli bilgileri korumak için seçtiği simgesel bir şifreleme tekniğidir. 5 yıllık inceleme sonrasında 2001 yılında standardlaştırılmıştır. FIPS (Federal Information Processing Standard) tarafından sertifikalıdır. 128, 192 ve 256 bit anahtar uzunluğuna sahip çeşitleri mevcuttur (Kangas, 2015). Güvenlik bilincine sahip olan birçok kuruluş tarafından, çalışanların AES-256 bit kullanılması öngörülmektedir. Hassas verilerin şifrenmesi için tüm dünyadaki yazılım ve donanıma uygulanmaktadır (Rouse, 2017). Tablo 2.1 incelendiğinde bazı güvenlik mekanizmalarının sınıflandırması görülecektir.

Tablo 2.1. Güvenlik mekanizmalarından bazılarının sınıflandırılması(SlidePlayer, 2017)

Uygulamalar	Protokol	Kriptografi
Web, E-Posta, herhangi bir uygulama kullanımı ve güvenlik mekanizması	SSL, TLS, IPsec	Algoritma: Simetrik, Asimetrik (Şifreleme, DES, AES)

HTTPS (Hyper Text Transfer Protocol Secure), güvenli metin aktarım protokolü olarak tanımlanır. Bir web sitesi, SSL sertifikası ile güvence altına alındığında URL kısmında HTTPS görülmektedir.

Yetkisiz erişime karşı korunmak için yönlendiricinin güvenliğini ayarlamak gerekmektedir. Güvenlik seçenekleri, kablosuz ağın güvenliğini sağlamak ve korumak için yönlendiriciye yerleşiktir. Kullanılmak istenen güvenlik derecesine bağlı olarak bir ağın güvenlik önlemlerini ayarlamak için temelde üç seçenek mevcuttur:

- Yöneticide WEP veya WPA/WPA2 kablosuz güvenlik şifresini etkinleştirmek
- Kablosuz MAC filtresini etkinleştirmek
- Yöneticinin SSID yayını devre dışı bırakmak

Kablosuz ağlardaki güvenliği sağlamak için geliştirilen çeşitli güvenlik teknolojileri mevcuttur. Değişik standartlara ve geliştirilmiş özelliklere sahip farklı kablosuz güvenlik teknolojileri aşağıda kısaca incelenmiştir.

Wired Equivalent Protocol (WEP), kablosuz şebekeye gizlilik sağlar. Wifi için sunulan ilk güvenlik önlemidir (Wekhande, 2006). Eski bir yöntemdir ve Wireless Distribution System (WDS) kablosuz dağıtım sistemini desteklediği için geriye dönük uyumlu olarak kullanılmaktadır. WEP, 1999'da onaylanan IEEE 802.11 standardının bir parçasıdır. RC4 (Rivest Cipher 4) şifreleme algoritması kullanılır (Altun, 2011). Bazı zayıflıkların tespit edilmesi üzerine 2003'te yerini WPA'ya ve 2004 yılına gelindiğinde ise IEEE 802.11i standardı yani WPA2 olarak bilinen protokole yerini bırakmıştır. Şekil 2.4'te WEP kimlik doğrulaması görülmektedir.

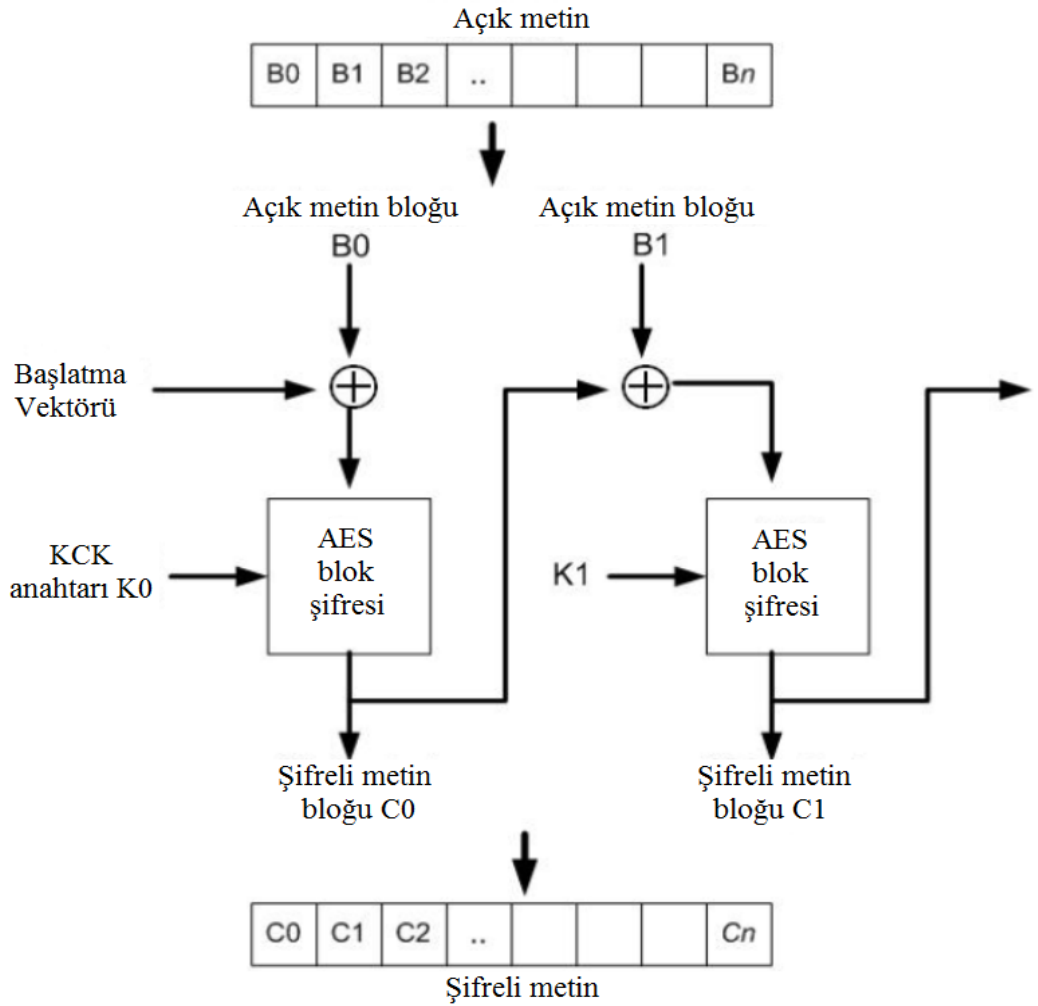


Şekil 2.4. WEP kimlik doğrulama

Wifi Protected Access (WPA), doğada dinamik olan bir kablosuz güvenlik türüdür. İki kablosuz aygıt arasında aktarılan verileri şifrelemek için kullanılan yöntemdir. Radyo dalgaları üzerinden bir cihazdan diğerine gönderilen verileri şifreler ve kimlik doğrulama protokolleri yoluyla ağa erişimi denetler. Yüksek düzeyde güvence sağlayan ilk nesil gelişmiş kablosuz güvenlik türüdür. Temelde WEP ile benzerdir. RC4 şifreleme algoritması içindeki boşluklar doldurulmuş ve birkaç yapısal değişikliğe gidilmiştir. Paket bütünlüğünün kontrol edilmesi 64 bitlik bir MIC (Message Integrity Code) sistem ile sağlanır (Baycan, 2017). Şekil 2.5'te nasıl hesaplandığı görülmektedir (Al Naamany vd., 2006). WPA-Personal ve WPA-Enterprise olmak üzere iki sürümü vardır. WPA-

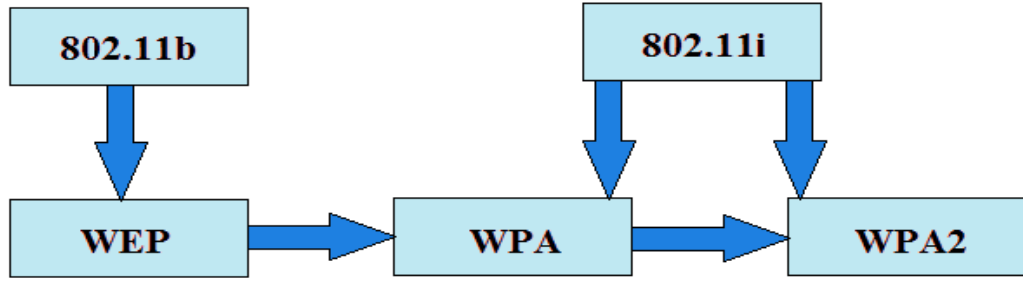
Personal, kurulum şifresi kullanarak yetkisiz şebeke erişimlerine karşı ağı korur. Küçük ofisler veya ev bilgisayarları için uygundur. WPA-Enterprise, büyük şirketler veya işletme kuruluşları içindir.

WPA, kablosuz ağın gizliliğini ve kurumsal güvenliğini sağlamak için 128 bit şifreleme anahtarını kullanır. Her bir kullanıcıya farklı anahtarlar dağıtan 802.1x kimlik doğrulama sunucusu ile birlikte kullanılmak üzere tasarlanmıştır (Wekhande, 2006). Donanım değişikliğine gidilmeden sürücü ya da firmware güncellenmesi yapılarak kullanılması mümkündür.



Şekil 2.5. MIC'in blok şifre kullanarak CBC-MAC AES tabanlı hesaplanması

Wifi Protected Access 2 (WPA2), WPA'nın gelişmiş sürümüdür ve farklı bir standart kullanmaktadır. Counter Mode Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol (Counter Mode-CBC MAC protokol), Advanced Encryption Standard (AES), Pre-Shared Key (PSK) protokollerini kullanılır. Verilerin şifrelenmesine yardımcı olmak için bir anahtar veya benzersiz bir şifre kullanılır. Şekil 2.6'ya bakıldığında 802.11x ile diğer güvenlik protokolleri arasındaki ilişki hakkında fikir verilmektedir.



Şekil 2.6. 802.11x ile WEP, WPA, WPA2 Arasındaki ilişki (Lehembre, 2005)

Temporal Key Integrity Protocol (TKIP), WEP'in yerini almış güçlü bir şifreleme sistemidir. WPA, TKIP'ı desteklemektedir. TKIP, sistem kullanıldığında anahtarları dinamik olarak değiştirmektedir. 2009'dan itibaren TKIP yerini CCMP şifreleme algoritmasına bırakmıştır (Acrylic WiFi, 2017).

Counter Cipher Mode with Block (CCMP), kablosuz ağlarda kullanılan bir güvenlik standardıdır. Kimlik doğrulama, erişim kontrol mekanizması, veri gizliliği gibi yeniliklerin geldiği şifreleme tekniğidir. WPA2 kablosuz ağlarında kullanılır.

Media Access Control (MAC Filter), izin verilen kablosuz cihazların kullanılan kablosuz ağa erişmesine olanak tanır. Tasarlanan "arabirim"e hangi cihazların erişip hangilerinin erişemeyeceği bu yöntem ile sınırlandırılmaktadır. Kablosuz ağ güvenliğini bir seviye daha arttırmaya yardımcı olur. Haberleşmesi sağlanacak kullanıcıların MAC adresleri bir sunucuda (Remote Authentication Dial-In User Service, RADIUS) tutulmaktadır.

Service Set Identifier (SSID), kablosuz ağ korumanın ilk adımıdır. AP'ler tarafından yayılan bir ağ tanımlayıcı numarasıdır. SSID numarası bilinmeden STA'ların ağa

erişimi mümkün değildir. İyi gibi görünen bu özelliğin AP'ler tarafından yayımlanıyor olması bir sorundur. Yetkili olmayan istasyonlar, bir WLAN'ın SSID'sini yakalayabilir ve bunu ağa erişmek için kullanabilir. Çünkü bir AP'de SSID Broadcast açıksa yaklaşık olarak saniye başına 10 kez olmak üzere yayın yaptığı kanalda kendisinin orada bulunduğunu belirten sinyaller gönderir (Mavituna, 2005). Güvenliği arttırmak için kullanıcılara SSID değerinin sık sık değiştirmesi ve SSID yayını durdurması önerilmektedir. SSID Yayınının gizlenmesi ile AP'lerin SSID Broadcast ile nerede olduklarını her kanaldan duyurmasının önüne geçilecektir.

Tablo 2.2. Kablosuz Protokollerin Karşılaştırılması (Harmankaya vd.)

Tanım	WEP	WPA	WPA2
Kimlik Doğrulama	Zayıf Bir Yöntem	IEEE 802.1X/EAP/PSK	IEEE 802.1X/EAP/PSK
Algoritma	RC4	RC4	AES
Anahtar Boyutu	40/104 bit	128 bit	128 bit
Şifreleme Yöntemi	WEP	TKIP	CCMP
Kare Başına Anahtarlama	Yok	Var	Var
Vektör Başlatma (IV) Uzunluğu	24 bit	48 bit	48 bit
Veri Bütünlüğü	ICV	MIC	MIC

Tez kapsamında yapılan “arabirim” cihazında, kablosuz ağ yapılandırılırken Tablo 2.2’deki karşılaştırma kriterleri de göz önüne alınarak; WPA güvenlik modu ve TKIP şifreleme yöntemi kullanılmıştır. Sadece izin verilen kablosuz cihazların “arabirim” ağına bağlanabilmesi için MAC Filtresi kullanılmış olup maksimum güvenliğin sağlanması amaçlanmıştır.

2.7. Kablosuz Ağların Kısıtları

Kablosuz ağların kullanımı esnasında, iletişimde bazı istenmeyen durumlar mevcuttur. Bunlar; çokyol yayılması (multipath propagation), yayılma gecikmesi (delay spread), sınırlı batarya ömrü, radyo işaret girişimi, üretici farklılıklarından kaynaklanan uyumsuzluk, yol kaybı, ağ güvenliği, uygulama bağlantırlık problemleri vb. gibi (Baran, 2004). Kablosuz algılayıcı ağlar doğal koşullarda çalışacak şekilde tasarlanmıştır (Manoj, 2011). Bazen bu doğal koşullar, doğal felaketler, hayvan saldırıları, fırtınalar vb. dahil olmak üzere kontrolümüzün ötesinde olabilir. Dolayısıyla, fiziksel saldırılar meydana gelebilir.

WLAN tasarımı yaparken önem verilmesi gereken ana kriterlere bakıldığında; bant genişliği ihtiyacı, konumlandırma ve kullanıcı planlaması, kapsama alanı, ölçeklenebilirlik, güvenlik kriterleri ilk sıralarda yerini almaktadır. İhtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmesi planlanan WLAN sistemlerinde bu kriterlerin analizi iyi yapılmalı ve uygun teknolojiler seçilmelidir (Savaş, 2007).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde tez kapsamında geliştirilen uygulamanın tasarımı için kullanılacak teknolojiler ve bu teknolojilerin kullanılma nedenleri tanıtılmıştır.

3.1. IEEE 802.11 Standartları ve Tarihi Gelişimi

Gelişen teknoloji güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Kimlik doğrulama sorunları, internetle her şeye kolay ulaşılır olması, nesnelere katlı görevlerin yüklenmesi, bu durumu kötüye kullanmak isteyen yazılımcılar tarafından önemli bir unsurdur. Çalışmada bunlar düşünülerek, IoT alanında geliştirilmiş doğrulama prosedürleri olması gerektiği tespit edilmiştir.

Kablosuz ağların gelişmesi olumlu özelliklerin yanında bazı tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Örneğin birden çok saldırı tekniği kablosuz ağlara saldırmak için geliştirilmiştir. DoS (Denial of Service) atakları ve şifreleme anahtarlarını kırma bunlardan en önemlileridir. Karmaşık şifre mekanizmalarının, IoT sistemlerinin güvenlik açığına neden olan mevcut IoT teknolojileri ile uyumlu olmadığını belirtmişlerdir (Atzori vd., 2010). TV Series Homeland'ın 2012 sezonunda, Başkan Yardımcısı William Walden bir terörist tarafından öldürülmüştür. Teröristin saldırısı, kablosuz iletişim özelliğiyle kalp krizi geçirene kadar kalp atışlarını hızlandıran görsellikle olmuştur. Dizide verilen bu örnek, kalp piline karşı bir saldırının olası sonuçlarını göstermiştir. Saldırlara tedbir amaçlı olarak güvenlik politikaları geliştirilmesi ve şifreleme algoritmaları tasarlanmaktadır. Böylece açık kapatılmaya çalışılacaktır. Tüm bunlar ve daha fazlası düşünüldüğünde projede IEEE 802.11 protokolü kullanılarak olası tehlikelerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

AIEE (American Institute of Electrical Engineers), IEEE (Institute Of Electrical And Electronical Engineers) ve IRE (Institute of Radio Engineers) topluluklarının birleşmesiyle 1963 yılında resmen kurulmuştur. 802.x adı altında kurdukları standart komitesi, kendi içinde 802.1'den başlayıp 802.17'ye kadar ilerleyen çeşitli gruplara ayrılarak iş yükünü paylaşmıştır. Bilinen çalışma gruplarından birkaçı şöyledir:

- 802.1, Güvenlik ve Diğer Konulardan Sorumlu Çalışma Grubu
- 802.3, Ethernet Çalışma Grubu
- 802.11, Kablosuz Yerel Ağları Çalışma Grubu
- 802.15, Kablosuz Kişisel Alan Ağları Çalışma Grubu

İlk olarak 1997 yılında IEEE grubu tarafından ortaya çıkan WLAN standardı oluşturulmuştur. Gelişimini denetlemek için IEEE 802.11 (kablosuz Ethernet) adını verdikleri protokol, 2 Mbps veri hızına sahip maksimum ağ bant genişliğini desteklemektedir. Ne yazık ki, çoğu uygulama için çok yavaştır. Bundan 2 yıl sonra farklı frekans bant kullanımı, yüksek veri hızı ile güvenlik özellikleri içeren 802.11b standardı oluşturulmuştur. Radyo sinyal frekansı 2.4 GHz'dir. Satıcılar genellikle üretim maliyetlerini düşürmek için bu frekansları kullanmayı tercih etmektedirler.

802.11b geliştirilirken IEEE 802.11a olarak adlandırıldığı, temel alınan 802.11 standardına ikinci bir uzantı oluşturmuştur. 802.11b, 802.11a'ya göre çok daha popülerlik kazanmıştır. Yüksek maliyeti nedeniyle 802.11a genelde iş ağlarında kullanılırken, 802.11b ev ağlarında sıkça bulunmakta, böylelikle halkın kullanımında aktif olduğu ev/kişisel ağ pazarlarına hizmet etmektedir. Maksimum hızı sunan 802.11a standardı diğer cihazlardan gelen parazit girişimlerini engellemektedir. Yüksek frekans özelliği şebeke aralığını kısaltmakta, kısa menzilli sinyal aralığı anlamına gelmektedir. Aynı tekniği kullanmış olsalar dahi farklı frekanslarda olmaları nedeniyle fiziksel yapıları birbirlerini desteklememektedir. Bazı firmalar 802.11a/b ağ sunmaktadır ancak bu ürünler sadece iki standardı yan yana kullanmaya olanak tanır.

2002 ve 2003 yıllarına gelindiğinde 802.11b standardındaki cihazlarla haberleşmeyi sağlayabilen 802.11g standardını destekleyen WLAN ürünleri piyasaya çıkmıştır. Çeşitli şirketler, danışmanlar ve akademik kurumlar dahil olmak üzere 100'den fazla üyesi bulunan grup tarafından geliştirilmiştir. Bu standart 802.11a ve 802.11b'nin en iyi özelliklerini birleştirmeyi amaçlamıştır. Düşük frekansta, kapsama alanı daha geniştir. Aynı frekansta çalıştıkları için donanımsal olarak 802.11b ile birbirlerini destekler niteliktedirler. 802.11b/g kullanılması, cihazlar arasında geriye dönük uyumu sağlamaktadır.

