



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ DESTEKLİ AKILLI BİNA İÇİ ISITMA SİSTEMİ

OĞUZ KAĞAN BARIŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik
Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Veysel Gökhan BÖCEKÇİ

İSTANBUL, 2020



MARMARA UNIVERSITY
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES
IN PURE AND APPLIED SCIENCES



SMART INDOOR HEATING SYSTEM SUPPORTED BY WEARABLE TECHNOLOGY

OĞUZ KAĞAN BARIŞ

MASTER THESIS

Department of Electrical Electronics Engineering

Thesis Supervisor

Dr. Öğr. Üyesi Veysel Gökhan BÖCEKÇİ

ISTANBUL, 2020



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ DESTEKLİ AKILLI BİNA İÇİ ISITMA SİSTEMİ

OĞUZ KAĞAN BARIŞ
(523117037)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik
Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Veysel Gökhan BÖCEKÇİ

İSTANBUL, 2020

Önsöz/ Teşekkür

Bu tez çalışmasında kamu binalarında ısınma için harcanan enerjiden tasarruf edilmesi amaçlanarak, aynı zamanda kullanıcıların konfor seviyesinin de artırılması hedeflenmiştir. Tez kapsamında geliştirilen ana panel, radyatör kontrol cihazı donanımları ve “SmarThermo” uygulaması çalışmanın başlıca unsurlarıdır. Alışlagelmiş ısı termostatlarının çalışma prensibinin aksine; her bir oda sıcaklığının kendi radyatörü üzerinden kontrol edilmesinin, enerji tasarrufunu arttıracak ve dolayısıyla sistemin daha verimli olacağından hareketle çalışma düşünülmüş ve gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tez konusu seçimindeki yardımları ve çalışma sürecindeki destekleri için tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Veysel Gökhan Böcekçi hocama teşekkürlerimi sunarım. Her konuda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Yıldız Büşra Karayer ve Şahzen Gülrü Alver’e, ayrıca eğitim hayatım boyunca bana destek olan ve hep yanımda olan aileme sevgi ve şükranlarımı sunarım.

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
KISALTMALAR	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1 Enerji Ve Önemi	1
1.2 Akıllı Ev Sistemleri	5
1.3 Giyilebilir Akıllı Cihazlar	6
2.MATERYAL VE YÖNTEM	8
2.1 Ana Panel	9
2.1.1 Grafik İşlemci & TFT Ekran	9
2.1.2 GSM/GNSS Modülü	10
2.1.3 Sıcaklık Ve Nem Sensörü	11
2.1.4 Hareket Algılama Sensörü	12
2.1.5 Ana İşlemci	12
2.2 Radyatör Paneli	13
2.2.1 Radyatör Paneli İşlemcisi	14
2.3 Akıllı Telefon	14
2.4 Giyilebilir Akıllı Cihazlar	14
2.5 Yazılım	15
2.5.1 Donanım Yazılımı	15
2.5.2 Uygulama Yazılımı	16
3. SİSTEM ÇALIŞMASI	16
3.1 Ana Panel Yazılımı	20
3.2 Radyatör Cihazı Yazılımı	27

3.3 Uygulama Arayüzü	29
3.4 Uygulama Arkayüz Yazılımı	32
4. SONUÇ	38
4.1 Sistem Çalışma Senaryoları	38
4.1.1 Senaryo-1	38
4.1.2 Senaryo-2	40
4.1.3 Senaryo-3	41
4.1.4 Senaryo-4	43
4.2 Sonuç Çıkarımları	45
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	48
6. KAYNAKÇA	50

ÖZET

GIYİLEBİLİR TEKNOLOJİ DESTEKLİ AKILLI BİNA İÇİ ISITMA SİSTEMİ

Enerjinin verimli, ekonomik ve kesintisiz bir şekilde kullanılması, ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren en önemli konulardan biridir. Verimli enerji kullanımı ve enerji tasarrufu gibi konular sera gazı emisyonlarının neden olduğu çevresel ve ekonomik sorunlar nedeniyle yükselen bir trend haline gelmiştir. Türkiye enerji tüketimi konusunda Dünya ortalamasının üzerindedir ve bu enerjinin sağlanmasında dışa bağımlıdır. Bu durum, ülkemizde enerjinin verimli kullanımının önemini daha da arttırmaktadır. Yeşil enerji trendi ülkemizde de yıldan yıla enerji tasarrufu sağlayan ürünlerle kendini göstermektedir. Bu ürünler günümüzde konutlarda ve kamu binalarında yaygınlaşmaya başlamıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada konutlarda ve özellikle kamu binalarında ısınma için tüketilen enerjiden tasarruf hedeflenmiştir. Kamu binalarında farklı kişilerin şahsi ya da ortak kullanımında pek çok oda bulunmaktadır. Isıtma merkezi bir sistem tarafından sağlandığında odalar boyutlarına, binadaki yerleşimlerine bağlı olarak farklı sıcaklıklarda olabilmektedir. Kamu binaları gibi merkezi ısıtma yapılan büyük binalarda termostat kullanımı söz konusu değildir. Bu çalışma kapsamında; bina içerisindeki belirlenen her radyatöre elektronik vana, oda içerisinde belirlenen bölgelere de ısı algılayıcı ve kontrol düzeneği monte edilmiştir. Kullanıcıların, akıllı telefonlarına indirdikleri Android uygulama ve ana panele entegre edilmiş giyilebilir akıllı cihazları ile her oda kullanıcısının isteğine uygun sıcaklığın ayarlanması sistem tarafından sağlamaktadır. Bu çalışma neticesinde binadaki her bir oda radyatörleri kontrol edilerek bina içerisindeki sıcaklık dağılımının mümkün olduğunca eşit olması sağlanmaktadır. Çalışmanın hayata geçirilmesiyle kullanıcıların konfor düzeyinin artmış ve ısınma için harcanan enerjiden %20 ile %35 arasında tasarruf sağlanmıştır.

ABSTRACT

SMART INDOOR HEATING SYSTEM SUPPORTED BY WEARABLE TECHNOLOGY

Efficient, economical and constant use of energy is one of the most important issues that show the development level of countries. Issues such, as efficient energy use and energy saving have become a rising trend due to environmental and economic problems caused by greenhouse gas emissions. Turkey is above the world average in energy consumption and Turkey is dependent on foreign countries to ensure that energy. This situation increases the value of efficient use of energy in our country. The green energy trend shows itself in our country with energy-saving products each year. These products are becoming widespread in residences and public buildings today. In this study, it is aimed to save energy consumed for heating in houses and especially public buildings. There are many rooms in public buildings for the personal or common use of many people. When the heating is provided by a central system, the rooms can be at various temperatures depending on their size and their placement in the building. This scope of paper; An electronic valve will be installed on every radiator determined in the building, and a heat sensor and control mechanism, including the designated areas in the room. With the Android application that users download to their smartphones and the wearable smart devices integrated into the main panel, the system provides the adjustment of the temperature according to the wishes of each room user. As a result of this study, the radiators of each room in the building are controlled to ensure that the temperature distribution in the building is as equal as possible. With the implementation of the study, the comfort level of the users increased and savings between 20% and 35% were achieved in the energy used for heating.