2007 yılının Mart ayında IEEE 802.11g standardından tam 10 kat daha hızlı olması planlanan 802.11n standardının Draft 2.0 versiyonu yayınlanmıştır. 2009 yılında 802.11n standardı onaylanmıştır. 802.11n standardı, “Kablosuz N” olarak da anılmaktadır. MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) adı verilen, birden çok kablosuz sinyal ve anten kullanarak desteklenen bant genişliğini arttıran teknoloji kullanılmıştır. Ayrıca Uzaysal Çoğullama (Spatial Multiplexing), Hüzme Oluşturma (Beamforming), Uzaysal Filtreleme (Spatial Filtering) gibi teknikler kullanılmıştır. Kullanımı geriye dönük uyumludur. Önceki standartlara kıyasla en hızlı maksimum hızı ve en iyi sinyal aralığını sunmaktadır. Dışarıdan gelen parazitlere karşı daha dirençlidir. Çoklu sinyaller kullanması, yakınlardaki 802.11b/g tabanlı şebekelere müdahale etmesine neden olabilmektedir.

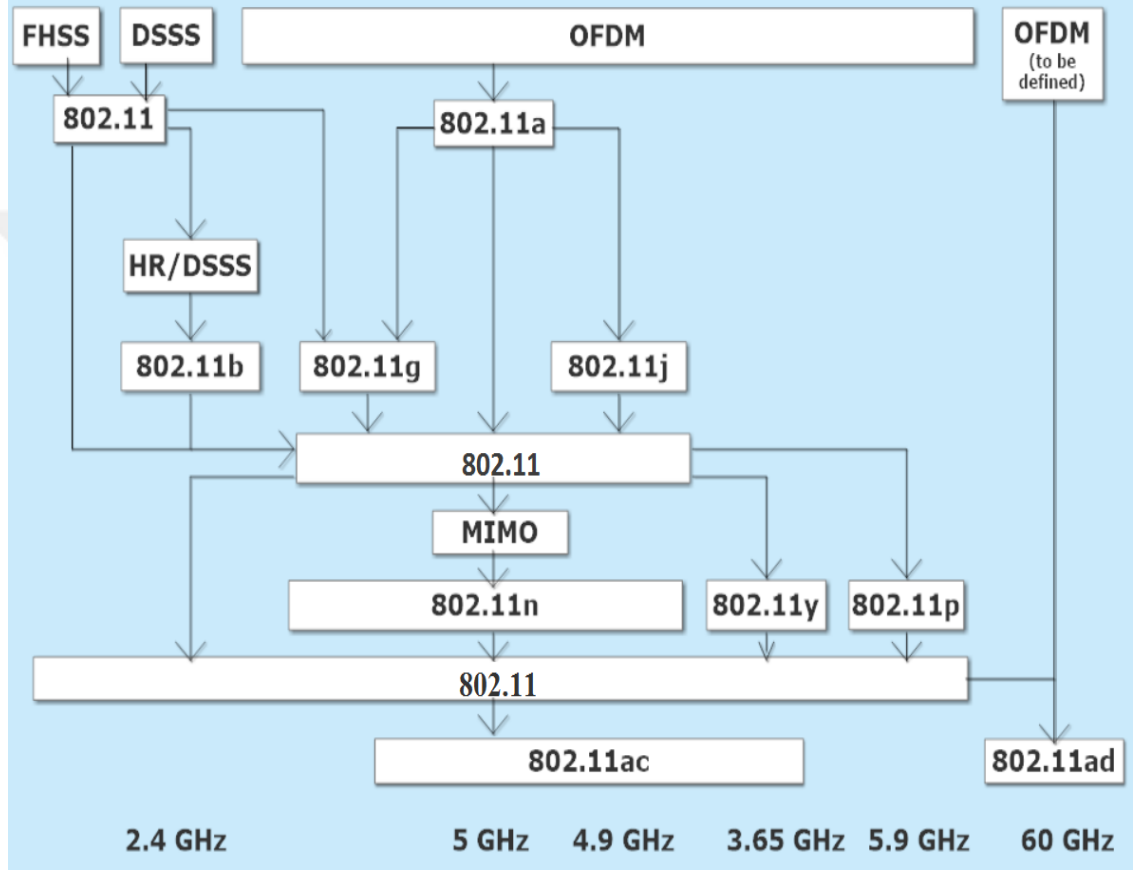
Bütün gelişmeler kablosuz ağlardaki veri transfer hızının, kablolu ağlardaki özellikle de Gigabit Ethernet’in veri transfer hızına ulaşmasına yetmemiştir (Kurt vd., 2017) ve yeni nesil Wifi sinyalleşmesi olan 802.11ac 2013 yılında IEEE tarafından geliştirilmiştir. Bu standart Wifi bantlarında eş zamanlı bağlantıları destekleyen çift bantlı kablosuz teknolojiyi kullanmaktadır. 802.11b/g/n’ye geriye dönük uyumludur. 5 GHz bandında 1300 Mbps’e kadar ve 2.4 GHz bandında 450 Mbps’e kadar bant genişliği dereceleri sunmaktadır. Ayrıca veri aktarım hızı uygun altyapı sağlandığında 7 Gbps’e çıkmaktadır. 802.11ac standartına paralel olarak 802.11ad denilen başka bir standart WiGig (Wireless Gigabit Alliance), Alliance grubu tarafından geliştirilmiştir. Video, ses gibi verilerin aktarımı için önemli bir gelişmedir. 60 GHz bandında 7 Gbps veri transfer hızına sahiptir. En yeni nesil teknolojiyi IEEE 2019 yılında yayınlamayı planlamaktadır: 802.11ax. 802.11ax isimli yeni standartın, 802.11ac’ye göre 4 kat daha hızlı veri transferi gerçekleştireceği düşünülmektedir.

3.2. IEEE 802.11 Standartlarının Teknik Özellikleri

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)’nin belirlediği kablosuz ağların birbiri ile haberleşmesini sorunsuz sağlamak amacıyla geliştirilen çeşitli standartlar bulunmaktadır. Bu standartların tarihi gelişimine bir önceki başlık altında değinilmiştir. Genel olarak IEEE 802.11x ailesi denilmektedir. Günümüz teknolojisinde sıkça

kullanılan, her biri çok özel amaçlara hizmet eden Wifi teknoloji uzantılarının teknik özellikleri aşağıda kısaca incelenmiştir.

Kablosuz ağ standartları gelişimi, günümüzde hızla devam etmektedir. 802.11 ailesinin kullandığı modülasyon teknolojileri ve ISM (Industrial Scientific Medical) bantlarındaki değişimler Şekil 3.1’den görülmektedir.



Şekil 3.1. 802.11 ailesi fiziksel katman değişimleri (Kurt vd., 2017)

IEEE 802.11a, IEEE 802.11b'nin umut verici bir evrimidir (Zahariadis, 2004). 802.11b ile benzer özellik gösterirler. 802.11b ile hemen hemen aynı olan bir MAC protokolünü kullanılır. Fakat 802.11a, aynı mesafeler için kıyaslandığında (yaklaşık mesafeler) 54 Mbps'e kadar kablosuz veri hızı sağlamaktadır. Daha az parazit içeren 5 GHz Frekans aralığını kullanır. Fakat 5 GHz frekans bandı dünya çapında kullanılamaz. Örneğin Japonya, kanalların yarısını içeren daha küçük bir bandın kullanımına izin vermektedir.

IEEE 802.11b, veri hızını arttırmak için Complementary Code Keying (CCK) olarak adlandırılan gelişmiş bir kodlama tekniğini kullanır. Bu teknik gürültü ve parazit varlığında bile alıcı tarafından ayırt edilebilen, 8 bit uzunluğunda 64 koddan oluşmaktadır. 5 Mbps veri hızını elde etmek için taşıyıcı başına 4 bit kod ve 11 Mbps'e ulaşması için de 8 bit kod gönderir.

IEEE 802.11c, kablosuz erişim noktaları (AP, Access Point) arasında köprü bağlantılarının çalışmasını içermektedir (802.1d'ye taşınmıştır).

IEEE 802.11d, kablosuz sinyallerdeki kullanıma ilişkin düzenlemelerini ve dünya çapında frekans uyumunu incelemektedir (2001).

IEEE 802.11e, ses, veri ve görüntü iletişimindeki hizmet kalitesini (Quality of Service, QoS) geliştirmektedir.

IEEE 802.11f, erişim noktaları arasındaki iletişim protokolünün belirlenmesini sağlamaktadır (2003). Kullanıcılara ağ içindeki farklı access pointlere erişim imkanı sunmaktadır.

IEEE 802.11g, 802.11b'nin önemli bir uzantısıdır. Yüksek veri hızına ulaşmaları mümkündür. Dünya çapında mevcut olan 2.4 GHz frekans bandında çalışmaktadır.

IEEE 802.11h, iletim gücünü ve radyo kanalı seçimi üzerindeki kontrolü arttırmayı amaçlamaktayan 802.11a'nın gelişmiş versiyonudur.

IEEE 802.11i, güvenli WLAN kullanımı için düşünülmüştür. Gelişmiş bir şifreleme sistemi olan Wired Equivalent Privacy Temporary Key Integrity Protocol (WEP TKIP)'e dayanmaktadır. Kablosuz ağlar için geliştirilen güvenlik algoritmalarını, şifreleme standartını tamamen değiştirmektedir. MAC katmanında çalışır.

IEEE 802.11j, Japonya'da 5 GHz sinyalini desteklemek için yapılan gelişmeleri içermektedir.

IEEE 802.11k, WLAN sistem yönetimini içermektedir.

802.11m, 802.11 ailesindeki belgelerin bakımı görevini üstlenmiştir.

IEEE 802.11n, MIMO (Multiple Input Multiple Output, Çoklu Giriş Çoklu Çıkış) teknolojisini kullanan veri aktarım hızı ve kapsama alanı oldukça arttırılan bir standarttır.

IEEE 802.11p, araç ortamı için kablosuz erişim çalışmalarını içermektedir.

IEEE 802.11r, temel servis seti geçişleri yoluyla hızlı dolaşım desteği çalışmalarını içermektedir.

IEEE 802.11s, erişim noktaları için örgü ağı çalışmalarına dayanır.

IEEE 802.11t, kablosuz performans tahminleri, standartları ve metrikleri test etmek için öneriler içermektedir.

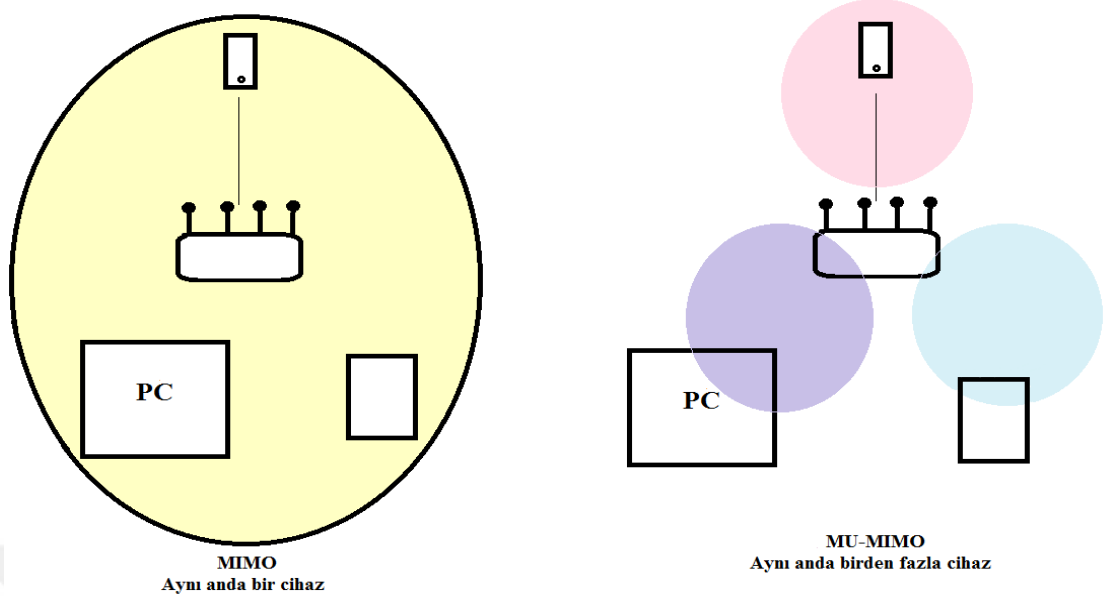
IEEE 802.11u, 3G/hücreli ve diğer harici ağ formlarıyla bağlantı kurma çalışmalarını içerir.

IEEE 802.11v, kablosuz ağ yönetimi/cihaz yapılandırması çalışmalarını içerir.

IEEE 802.11w, korumalı yönetim çerçeveleri güvenlik geliştirmesi ve 802.11y, girişimden kaçınma için müdahale tabanlı protokol çalışmalarını içermektedir (Mitchell, 2017).

IEEE 802.11y, çıkış gücü yükseltilmiş olan Haziran 2008'de yayınlanmış bir standarttır. 3.7 GHz ISM bandında veri akışı sağlar. Bina içi 50 metre, bina dışı 5 kilometre kapsama alanına sahiptir.

IEEE 802.11ac, yeni nesil Wifi haberleşme standartıdır. 2014 Ocak ayında yayınlanmıştır. Wifi bağlantılarında eş zamanlı olarak çift bantlı kablosuz teknolojiyi desteklemektedir. Wifi ağlarında erişilebilir veri aktarım hızlarını yaklaşık 1 Gbps'e kadar yükseltmek için geliştirildi ve teorikte yaklaşık 7 Gbps'ye kadar hızla veri aktarması mümkündür. Uzaysal akış (Spatial Stream) ve MIMO'nun geliştirilmiş versiyonu olan MU-MIMO (Multi User–Multiple Input Multiple Output) teknolojileri kullanılmıştır. MU-MIMO teknolojisi ile aynı kanal üzerinde aynı anda dört istemciye veri gönderimi yapılabilmektedir fakat MIMO ile aynı anda tek istemci cevap alabilmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. MIMO ve MU-MIMO teknolojileri arasındaki temel fark

IEEE 802.11ad, 2012 Aralık ayında yayınlanmıştır. 60 GHz'e kadar frekanslarda çok yüksek verim sağlayan kablosuz ağ taşıyıcısıdır. MAC (Medium Access Control) ve PHY (Physical Layer) katmanlarını bünyesinde tanımlar. 7 Gbps'e kadar veri iletim hızını desteklemektedir.

IEEE 802.11af, genellikle White-Fi olarak da bilinir. TV spektrumundaki beyaz alanlarda Wifi teknolojisinin kullanımını tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

802.11ah, Her Nesnenin İnterneti için uzun menzilli iletişim ve destek sağlamak amacıyla 1 GHz'in altında lisanssız bir spektrum kullanır.

IEEE 802.11ax standardı 2014 yılına kabul edilmiştir. 2016 yılında taslak haline gelen standartın 2019 yılında piyasaya girmesi beklenmektedir. 10 Gbps'in üzerinde veri iletim hızına ulaşmaktadır (Lendino, 2015). Önceki standartlarda kullanılan OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Dikey Frekans Bölüşümlü Çoğullama) teknolojisinin gelişmiş sürümü olan OFDMA ile MIMO-OFDA birleştirilmiştir. Bunun dışında başka gelişmiş teknolojiler de görülmektedir: STR (Simultaneous Transmit/Receive), Downlink and Uplink OFDMA, Uplink MU-MIMO, Dynamic CCA bunlardan birkaçıdır (Gong vd., 2014).

WiMax, Wifi'den ayrı olarak geliştirilmiştir. Kablosuz yerel alan ağlarına kıyasla uzun menzilli ağlar (kilometre veya kilometreler boyunca) için tasarlanmıştır. WiMax (World Wide Interoperability for Microwave Access), coğrafi şartların uygun olmadığı, kablo kullanmadan, mobil kullanıcılara mekandan bağımsız olarak internet erişimini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. 2011 yılından itibaren Türkiye'de pilot uygulamaları mevcuttur.

HiperLAN (Yüksek Performanslı Radyo Yerel Ağı, High Performance Radio LAN), iki tiptir. HiperLAN1 ETSI (European Telecommunications Standards Institute) tarafından geliştirilmiş olup gerçek hayat kullanımına sunulmadan sonlandırılmıştır. HiperLAN2 ise Global Forum adı altında Nokia, Texas Instruments, Ericson, Telra, Dell, Bosh gibi firmalarının öncülüğünde geliştirilmiştir. Esnek bir radyo LAN standartıdır. 3G mobil çekirdek ağları, ATM ağları, Firewire, PPP, UMTS, IP tabanlı ağlar vb. çeşitli ağlarda yüksek hızlı erişim sağlamak için ETSI tarafından tasarlanmıştır. 5 GHz frekans bandında, 54 Mbps'e kadar veri hızıyla çalışabilmektedir.

HomeRF, küçük çaplı işyerleri ve ev ortamları için oluşturulmuş olan kablosuz teknolojidir. Ev Radio Frekans Çalışma Grubu (HomeRF WG13 Home Radio Frequency Working Group) tarafından 1998 yılında duyurulmuştur. FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, Frekans Atlamalı Geniş Spektrum) modülasyon tekniğini kullanan bu teknolojinin gelecekte veri iletişim hızının daha da artırılması planlanmaktadır. Üyelerinden bazıları; Compaq, Proxim, Intel, National Semiconductor, Siemens ve Motorola'dır.

Bluetooth (IEEE 802.15.1), 802.11 ailesinden farklı bir gelişim yolunu takip eden alternatif bir kablosuz ağ teknolojisidir. Taşınabilir cihazlar gibi çok düşük güçlü ağ cihazları için tasarlanmıştır ve bire bir haberleşmelerini sağlamaktadır. Düşük bant genişliğine ve kısa menzile sahiptir. Bluetooth donanımının düşük üretim maliyeti de endüstri üreticileri için caziptir. Fakat kısa mesafede kullanım, veri akışının yavaş olması nedenlerinden dolayı nadir olarak genel amaçlı WLAN ağlarında kullanılırlar.

ZigBee, sık kullanılmayan cihazlarda uzaktan kullanıma imkan tanıyan bir kablosuz ağ protokolüdür. Bu teknoloji Bluetooth ve IEEE 802.11b standartlarına göre daha

yavaştır. Philips, Alliance, Mitsubishi Electric, Iyensys, Motorola ve Honeywell gibi 200 civarı firmadan oluşmaktadır.

Cihazların desteklediği kablosuz yerel alan ağı (Wireless Local Area Network, WLAN) standartlarından bazılarının fiziksel katmanları Tablo 3.1’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1. Kablosuz ağ standartlarının karşılaştırılması

Kategori /Standart*	Maksimum Veri Oranı (Data Rate)	Frekans (Hz)	Mesafe (Yapıların İçinde)	Mesafe (Yapıların Dışında)
IEEE 802.11 (LAN, 1997)	2 Mbps	2.4 GHz	20 metre	100 metre
IEEE 802.11a (LAN, 1999)	54 Mbps	5 GHz	13 metre	100 metre
IEEE 802.11b (LAN, 1999)	11 Mbps	2.4 GHz	35 metre	110 metre
IEEE 802.11g (WIFI, 2003)	54 Mbps	2.4 GHz	35 metre	110 metre
IEEE 802.11n (2009)	300 Mbps	2.4 GHz 5.2 GHz	70 metre	250 metre
IEEE 802.16 (WMAN, 1998)	70 Mbps	10-66 GHz	1000 metre	50 000 metre
IEEE 802.16a (WMAN, 2000)	70 Mbps	2-11 GHz	1000 metre	Kilometreler
IEEE 802.11ac (2013)	1300 Mbps 450 Mbps	5 GHz 2.4 GHz	-	300 metre
HiperLAN1 (1996)	20 Mbps	5.2 GHz	25 metre	100 metre
HiperLAN2 (1999)	54 Mbps	5.2 GHz	-	-
HomeRF (WPAN, 1998)	2 Mbps	2.4 GHz	1 metre	50 metre
Bluetooth (WPAN, 1994)	<3 Mbps	2.4 GHz	1 metre	10 metre
ZigBee (IEEE 802.15.4, 2005)	20 Kbps 40 Kbps 250 Kbps	868 MHz 915 MHz 2.4 GHz	10 metre	75 metre

*Bu tablodaki karşılaştırmalarda iee.org (2017) grubunun açıklamaları ile MEB Kablosuz Ağ Sistemleri modülü göz önüne alınmıştır.

3.3. TCP/IP Modeli

TCP (Transmission Control Protocol), bağlantı yönelimli bir protokol grubu örneğidir. Bağlantı sağlanan ağlar üzerinde çeşitli kuralları içeren bir protokoldür. Bu kuralllar çerçevesinde bağlantıyı kurabilme esasına dayanır. Veri alışverişi yapılmadan önce iki işlem arasında mantıksal bir bağlantı kurulması gerekir. Bağlantı, iletişimin yapıldığı süre boyunca devam ettirilmelidir. Süreç, sanal devre kurulmuş bir telefon çağrısı gibidir; veri gönderilmeden önce aranacak kişinin telefon numarası bilinmeli ve telefon cevaplanmalıdır. Bundan sonra veri gönderilmiş olmaktadır. Sürüm, istemci ve sunucu arasında üç yönlü bir el sıkışmasıyla sağlanır.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokolü, ağların yönetilmesine ve geliştirilebilmesine uygun bir protokoldür. Ağlar önceden belirlenmiş boyutlara sahip olan ve sistem yöneticileri tarafından her biri daha küçük alt ağlara bölünebilen üç sınıfa ayrılır. IP adresini iki parçaya bölmek için bir alt ağ maskesi kullanır. Bir bölüm ana bilgisayarı tanımlarken diğer kısım da ait olduğu şebekeyi tanımlar. Alt ağ maskelerinin ve IP adreslerinin nasıl çalıştığını daha iyi anlamak için bir IP (İnternet Protokolü) adresine bakılmalı ve bunun nasıl organize edildiği görülmelidir. Alt ağ maskesi, bir temel bilgisayarın yerel alt ağda mı yoksa uzak bir ağda mı olduğunu belirlemek için TCP/IP protokolü tarafından kullanılır (Microsoft, 2011).

3.4. İletişim Arabirimi

Kablosuz yerel alan ağlarında, iletişimin radyo dalgaları sayesinde gerçekleştiği ve tip cihaz olduğu ve bunların alıcı (receiver), verici (transmitter), alıcı-verici (trans-receiver) olduğu önceki bölümlerde anlatılmıştı. İletişim anlamındaki bu bilgilerin yanı sıra iletim yönünün de bilinmesi önem arz eder. Üç ayrılan iletim yönleri şöyledir:

- Tek Yönlü İletişim (Simplex): İletim yalnızca bir yönde gerçekleşiyorsa bu adı alır. Örneğin FM radyolar.

- Çift Yönlü Eş Zamansız İletişim (Yarı-Duplex, Half-Duplex): Çift yönlü iletim gerçekleşir. Eş zamanlı olarak tek tarafın gönderim yapabildiği sistemlerdir. Örneğin telsiz uygulamalar, 802.11g standardı (54 Mbps’de Yarı-Duplex iletim sağlar).
- Çift Yönlü Eş Zamanlı İletişim (Tam-Duplex, Full-Duplex): Çift yönlü iletim gerçekleşir. Eş zamanlı olarak hem alıcının hem de vericinin gönderim yapabildiği sistemlerdir. Örneğin telefonlar, telsizler, mikrodalga fırınlar. Bu iletişim sisteminin insanlara zarar vermediğinden bahsedilmektedir. Ayrıca birçok yerde (modemler, oyun kumandaları vb.) kullanıldığından şehir üzerine bağlantı noktaları oluşturularak araba, park, restoran gibi alanlarda kesintisiz bağlantıyı sağlamak için tercih edilirler (Önal, 2006).

Bir iletişim sisteminde verici ve alıcının sahip olması gereken özellikleri, tercih edilen iletişim teknolojisi belirler. Bu bakımdan önce, sistemde kullanılacak iletişim teknolojisi belirlenmelidir.

Yüksek lisans tezi kapsamında yapılması planlanan düşük güç tüketimi, yüksek güvenlik, uzun iletişim mesafesi, yaygın kullanım, diğer teknolojilerle uyumluluk önem arz etmektedir. Bu kapsamda kullanılacak küresel standartlardaki kablosuz ağ teknolojileri ve bu teknolojilerin bazı karar kriterleri açısından karşılaştırılmaları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. İletişim tablosu

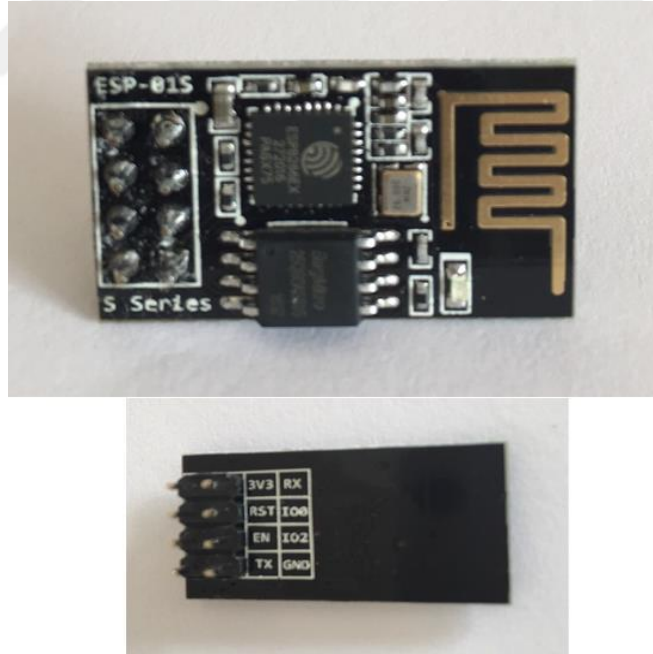
Standart	Bluetooth	Bluetooth Low Energy	Zigbee	Wifi
IEEE Tanımı	802.15.1	802.15.1	802.15.4	802.11
Maksimum İletim Hızı	1- 3 Mb/S 24 Mb/S	1 Mb/S	250 Kb/S	54 Mb/S
Kapsama Alanı (Metre)	1 - 10 +	50	1 – 100 +	100 +
Maksimum Aktif Ağ Noktası Sayısı	8	32 Bit Adresleme ile Milyonlarca	64000 +	255
Batarya Ömrü (Gün)	1 - 7	7 +	100 – 1000 +	1 - 5
Yaygınlaşma Oranı	Son Derece Yüksek	Yeni Fakat Hızla Yaygınlaşmakta	Yaygınlaşmakta	Son Derece Yüksek
Yonga Fiyatı*	3 \$	3 \$	4 \$	4 \$
Verici Özellikleri	Neredeyse Tüm Akıllı Telefonlar Desteklemektedir	IOS 5 ve Sonrası, Android4.3 ve Sonrası	Akıllı Telefonlara Donanımsal Eklenti Yapılmasıyla Mümkün	Neredeyse Tüm Akıllı Telefonlar ve Bilgisayarlar Desteklemektedir
Tercih Nedeni	Düşük Maliyet, Düşük Güç Tüketimi, Güvenli Bağlantı	Düşük Maliyet, Daha Düşük Güç Tüketimi, Güvenli Bağlantı	Düşük Maliyet, Düşük Güç Tüketimi, Yüksek Sayıda Ağ Noktası, Güvenli Bağlantı	Esneklik, Hız, Olgunlaşmış Standart, Gelişime Açık

*Karşılaştırma için [Aliexpress](#) (2017) satıcısından alınan fiyatlar verilmiştir.

Tablo incelendiğinde sonuç olarak görülecektir ki Wifi teknolojisi karar kriterleri açısından tez kapsamında geliştirilecek “arabirim”e en uygun alternatiftir. Bununla birlikte geliştirilecek “arabirim” modüler bir yapıda olup, diğer ağlarda (Bluetooth, Zigbee, Wi-MAX vb.) basit değişikliklerle kullanılabilir.

3.5. ESP8266 Modülü

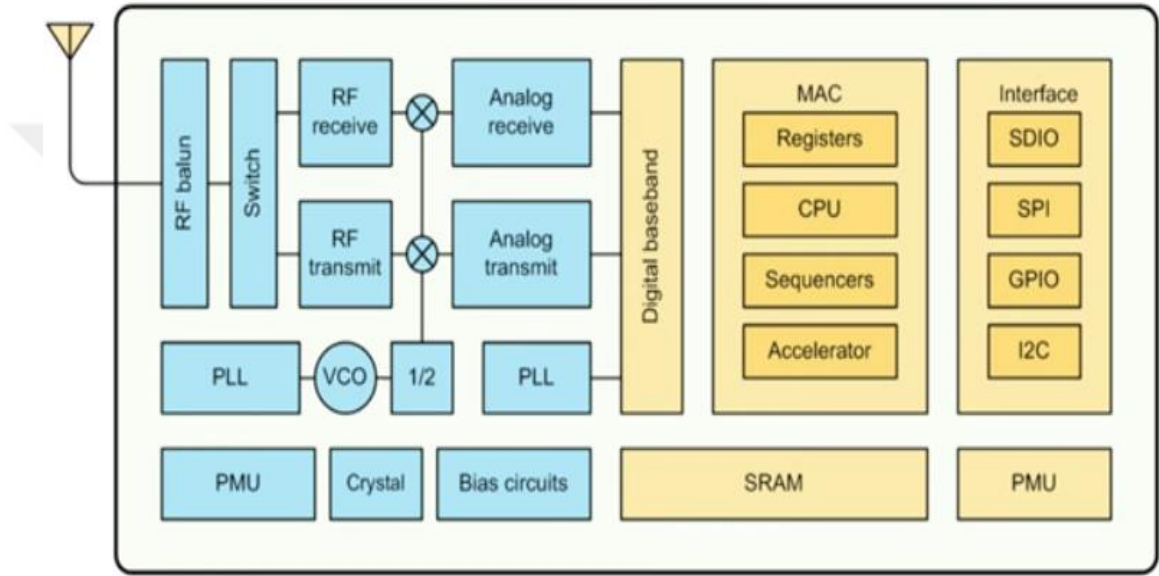
Tezin uygulanması kapsamında, hâlihazırda piyasada yaygın şekilde kullanılan Espressif Systems Firmasının ürettiği ESP8266-01 modülü kullanılmıştır (Espressif Systems, 2013). ESP8266 kendi başına bir uygulamada kullanılabileceği gibi başka nesnelerin kablosuz olarak internete bağlanmasını da sağlamaktadır. Kablosuz bir şekilde IEEE 802.11 b/g/n/ac ağına bağlantı sağlayan bu modül, lokal noktada seri haberleşme gerçekleştirmektedir. Şekil 3.3’te görüntüsü verilen bu cihaz IoT uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Bunun en temel nedenleri fonksiyonelliği, maliyeti ve kolay kullanımındır.



Şekil 3.3. ESP8266-01 modülü

Wifi uygulaması yanında mikrodenetleyici (düşük güçlü, 32-bit) olarak da kullanılabilir giriş/çıkış ayakları ve çeşitli alt seviye iletişim yollarını bünyesinde barındırmaktadır (Şekil 3.4). Kapalı alanda 10 ile 100 metre arasında erişim kapasitesine

sahiptir. Bu mesafe arttırılabilmektedir. Dahili 10-bit DAC (Digital to Analog Converters), SPI flash, IR uzaktan kontrol, entegre TCP/IP protokol yığını, SDIO, PWM, standart I/O pinleri, UART, 12C haberleşme desteği bazı donanımsal özellikleridir. Bunların yanında çeşitli alt seviye iletişim yolları da mevcuttur. Çok özelliğinin olması, uygulama açısından sunduğu imkanları arttırmaktadır. Küçük bir entegre üstünde, mikrodenetleyici ve Wifi platformlarını bir araya getiren bu modülün çeşitleri bulunmaktadır.

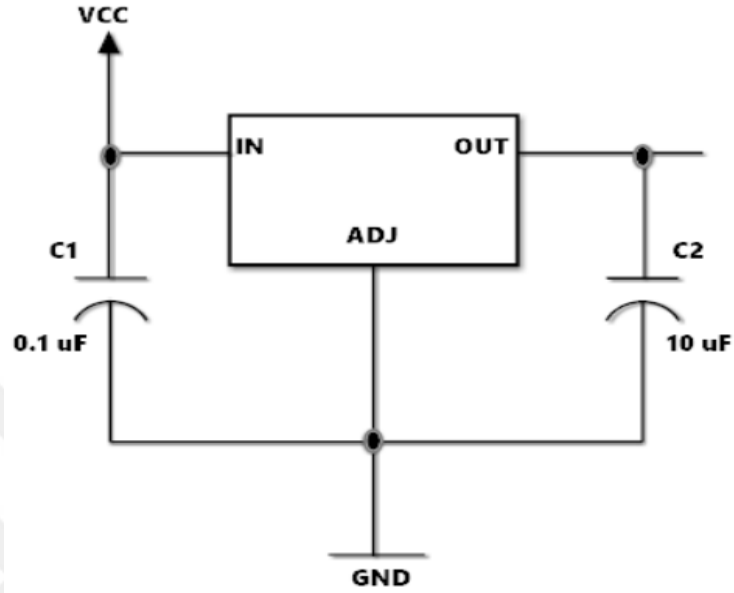


Şekil 3.4. ESP8266 blok şeması

Modülün çalışması için arduionun çıkış pini olan 3.3V gerilim ile bağlantısı sağlanmalıdır. ESP8266 ağa bağlandığında/veri alışverişinde daha fazla akım çekebilmektedir. Bu gibi olumsuzluklar karşısında devre zarar görebilir, bozulabilir. İstenmeyen bu durumun önlenmesi için harici bir kaynaktan 3.3V besleme sağlanması, sistemin kararlı çalışmasına yardımcı olur. Harici bir kaynaktan besleme yapılacaksa 3.3 Volt kaynağının ve Arduino'nun toprak hatları birbirine bağlanmalıdır.

Tez uygulamasında ESP8266'nın 3.3 Volt beslemesi için Arduino kullanılmıştır. Geliştirilecek uygulamalarda Arduino devreden tamamen çıkarılmak istenirse, beslemeyi sağlamak için gerilim üreten başka bir kaynağa ihtiyaç duyulacaktır. Regülatörler ihtiyaç duyulan 3.3V'u kullanıcıya sunabilmektedir. LD117, LM1117 ve LF33ABV 3.3V regülatörlerine örnek gösterilebilir. Neredeyse bütün regülatörlerin

çalışması için devre şeması aynıdır. Şekil 3.5'te örnek bir devre şeması gösterilmiştir. Kullanılacak regülatörün türüne göre ilgili devrenin şeması kurulmalı ve çıkışından 3.3V gerilim okunduğuna dikkat edilmelidir.



Şekil 3.5. Regülatör devre şeması

3.3.1. ESP8266'nın güncellenmesi

Genellikle yeni satın alınan ESP8266-01 modülünün kullanılmadan önce güncellenmesi gerekmektedir. Herhangi bir ESP'yi çeşitli USB-TTL çeviricilerle programlamak mümkündür. Modül 3.3V seviyesinde çalıştığı için bu desteği sağlayan FTDI FT232RL USB-TTL çevirici modülü kullanılacaktır. Kullanım açısından en iyi olduğu düşünülen bu modülün sürücüsü FTDI (Future Technology Devices International Ltd., 2016) sitesinden indirilip kurulabilir. Bilgisayara uygun olan işletim sistemi seçildikten sonra dosyalar .zip olarak indirilmelidir. Modül, USB kablosu yardımıyla PC'ye takılmalıdır. *Denetim Masası > Aygıt Yöneticisi > FT232RL USB'ye sağ tıkla > Sürücü Yazılımını Güncelleştir* seçenekleri sırayla izlenmelidir. Açılan pencerede masaüstüne alınan klasör hedef gösterilmelidir. Aygıt Yöneticisi listesinde FT232RL USB modülü yoksa bağlantıda bir hata olmuş demektir. Adımlar en başından tekrar kontrol edilerek yapılmalıdır.

3.3.2. ESP8266 ile arduinonun haberleşmesi

Projede ESP8266 ile haberleşme sağlanması hedeflenmektedir. Bunun için bir seri dönüştürücü kullanılmalıdır. Arduino, bu görevi üstlenecektir. Böylelikle iki platform, uygun kodların donanımlara yüklenmesiyle güçlü bir düğüm noktası oluşturacaktır.

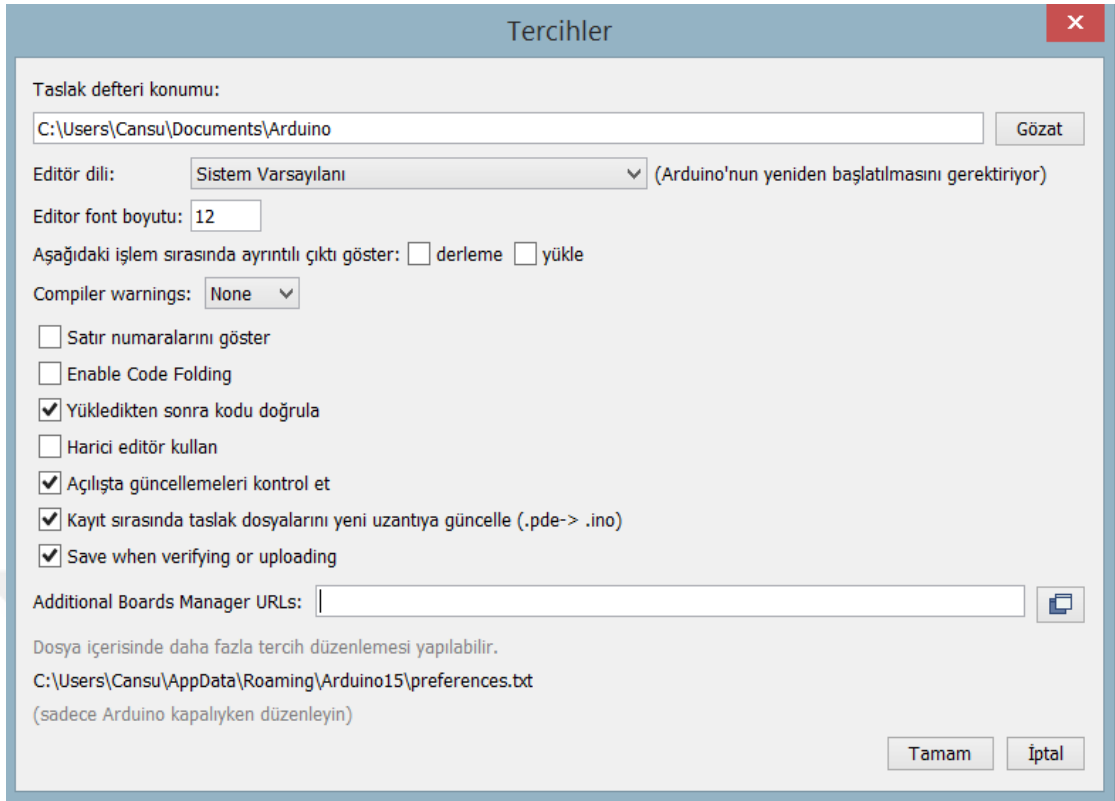
Arduino'nun Reset pini, kablo yardımıyla toprağa ve Şekil 3.6'daki uçlar birbirine bağlanmalıdır.

ESP8266-01	Arduino Uno
VCC	3.3V besleme
GND	Toprak
TX	Arduino'nun RX pini
RX	Arduino'nun TX pini
EN	3.3V besleme

Şekil 3.6. ESP8266 ve Arduino bağlantıları

Bu adımın tamamlanmasından sonra bilgisayara gönderilen bütün komutlar Arduino üstünden ESP8266'ya direkt olarak gönderilecektir. Bu şekilde seri dönüştürücü olarak kullanılan Arduino'ya, *bypass* adı verilen işlem gerçekleştirilmiştir.

Arduino ile ESP8266'nın haberleşmesinin sağlanması, Arduinoya kütüphane eklenmesiyle olmaktadır. Bu kütüphaneyi eklemek için Arduino arayüzünde *Dosya > Tercihler* sekmeleri sırayla açılmalıdır. Ekranı çıkacak olan pencere Şekil 3.7'deki gibi olmalıdır. *Additional Boards Manager URLs* yazan satıra http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json bağlantısı yazılmalı *Tamam* tuşuna basılmalıdır.