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AT	: Akıllı Telefon
BSB	: Belirlenen Süre Boyunca
CO₂	: Karbondioksit
GAC	: Giyilebilir Akıllı Cihaz
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GSM	: Global System for Mobile Communications
GW/h	: GigaWatt / Saat
HMI	: Human Machine Interface
I2C	: Inter-Integrated Circuit
IDE	: Integrated Development Environment
IoT	: Internet of Things
LED	: Light Emitting Diode
LNA	: Low Noise Amplifier
MAC	: Media Access Control
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
PCB	: Printed Circuit Board
PIR	: Passive Infrared Sensor
RAM	: Random Access Memory
SPI	: Serial Peripheral Interface
TFT	: Thin Film Transistor
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
UETM	: Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi
USART	: Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 2011 yılında Dünya’da Birincil Enerji Kullanımı.....	1
Şekil 1.2 2016 yılında Dünya’da Birincil Enerji Kullanımı	1
Şekil 1.3 Giyilebilir Akıllı Cihazlara Örnekler (Akıllı Saat, Akıllı Gözlük, Kablosuz Kulaklık)	6
Şekil 2.1 FT800 Grafik İşlemci	11
Şekil 2.2 MC60 GSM/GNSS/BT Modülü	12
Şekil 2.3 HC-SR501 PIR Sensörü.....	13
Şekil 2.4 Ana Panel İşlemcisi: STM32F103R8T6.....	14
Şekil 2.5 Selenoid Valf	15
Şekil 2.6 Radyatör Paneli İşlemcisi: ATmega2560-16AU	15
Şekil 2.7 Cihazların Oda İçi Yerleşimi	16
Şekil 3.1 “SmartThermo” Uygulaması Giriş Sayfası.....	18
Şekil 3.2 “SmartThermo” Uygulaması ile Ana Panele Bağlantı Kurulumu	18
Şekil 3.3 “SmartThermo” Uygulaması MAC Adresi Kayıt İşlemi	19
Şekil 3.4 Ana Panel’in Oda İçi Örnek Konumlandırılması.....	20
Şekil 3.5 Selenoid Valf ve Radyatör Kontrol Cihazı Bağlantısı	21
Şekil 3.6 Ana Panel Yazılımında Kullanılan Kütüphaneler.....	22
Şekil 3.7 Ana Panel Yazılımında Ayarlanmış Optimum ve Ortalama Sıcaklık Değerleri.....	22
Şekil 3.8 Ana Panel Yazılımında İşlemcide Kullanılacak Dış Birim Ayarlamaları.....	23
Şekil 3.9 Ana Panel Yazılımında TFT Ekran için Gerekli Ayar Komutları	23
Şekil 3.10 Ana Panel Yazılımda Ana Menü Gösterim Komutları	25
Şekil 3.11 Ana Panel Yazılımında Giyilebilir Akıllı Cihaz ve Radyatör Paneli Tarama Komutları	25
Şekil 3.12 Ana Panel Yazılımda Bluetooth Bağlantı Kurulumu.....	26
Şekil 3.13 Ana Panel Yazılımında PIR Sensörü Kontrolü.....	27
Şekil 3.14 Ana Panel Yazılımında Sıcaklık Verisine Göre İşlem Komutları.....	28
Şekil 3.15 Radyatör Kontrol Cihazı Yazılımda MC60 Bluetooth Aktifleştirme Komutları	29
Şekil 3.16 Gelen Veriler Doğrultusunda Değişen Röle Kontrol Komutları.....	30
Şekil 3.17 “SmarThermo” Uygulaması Ad ve Soyad Kayıt Sayfası.....	30

Şekil 3.18 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Arayüzü	31
Şekil 3.19 “SmarThermo” Uygulaması Bluetooth Bağlantı Bölümü.....	31
Şekil 3.20 “SmarThermo” Uygulaması Sıcaklık Ayar Bölümü	32
Şekil 3.21 “SmarThermo” Uygulaması Mac Adresi Kayıt Bölümü	32
Şekil 3.22 “SmarThermo” Uygulaması Akış Şeması.....	33
Şekil 3.23 “SmarThermo” Uygulaması Açılış Sayfası Yazılımı – Ad ve Soyad Verisi Kayıt	33
Şekil 3.24 “SmarThermo” Uygulaması Açılış Sayfası Yazılımı – Ad ve Soyad Verisi Giriş	34
Şekil 3.25 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Başlangıç.....	35
Şekil 3.26 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Bluetooth Bağlantısı için Cihaz Tanımlama.....	35
Şekil 3.27 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Bluetooth Bağlantı	36
Şekil 3.28 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Sıcaklık Ayar Butonları	37
Şekil 3.29 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – MAC Adresi Kayıt.....	37
Şekil 3.30 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Veri Gönderim	38
Şekil 4.1 Senaryo-1 Akış Diyagramı.....	39
Şekil 4.2 Senaryo-1 Oda Görselleştirmesi	40
Şekil 4.3 Senaryo-2 Akış Diyagramı.....	41
Şekil 4.4 Senaryo-2 Oda Görselleştirmesi	42
Şekil 4.5 Senaryo-3 Akış Diyagramı.....	43
Şekil 4.6 Senaryo-3 Oda Görselleştirmesi	44
Şekil 4.7 Senaryo-4 Akış Diyagramı.....	44
Şekil 4.8 Senaryo-4 Oda Görselleştirmesi	45

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Kişi Algılama Algoritması	20
Tablo 4.1 Proje Maliyet Analizi	47
Tablo 4.2 Üç Oda, Dört Radyatörlü Sistem için Cihaz Kurulumu Maliyet Tablosu.....	47