Şekil 3.7. Tercihler sekmesi

Arduino derleyisinde *Araçlar > Kart: "Arduino Uno" > Boards Manager* adımları izlenmelidir. Çıkan ekranda ilgili kütüphaneyi yükleme işlemi yapılacaktır (Şekil 3.8). Donanım dosyasının yüklenmesi işlemiyle modül, Arduino ile uyumlu hale gelecektir.



Şekil 3.8. Kütüphane ekleme sayfası

Modülü beslemek için 3.3V DA kaynağına gereksinim vardır. Çipe 5V gerilim uygulandığında, aşırı ısınma ve iç yapısının bozulmasından kaynaklı kalıcı hasar

verilmiş olur. BreadBoard üstüne takılan güç modülü veya çeşitli regülatörler kullanılabilir. BreadBoard güç modülü kullanılacaksa bağlantı ayaklarının doğru yapıldığına dikkat edilmelidir. ESP8266 BreadBoard üzerine konumlanabilecek bir yapıda değildir. Bu şekilde güç kaynağına bağlanmak isteniyorsa genişletme kartı yapılması gereklidir. Fakat çalışmada, atlama kablolarıyla bağlantı gerçekleştirildiğinden ekstra bir donanıma ihtiyaç duyulmamıştır.

3.3.3. Ağ topolojisi

Topoloji, birden fazla bilgisayarın diğer bilgisayarlar ile bağlantı kurarak iletişim halinde olmasını, bu iletişimde kullanılan bağlantıyı tanımlayan bir ifadedir. Topolojinin bir kısmı kablolama arabirimlerinden bahseden fiziksel topoloji kısmıdır. Diğer kısmı ise medyanın veri gönderiminde nasıl kullanıldığından bahseden mantıksal topoloji kısmıdır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011). Temeldeki bu iki topoloji türü kendi içinde alt başlıklara ayrılmaktadır.

Fiziksel topoloji çeşitleri:

- Yıldız Topolojisi (Star Topology)
- Yol Topolojisi (Bus Topology)
- Halka Topolojisi (Ring Topology)
- Örgü Topoloji (Mesh Topology)
- Çift Halka Topolojisi (Dual Ring Topology)
- Gelişmiş Yıldız Topolojisi (Extended Star Topology)
- Hücresel Topoloji (Cellular Topology)
- Ağaç Topolojisi (Hierarchical Tree Topology)
- Eğri Topoloji (Irregular Topology)

Mantıksal topoloji çeşitleri:

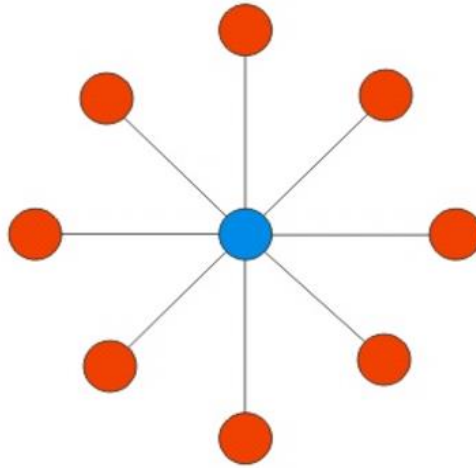
- İz Topolojisi (Token Passing Topology)
- Yayın Topolojisi (Broadcast Topology)

Kablosuz iletişim teknolojisi, bir ağ yapısı şeklinde veya noktadan noktaya iletişim sağlayan bir teknolojidir (Baran, 2004). Günümüzde kullanılan bilgisayar/cihaz ağları ve IoT ağları, yıldız (star) ve örgü (mesh) ağları şeklinde çalışabilirler. Yıldız ağları bir dağıtıcı (Hub, Switch, Base Station, Access Point) etrafına konumlandırılmış istemciler şeklinde bir topolojiye sahipken, mesh ağları özellikle kablosuz iletişimde kullanılan ve iletişim mesafesinin arttırılması amacıyla kullanılan ağ topolojisidir.

Geliştirilen “arabirim” cihazı için; ağın kurulmasının basit olması ve ağdaki sorunların tespitinin kolay olması belirlenen ihtiyaçlardır. Bu gereksinimler doğrultusunda ağ topolojisi olarak yıldız topolojisi (star topology) kullanımına karar verilmiştir.

3.3.4. Yıldız (star) topolojisi

Yıldız topolojisi, tüm ağ düğümlerinin verileri iletmek için merkezi bir iletişim noktası görevi gören Switch veya Hub ile bilgisayara tek tek bağlandığı bir ağ topolojisidir. Yıldız ağı, Yerel Alan Ağlarında (LANs) en sık kullanılan fiziksel topolojidir. Ağ şemasının ortasında gösterilen merkezi bir düğüme bağlı başka düğümler olduğu için görünüşleri yıldızı anımsatır. Böylece, Şekil 3.9’da görüldüğü üzere bir yıldızın temsili gibi bir topoloji oluştururlar.



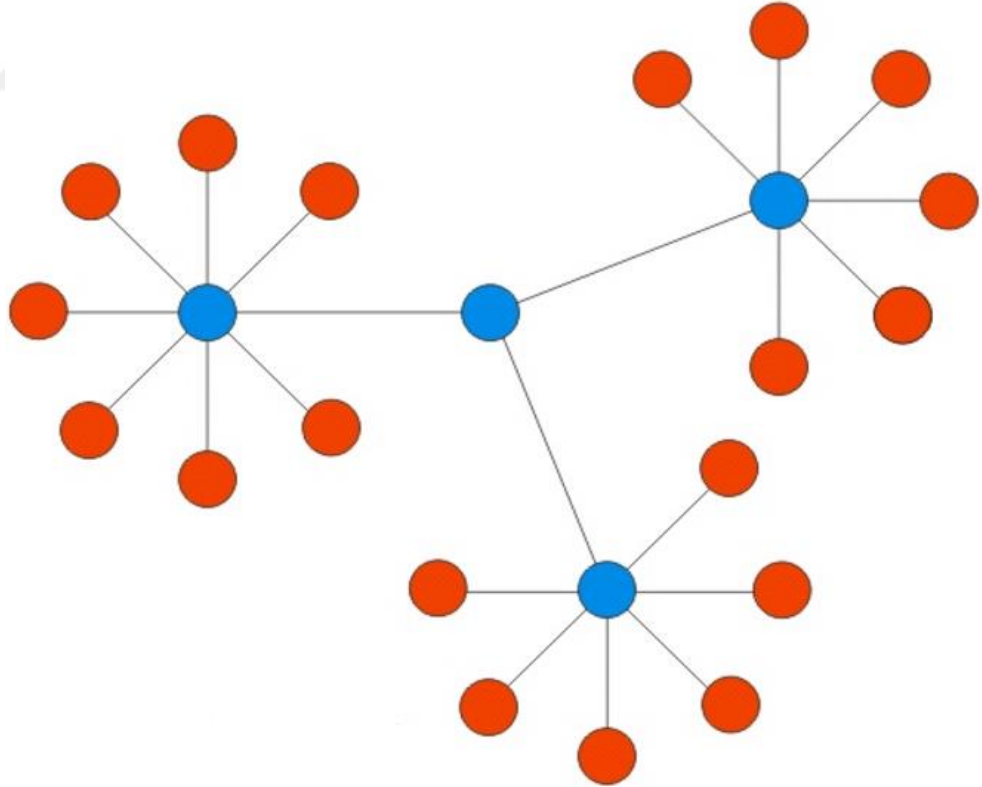
Şekil 3.9. Yıldız topoloji

Yıldız topolojisini kullanma nedenleri arasında, tüm sistemleri merkezi bir düğüme veya Hub’a bağlamak ve hat için arızanın etkisini azaltmak gösterilebilir. Kamu telefon

ağlarında (PSTN), optik lif uygulamalarında ve birçok VSAT ağlarında sıkça kullanılmaktadır.

Bir yıldız topolojisinde, ana bilgisayar adı verilen farklı düğümler vardır ve Sunucu veya Hub adı verilen merkezi bir iletişim noktası bulunur. Her ana makine veya bilgisayar merkezi bilgisayara ayrı ayrı bağlıdır ve noktadan noktaya bağlantı gerçekleştirilir. Bu topolojide düğümler merkezi bir düğümlle iletişim kurmak istiyorsa, iletişimi merkezi sunucuya iletir. Burada merkezi sunucu, ağ düğümleri arasındaki veri iletişimini koordine eder. Tüm iletişim işlemleri ve bilgi paylaşımı merkezi sunucu tarafından kontrol edilir.

Genişletilmiş yıldız topolojisi iki veya daha fazla yıldızı birleştirir. Büyük yerel ağlar oluşturmada kullanılır. Örneğin bir okulda, hastanede veya üniversitede bulunan bilgisayar istasyonları, genişletilmiş bir yıldız topolojisi içinde yıldızlardan birini oluşturabilir. Şekil 3.10'da genişletilmiş yıldız formundaki bu diyagram görülmektedir.



Şekil 3.10. Genişletilmiş yıldız topoloji

İletişim bir yıldız (star) topolojisinde şu şekildedir: Bir katın tüm bilgisayarlarının ortak bir Hub'a veya anahtara bağlı olduğu varsayılırsa; anahtar bu durumda bir CAM tablosu tutar. CAM tablosu, bağlı tüm aygıtların donanım adreslerinin anahtardaki bir bellek içinde depolandığı Content Addressable Memory'dir.

Örneğin, A bilgisayarından B bilgisayarına bir veri paketi gönderilmek isteniyorsa, A bilgisayarı iletiyi anahtara iletir. Anahtar hedef bilgisayarın adresini kontrol eder ve mesajı olduğu gibi iletir.

Bir Hub, kalıcı hafızaya sahip değildir. Yani A bilgisayarı B bilgisayarına mesajı gönderdiğinde, Hub "Merhaba tüm bağlantı noktaları bana bağlandı, bu adres için bir paket aldım. Bu adres kimin?" şeklindeki protokolü kullanır. ARP (Address Resolution Protocol) adı verilen bu ağ protokolünü kullanarak Hub, istenilen makinenin adresini bulabilir ve bu sayede paketi hedef makineye aktarır.

Yıldız topolojisinin avantajları:

- Tek bir bilgisayar arızasında tüm şebeke etkilenmez.
- Kabloda bir sorun olduğunda yalnızca ilgili cihaz etkilenir.
- Merkezi bağlantı noktası, ağın diğer tasarımlardan daha güvenli olduğu anlamına gelir.
- Genişletilmiş topoloji oluşturmaya müsaittir.
- Hata tespitinin yapılması ve yönetimi basittir.

Yıldız topolojisinin dezavantajları:

- Bağlanmak için daha fazla kablo gerekir çünkü her bilgisayar, ayrı olarak merkezi sunucuya bağlanır.
- Sunucu, Hub veya Switch bozulduğunda tüm ağ başarısız olur.
- Merkezi ağ aygıtı ağda bir tıkanıklık oluşturabilir.
- Ek kablolama maliyeti olabilir.


```

int outputpin= 0;
//LM35 sicaklik sensorunun cikis pimini baslatir/tanimlar

void setup()
//bu ayarlar topraklama pinini dusuk, giris pimini yuksek
voltage ayarlar

{
Serial.begin(9600);
}

void loop()
//ana dongu basliyor

{
int rawvoltage= analogRead(outputpin);
float millivolts= (rawvoltage/1024.0) * 5000;
float celsius= millivolts/10;
Serial.print(celsius);
Serial.print(" degrees Celsius, ");

Serial.print((celsius * 9)/5 + 32);
Serial.println(" degrees Fahrenheit");
delay(1000);

}

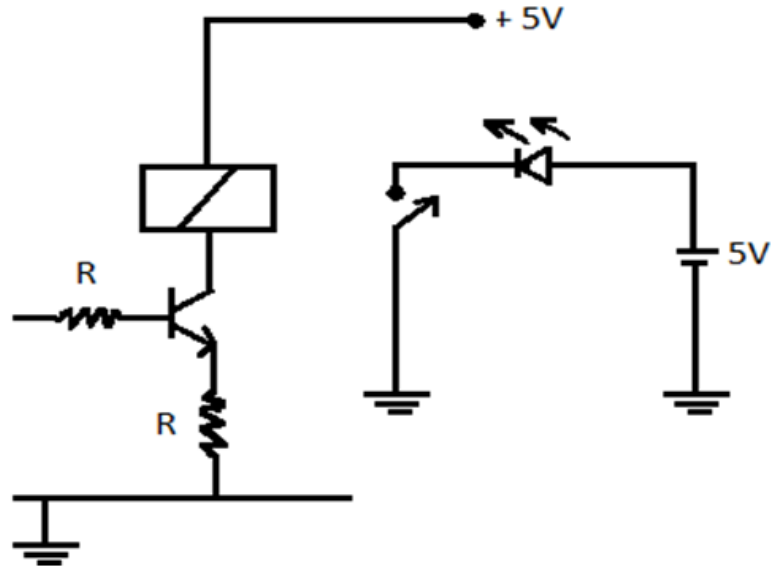
```

Sıcaklığı ölçmek için sensörü Arduino ile bütünleştirmek gerekir. Sıcaklık sensörü, LED ve çok amaçlı aç/kapat butonları, oluşturulan düğüme dahil edilmiş, gerekli donanım ve yazılımları gerçekleştirilmiştir. Uygulama, test sürecinden geçerek ölçümler başarılı bir şekilde gözlemlenmiştir. Farklı çalışmalar için belirlenen hedefler doğrultusunda düğümlerde artış yapılması mümkündür.

3.7. Kontrolcü

Ağ geçidi düğümünün mantıksal bağlantıları sağlandıktan sonra, fiziksel donanımların bağlanması giderek daha net hale gelmektedir. Tasarlanan bağlantılar uygulamaya geçildiğinde, donanım mimarisi bütünleşik olarak ortaya çıkacaktır.

Geliştirilen sistemde donanım mimarisinin temellerinden olan kontrolcü olarak basit bir röleye takılı LED kullanılmıştır. Bununla birlikte “arabirim”in uygulandığı yere bağlı olarak birçok farklı şekilde ve bileşenle (röle, tristör, triyak, quadrak, kontaktör vb.) kontrolün gerçekleştirilmesi mümkündür. Şekil 3.12’te prensip şeması görülen röleli arabirim, oldukça yaygın halde kullanılmakta olup Şekil 3.13’de görüldüğü gibi modüler olarak da hazır satılabilmektedir.



Şekil 3.12. Kontrolcü devre şeması ve görüntüsü



Şekil 3.13. Röle (SSDI, 2017)

3.8. Mikrodenetleyici ve Arduino

Entegre şeklindeki mikroişlemciler, mikrodenetleyicilerden önce kullanılmaktaydı. 1970’li yıllardan sonra INTEL, Atmel, Microchip ve System Elettronica gibi firmaların mikrodenetleyicileri başta olmak üzere kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu mikrodenetleyiciyi kullanmak için basitleştirilmiş bir dili sunan programlama platformu (IDE) kullanılır (Dökmetaş, 2016). Assembly, C# ve Java, mikrodenetleyicileri programlamak için kullanılan dillerdir.

Mikrodenetleyicilerin programlaması karmaşık olduğunda uygulama içinden çıkılmaz bir hal alabilmektedir. Arduino, kullanıcılarına basit bir programlama arayüzü sunmaktadır. Kullanıcıların C, C++ bilgisi olduğunda öğrenilmesi kolay bir arayüzdür. Bunların yanı sıra kod yazımında gereksiz fazlalığa ve karmaşıklığa sahip değildir. Kendi bünyesinde çeşitli kütüphaneler barındırmaktadır. Kısa yoldan uygulama yapmak isteyenler için bu kütüphaneler kullanılabilir (github.com). Fakat mikrodenetleyicilere baktığımızda, uygulama geliştirmek isteyen kullanıcıların kütüphanelerini kendileri oluşturması gerekmektedir. Mikrodenetleyici hakkında kütüphane oluşturabilmek için 150 sayfadan başlayan teknik veri ve donanım konularının anlatıldığı sayfalara hakim olmak gerekmektedir. Tüm bunların yanı sıra mikrodenetleyicilerinin teknik veri anlatan sayfalarına ulaşmak pek kolay değildir. Belirli firmalar kullanım klavuzu yayınlamaktadır.

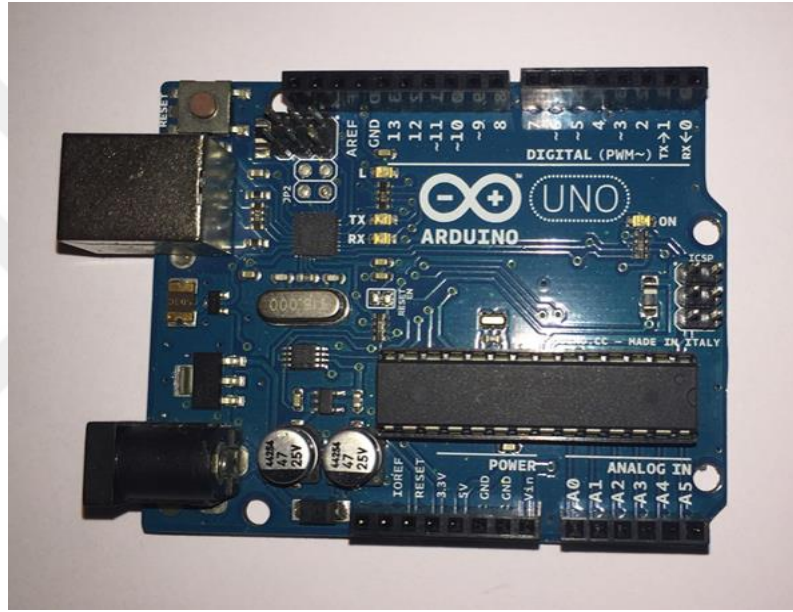
Mikrodenetleyici genellikle ticari uygulamalarda kendini göstermektedir. Bunun sebebi ise ticari amaçlı yazılan kodların paylaşılmamasıdır. Arduino da ise geniş kaynakların yer alması, proje pazarlarında onu ön plana çıkartmaktadır. Uygulama yapmak isteyenler için detaylı kütüphane arşivine arduino.cc (2017) adresinden ulaşılabilir. Günümüzde çeşitli alanlarda kullanılabilecek ve değişik özelliklerde oldukça fazla sayıda mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Tablo 3.3’de bu mikrodenetleyicilerin bazı karar kriterleri bakımından değerlendirilmesi verilmiştir.

Tablo 3.3. Mikrodenetleyici türlerinin karşılaştırması

Mikrodenetleyici	Arduino Uno	Genuino Mega	Mini	PIC16F84	PIC16F877A
Mikrodenetleyici Türü	ATmega 328	ATmega 2560	ATmega 168/(328P)	PIC 16CXX Ailesi	PIC 16CXX Ailesi
Çalışma Gerilimi	+3.3/5 V DC	+5 V DC	+5 V DC	+2/5.5 V DC	+5 V DC
Besleme Gerilimi (tavsiye edilen)	7-12 V DC	7-12 V DC	7-12 V DC	+2/5.5 V DC	+5 V DC
Dijital Giriş/Çıkış Pinleri	14 tane	54 tane	14 tane	13+5 tane	33+7 tane
Analog Giriş/Çıkış Pinleri	6 tane	16 tane	8 tane	En az 1	En az 3
Flash Hafıza	32 KB	256 KB	16 KB	1 KB	1 MB
SRAM	2 KB	8 KB	1 KB	-	-
EEPROM	1 KB	4 KB	512 Byte	64 Byte	256 Byte
Saat Frekansı	8 MHz	16 MHz	16 MHz	4-20 MHz	20 MHz
Fiyat*	24 TL	42.40 TL	20.01 TL	15.65 TL	15.34 TL

*Karşılaştırma için aynı firmanın fiyatları [Robolink](http://Robolink.com) (2017) ve aynı üretici olan [Atmel](http://Atmel.com) ve [Microchip](http://Microchip.com) (2017)’in ürünleri temel alınmıştır.