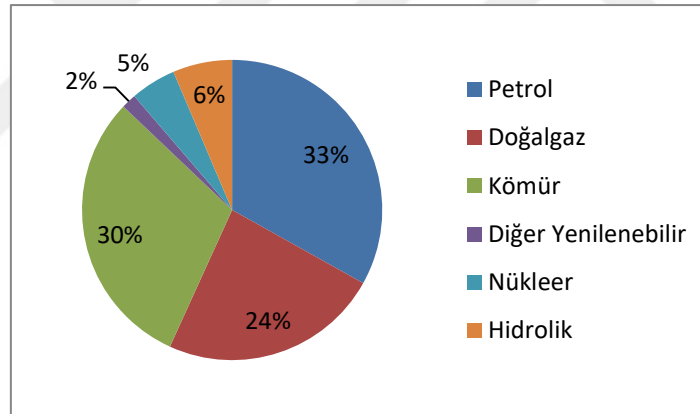




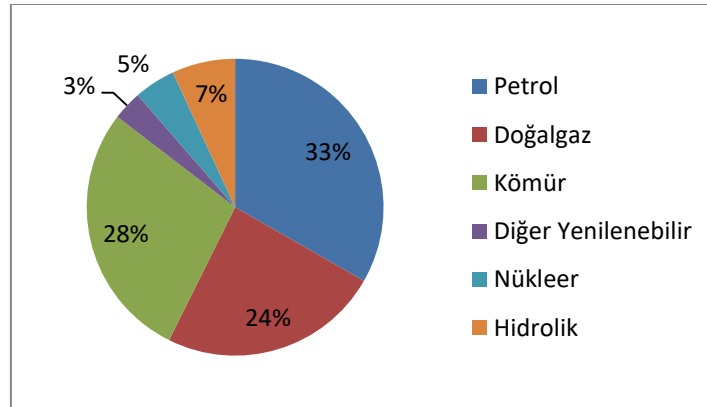
1. GİRİŞ

1.1 Enerji ve Önemi

Ülkeler toplumsal gelişimlerini sürdürebilmek ve ekonomik olarak ilerleyebilmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Dünya’da devletler düzeyinde enerji kullanımı sanayi devrimi ile başlamıştır. 1800’lerde başlayan bu devrim, başta kömür olmak üzere birçok fosil yakıtın yanması sırasında açığa çıkan enerjinin buharlı makinelerce mekanik hareketliliğe çevrilmesi prensibine dayanmaktadır. 1900’lere gelindiğinde kömür kullanımı yerini yavaş yavaş petrole bırakmıştır [1]. Petrol kullanımı; petrolün kimyasal yapısı gereği verimliliği, lojistik kolaylığı ve kullanılabilir yan ürünleri gibi birçok avantajı sebebiyle hızla yaygınlaşmıştır. 1930’larda enerji üretimi piyasasına doğalgaz da girmiştir. Günümüzde bu 3 fosil yakıt hala başlıca enerji üretim yakıtlarındandır. Birincil enerji arzı göz önünde bulundurulursa Dünya’da enerji üretiminin %32’si petrol, %27’si kömür ve %20’si doğalgaz ile sağlanmaktadır [2].



Şekil 1.1 2011 yılında Dünya’da Birincil Enerji Kullanımı [3]



Şekil 1.2 2016 yılında Dünya’da Birincil Enerji Kullanımı [4]

Enerji üretim kapasitesi aynı zamanda ülkelerin refah ve gelişmişlik düzeyinin bir göstergesidir. Bir ülke enerji kaynaklarına kolay, hızlı ve güvenli şekilde ulaşabildiği ölçüde ekonomik ve teknolojik gelişmişliği yakalayabilmektedir. Bu kapsamda fosil yakıtın az bulunduğu veya bulunmadığı ülkelere, bulunan ülkelere doğru bir arz talebi oluşmaktadır. Arz talebi bir ülkenin ekonomisini büyük ölçüde belirlemektedir denebilir. Bir ülkede yaşayan insanların kişi başına düşen enerji tüketimiyle, gelir seviyesi arasında yakın bir ilişki söz konusudur [5]. Bu sebeple gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, enerji üretiminde fosil yakıtları kullanmaksızın enerji üretebilecekleri yeni enerji kaynaklarına yönelmektedir [6]. Fosil yakıtlara olan bağımlılık bir ülke için ne kadar az ise ülke ekonomisi de o ölçüde gelişmektedir.

Diğer ülkelerin genelinde olduğu gibi ülkemizde de enerji üretimi yüksek oranda fosil yakıtlarla sağlanmaktadır. Ülkemizde enerji tüketiminin %33'ünü doğalgaz, %27'sini petrol, %29'unu kömür oluşturmaktadır [3]. Elektrik üretiminin ise %37'si kömürden, %29'u doğalgazdan, %19'u hidroelektrik santrallerden sağlanmaktadır [7]. Ülke olarak fosil yakıtlara bu derece bağımlı olmanın; ülkemizi, ekonomik olarak da dışa bağımlı hale getirdiğini söyleyebiliriz. Ülkemizde enerji açığı seviyesi %70'lerdedir ve bu da her geçen sene 14 milyar dolarlık bir dış harcama demektir [8]. Yakın dönemde dış harcamaları azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları alanında yatırımlar ve çalışmalar yapılmaktadır. 2016 yılının sonundaki verilere bakıldığında kurulu güçte yenilenebilir enerjinin payında artış gözlemlenmektedir. Kurulu gücün %27'si hidrolik, %8'i rüzgâr enerjisi ile karşılanmaktadır. Bu artışlar özellikle kömüre olan ihtiyacı azaltmaktadır. Ancak bu artışın yeterli seviyelerde olmadığı söylenmelidir. 2016 yılının sonu itibari ile ülkemizde birincil elektrik enerjisi üretimi için %41 pay ile kömür kullanılmaktadır [4].

Fosil yakıt kullanımının ülkemize ekonomik açıdan verdiği zararların yanı sıra, enerjinin üretimi sırasında çevreye ve doğaya verilen zarar da göz önünde bulundurulmalıdır. Fosil yakıtların kullanımı küresel ısınmanın başlıca sebebidir. Dünya'daki enerji üretiminin %77'sinin fosil yakıtlardan karşılanması çok büyük bir CO₂ salınımına neden olmakta, bu da beraberinde büyük bir sera gazı etkisi yaratmaktadır [9]. İnsan kaynaklı sera gazı salınımının bu şekilde devam etmesi durumunda 2030'lu yıllarda Dünya sıcaklık ortalamalarının 2,4 ile 6,4 °C kadar yükselmesi beklenmektedir [10]. Bu yükselme doğal yaşamı ve insanlığı büyük ölçüde olumsuz etkileyecek sonuçlara sebep olacaktır.

Fosil yakıtların gerek ekonomik gerek doğal tahribatı sebebiyle, yenilenebilir enerji ve enerji tasarrufu gibi konular yükselen bir trend haline gelmiştir. Birçok devlet yenilenebilir

enerji kaynaklarının daha verimli yollarını araştırmakta, bu alanlarda yatırımlar yapmaktadır. Avrupa Birliği lkeleri enerji ihtiyaçlarının %58 kadarını dışarıdan karşıladıklarından, yenilenebilir enerji kaynaklarına son yıllarda daha da önem vermeye başlamışlardır [11]. Mevcut enerji üretimlerinin %15'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan AB lkeleri; 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını, 1990'lı yıllardaki seviyelerine kıyasla %40 oranında azaltılmayı bu amaçla da yenilenebilir enerjinin toplam enerji tkretimindeki payını %27 oranına yükseltmeyi ve enerji verimliliklerini asgari olarak %27 oranında arttırmayı hedeflemektedirler [12]. Bu bağlamda önümüzdeki yıllarda Avrupa Birliği lkelerinin konuyla ilgili 1,5 trilyon dolar yatırım yapması beklenmektedir [8]. Yüksek gibi görünen bu yatırım miktarı, enerji açığı için yapılan dış harcamalar düşünüldüğünde uzun vadede büyük ölçüde tasarruf sağlayacaktır. Ülkemizde de geçtiğimiz son 15 yılda yenilenebilir enerji ile elde edilen enerji üretiminde büyük bir artış söz konusudur. 2000 yılında yaklaşık 31 GW/h üretimle toplam enerji üretiminin %25'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanırken, bu pay 2017 yılına gelindiğinde 85 GW/h ile %30 seviyelerine çıkmıştır [9].