Çalışmada kullanılan System Elettronica firmasının ürettiği Arduino Uno, üzerinde bir adet mikrodenetleyici barındırır ve mikrodenetleyicinin programlanması sayesinde kullanıcıya genellikle basit/temel uygulamalar yapabilme imkanı sunmaktadır. Şekil 3.14'te görülen bu mikrodenetleyicinin biraz daha gelişmiş sürümü olan Arduino Mega; bünyesinde daha fazla donanım haberleşme portları bulundurmaktadır. Arduino Mega, IoT uygulamalarında yazılımsal haberleşme portları oluşturmaya ihtiyaç duymaz çünkü Software Serial kütüphanesine sahiptir (Sevinç, 2015). Arduino Mega'nın fiyatının nispeten yüksek olması Arduino Uno'nun IoT uygulamalarında kullanımını arttırmıştır.



Şekil 3.14. Arduino uno

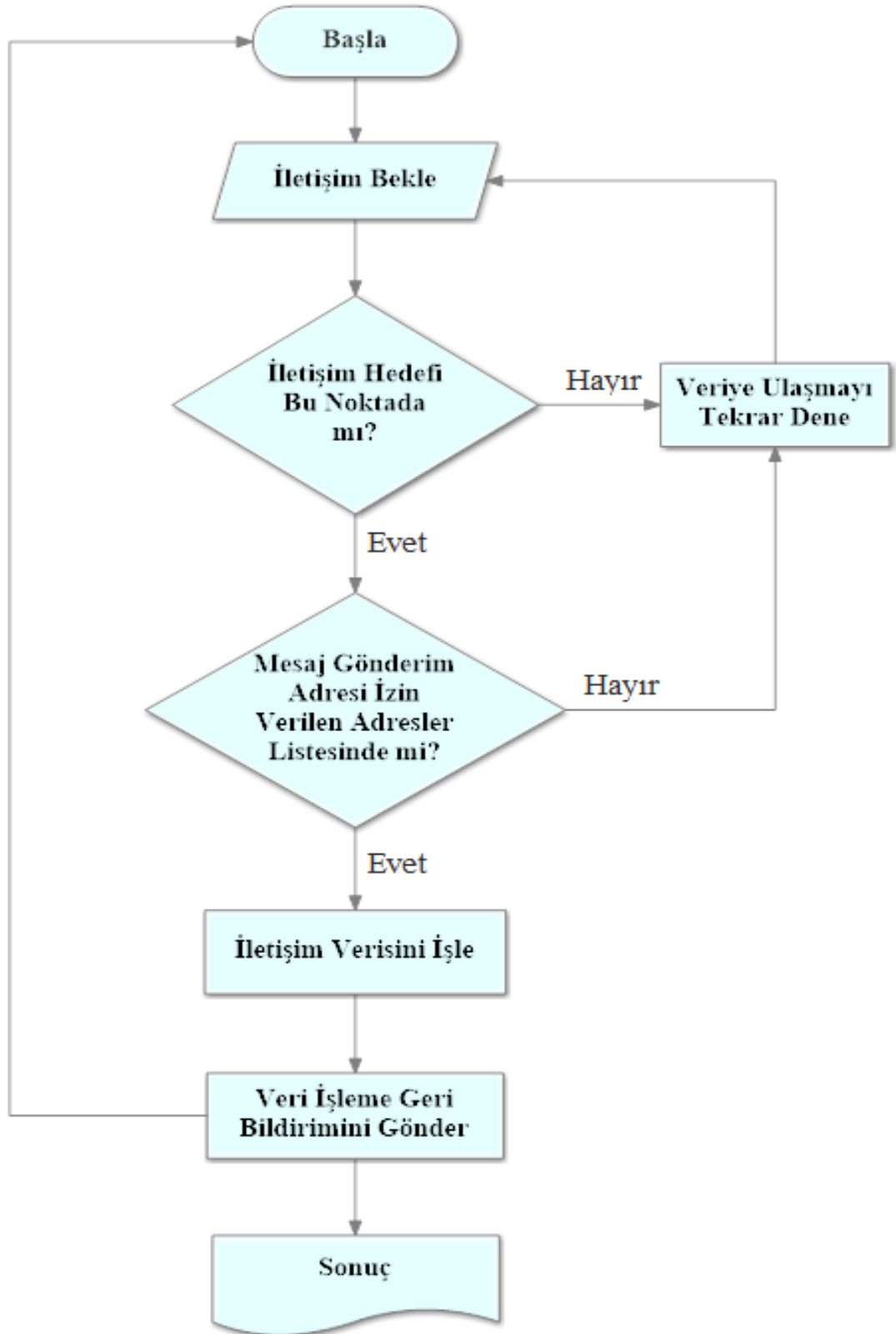
3.9. Mikrodenetleyici Yazılımı

Nesnelerin İnterneti, günümüz dünyasında sınırsız sayıda potansiyel kullanım vaat eden bir kavramdır. Gömülü uygulamaların en önemli unsurlarından birisi ise yazılım mimarisidir. IoT projelerinde yazılım mimarisini tasarlamak, potansiyel kullanım için temel unsurların başında gelir.

Uygulama kapsamında geliştirilen cihaz üzerindeki mikrodenetleyicide Şekil 3.15'te algoritması verilen yazılımın geliştirilmesi planlanarak yapılmıştır. Yapılan "arabirim" uygulaması için IEEE 802.11 protokolünde çalışabilen sensör ve aktüatör cihazlar yardımıyla düğüm tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Bu düğümler, nesnelerin birbiri ile

iletişimini kablosuz yerel alan ağı üzerinden gerçekleştirmiştir. Farklı ağ topolojilerine ve düğümlerine destek verebilmek amacıyla dinamik bir kodlama sağlanmıştır. Mikrodenetleyici yazılımında dikkat edilen hususlar, veri trafiğinde az iletim döngüsü olması ile minimum güç tüketimli veri aktarımı sağlanmasıdır.

Gömülü sistemler çoğu zaman gerçek zamanlı bir işletim sisteminden oluşur. Bu yazılım; nesnelere, algılayıcı cihazlar, harekete geçirici kaynaklar ve iletişimin hattının bir parçası olabilecek diğer nesnelere algoritması şeklindedir. Oluşturulan algorithmada geliştirmeler sağlanabilir ve bileşenlerde çeşitliliğe gidilebilir. Yazılımlar yapılırken değişik uygulamalar için ağ topolojileri ve düğüm sayılarında yeniliğe gidilmesi, kodlama tekniğindeki düzenlemeler ile mümkündür. Çalışma sonucunda ortaya çıkabilecek faydalı senaryoların ve tekniklerin kullanıma geçirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 3.15. Mikrodenetleyici yazılımı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde tasarlanan “arabirim”in geliştirme sürecinin ayrıntıları ve tasarımı anlatılmıştır. Araştırmada kullanılan araştırma yöntemleri ve yaklaşımlarına yer verilmiştir. İlerleyen kısımlarda analiz detaylarından bahsedilmiştir.

4.1. Geliştirme Süreci Ayrıntıları

Özellikleri önceki bölümlerde anlatılmış olan uygulama “arabirim”i aşağıdaki işlem sürecine göre geliştirilip gerçekleştirilmiştir.

a) Gerekli donanımların elde edilmesi sağlanmıştır.

- ESP8266 modülleri temin edilmiştir
- Mikrodenetleyiciler temin edilmiştir
- Sensör (LM35) Temin edilmiştir
- Kontrolcü bileşenleri elde edilmiştir

b) Mikrodenetleyici yazılımı gerçekleştirilmiştir.

c) Doğrudan (atlamasız) cihaz erişimi ile kontrolcüdeki bir LED lamba çalıştırılmıştır.

d) Doğrudan (atlamasız) cihaz erişimi ile “arabirim”e bağlı sensörden veri elde edilmiştir.

e) Test süreci gerçekleştirilmiştir:

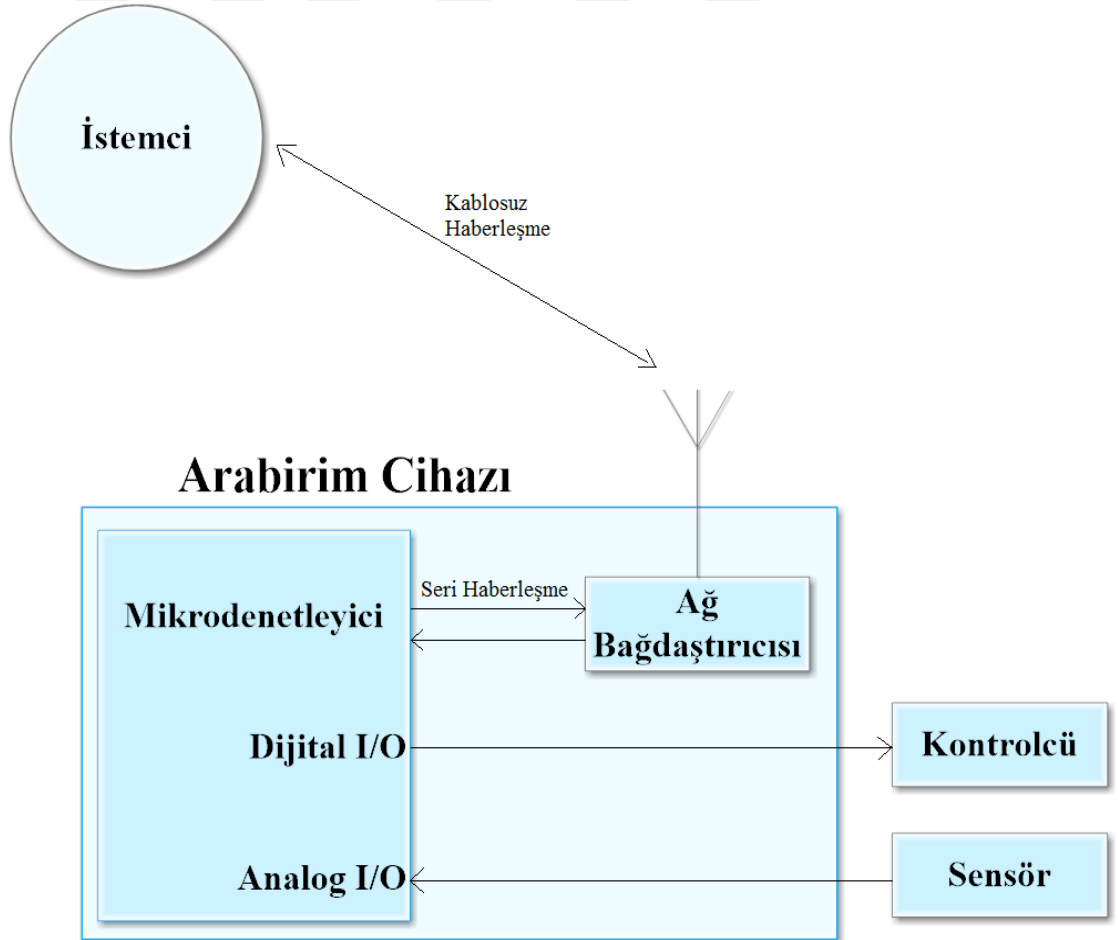
- Güvenlik testleri gerçekleştirilmiştir
- Güç tüketimi testleri gerçekleştirilmiştir

f) Test sonuçları ile literatürdeki sonuçlar karşılaştırılıp, gerekli görülen yerlerde değişiklik ve düzenlemelere gidilmiştir.

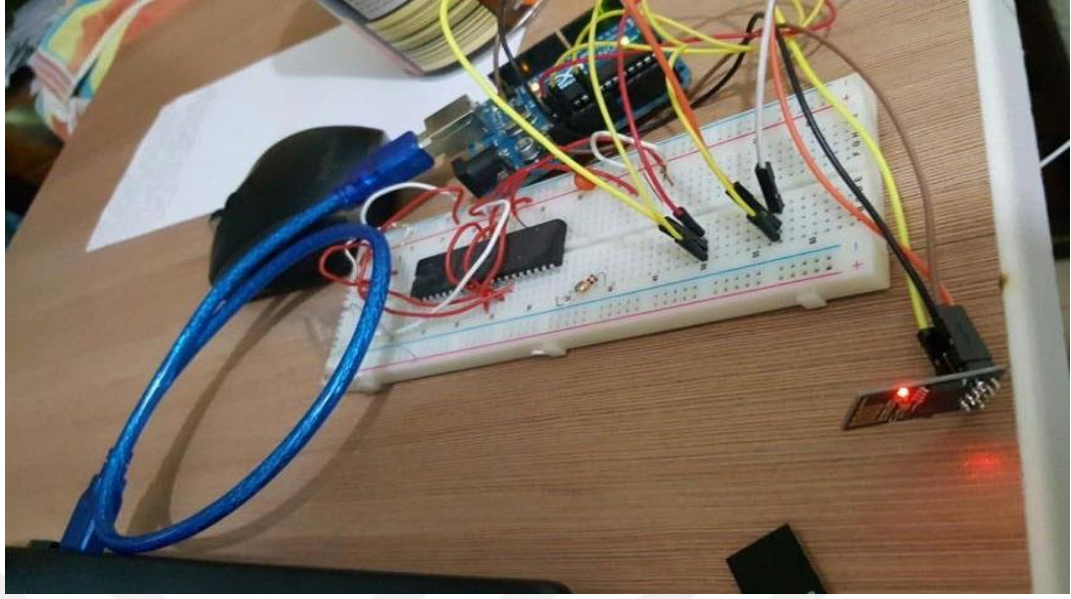
4.2. Sistemin Mimarisi

BreadBoard üzerindeki güç devresi, yardımcı devre elemanları sayesinde tamamlanmıştır. Çalıştığı kontrol edilmiş ve çıkışından 3.3V gerilim değeri okunmuştur.

Projede kullanılmış olan ESP8266-01 modülleri güncellenmiştir. Aksi halde çalışmayacağı, hangi gerilim değerlerinde bize pozitif sonuçlar vereceği ESP8266 konu başlığı altında detaylı olarak anlatılmıştır. Uygun bağlantılar Şekil 4.1'deki gibi yapıldıktan sonra ESP8266'nın kullanıma hazır duruma geldiğinden emin olunmuştur. Bu çalışmanın diğerlerinden farkı, düşük güç tüketimi ile güvenilirliğin sağlanmış olmasıdır. Şekil 4.2'de verilen bağlantılar ESP8266-01 modülü için uygulanmıştır.



Şekil 4.1. Arabirim Cihazı Devre Şeması



Şekil 4.2. Bağlantı uçları

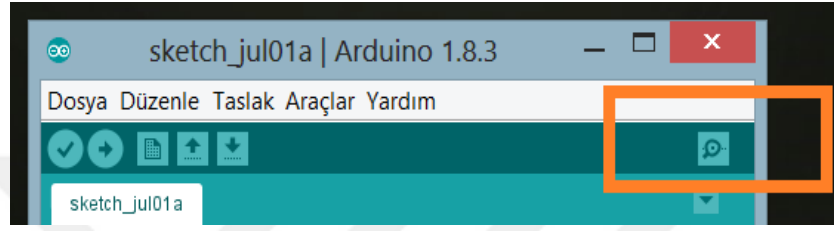
4.3. AT Komut Seti

Bir elektronik cihaz ile haberleşmek isteniyorsa o cihazın anladığı dili bilmek gerekir. ESP8266 ile kablosuz haberleşmeyi sağlayan AT Komut Seti, onunla haberleşmeyi sağlamak için kullanılacak dildir. Bu komut dizini Hayes Communications firması tarafından oluşturulmuştur (Hayes Communications LLC, 2016). Kablosuz haberleşmenin bütün birimlerinde (modem, fax, bluetooth, akıllı telefonlar, bilgisayarlar vb.) kullanılırlar. Bir örnek verilmesi gerekirse; kullanılacak teknolojik cihaza, yaptırılmak istenen iş doğrultusunda verilen emir ile işlemci arka planda AT komutu yollar ve aramaya başlar. Kodların yardımıyla kullanılacak olan ESP8266'lar ortamdaki kablosuz ağları bulup bağlanabileceklerdir. Ayrıca kendi kablosuz ağını da kurabilir. Tez kapsamında faydalanılan özellik, ESP8266'nın bir kablosuz ağa bağlanıp kendisi üstünden oluşturulan haberleşme kanalı ile iletişime geçmesi, kullanıcının komutunu bu kanala doğru ve güvenilir bir şekilde iletmesidir.

İnternet üzerinden çeşitli komutlar, belirli PC veya akıllı telefonlara iletilmek istendiğinde statik IP, ihtiyaç duyulan adres olmaktadır. Başlangıç olarak içinde hiçbir programın yüklü olmadığı Arduino, jumper kablosu yardımıyla bilgisayara bağlanmıştır. Bilgisayarda yüklü olan *Arduino* uygulaması açılacaktır. ESP8266 ile Arduino bağlantılarını yapmak için; ESP8266'nın RX ucunu Arduino'nun RX ucuna,

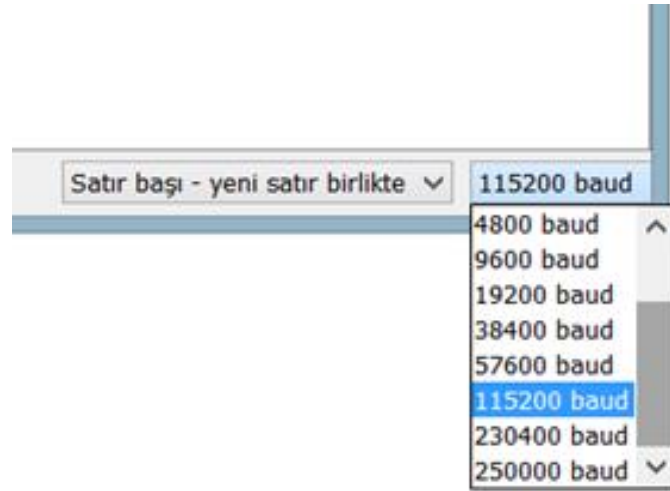
ESP8266'nın TX ucunu Arduino'nun TX ucuna, kablolar vasıtasıyla bağlayan adımlar izlenecektir.

Daha önce açılmış olunan *Arduino* uygulamasının *Serial Port* ekranı, sağ üst kısımdan açılmıştır (Şekil 4.3). ESP ile haberleşmek için geliştirilen ve yazdığımız komutlar doğrultusunda anlık cevap verebilen, öyle ki yanlış yazım esnasında *ERROR* cevabı ile doğruya yönelten AT Komut Seti'nde yazılanlar serial monitöre gönderilmektedir.



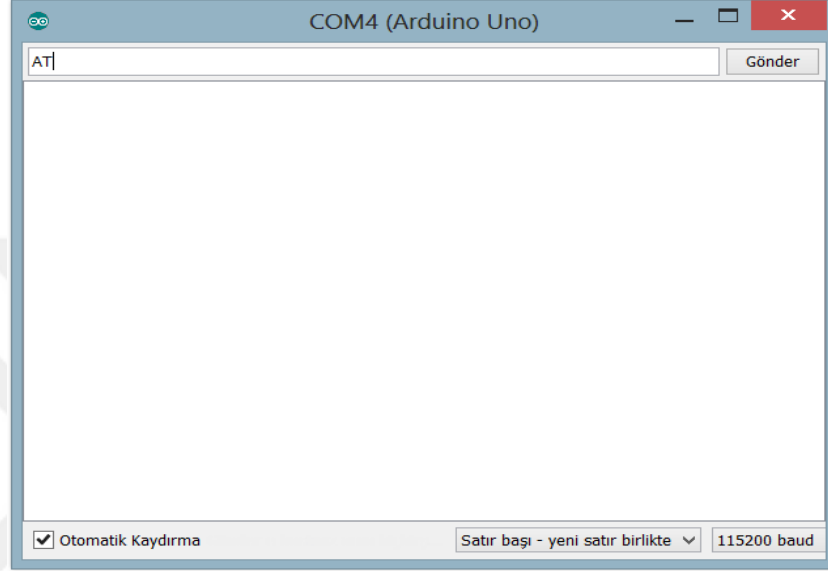
Şekil 4.3. Serial port butonu

Bilinmesi gereken ayrıntılardan biri de komutlar yazılmadan önce *serial port* ekranında çeşitli ayarlamaların yapılması gerektiğidir. Şekil 4.4'teki gibi bant genişliğinin 115200'e alınması gerekmektedir. Bu değerin dışındaki BaudRate değerinde (saniyede gönderilen bit sayısı) haberleşme sağlanamayacaktır. Ayarlamalar iletişimin doğruluğu için önem arz etmektedir.