Ülkelerin enerji ekonomisini yönetmek için uyguladıkları bir diğer politika enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu üretimde, iç gücünde ve konfor şartlarında herhangi bir değişikliğe neden olmaksızın, aynı için daha az enerji kullanarak yapılabilmesidir. Bununla beraber enerji tasarrufu, gereksiz enerji harcamalarının önüne geçmektedir. Kişisel düzeyde ve devletler düzeyinde yapılabilen enerji tasarrufu ülke ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır. Türkiye'de UETM (Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi) tarafından sanayi alanında yapılan enerji tasarrufu ile ilgili araştırmada 1996 yılında enerji tasarrufu potansiyeli, sanayinin o yıl kullandığı enerjinin %24'n oluştırmaktadır ve bu oranın yaklaşık nakdi değeri 1 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Bu tasarruf için gerekli yatırım miktarı 2.3 milyar dolardır. Bu yatırımların geri dönüş süresi 1 ile 3 yıl arasında değişmektedir. rnek olarak Türk Ytong fabrikalarında 1996 ile 2001 yılları arasında yapılan enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında; tam kapasite üretimde enerjiden %30, kullanılan ham maddeden ise %5'lik tasarruf sağlanmıştır. Sonuç olarak fabrikanın bir senelik tasarrufu yaklaşık bir milyon dolar değerinde olmuştur [13].

Enerji tasarrufu konusunda kişisel düzeyde de yapılabilir çalışmalar vardır. TSKB'nin (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası) raporuna göre; özellikle kamu binalarında aydınlatma konusunda enerji verimliliği çalışmaları yapılarak, binalarda yüksek verimli ve bölgesel ısıtma sistemleri kullanılarak, bireyler bazında enerji verimliliği bilinçlendirme

alışmaları yapılarak, binaların yalıtım sistemleri yenilenerek ve bunlar dışında hayata geçirilebilecek birçok uygulama ile bina ve ulaşım sektöründe %15-20'ye yakın bir enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür. Rapora göre 30 milyon yerleşim birimi için yıllık enerji talebinin 2,5 kat azalacağı öngörülmüştür [14]. Ülkemizde yaşayan her bir bireyin enerji tasarrufu ve verimliliği konusunda bilinçlenmesi ve verimlilik kurallarına uygun şekilde yaşaması, harcanan enerji miktarının azalmasını sağlayacaktır. Sonuçta lkemiz ekonomik olarak güçlenecek ve ülke bağımsızlığına katkı sağlanacaktır.

Kamu binalarında ve konutlarda enerji tasarrufu sağlanabilecek basit ama etkili yöntemler bulunmaktadır. Örneğin; bir binaya inşaat aşamasında veya sonradan yalıtım yapılarak binadaki ısı kayıplarının önüne geçilebilmektedir. 'Selçuk Usta'nın yaptığı çalışmaya göre ısıtma için harcanan yıllık enerjinin, sadece dış duvar yalıtımı yapılarak %31, tavan ve taban döşemeleri yalıtımı yapılarak %20.3 ve pencerelerin çift cam yapılmasıyla %23.1'lik bir tasarruf sağlanabileceği ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında %74.4 oranında bir azalma sağlanabileceği öngörülmüştür [15]. Yalıtım zerine yapılan benzer enerji tasarrufu çalışmaları sayesinde harcanan fosil yakıt kullanımının doğrudan azaltılması sağlanabilir. Bu azalma hem konut sahibi hem de ülke açısından ekonomik olarak önemli bir kazanç sağlamaktadır. Aynı zamanda bu tip yatırımlar kısa sürede amorti sağlanan yatırımlardır. Bir binaya sonradan yapılacak yalıtım 3 ile 5 yıl arasında, binanın inşaat aşamasında yapılacak yalıtım ise 1 ile 2 yıl arasında amorti edilmektedir.

Isıtma zerine yapılan enerji tasarrufu ile ilgili çalışmalardan biri tekstil fabrikalarındaki ısı yalıtımlarla ilgili yapılan araştırmalardır. Bu araştırmalarda tekstil boyahanelerindeki buhar kayıpları incelenmiştir. Enerji kayıplarını gidermek için yapılması gereken uygulamaları ortaya koymuşlardır [16].

Sıcak su elde etme yöntemlerini ve sıcak su eldesinde kullanılan cihazların performanslarını kıyaslayan araştırmada; yakıt cinsi, ekonomik parametreler ve enerjinin konfora etkisi gibi ana başlıklar ele alınmıştır [16].

Bir diğer araştırmada Boyler gelişiminin ısıtma sistemleri üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Yapılan performans testlerinde Boyler gelişiminin %20'lere varan enerji tasarrufu sağladığı gözlenmiştir [16].

Yapılan bir çalışmada bir binadaki ısıtma sistemine Güneş enerjisi paneli ve ısı pompası entegre edilmiş, yeni sistemde elde edilen enerji tasarrufu miktarının, toplam ısıtma ihtiyacının %70'ini karşıladığı gözlenmiştir [17].

Jeotermal ısı kaynağından elde edilen sıcak suyun binalardaki ısıtma sistemlerine entegre edildiği çalışmada, bina için gereken ilk ısıtma enerjisinde azalma gözlenmiş ve bu sayede enerjinin daha verimli kullanılması sağlanmıştır [18].

Elektrik enerjisi tasarrufunun doğrudan enerji tasarrufu ile bağlantılı olduğu düşünüldüğünde, binalarda elektrik enerjisi ile ilgili tasarruflar da büyük önem taşımaktadır. Bir binadaki aydınlatma panellerinin, verimli paneller ile değişimi büyük enerji tasarrufları sağlayabilmektedir. Eski tip akkor lambaların enerji tüketimi yüksektir ve kullanım ömürleri yeni nesil floresan ve LED (Işık Yayan Diyot) aydınlatmalara göre oldukça düşüktür. Basit bir kıyaslama yapılacak olursa: 10.000 saat aydınlatma yapılacak bir binada 1.000 saat aydınlatma ömrü olan akkor lambadan 10 adet; 10.000 saat aydınlatma ömrü olan floresan lambadan 1 adet kullanıldığında toplam lamba maliyetlerinde bir fark olmamaktadır. Denk aydınlatma güçleri dikkate alınarak kıyaslandığında akkor lambalar ortalama aydınlatma için 75W harcarken, floresan ve LED lambalar 12W civarı bir güç harcamaktadır. 2010 yılındaki enerji maliyeti 0,22 TL/kWh olarak kabul edildiğinde; akkor lambanın 10.000 saatlik kullanımında enerji maliyetinin 170 TL olduğu, floresan ve LED lambaların ise enerji maliyetinin 31 TL olduğu görülmektedir [19]. Bir binada aydınlatma türlerinin uygun şekilde değiştirilmesi bile elektrik tüketiminde %81'lik bir enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.

1.2 Akıllı Ev Sistemleri

Akıllı kavramı; kontrol sistemlerinde ve enformasyon teknolojilerinde, sistemlerin birbirleri ile bağlantılı yönetilmesi, enerjinin verimli ve maliyet etkin bir biçimde kullanılması anlamına gelmektedir. Akıllı bir evde; ısıtma ve soğutma cihazları, yangın uyarı ve söndürme cihazları, güvenlik cihazları gibi enformasyon için kullanılan birçok sistem maksimum verim sağlayacak şekilde merkezi bir sistem tarafından yönetilmektedir [20].

'Akıllı ev' kavramı teknolojinin gelişmesiyle yaşamamızda daha büyük bir paya sahip olmaya başlamıştır. Bu kavramın getirileriyle, konutlardaki birçok elektronik cihaz birbirleriyle ve kullanıcı ile haberleşebilmektedir. Yaşanılan konutlar daha konforlu hale gelirken; enerji verimliliği de bu durumdan olumlu biçimde etkilenmektedir. Enerji verimliliğine sağlanan olumlu etki; evdeki tüm elektronik aygıtların merkezi bir sistem tarafından kontrol edilmesiyle, cihazların ve dolayısıyla sistemin optimum değerlerde çalıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Kullanıcı konuttan ayrıldığında kullanılmayan elektrikli aygıtların ve aydınlatmaların kapatılması, ısıtma sistemlerinin optimum sıcaklık seviyesine ayarlanması gibi olanaklar sayesinde konutlardaki enerji kullanımında %20

seviyelerinde tasarruf sağlanabilmektedir. Bu sayede enerji kullanımı ve enerji maliyetlerinde tasarruf sağlanırken; uzaktan erişim, otomatik aktivasyon gibi sistemler sayesinde kullanıcı açısından konfor seviyesi yükselmektedir [21].

Akıllı ev sistemleri söz konusu olduğunda bir diğer kavram ise akıllı kabuktur. ‘Akıllı kabuk’, dış ortamın sıcaklığına, ışık miktarına, ses düzeyine göre otomatik olarak dış ortama uyum sağlayan -Canlı derisi gibi- yapılardır. Akıllı kabuk kavramını iki ana başlık altında inceleyebiliriz:

Bunlardan ilki çift cidarlı yapılardır. Çift cidarlı yapı, binanın dış cephesini oluşturan cam kaplamaların iki katlı yapılmasıdır. İki cam arasındaki boşluk, katlar arasında da bulunan bir boşluğa bağlıdır. Dışarıdaki hava sıcaklığına veya ışık miktarına bağlı olarak dış birimde bulunan cam bölmenin hareketi sonucu iki cam arasından gerekli havalandırma sağlanarak binanın ısıtılması veya soğutulması sağlanabilmektedir.

İkinci yapı ise aktif cephelerdir. Aktif cepheli yapı, binanın dış yüzeyinden bulunan cam panellerin hareket edebilmesidir. Bu paneller güneş ışığının açısına, rüzgârın yönüne ve şiddetine göre şekil değiştirip, bina için gerekli aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi ihtiyaçları otomatik olarak karşılamaktadır [22].

1.3 Giyilebilir Akıllı Cihazlar

Giyilebilir akıllı cihazlar, kişinin konfor düzeyini düşürmeden üzerinde taşıyabildiği elektronik aksesuarlar ve kıyafetlerdir. Giyilebilir teknoloji kullanımı, akıllı cihazların ortaya çıkmasıyla yaygınlaşmıştır. Başta insan sağlığı ve konforu üzerindeki olumlu etkileri olmak üzere birçok açıdan faydalı ürünlerdir [22]. Bu ürünler sayesinde kişinin fiziksel fonksiyonları ve biyolojik verileri rahatlıkla taranabilmekte, elde edilen verilere gerçek zamanlı olarak ulaşılabilen ve veriler kaydedilebilmektedir.

Aktif görüntüleme cihazları, sanal gerçeklik cihazları ve Şekil 1.3’te görselleri verilen akıllı saat, akıllı gözlük ve kablosuz kulaklık yaygın kullanılan giyilebilir cihazlardır [23].



Şekil 1.3 Giyilebilir Akıllı Cihazlara Örnekler (Akıllı Saat, Akıllı Gözlük, Kablosuz Kulaklık)

Giyilebilir teknolojiler, günümüzde hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Örneğin; giyilebilir teknolojiler sayesinde sağlık alanında özellikle 65 yaş üstü kişilerin rehabilitasyon ve tedavi süreçlerinde büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Kişiye giydirilen bir elbise sayesinde, olağan dışı sağlık durumları ile ilgili veriler hastaneye otomatik olarak bildirilebilmektedir. Özellikle tek yaşayan yaşlı kişilere olası acil durumlarda tıbbi ekipler tarafından hızlı müdahale edilmesi sağlanmakta ve böylece hayatları kurtarılabilmektedir [24].

Akıllı ev teknolojilerinin gelişmesiyle enerji tasarrufu miktarı ve sağladıkları konfor düzeyi artmaktadır. Birbirleri ile bağlantılı çalışan bu sistemlere giyilebilir teknolojinin entegre edilmesiyle sistemin daha kullanışlı ve konforlu olması sağlanabilmektedir. Örneğin; kişinin akıllı saatinden konum bilgisi alınıp; evdeki sistem ile haberleşmesi sağlanarak, önceden sisteme tanımlanmış sistematik işlemler kişinin konumuna göre yapılabilir. Kişinin kablosuz kulaklığından sesli komutlar vermesiyle, sistemin istenen görevleri anlayıp, yerine getirebilmesi gibi örneklerle akıllı evlere giyilebilir teknolojinin entegre edildiği örnekler artırılabilir. Bu sayede gelişen akıllı ev sistemlerinin daha verimli çalıştığı görülmüştür.