Şekil 4.4. Bant genişliği

Açılmış olan pencereye *AT* komutunu yazılır ve *Enter* tuşuna basılır. Buradaki *AT*, Attention'un kısaltmasıdır. Türkçe olarak "Dikkat!" komutu anlamına gelmektedir. Karşı tarafın vereceği cevap beklenecektir. *AT > Enter* adımı sonrasında ekrana *OK* yazısı çıkmalıdır (Şekil 4.5). Bu cevap kullanıcıya, ESP8266 ile ona bağlı olan Arduino'nun iletişimde olduğunu bildirmektedir.



Şekil 4.5. Seri port ekranı

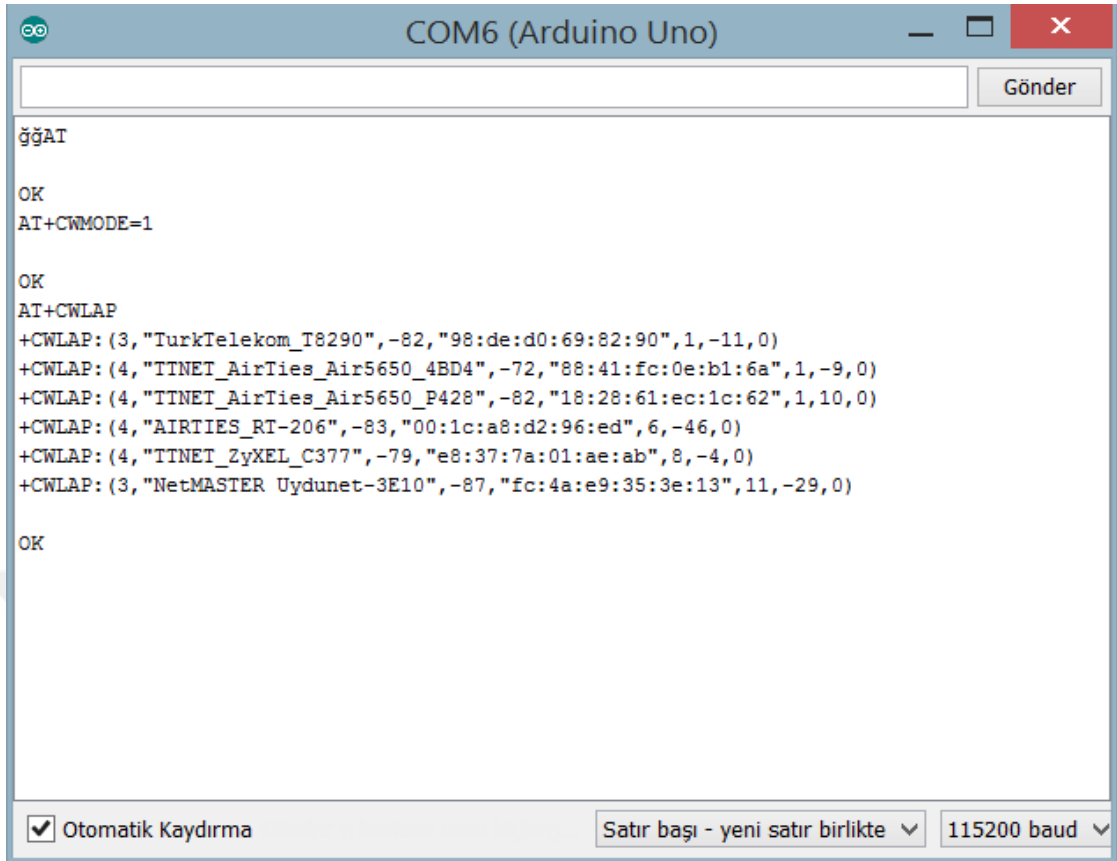
AT+CWMODE=1 komutu ile modül, STA modunda kullanılacaktır. Daha detaylı açıklanacak olursa; ESP8266 modem veya kullanıcının belirlediği başka ağlara (telefon, bilgisayar vb.) bağlantı sağlayabilecektir. İnternet erişimini sağlayan bu Wifi Modu ile kablosuz olarak cihazların kontrolü mümkün olmaktadır.

Birkaç türde yazılabilecek Wifi modu vardır (Tablo 4.1). Bunlar arasında geçiş yaparken ESP'nin baştan başlatılması gerekmektedir. *AT+RST* komutu mod değişikliği yapılmasına yarayan koddur.

Tablo 4.1. ESP8266 modları

	AT+CWMODE?	Modülün hangi modda kullanıldığı gösterir
	AT+CWMODE=1	Modeme veya başka ağlara bağlantı sağlar (STA modunda çalıştırır) İnternete erişim mümkündür Kablosuz ağ kurulamaz
Wifi Mode		AP modunda çalıştırır
		PC veya akıllı telefon bağlantısı sağlanabilir
	AT+CWMODE=2	Modem bağlantısı ve internet erişimi mümkün değildir Kablosuz ağ kurulabilir
	AT+CWMODE=3	Modem bağlantısı ve kablosuz ağ oluşturma mümkündür Her iki modda çalıştırır

AT+CWLAP > *Enter* işlemi yapılır ve serial port ekranına komut yollanmış olur. Bulunulan konuma göre bütün ağların taranması bu komut ile gerçekleştirilmekte ve Şekil 4.6’da görüldüğü gibi ekrana liste halinde çıkmaktadır. Komutta yazılan LAP (List Access Points), erişim noktalarını listele anlamını taşımaktadır.



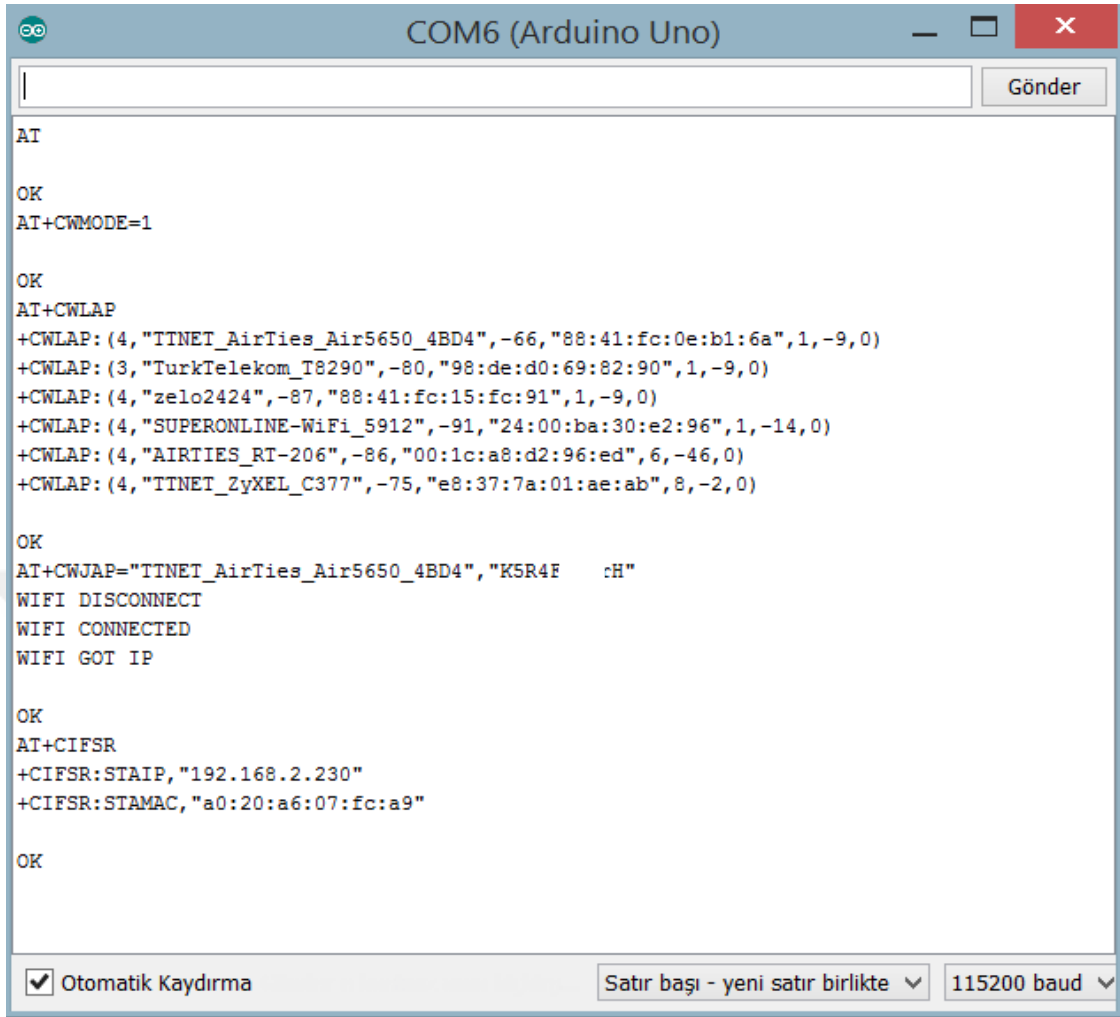
Şekil 4.6. Bulunan kablosuz ağlar

Çıkan ekrandan bağlanmak istenilen Wifi adresi bulunur ve bağlantıyı sağlamak için *AT+CWLAP="wifi-adi", "wifi-sifresi"* komutu *Enter* ile Serial Port ekranına yollanır. Hatalı yazıldığında ekrana *FAIL* komutunu gönderir. Bağlantı adı ve şifresi ilgili yere doğru şekilde yazılmalıdır. Modül başarılı şekilde kablosuz bağlantıyı sağlayabiliyorsa cevabı şöyle olmalıdır:

WIFI CONNECTED // bağlantı başarılı

WIFI GOT IP // IP adresi alındı

OK



```
COM6 (Arduino Uno)
|
Gönder
AT
OK
AT+CWMODE=1
OK
AT+CWLAP
+CWLAP: (4, "TTNET_AirTies_Air5650_4BD4",-66,"88:41:fc:0e:b1:6a",1,-9,0)
+CWLAP: (3, "TurkTelekom_T8290",-80,"98:de:d0:69:82:90",1,-9,0)
+CWLAP: (4, "zelo2424",-87,"88:41:fc:15:fc:91",1,-9,0)
+CWLAP: (4, "SUPERONLINE-WiFi_5912",-91,"24:00:ba:30:e2:96",1,-14,0)
+CWLAP: (4, "AIRTIES_RT-206",-86,"00:1c:a8:d2:96:ed",6,-46,0)
+CWLAP: (4, "TTNET_ZyXEL_C377",-75,"e8:37:7a:01:ae:ab",8,-2,0)
OK
AT+CWJAP="TTNET_AirTies_Air5650_4BD4","K5R4F cH"
WIFI DISCONNECT
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
OK
AT+CIFSR
+CIFSR:STAIP,"192.168.2.230"
+CIFSR:STAMAC,"a0:20:a6:07:fc:a9"
OK
 Otomatik Kaydırma
Satır başı - yeni satır birlikte
115200 baud
```

Şekil 4.7. Statik IP elde edilmesi

Statik bir IP adresi elde edilmiş olması gerekir (Şekil 4.7). Şimdi ESP'ye bu adres sorulacaktır. *AT+CIFSR > Enter* komutu yollanır. Ekranda beliren statik IP, google URL satırına yazılır. Daha sonraki adımlarda bu adresin nasıl kullanılacağı anlatılacaktır. Statik IP'lerin elde edilmesinden sonra pencere kapatılır. ESP8266 ve Arduino'nun bağlantı bacakları kod yazımı esnasında çıkarılmalıdır. Aksi halde program kod yükleme işleminde konsol ekranına hata verecektir. Yeni Arduino sayfası açılır. Buraya ilgili "arabirim" in çalışmasını sağlayacak kodlar yazılacaktır. Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra ESP8266'nın RX ucu Arduino'nun TX ucuna, ESP8266'nın TX ucu Arduino'nun RX ucuna olacak şekilde bağlantı gerçekleştirilmelidir.

Tarayıcının adres satırına yazılan statik IP adresi *Enter* tuşu yardımıyla aktive edilir. Daha öncesinde tasarlanmış olan arayüz bilgisayar ekranında görünecektir. Belirlenen IP adresli modül, kapsama alanı içinde bulunmaktadır. *AT+CWMODE=1* komutu yardımıyla modülün kablosuz olarak haberleşme senaryosu gerçekleştirilecektir. Bunun için modüle kullanıcı tarafından emir yollanmıştır. Modül emri algılayacak ve ilgili komutun adresinin kendisi olup olmadığını tespit edecektir. Bu saptama gerçekleşikten sonra modüle kullanıcı tarafından yollanan IP adresi kendisi ile eşleşiyorsa emri yerine getirecektir. Kendisi ile eşleşmiyorsa modül ile Arduino arasında bağlantı sorunu giderilmesi gerçekleştirecek ve uygun IP adresi eşleşmesini sağlamayı hedefleyecektir. Hedefler uyduğunda modül kullanıcı tarafından gelen emri uygulayacaktır.

AT ile ilgili tüm komutların listesi EK'ler kısmında belirtilmiştir.

4.4. Kodlar

Arduino hareket kodu

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

Kontrol kodu

```
#define ag_ismi "TTNET_AirTies_Air5650_****"
// kullanıcının bağlanmak istediği WiFi adı
#define ag_sifresi "K5R4FB****"
// kullanıcının bağlanmak istediği WiFi şifresi

int lm35;

void setup()
// ilk başta çalışmasını istediğimiz kodlar buraya yazılır
{
    Serial.begin(115200);
    // Güncellediğimiz Seriport'u açıyoruz.
    // ESP modülünün baudRate değeri 115200 olduğu için bizde
    Seriport'u 115200 şeklinde seçiyoruz
    Serial.println("AT");
    // ESP modülümüz ile bağlantı kurulup kurulmadığını kontrol
    ediyoruz.
    pinMode(13,OUTPUT);
    delay(3000);
    //ESP ile iletişim için 3 saniye bekliyoruz.

    if(Serial.find("OK")){
    // ESP modülü ile bağlantıyı kurabilmişsek modül "AT" komutuna
    "OK" komutu ile geri dönüş yapıyor.
        Serial.println("AT+CWMODE=1");
    // ESP modülümüzün WiFi modunu STA şekline getiriyoruz. Bu mod
    ile modülümüz başka ağlara bağlanabilecek.
        delay(2000);
    }
```

```

String
baglantiKomutu=String("AT+CWJAP=\""+ag_ismi+"\", \""+ag_sifres
i+"\"");
    Serial.println(baglantiKomutu);
    delay(5000);
}

Serial.print("AT+CIPMUX=1\r\n");
delay(200);
Serial.print("AT+CIPSERVER=1,80\r\n");
delay(1000);
}
void loop(){
    {

    lm35 = analogRead(A0)*0.48828125;
    // lm35 sıcaklık sensörümüzün değerini ayarlıyoruz ve gelen
    değeri bu değer ile çarparak okuyoruz
        if(Serial.available())
    // Eğer ESP bağlantısı varsa kodları çalıştır

    if(Serial.available()>0){
        if(Serial.find("+IPD,")){
            String metin = "<head> LED CONTROL </head>";
            metin += "<br><a href=\" ?pin=on\"><button
type='button'>open</button></a>";
            metin += "<br><a href=\" ?pin=off\"><button

```

```

type='button'>close</button></a>";
    metin+="<h1>TEMPERATURE: ";
    metin.concat(lm35);
    metin+=" </h1></br>";
    String cipsend = "AT+CIPSEND=";
    cipsend += "0";
    cipsend += ",";
    cipsend += metin.length();
    cipsend += "\r\n";
    Serial.print(cipsend);
    delay(500);
    Serial.println(metin);
    led_yakma();
    Serial.println("AT+CIPCLOSE=0");
}
}
}
}

```

```

void led_yakma(){
    String gelen = "";
    char serialdenokunan;
    while(Serial.available()>0){
        serialdenokunan = Serial.read();
        gelen +=serialdenokunan;
    }
}

```

```
Serial.println(gelen);
  if((gelen.indexOf(":GET /?pin=on")>1)){
// AC butonuna basıldığında server adresinde /?pin=on var ise
    digitalWrite(13,HIGH);
// ledi yakar
  }
  if((gelen.indexOf(":GET /?pin=off")>1)){
// KAPAT butonuna basıldığında server adresinde /?pin=off var
ise
    digitalWrite(13,LOW);
// ledi söndürür
  }
}
```

Bir Arduino kodlanması iki ana kısımdan oluşmaktadır. Programın kodlanmasına *void setup* komutu ile başlanır. // işareti kullanılarak yazılan satırlar açıklama yazılarıdır ve kod olarak görünmemektedir. Programın çalışmasına hiçbir etkisi yoktur. Arduinoya üzerinde bulundurduğu pinleri ne amaçla kullanacağımızı söylediğimiz, tanımlamalardan oluşan kısımdır. Kapsama alanı açılan süslü parantezin kapandığı yere kadardır ({}).

Arduino'ya sürekli tekrar etmesi gereken eylemleri belirttiğimiz ikinci kısım ise *void loop* komutu ile başlamaktadır. Kapsama alanı *void setup* komutunda olduğu gibi açılan süslü parantezin kapandığı yere kadar olan komutları içermektedir ({}).

Diyez işareti (#) ile başlayan kısımlar işlemci için talimatların olduğu satırlardır. LM35 sıcaklık sensörünü *int lm35* komutu ile tanımlanır ve ana fonksiyonun başlangıcıdır. Baudrate ayarı 115200 olarak belirlenmiştir.

Arduino üzerinde bulunan pinin giriş mi çıkış mı olduğunu ayarlamak için *pinMode* komutu kullanılır. Sistemde 13 numaralı pin çıkış olarak alınmıştır. 13.pine bağlanan LED ile kontrollü olarak yanıp sönmeye olayları gözlemlenmektedir.

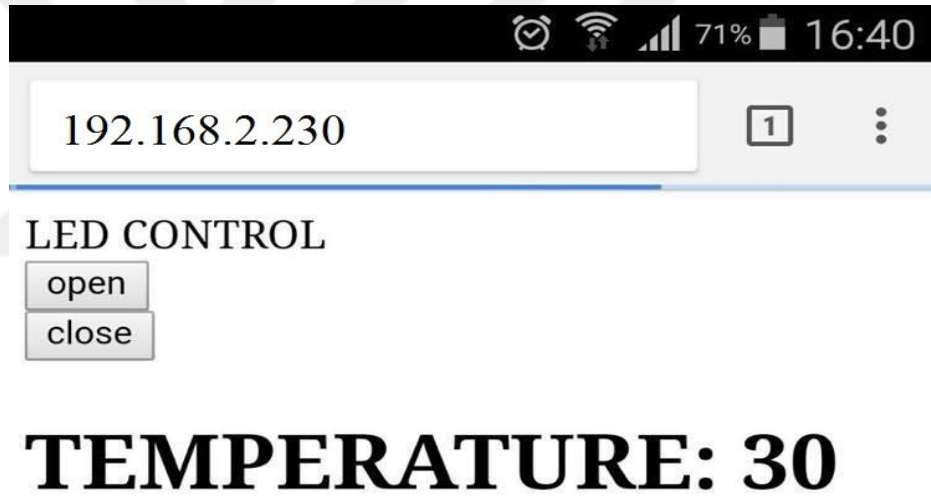
Sistemin bekleme işlemini gerçekleştirmesi için *delay* komutu kullanılır. Parantez içindeki süre boyunca beklenmektedir. Bu süre milisaniye (ms) cinsinden yazılmıştır. $3000\text{ms}=3\text{sn}$ 'dir.