Giyilebilir teknolojinin akıllı sistemlere entegrasyonu, özellikle sağlık sektöründe ve yaşlı rehabilitasyonunda gerçekleşmektedir. Bunun dışında, diğer alanlardaki gelişmeler konfor çerçevesinde özel firmaların geliştirmiş olduğu sistemler üzerinde yapılandırılmaktadır. Google, IBM, Apple gibi firmalar hali hazırda bulunan akıllı cihazların bilgilerini ortak bir bulut hesabında toplayarak bu bilgileri akıllı ev sistemleriyle entegre şekilde çalıştırabilmektedir. Bu sayede kişi, konutundaki akıllı cihazlardan istediği işlemi gerçekleştirebilmektedir. IoT (Nesnelerin İnterneti) ismi verilen bu teknoloji sayesinde evdeki elektronik cihazların tümü tanımlanan komut dizilerine göre, istenen bilgileri kişiye bulut platformu üzerinden iletebilmektedir. Bu sayede kişi konutta olmadığı zamanlarda da konutunu kontrol edebilmektedir. Örneğin; kişi evden ayrıldığında bunu algılayan bir sensor evin ısıtma sistemine komut göndererek ısıtma seviyesini minimum düzeye indirmekte, kişi konutuna yaklaştığında evdeki merkezi sisteme komut göndererek ısıtma sistemini yeniden çalıştırabilmektedir. Bu da kişinin hem konfor düzeyinin artmasını hem de enerji tasarrufu miktarının artmasını sağlamaktadır. Akıllı buzdolapları sayesinde kişinin alışkanlıkları doğrultusunda hazırlanan ihtiyaç listesi cihaz tarafından otomatik oluşturulabilmekte, liste kişiye iletilebilmekte; hatta gerekli siparişler otomatik olarak internet üzerinden verilebilmektedir. Konut girişine yerleştirilen bir kamera sayesinde konuta gelen kişiler yüz tanımlama sistemi ile tanımlanıp, konut sahibine kişi bilgisi sesli biçimde iletilebilmektedir.

Akıllı ev sistemlerinin sağladığı olanaklara, benzer birçok örnek verilebilir. Kısaca; akıllı ev sistemlerinin sunduğu bu olanaklar, kişilerin yaşam kalitesini yükseltmektedir.

Isıtma sistemleri ile ilgili çalışmalara son yıllarda sıkça rastlamaktayız. Bu çalışmalar neticesinde ortaya çıkan yeniliklerden biri HVAC sistemleridir. Bu sistemler enerji verimliliği, performans, enerji tüketimi ve çevresel nedenlerden dolayı önemlidir. Bu sistemlerin enerji tasarrufunu etkileyen birçok koşulu vardır. İyi projelendirme yapılması, kontrol sistemlerinin belirlenmesi, ısıtma ve soğutma kaynaklarının ucuz ve etkili seçilmesi sonucunda enerji kullanımında %10 ile 30 arasında azalma meydana gelebilmektedir [25].

Bir diğer çalışmada ise bina içerisindeki ısıtma sistemlerini internet üzerinden kontrol edebilen bir elektronik sistem geliştirilmiştir. Sistem dış ortam verilerini elektronik kart ile algılamakta, bu veriyi sisteme aktararak bina içi sıcaklığın internet üzerinden kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede bina içi konfor düzeyi artırılırken enerji tasarrufu da sağlanmıştır [26].

Isı kontrol sisteminin seralara uygulandığı bir çalışmada, sıcaklık ve bağıl nem kontrolü için bilgisayar tabanlı kontrol sistemi ve yazılım modeli tasarlanmıştır. Algılayıcılardan gelen ısı ve nem bilgisi sayesinde seranın iç ortam sıcaklığının 18-21 °C aralığında tutulmaktadır. Fan-ped serinletme sistemi kullanılarak ortam ısısı ortalama 4,3 °C düşürülmektedir. Ayrıca sera iç ortamında ortalama %24,2 nemlendirme sağlanmıştır [27].

Kamu binalarında da benzer sistemler uygulanabilir. Özellikle okullar, hastaneler ve hizmet binaları için yapılan akıllı sistemler sayesinde hem enerji tasarrufunda artış sağlanacak hem de görevli kişilerin çalışma şartları ve konfor seviyeleri iyileştirilebilecektir.

Bu çalışmada, bir kamu binasındaki ısıtma sisteminin verimliliğinin artırılması hedeflenmiş ve bunu sağlamak adına kişilerin sorumlu olduğu bölgelerle sınırlı kalmak koşuluyla kişisel konfor seviyelerini de artırmak için sisteme yapacakları müdahaleler araştırma konusu olmuştur. Özellikle merkezi ısıtma yapılan büyük binalar ve yerleşkeler enerji kullanımı açısından verimsiz olabilmektedir. Okullarda ve hastanelerde kullanımda olmayan birçok oda ısıtılmakta veya odaların boyut farklılıkları sebebiyle gerekli ısıtma ya sağlanamamakta ya da aşırı ısıtma nedeniyle enerji sarfıyatı artmaktadır. Enerji sarfıyatının önüne geçmek için akıllı ev sistemlerinde ve giyilebilir teknolojilerde kullanılan sistemlerin kamu binalarına entegre edilmesi gerekmektedir. Bu sayede bina içerisindeki ısıtma sistemi mikro ölçekte, akıllı telefonların ve giyilebilir akıllı cihazların entegre edildiği bir sistem ile kontrol edilebilecektir. Sistem kullanıcının bina içerisindeki konumunu ve sıcaklık istemlerini

akıllı cihazlar sayesinde kontrol edebilecek, kendini adapte edebilecek ve bu sayede yüksek oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilecektir.



2.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, merkezi bir sistem tarafından ısıtılan büyük yapılar için geliştirilmiştir. Kamu binaları gibi ortak ısıtma sistemlerinin bulunduğu büyük binalarda radyatörlere verilen sıcak suyun verimli şekilde ayarlanabilmesi zordur. Binada bulunan odaların; boyutu, radyatör sayısı, odayı kullanan kişi sayısı gibi parametreler odaların ısınma seviyesini büyük ölçüde etkilemektedir. Örneğin; bir üniversite yerleşkesinde radyatörlere ana sistemden dağıtılan sıcak su miktarı aynı olduğundan, bina içerisinde bulunan küçük odalar gereğinden fazla ısınırken; laboratuvar, derslik gibi daha büyük odalar yeterli şekilde ısınmamaktadır. Yine aynı bina içerisinde gün boyunca kullanılmayan veya az kullanılan birçok oda bulunabilir. Bu tip odaların kullanımı dışında ısıtılması enerji sarfiyatına neden olmaktadır. Bir diğer problem ise birden çok kullanıcısı bulunan odaların, odadaki insan sayısına bağlı olarak fazla ısınması olabilir.