Sıcaklık sensörünün orta bacağından verilen mV gerilimi her °C için 10 mV üretir. Yani 24 °C için çıkış 240 mV olur. Arduino'daki 0-5V arası ADC 10 bit olduğundan $2^{10}=1024$ ile ölçeklenmiştir. En yüksek değer 5000 mV olduğu için bu değeri işlemci 1024 parçaya ayıracaktır. Öyleyse 1023. değer kullanıcıya 5V'u verecektir. Her 10 mV'un karşılığı 1 °C'yi verecek şekilde program yazılmıştır: $(\text{okunandeger}/1024)*5000$ kodu okunan değeri mV'a dönüştürmektedir. $\text{okunandeger}/10$ kodu ise mV'u sıcaklığa dönüştürmektedir. Tasarlanan "arabirim" cihazında tüketilen gücün en az seviyede olması hedeflenmiştir. Bu hedefi gerçekleştirebilmek amacıyla kodlar minimum düzeyde yazılmıştır. Bahsedilen işlemler mikrodenetleyiciye $\text{lm35}=\text{analogRead}(A0)*0.48828125$ kodunun yazılmasıyla sağlanmış olup güç tüketimi minimuma yaklaştırılmıştır. Arduino ile ESP8266-01 modülünün haberleşmesini gerçekleştirmek için ilgili komutlar C diliyle yazılmaktadır.

Yukarıdaki kodlar, bilgisayarda oluşturulmuş arayüzün açılabilmesi için gerekli olan komutları içermektedir. Komutların Arduino'ya yüklenmesinden sonra doğru yapılan bağlantılar sayesinde hata alınmayacaktır. Statik IP adresi yazılarak *Enter* tuşu ile çağrılır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir arayüz tasarlanmış olup arayüz sayfası açılacaktır.



Şekil 4.8. Bilgisayardaki arayüz sayfası

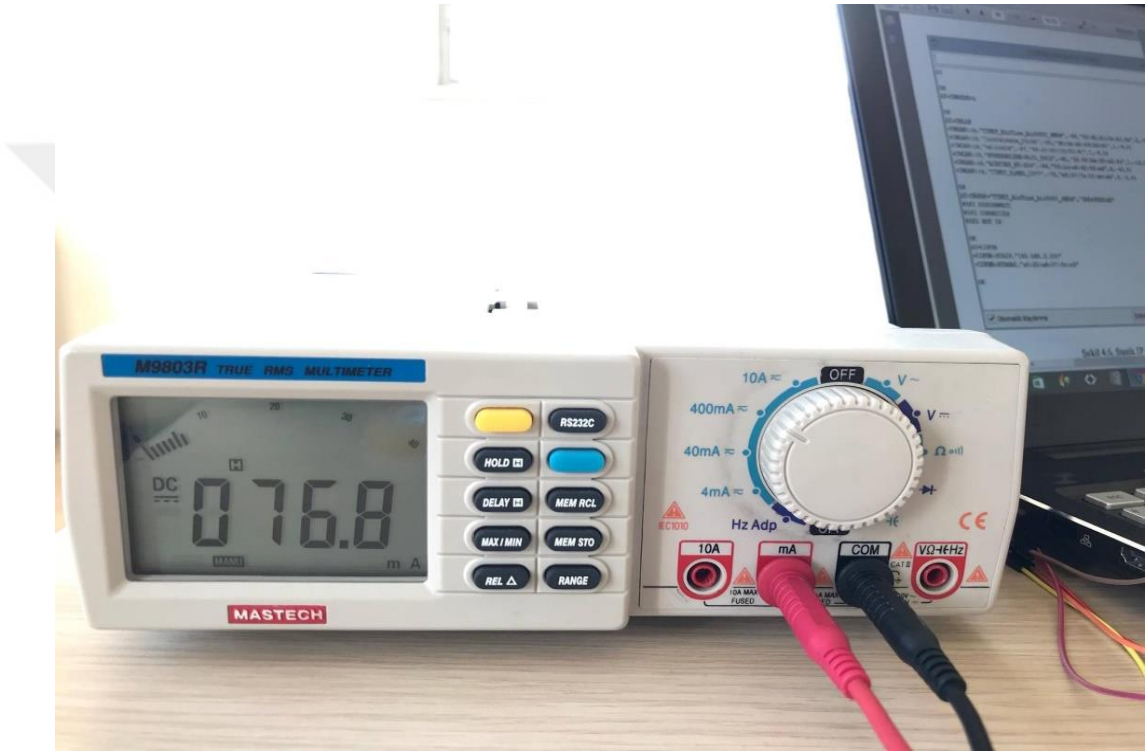


Şekil 4.9. Android işletim sistemli cep telefonundan açılan arayüz sayfası

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'daki Arayüz Sayfaları üzerinde ihtiyaçlar doğrultusunda değişiklikler yapılarak yeni arayüz tasarlanması mümkündür. Yapılan çalışma ile ev, ofis, hastane vb. gibi yerlerde elektronik eşyaları bilgisayar üstünden kontrol etmek mümkündür. Bu arayüz geliştiriciler, paydaşlar ve yetkili kullanıcılar tarafından kendi düzenlerini oluşturabilecekleri şekilde tasarlanmıştır.

4.5. Arabirim Cihazının Güç Tüketimi

3.3 Volt ile beslenen ESP8266-01 modülü uyku modunda yaklaşık olarak 1 mW'dan düşük güç tüketmektedir. Tasarlanan sistemde ilk ölçüm değeri için “arabirim” cihazına henüz tüm donanımların bağlantısı yapılmamıştır. Yalnızca ESP8266-01 modülüne besleme gerilimi verilmişken ölçülen akım değeri Şekil 4.10'da görüldüğü gibi 76.8 mA'dir.



Şekil 4.10. ESP8266-01 modülü gerilim ile beslenirken çektiği akım değeri

Güç değeri (P)'ni hesaplamak için $P=V.I$ matematiksel ifadesi kullanılmaktadır. Buradan;

$$P = 3.3V \times 76.8mA = 253.44 \text{ mW} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Tasarlanan “arabirim” cihazının diğer bütün bağlantıları gerçekleştirildikten sonra test aşamasına geçilmiş ve ölçümler alınmaya devam edilmiştir.



Şekil 4.11. Arabirim cihazının çektiği akım değeri

Arduino Uno USB kablosuyla PC'den 5V değerinde gerilim ile beslenmektedir. Şekil 4.11'deki akım değeri kullanılarak güç hesabı yapıldığında;

$P = 5V \times 111.9 \text{ mA} = 559.5 \text{ mW}$ sistemden çekilen güç değeridir.

ESP8266-01 modülü, statik IP kullanarak 3 saniyeden daha kısa sürede bağlantı gerçekleştirebilmektedir. Bazı çalışmalarda ESP8266-01 modülünün 2 saniyeden daha kısa sürede iletişim kurduğu ve en yüksek TX/RX hızlarını kullanarak 300mA'in altında akım çektiği belirtilmektedir.

Tablo 4.2'ye bakıldığında farklı çalışmaların, tasarlanan "arabirim" cihazının özellikleri ile çeşitli kriterlere göre karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 4.2. Benzer uygulamaların karşılaştırılması

Karşılaştırma Kriterleri*	Arabirim Cihazı	Çalışma 1	Çalışma 2
Besleme Gerilimi (Volt)	5 V	5 V	~ 3.3 V
Çekilen Akım (Amper)	111.9mA	< 300mA	-
Harcanan Güç Değeri (Watt)	559.5mW	< 1500mW	~ 252.45mW
Geçen Süre (Saniye)	3 sn	< 2 sn	~ 1 sn
ESP8266-01 Bağlantıda	76.8mA	< 180-220mA	~ 70-83mA (0.030mA uykuda)

*Çalışma 1 için kaynak olarak [Geekstips \(2017\)](#) sitesinden faydalanılmıştır. Çalışma 2 için [Espressif \(2017\)](#) sayfası incelenmiş ayrıca [Youtube \(2017\)](#) adresindeki uygulamaya bakılmıştır.

Tasarlanan “arabirim” cihazına tümleşik yapıda bulunan mikroişlemci içine yazılan kodların minimum seviyede tutulması, benzer çalışmalardan daha düşük miktarda güç tüketmesine neden olmuştur.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İnternet, toplumların günlük yaşamında gittikçe daha önemli hale gelmektedir. Buna bağlı olarak internetle ilgili uygulamalar, internet üzerinden erişilebilecek cihazlar da hayatın her alanında yer almaya başlamıştır. Yapılan araştırmalara göre bugün internete 10-11 milyar cihazın bağlı olduğu tahmin edilmekte ve bu rakamın 2020 yılına gelindiğinde 50 milyar cihaz seviyesine çıkması öngörülmektedir.

Tez kapsamında yapılan bu çalışmada, internet bağlantısı ile herhangi bir cihazı kumanda etmeyi veya cihazdan veri almayı mümkün kılabilen bir “arabirim” cihazı geliştirilmiştir. Çalışmada, “arabirim” üzerinde bulunan herhangi bir elektronik cihazı temsil eden bir LED, kablosuz haberleşme yoluyla kontrolcü tarafından uzaktan kumanda edilmektedir. Yine aynı “arabirim” cihazı aracılığı ile cihazın bulunduğu ortamın sıcaklığı sensör vasıtasıyla anlık olarak ölçülmektedir ve dahili web sunucusu aracılığı ile dünyanın herhangi bir yerinden gözlemlenebilmektedir. Bu işlemler “arabirim” cihazına tümleşik yapıda bulunan mikroişlemciye yazılmış kodlar aracılığıyla yapılmaktadır.

Standart kullanımda olan bir teknoloji olan IEEE 802.11 kablosuz haberleşmesinin kullanıldığı bu sistem istemci noktasında, standart kullanılan cihazlar haricinde herhangi bir ekstra donanım gerektirmemekte, TCP/IP destekli ve internet tarayıcısı bulunan herhangi bir cihaz (Telefon, Bilgisayar, Yeni Nesil Televizyonlar vb.) istemci olarak kullanılabilir.

Arabirim donanımı; bir mikrodenetleyici etrafında kablosuz ağ bağdaştırıcısı, kontrolcü, sensör donanımlarından oluşmaktadır ve modüler yapıdadır. Bu kapsamda tüm donanım bileşenleri farklı teknolojilerdeki eşdeğerleri ile değiştirilebilecek durumdadır. Buna göre farklı bir ağ standartının kullanılmak istendiği durumda, sadece kablosuz erişim modülü çıkarılarak yerine istenen teknolojinin (Bluetooth, ZigBee vb.) modülü takılması yeterlidir. Aynı şekilde sistemin farklı bir mikrodenetleyici temelinde de kurulması mümkündür. Algoritması tez içerisinde verilmiş olan yazılım, kullanılacak diğer mikrodenetleyiciye programlandığında, sistem farklı bir mikrodenetleyici ile de çalışır duruma gelecektir. Tez kapsamında kumanda edilmek istenen cihazı temsilen bir

LED kullanılmıř olup, kumanda edilmek istenen cihaz dūřuk voltaj ile çalıřan bir cihaz ise direk baęlantı yapılabileceęi gibi, orta ve yūksek voltajlar ile çalıřan cihazlar kumanda edilmek istendięinde, Rōle, Tristōr, Triyak vb. elemanlarla bu cihazların kontrolleri yapılabilecek durumdadır. Yine tez uygulaması kapsamında çift yōnlū veri iletiřiminin gerçekleřtirilebildięini gōstermek ve “arabirim” cihazının bulunduęu noktadan uzak noktalara veri iletilebileceęini gōstermek amacıyla basit bir sıcaklık sensōrū kullanılmıř olup, aynı sistem sadece sensōr deęiřtirilerek farklı elektriksel seviyeler veya farklı fiziksel nicelikler (basınç, nem, rūzgar hızı vb..) sistem dahilinde iletilebilecektir.

Sistem için mikrodenetleyici ūzerinde çalıřan bir yazılım geliřtirilmiřtir. Mikrodenetleyici yazılımı minimum komplekslikte hazırlanmıř olup, bu durum “arabirim”in enerji tūketimini oldukça azaltmaktadır. Bununla birlikte bu enerji harcamasının optimize edilmesi bu tezin kapsamında bulunmamaktadır. Gelecekteki çalıřmalara referans olacak Őekilde, Őlūmlerin ve sistem uyanıklıęının yapay zeka temelli bir algoritmaya gōre Őekillendirilmesinin daha optimum enerji tūketimi yapabileceęi dūřūnőlmektedir.

Sistemde kullanılan aę baędařtırıcısı, gūnőmőzde kullanılan en geliřmiř aę gūvenlik yōntemlerinden olan SSL/TLS mekanizmasını desteklemektedir ve bu mekanizma kullanılmıřtır. Ayrıca bu mekanizmaya ek gūvenlik saęlayacak MAC adresi filitrelemesi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tek bir istemcinin baęlantısına izin verilmesi, ikinci bir istemcinin ancak ilk sitemcinin izniyle baęlanabilmesi gibi senaryoların gūvenlięi arttırabileceęi dūřūnőlmektedir.

Dięer taraftan bu uygulamanın, kablosuz iletiřim yongalarının (IEEE 802.11, Bluetooth vb.) içerisinde gōmölū olarak bulunan mikroŐlemcilerin kullanılması (harici bir mikro denetleyici kullanılmadan) ile daha kūuk boyutlarda ve daha az maliyetli olabileceęi Őngōrőlmektedir.

KAYNAKLAR

- ABI Research. "More than 30 billion devices will be wirelessly connected to the Internet of Things by 2020".
<https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-conne/>
Erişim tarihi: 12 Eylül 2017.
- Acrylic WiFi, Tarlogic Research. "Başlık 2.6. Arabirim Cihazının Erişim Güvenliği", *Tarlogic Security SL*.
<https://www.acrylicwifi.com/>
Erişim tarihi: 30 Ağustos 2017.
- Akbulut, F. P., ve Akar, A. "Akıllı Giyilebilir Hasta Takip Sistemleri", *Biyomedikal ve Klinik Mühendisliği Derneği*.
<http://www.biyoklinikder.org/>
Erişim tarihi: 15 Mart 2017.
- Aktaş, F., Çeken, C., ve Erdemli, Y. E. (2016). "Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), sayfa 37-57.
- Al Naamany, A., Al Shidhani, A. and Bourdoucen, H. (2006). "IEEE 802.11 Wireless LAN Security Overview", *IJCSNS International Journal of Computer 138 Science and Network Security*, 6, pages 138-156. Sultan Qaboos University, Oman.
- Albayati, A. J. (2016). "Scalable, Secure and Interoperable Design for The Internet of Things", *Cankaya University The Department of Computer Engineering*. Ankara, Türkiye.
- AliExpress. "Tablo 3.2. İletişim tablosu".
<https://tr.aliexpress.com/>
Erişim tarihi: 2 Haziran 2017.
- Altun, B. (2011). " Ulusal Bilgi Güvenliği Kapısı: Kablosuz Ağların Karanlık Tarafı", *TÜBİTAK BİLGEM*, Kocaeli, Türkiye.
- Antonopoulos, A., ve Verikoukis, C. (2014). "Multi-player Game Theoretic MAC Strategies for Energy Efficient Data Dissemination", (I. S. IEEE Communications Society) *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 13(2), pages 592–603. doi:10.1109/TWC.2013.120713.120790
- Apple Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".
<http://www.apple.com>
Erişim tarihi: 16 Şubat 2017.

arduino.cc. "Başlık 3.8. Mikrodenetleyici ve Arduino".

<https://www.arduino.cc/>

Erişim tarihi: 6 Temmuz 2017.

Arrayent Inc. and Prodea Systems Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".

<https://www.arrayent.com/>

Erişim tarihi: 20 Mart 2017.

Atac, S. (2012). "Ağ Temelleri Ders Notu", İzmir, Bergama: Dokuz Eylül Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokulu.

Ateş, M. R. (2013). "GELECEK & TRENDLER", *Yenilikçilik ve Gelecek Araştırma Dergisi - Siemens*.

Atmel Inc. "Tablo 3.3. Mikrodenetleyici türlerinin karşılaştırması".

<http://www.atmel.com/products/microcontrollers/default.aspx>

Erişim tarihi: 28 Temmuz 2017.

Atzori, L., Lera, A. and Morabito, G. (2010). "The Internet of Things", *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 54(15), pages 2787-2805. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010

August Home. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".

www.august.com

Erişim tarihi: 10 Ocak 2017.

Baidu. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".

<https://www.haberler.com/baidu-akilli-chopstick-ne-yediginizi-biliyor-6455845-haberi/>

Erişim Tarihi: 28 Aralık 2016.

Baker, C. R., Armijo, K., Belka, S., Benhabib, M., Bhargava, V., Burkhart, N. and Wright, P. K. (2007). "Wireless Sensor Networks for Home Health Care", *21st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINAW'07)*, 832-837, Niagara Falls-Canada.

Baran, A. (2004). "IEEE 802.11b TCP/IP Ağında Mikrodenetleyici Tabanlı Ağ Arabirim Cihazı Geliştirme Uygulaması", Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı*, Erzurum.

Bas, S. (2011). "Kişisel Alan Ağları ve Giyilebilir Bilgisayarların Kullanımıyla Gerçekleştirilecek Bir Hasta İzleme Sistemi Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi*, İzmir.

Başçiftçi, N. (2011). "Zigbee Tabanlı Mobil Sağlık İzleme Sistem Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.

Baycan, F. (2017). "Güvenlik: WEP, WPA ve WPA2 Nedir?", *Webmaster Kitchen*.

- Bayilmis, C. and Younis, M. (2012). *Journal of Medical Systems*, 36(3), 1593-1601. doi:doi:10.1007/s10916-010-9620-y
- Belkin International Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".
www.belkin.com
Erişim tarihi: 16 Şubat 2017.
- Bilal, K., Khan SU, Madani, S., Hayat, K., Khan, M., Min-Allah, N. and Chen, D. (2013). "A survey on Green communications using Adaptive Link Rate", *Springer Cluster Computing*, 16(3), 575–589. doi:10.1007/s10586-012-0225-8
- Borgia, E. (2014). "The Internet of Things vision: Key features", *Computer Communications*, 54(1-31).
- Bradley, J., Barbier, J. and Handler, D. (2013). "Embracing the Internet of Everything To Capture Your Share of \$14.4 Trillion: More Relevant, Valuable Connections Will Improve Innovation, Productivity, Efficiency & Customer Experience", *White Paper*, Singapore, USA: Cisco Systems Pte. Ltd.
- Brody, P., and Pureswaran, V. (2015). "The next digital gold rush: how the internet of things will create liquid, transparent markets ", *Strategy & Leadership*, 43(1), pages 36-41. doi:https://doi.org/10.1108/SL-11-2014-0094 USA.
- Canary Connect Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT çalışmaları".
<https://canary.is/>
Erişim tarihi: 9 Haziran 2017.
- Celentani, L. J. (2007). "RFID - Assisted Wireless Sensor Networks for Cardiac Tele-healthcare", Master Thesis, *Rochester Institute of Technology*, Rochester, England.
- Cetin, H. E. (2009). "Kablosuz Sensör Ağlarının MicaZ Tabanlı Biyomedikal Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi*, İzmir.
- Chunming, W., and Xuemei, Z. (2010). "Routing Algorithm Simulation of The Patient Monitoring System Based on Zigbee", *2nd International Conference on Networking and Digital Society (ICNDS)*, (26-29). Wenzhou-China.
- Corbin, J. M., and Strauss, A. L. (2015). "Basics of qualitative research: echniques and procedures for developing grounded theory", Los Angeles, London: SAGE.
- De Sousa, J. (2004). "Definition and analysis of critical success factors for ERP implementation projects", *Universitat Politècnica de Catalunya*, Barcelona, Spain.
- Dökmetaş, G. (2016). "ARDUİNO ve RASPERRY PI ile Nesnelerin İnterneti", (Vol. 1), *Dikey Eksen*, Ümraniye, İstanbul.

- Dutton, W. H. (2014). "Putting Things to Work: Social and Policy Challenges for the Internet of Things", *Emerald Group Publishing Limited*, 16(3), pages 1-21. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/info-09-2013-0047>
- Erdogan, G., ve Bahtiyar, S. (2014). "Sosyal Ağlarda Güvenlik", *Akademik Bilişim'14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Espressif IOT Team. (2016). "Espressif FAQ", *ESPRESSİF*.
- Espressif Systems. (2013). "Espressif Smart Connectivity Platform ESP8266", *Espressif Sistemleri (Shanghai) Pte Ltd.*, Shanghai, China.
- F. Aktaş, C. Çeken; Y. E. Erdemli. (2015). "Kablosuz Vücut Alan Ağları Kullanılarak Fizyolojik Sinyallerin Servis Kalitesi Desteği ile Aktarımı", pages 529-532. Muğla, Türkiye.
- FOBO Inc. "Tire Pressure Monitoring System", *For Our Better wOrld*.
www.my-fobo.com
Erişim tarihi: 5 Ocak 2017.
- Fraser, Q. S. (1995). "The Trojan Room Coffee Machine", *Publishing*.
- Fraunhofer IMS. (2016). *Institute For Microelectronic Circuits and Systems IMS*.
- Future Technology Devices International Ltd. - FTDI Chip. (2016), "D2XX Direct Drivers", *The USB Bridging Solutions Specialists*, Shanghai, P.R. China.
- Gartner Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".
<https://www.gartner.com/technology/home.jsp>
Erişim tarihi: 6 Şubat 2017.
- Geekstips. "Tablo 4.2. Benzer uygulamaların karşılaştırılması".
<http://www.geekstips.com/two-esp8266-communication-talk-each-other/>
Erişim tarihi: 31 Mayıs 2017.
- Gong, M. X., Hart, B., and Mao, S. (2014). "Advanced Wireless LAN Technologies: IEEE 802.11AC and Beyond", *GetMobile: Mobile Computing and Communications*, 4(18), pages 48-52. doi:10.1145/2721914.2721933
- Güney, C. (2016). "Yeni Nesil Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Yapay Zeka", *XVIII. AKADEMİK BİLİŞİM KONFERANSI-AB.*, Aydın-Türkiye.
- H. Skalli, G. A. (2007). "Channel Assignment Strategies for Multiradio Wireless Mesh Networks Issues and Solution", *IEEE Communications Magazine*.
- Hagag, S., and El-Sayed, A. (2012). "Enhanced TCP Westwood congestion avoidance mechanism (TCP WestwoodNew)", *International Journal of Computer Applications*, 45(5), pages 21-29. doi:10.5120/6776-9071

- Harmankaya, A. O., Demiray, H. E., Ertürk, İ., Bayılmış, C., ve Bandırmalı, N. (2015). "Kablosuz Ağlarda Güvenlik Protokollerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi", *Elektrik Mühendisleri Odası*, sayfa 51-57.
- Hayes Communications LLC. (2016). "Communications", *Hayes Microcomputer Products*, Atlanta, USA.
- He, C., Sheng, B., Zhu, P., Wang, D., and You, X. (2014). "Energy efficiency comparison between distributed and co-located MIMO systems", *International Journal of Communication Systems*, 27(1), pages 81-94. doi:10.1002/dac.2345
- Hu, F., Xiao, Y., and Hao, Q. (2009). *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 27, pages 450-465. Canada.
- Ian, G., Ovidiu, V., Peter, F., and Anthony, F. (2012). "Internet of Things", *New Horizons*, Halifax, UK.
- Icontrol Networks. (2016). "Kablosuz Ağlar", *Piper Yayıncılık*.
- IEEE.org. "Tablo 3.1. Kablosuz ağ standartlarının karşılaştırılması".
<https://www.ieee.org/index.html>
Erişim tarihi: 29 Nisan 2017.
- Insurance Nexus is a division of FC Business Intelligence Ltd. "Şekil 1.2. Nesnelerin İnterneti", *Insurance Nexus*.
<http://www.insurancenexus.com/iot/insurers-transform-customer-engagement-internet-things>
Erişim tarihi: 28 Aralık 2016.
- IoT European Research Cluster (IERC). (2015). "Internet of Things Strategic Research Agenda (SRA). IERC-European Research Cluster on the Internet of Things".
- Ishaq, I., Carels, D., Teklemariam, G., Hoebeker, J., Van Den Abeele, F., De Poorter, E., and Demeester, P. (2013). "IETF Standardization in the Field of the Internet of Things (IoT): A Survey", *Journal of Sensor & Actuator Networks*, 2(2), 235-287.
- IT Europa Media, Intelligence Ltd. (2017). "The European specialist on channels to market", *Europa Media*.
- İnternet Kaynağı. "Tablo 4.2. Benzer uygulamaların karşılaştırılması".
<https://www.youtube.com/watch?v=6SdyImetbp8>
Erişim tarihi: 18 Mayıs 2017.
- J. Simon, Z. C. (2015). "Data Management of The Automomous Mobile Devices And Internet of Things", *İ. J. Engineering (Dü.)*, Romania: Annals of Faculty Engineering Hunedoara.

- Jara, A. J., Belchi, F. J., Alcolea, A. F., Santa, J., Zamora-Izquierdo, M. A., and Gomez-Skarmeta, A. F. (2010). "A Pharmaceutical Intelligent Information System to Detect Allergies and Adverse Drugs Reactions based on Internet of Things", *8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 809-812. Mannheim-Germany: PerCom.
- Kangas, E. (2015). "256-bit AES Encryption for SSL and TLS: Maximal Security", *The LuxSci FYI Blog*, Westwood, USA.
- Karotz, Nabaztag and Cie. "Les Lapins Connectes".
<http://nabaztag.com/#>
Erişim tarihi: 14 Ocak 2017.
- Kırbas, I. (2013). "Online Kablosuz İnkübatör İzleme ve Kontrol Sistemi Tasarımı ve Uygulaması", Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya.
- Kocaoğlu, R., and Akcayol, M. (2012). "Kablosuz Örgü Ağlar İçin Ölçeklenebilir Yönlendirme Protokolü", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, *Gazi Üniversitesi*, 27(4), pages 891-899. Ankara.
- Kolibree. (2015). "Oral Hygiene & overall Health Key facts and findings", Seine, Fransa.
- Kurban, R. (2009). "Kablosuz Taşınabilir Uzaktan Sağlık İzleme Sistemi: Mobil Sağlık Danışmanı", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi*, İzmir.
- Kurt, O., Tuncay, G., Özkan, S., Tüzün, M., ve Gezgin, D. M. (2017). "Yeni Kablosuz Yerel Alan Ağ Standartları neler vaat ediyor? Bir Karşılaştırma: IEEE 802.11ac, 802.11ad, 802.11x".
- Kutlugün, M. A., ve Çakır, M. Y. (2011). "Kablosuz Sensör Ağları ile Akıllı Ev Sistemleri".
- Kutup, N. (2011). "Nesnelerin İnterneti; 4H Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile bağlantı", *XVI. Türkiye'de İnternet Konferansı*, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Lee, D., Bhardwaj, S., Alasaarela, E., and Chung, W. (2007). "An ECG Analysis on Sensor Node for Reducing Traffic Overload in u-Healthcare with Wireless Sensor Network", *IEEE Sensors Conference*, pages 256-259. Atlanta-USA.
- Lee, I., and Lee, K. (2015). "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises", *Business Horizons*, 58(4), pages 431-440.
- Lehembre, G. (2005). "Wi-Fi security - WEP, WPA and WPA2", *HAKIN9 MEDIA SP. Z O.O. SP. K.* Warsaw, Poland.
- Lendino, J. "WiFi Connection", *Extreme Tech*.
<https://www.extremetech.com/computing/184685-what-is-802-11ax-wifi-and->

[do-you-really-need-a-10gbps-connection-to-your-laptop](#)

Erişim tarihi: 19 Mart 2017.

- Lucian, V. I. "Internet of Things Project - Communication Between ESP8266 Modules | ESP8266 Arduino Tutorial".
www.geekstips.com
Erişim tarihi: 27 Mayıs 2017.
- Luo, J. R., Chen, Y. L., Tang, K., and Luo, J. W. (2009). "Remote Monitoring Information System and Its Applications Based on the Internet of Things", 482-485.
- Malan, D., Fulford-Jones, T., Welsh, M., and Moulton, S. (2004). "CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care", *Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004)*, pages 12-14. Boston-USA.
- Manoj, K. (2011). "Wireless Sensor Network: Security Issues and Challenges", *1*(3).
- Mavituna, F. "Kablosuz (Wireless, Wi-Fi) ağların tespiti, kablosuz ağlara saldırı ve kablosuz ağların güvenliği", Kablosuz Ağlara Saldırı ve Defans.
<http://ferruh.mavituna.com/kablosuz-aglara-saldiri-ve-defans-oku/>
Erişim tarihi: 24 Nisan 2017.
- Medgadget, LLC. *Holst Centre Introduces Next Generation Health Patch*, (K. Raddawi, Düzenleyen), MedGadget.
<https://www.medgadget.com/2016/11/holst-centre-introduces-next-generation-health-patch.html>
Erişim tarihi: 9 Haziran 2017.
- Microchip Technology Inc. "Channel Capacitive Touch Sensor", pages 63. ISBN: 9781632779953 U.S.A.
- Microsoft. (2011). "Understanding TCP/IP addressing and subnetting basics", *Microsoft 2017*, United States, ABD.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). "Bilişim Teknolojileri", Ağ Temelleri, *MEB*, sayfa 2-59. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). "Elektrik Elektronik Teknolojisi", Kablosuz Ağ Sistemleri, *MEB*, sayfa 21-65. Ankara.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., and Chlamtac, I. (2012). "Internet of things: Vision, applications and research challenges", *Ad Hoc Networks* ISSN: 1497-1516, *10*(7).
- Mitchell, B. (2017). "Wireless Standards 802.11a, 802.11b/g/n, and 802.11ac", *Lifewire Web Sitesi*.

- Okdem, S., ve Karaboga, D. (2009). "Routing in Wireless Sensor Networks Using an Ant Colony Optimization (ACO) Router Chip", *Molekuler Diversity Preservation International*.
- Önal, H. "Kablosuz Ağlar ve Güvenlik", *Enderunix*.
www.enderunix.org/docs/kablosuz_aglar_ve_guvenlik.pdf
Erişim tarihi: 9 Aralık 2016.
- Öz, C., ve Topaloğlu, Y. "Gelecek Nesil Gömülü Sistem Uygulamaları için Kullanıcı Etkileşimi Yaklaşımı Önerisi", 33, Germany: Sun SITE Central Europe.
- Petnet Inc. "Başlık 2.1. Literatürdeki IoT Çalışmaları".
<http://www.petnet.io/>
Erişim tarihi: 26 Haziran 2017.
- Philips. *Koninklijke Philips N.V.*
<http://www.philips.com.tr/>
Erişim tarihi: 8 Haziran 2017.
- Rahim, M. R., Rashid, R. A., Ariffin, S. H., Fisal, N., Sarijari, M. A., and Abdulhamid, A. F. (2011). "Testbed Design for Wireless Biomedical Sensor Network (WBSN) Application", *IEEE International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 284-289. Penang-Malaysia.
- Rifkin, J. (2015). "The Zero Marginal Cost Society", *Palgrave Macmillan*, (S. Talay, Düzenleyen., ve L. Göktem, Çeviren), İstanbul, Esenyurt, Türkiye.
- Robolink Teknoloji Ltd. Şti. "Tablo 3.3. Mikrodenetleyici türlerinin karşılaştırması".
<https://www.robolinkmarket.com/>
Erişim tarihi: 15 Nisan 2017.
- Rohokale, V. M., Prasad, N. R., and Prasad, R. (2011). "A Cooperative Internet of Things (IoT) for Rural Healthcare Monitoring and Control", *2nd IEEE International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology (Wireless VITAE)*, 1-6. Chennai-India.
- Rouse, M. (2017). "Advanced Encryption Standard (AES)", Smart Grid, *TeachTarget Network*, Sydney.
- Sag, K. (2015). "An Analysis of the Critical Success Factors For Internet of Things (IoT) Projects MSc Dissertation", *Faculty of Business & Law, University of Southampton*, Southampton.
- Satar, B. (2016). "Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Otobüs Durak Sistemi Tasarımı", *Researchgate*.
- Savaş, Ö. (2007). "Kablosuz Yerel Alan Ağlar Nedir", Türkiye.

- Sevinç, H. (2015). "ESP8266 ve ARDUİNO ile Nesnelerin İnterneti", (Cilt 1). *Dikey Eksen*, İstanbul.
- SlidePlayer. "Tablo 2.1. Güvenlik mekanizmalarından bazılarının sınıflandırılması".
<http://slideplayer.com/slide/4903398/>
Erişim tarihi: 14 Eylül 2017.
- SmartThings Inc. (2017). "Samsung SmartThings Hub", *Samsung*.
- Solid State Devices Inc. "Şekil 3.14. Röle", *SSDI*.
<http://www.ssdi-power.com/>
Erişim tarihi: 28 Mart 2017.
- Soy, H., Dilay, Y., Özkan, A., ve Aydın, C. (2016). "Kablosuz Algılayıcı / Eyleyici Ağlara Dayalı Sera Kontrol Sistemi Tasarımı", *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Tokat-TÜRKİYE.
- Soylu, T. (2012). "Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları ve Bir Algılayıcı Düğüm Tasarımı", *Trakya Üniversitesi*, Edirne.
- Tafazolli, R., Upstill, C., Aghvarni, H., Cooper, R., and Dutton, W. (2012). "A Roadmap for Interdisciplinary Research on the Internet of Things", *S. I. Group, Ed.*
- Tan, J., and Koo, S. (2014). "A survey of technologies in internet of things", *IEEE Computer Society*, pages 269-274.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselc&AN=edselc.2-52.0-84904415417&site=eds-live>
Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017.
- Texas Instruments. (1999, Revised 2016). "LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors", *Texas Instruments Incorporated*. pages 1-34. Dallas, Texas.
- Türker, G. F., ve Kutlu, A. (2011). "Medikal Bilişimde Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve İnternet", *Inetcon*.
- Usman, M., Kliazovich, D., Granelli, F., Bouvry, P., and Castoldi, P. (2017). "Energy efficiency of TCP: An analytical model and its application to reduce energy consumption of the most diffused transport protocol", (P. M. Obaidat, Düzenleyen) *International Journal of Communication Systems*, 30(1), 73-89. doi:10.1002/dac.2934
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., and Eisenhauer, M. (2011). "Internet of things strategic research roadmap", *Global*, 1, pages 9-52.
- Wang, B., and Singh, S. (2004). "Computational energy cost of TCP", *Proceedings of the 23rd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, 2, pages 785-795. doi:10.1109/INFCOM.2004.1356967

- Wekhande, V. (2006). "WI-FI TECHNOLOGY: SECURITY ISSUES", *RIVIER ACADEMIC JOURNAL*, 2(2), sayfa 1-17.
- Witmore, A., Agarwal, A., and Xu, L. (2015). "The Internet of Things - A survey of topics and trends", *Information Systems Frontiers*.
- Xu, L., He, W., and Li, S. (2014). "Internet of things in industries: A survey", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233-2243.
- Yan, Z., Zhang, P., and Vasilako, A. (2014). "A survey on trust management for Internet of Things", *Journal of Network and Computer Applications*, 42, sayfa 120-134.
- Yang, G., Xie, L., Mantysalo, M., Zhou, X., Pang, Z., Xu, D. L. and Zheng, L. (2014, Kasım). "A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor, and Intelligent Medicine Box", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2180-2191. doi:10.1109/TII.2014.2307795
- Yang, L., Vyas, R., Rida, A., Pan, J., and Tentzeris, M. M. (2008). "Wearable RFID-Enabled Sensor Nodes for Biomedical Applications", *IEEE Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, 2156-2159. Lake Buena Vista-USA.
- Yıldırım, Ö. (2008). "802.11 Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Net Veri Hızının İncelenmesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Zahariadis, T. B. (2004). "Evolution of the Wireless PAN and LAN standards", *Computer Standards & Interfaces*, 175-185. doi:10.1016/S0920-5489(03)00093-X
- Zhang, Z., and Hu, X. (2013). "Zigbee based Wireless Sensor Networks and Their Use in Medical and Health Care Domain", *7th International Conference on Sensing Technology (ICST 2013)*, sayfa 756-761. Wellington-New Zealand.



EKLER

EK-1. Tez Çalışma Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Bektaş, C., Baran, A., (2017) “Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Nesnelerin İnterneti İçin Düşük Enerji Tüketimli, Çok Atlamalı, Güvenli Bir Arabirim Geliştirme Uygulaması”, *International Congress of Energy, Economy and Security*, sayfa 225-233. İstanbul, Turkey.
<http://enscon.org/wp-content/uploads/ENSCON-Proceedings.pdf>
Erişim tarihi: 30 Kasım 2017.



EK-2. At Komut Dizini

Function	AT Command	Response
Working	AT	OK
Restart	AT+RST	OK [System Ready, Vendor:www.ai-thinker.com]
Firmware version	AT+GMR	AT+GMR 0018000902 OK
List Access Points	AT+CWLAP	AT+CWLAP +CWLAP:(4,"RocheFortSurLac",38,"70:62:b8:6f:6d:58",1) +CWLAP:(4,"LiliPad2.4",-83,"f8:7b:8c:1e:7c:6d",1) OK
Join Access Point	AT+CWJAP? AT+CWJAP="SSID","Password"	Query AT+CWJAP? +CWJAP:"RocheFortSurLac" OK
Quit Access Point	AT+CWQAP=? AT+CWQAP	Query OK
Get IP Address	AT+CIFSR	AT+CIFSR 192.168.0.105 OK
Set Parameters of Access Point	AT+ CWSAP? AT+ CWSAP= <ssid>,<pwd>,<chl>,<ecn>	Query ssid, pwd chl = channel, ecn = encryption
WiFi Mode	AT+CWMODE? AT+CWMODE=1 AT+CWMODE=2 AT+CWMODE=3	Query STA AP BOTH
Set up TCP or UDP connection	AT+CIPSTART=? (CIPMUX=0) AT+CIPSTART = <type>,<addr>,<port> (CIPMUX=1) AT+CIPSTART= <id><type>,<addr>,<port>	Query id = 0-4, type = TCP/UDP, addr = IP address, port= port
TCP/UDP Connections	AT+ CIPMUX? AT+ CIPMUX=0 AT+ CIPMUX=1	Query Single Multiple
Check join devices' IP	AT+CWLIF	
TCP/IP Connection Status	AT+CIPSTATUS	AT+CIPSTATUS? no this fun
Send TCP/IP data	(CIPMUX=0) AT+CIPSEND=<length>; (CIPMUX=1) AT+CIPSEND= <id>,<length>	

EK-3. AT Komut Dizini Devamı

Send TCP/IP data	(CIPMUX=0) AT+CIPSEND=<length>; (CIPMUX=1) AT+CIPSEND=<id>,<length>	
Close TCP / UDP connection	AT+CIPCLOSE=<id> or AT+CIPCLOSE	
Set as server	AT+ CIPSERVER=<mode>[,<port>]	mode 0 to close server mode; mode 1 to open; port = port
Set the server timeout	AT+CIPSTO? AT+CIPSTO=<time>	Query <time>0~28800 in seconds
Baud Rate*	AT+CIOBAUD? Supported: 9600, 19200, 38400, 74880, 115200, 230400, 460800, 921600	Query AT+CIOBAUD? +CIOBAUD:9600 OK
Check IP address	AT+CIFSR	AT+CIFSR 192.168.0.106 OK
Firmware Upgrade (from Cloud)	AT+CIUPDATE	+CIPUPDATE:1 found server +CIPUPDATE:2 connect server +CIPUPDATE:3 got edition +CIPUPDATE:4 start update
Received data	+IPD	(CIPMUX=0): + IPD, <len>: (CIPMUX=1): + IPD, <id>, <len>: <data>
Watchdog Enable*	AT+CSYSWDTENABLE	Watchdog, auto restart when program errors occur: enable
Watchdog Disable*	AT+CSYSWDTDISABLE	Watchdog, auto restart when program errors occur: disable

*New in V0.9.2.2 (from <http://www.electrodragon.com/w/Wi07c>)

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Erzincan’da doğdu. Liseye kadar olan eğitimi Erzincan’da tamamladıktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. Lisans bitirme tezinde, Durak Modellemeli Çizgi İzleyen Robot projesini tamamladı. 2014 Haziran’da Lisans öğreniminden mezun oldu.

2014 Ağustos’ta Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans (İngilizce) eğitimine başladı. 2016 yılında aynı anabilim dalında Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi’ne yatay geçiş yaptı.

2014 Temmuz’dan itibaren özel bir şirkette Elektrik Elektronik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.