Çalışmanın çıkış noktası; bir üniversite kampüsünde özellikle kış aylarında birçok kişi tarafından ortak kullanılan alanların veya genellikle tek bir öğretim görevlisine ait odaların gereğinden fazla ısınması ve kullanıcıların bunun önüne geçmek için pencereleri açarak enerji sarfiyatına neden olmasıdır. Yapılan bu çalışmada, bina içerisinde bulunan tüm odalara ısı ayarının direkt radyatörden yapılmasını sağlayan bir donanım monte edilmiştir. Odanın kullanım sıklığı, boyutu ve kullanıcının odada bulunup bulunmama durumu gibi kriterler esas alınarak, oda sıcaklığına radyatör üzerinden müdahale edilmiştir. Böylelikle; merkezi ısıtma sistemi üzerinden binaya dağıtılan sıcak suyun daha verimli şekilde kullanımı sağlamaktadır. Ana ısıtma sistemine geri dönen ısınması gereken su miktarı azalacak ve ana sistemin ısıtma için harcayacağı yakıt miktarı düşmektedir.

Birçok oda ve yaşam alanını barındıran bu binalarda ısınma için harcanan enerjiden tasarruf sağlanması, kullanıcıların da konfor seviyesinin artırılması hedeflenmiştir. Sistemin entegre edilmesi ile kullanıcılar odalarını istedikleri sıcaklık değerinde ayarlayabilmektir. Laboratuvar, derslik gibi ortak kullanım alanlarında ise içeride bulunan insan hareketliliğine göre odanın ısıtılma seviyesi ayarlanacak, böylece bu alanlardaki sıcaklık sabit ve istenen değerde tutulacaktır.

Çalışma, dört ana bölümden oluşmaktadır.

2.1 Ana Panel

Sıcaklık ve nem sensörü, hareket algılayıcı, TFT (İnce Film Transistör) ekran, GSM (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)/GNSS (Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi)/Bluetooth modülü gibi birçok bileşenden oluşan ana panel, sistemin temel operasyon merkezidir.

2.1.1 Grafik İşlemci & TFT Ekran

Ana panel üzerinde 480x272 piksel boyutlarında bir adet TFT ekran bulunmaktadır. Bu ekranın ana işlemci tarafından sürülebilmesini sağlayan grafik işlemci Şekil 2.1’de görseli verilen FT800 işlemcisidir. FT800, insan makine arabirimleri (HMIs) için geliştirilmiş, kullanımı kolay bir grafik derleyici işlemcidir. Çalışmanın daha sonra geliştirilebileceği düşünülerek, FT800’ün desteklediği ses ara yüzü ve dokunmatik ekran panelinin kullanılabilirliği bu işlemcinin seçilmesinde rol oynamıştır.



Şekil 2.1 FT800 Grafik İşlemci [28]

2.1.2 GSM/GNSS Modülü

MC60 Şekil 2.2’de görseli verilen, bir GSM/GNSS modülüdür. İçerisinde 2G çift SIM (Abone Kimlik Modülü) destekli GSM modülü bulunmaktadır. Ayrıca bu modül sahip olduğu LNA (Düşük Gürültülü Amplifikatör) sayesinde, çok zayıf RF (Radyo Frekans) sinyallerinde bile yüksek verimde çekim ve izleme performansı sağlayabilmektedir. Modül üzerinde GLP (GNSS Düşük Güç) teknolojisi ile çalışan bir GNSS sistemi bulunmaktadır. Bu sayede konum bilgisini düşük güç tüketimiyle algılayabilmektedir. Modül, çalışmada haberleşme için kullanılan Bluetooth 3.0 teknolojisini desteklemektedir. Bu da başta akıllı telefon olmak üzere, Bluetooth destekli birçok giyilebilir akıllı cihaz ile kolaylıkla haberleşme imkânı sağlamaktadır. MC60 sahip olduğu özellikler nedeniyle otomotiv, telematik, giyilebilir cihazlar, takip cihazları gibi IoT uygulamalarında yaygın biçimde kullanılmaktadır [29].



Şekil 2.2 MC60 GSM/GNSS/BT Modülü [29]

Çalışmanın başlangıç aşamasında HC-05 Bluetooth modülü kullanılmıştır. HC-05 modülünün Bluetooth 2.0'ı desteklemesi; yeni akıllı telefon ve diğer giyilebilir akıllı cihazların Bluetooth 2.0 desteğinin olmaması nedeniyle bu modülün kullanımından vazgeçilmiş ve sistemde MC60 modülü kullanılmıştır. Bir işletim sistemi aracılığıyla çalışan ve akıllı cihazlara ek olarak giyilebilir akıllı cihazlarca da desteklenen Bluetooth teknolojisi, birçok aygıtta sabit haberleşme hızına sahiptir. Bluetooth 3.0 teknolojisinin giyilebilir akıllı cihazlardaki sabit haberleşme sinyal seviyesine, sinyal seviyesini ayarlayarak erişebildiği bilinmektedir. Ayrıca Bluetooth 3.0 teknolojisinin Bluetooth 2.0 teknolojisine göre bağlantı konusunda daha başarılı olduğu ve daha efektif çalıştığı görülmüştür.

MC60 modülünün kullanılmasındaki diğer bir neden ise ilerleyen süreçte çalışma kapsamının geliştirilebileceği düşünülerek, GSM haberleşmeyi desteklemesi olmuştur. İlerleyen süreçlerde GSM haberleşme kullanılarak bir bina içerisindeki tüm bilginin ortak bir bulut platformu üzerinde toplanmasıyla, sistem verimini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

2.1.3 Sıcaklık ve Nem Sensörü

Oda sıcaklık ve nem bilgisini algılamak için ana panel üzerinde HDC1080 modülü kullanılmıştır.

Sistemde sıcaklık sensörünün monte edilebileceği iki panel mevcuttur. Bunlar ana panel ve radyatör panelidir. Durum değerlendirmesi yapıldığında; sensörün radyatör paneline monte edilmesinin oda sıcaklığını algıma açısından sağlıklı olmayacağı düşünülmüştür. Sensörün radyatör paneli üzerinde olması; oda sıcaklığı ölçümünün, oda ortalama sıcaklık değerinden daha yüksek ölçülmesine neden olacaktır. Ana panel oda kapısına en yakın şekilde konumlandırılacağı için oda içi sıcaklık verisi ve değişimi daha hızlı algılanabilmekte ve sistem çalışması alınan bu veriye göre işleyişini sürdürmektedir.

Bu modül sıcaklık ve nem bilgisini yüksek hassasiyetle ölçebilmektedir. Sıcaklık bilgisi hassasiyeti $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, nem bilgisi hassasiyeti $\pm \%2$ 'dir. 14 bit çıkış verisiyle sıcaklık bilgisini veren bu entegrenin ölçüm aralığı $(-40) - (150)^{\circ}\text{C}$ 'dir [30].

Sensörün hassasiyeti ve ölçüm aralığı, bir odanın sıcaklık seviyesinin ölçüleceği göz önünde bulundurulduğunda, çalışma için uygun olduğuna karar verilmiştir. HDC1080 entegresi işlemci ile I2C protokolü üzerinden haberleşmektedir. Entegrenin bu çalışmada gözlemlenen dezavantajı, TFT ekran ile aynı PCB (Baskılı Devre Kartı) üzerinde bulunması nedeniyle aşırı ısınma sonucu hassasiyetinin bozulması olmuştur. Isınma sorunu, entegrenin kutu içinde farklı bir PCB üzerine monte edilerek, ısınan sistemlerden izole edilmesiyle çözülmüştür. Bu sayede oda sıcaklık verisi daha doğru şekilde elde edilmiştir.

2.1.4 Hareket Algılama Sensörü

Şekil 2.3'te gösterilen ve yüksek hassasiyet ile çıkış bilgisi veren bu PIR (Pasif Kızılötesi) sensörü, düşük gerilim aralığında beslenmesi nedeniyle, özellikle pil ile çalışan sistemlerde tercih edilmektedir [31].



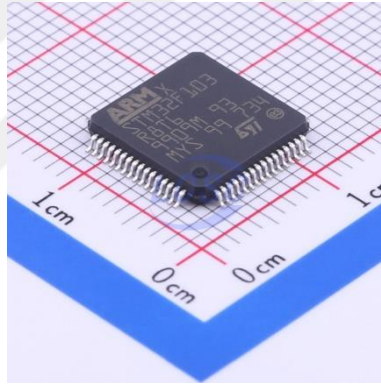
Şekil 2.3 HC-SR501 PIR Sensörü [32]

Kullanıcı adı tanımlanan ve bir oda için yetki verilen kişilerin hareket bilgisi Bluetooth ve PIR sensörü üzerinden alınırken, özellikle sistemde tanımlı olmayan kişiler ve birden fazla kullanıcı tarafından kullanılan odalardaki canlı hareketliliğini algılamak için PIR sensörü kullanılmıştır. PIR sensörü, fotoselli lambalarda sıkça kullanılmaktadır. Hareket algılayıcı PIR sensörünün bu sistemdeki kullanım amacı; kullanıcının varlık/yokluk bilgisinin yalnızca yazılım üzerinden kontrol edilmesinin yeterli olmayacağını düşünülmesidir. Bu sensörün ışık kaynağından bağımsız çalışarak, işlemciye odada bulunan fiziksel hareketliliğin bilgisini iletmesi sayesinde oda içindeki kişi varlık/yokluk bilgisi daha doğru biçimde elde

edilebilmektedir. PIR sensör ve yazılım ile, sistemde ikili bir varlık/yokluk taraması yapılmaktadır.

2.1.5 Ana İşlemci

Çalışmada Şekil 2.4'te görseli verilen ARM (RISC Tabanlı İşlemci Mimarisi) tabanlı STM32F103R8T6 serisi bir işlemci tercih edilmiştir. İşlemci 32-bit Cortex M3 çekirdeğe sahiptir. Tercih edilmesinin sebebi benzer özellikteki işlemcilere göre piyasada daha fazla talep görmesi ve bu sebeple daha düşük maliyetli olmasıdır. İşlemci bir grafik işlemciye ve MC60 GSM/GNSS modülü ile haberleşebilecek üç adet USART (Evrensel Senkron/Asenkron Alıcı Verici) çıkışına sahiptir. I2C protokolü aracılığıyla HDC1080 sıcaklık ve nem sensörü ile haberleşmektedir. Sahip olduğu 128 KB dâhili bellek sayesinde TFT ekranda sabit olarak bulunan göstergeleri hafızasında tutabilmekte ve anlık olarak gelen bilgileri, göstergeler üzerine daha hızlı yazdırabilmektedir [33].

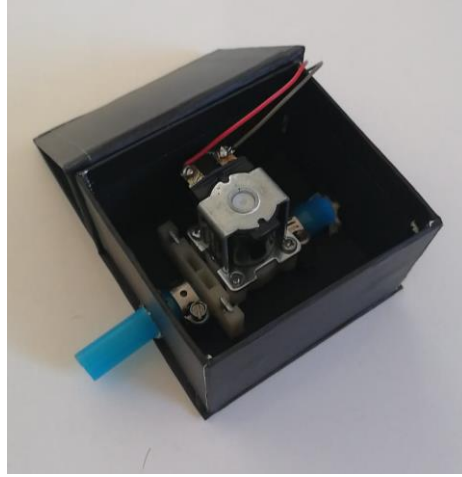


Şekil 2.4 Ana Panel İşlemcisi: STM32F103R8T6 [33]

Çalışmanın başlangıcında Bluetooth desteği sebebiyle ESP-32 modülü kullanılmıştır. Ancak yapılan yazılım çalışması sonrasında modülün ekranı sürmede yetersiz kaldığı ve dâhili bellek kapasitesinin ekrana yansıtılacak veriyi depolayamayacak kadar düşük olduğu görülmüştür. Bu gerekçelerle çalışmaya STM32F103R8T6 işlemcisi ile devam edilmiştir.

2.2 Radyatör Paneli

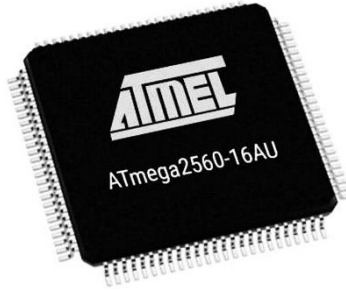
Radyatör paneli, ara komut alan cihaz (slave) görevini üstlenmektedir. Panel üzerinde MC60 modülü, ATmega2560-16AU işlemci ve bir adet röle bulunmaktadır. Röle, radyatör üzerindeki Şekil 2.5'te gösterilen selenoid valfi kontrol etmektedir. Ana panel üzerindeki MC60 modülü ile radyatör paneli üzerindeki MC60 haberleşerek, panel üzerindeki işlemcinin selenoid valfi kontrol etmesini sağlamaktadır.



Şekil 2.5 Selenoid Valf

2.2.1 Radyatör Paneli İşlemcisi

Radyatör kontrol kartında işlemci olarak Şekil 2.6’da gösterilen Atmel ATmega2560-16AU işlemcisi kullanılmıştır.



Şekil 2.6 Radyatör Paneli İşlemcisi: ATmega2560-16AU [34]

16 MHz çalışma frekansına sahip bu işlemci 8 bit’tir. İşlemcinin Arduino IDE ile kolay programlanabilir olması da işlemci tercihinde rol oynamıştır.[34] ATmega2560-16AU işlemcisi, radyatör panelinde yer alan MC60 modülü ve selenoid valfi kontrol eden röleyi kontrol etmektedir. Çalışmadaki gerekli optimum özellikleri sağlayan düşük maliyetli bir işlemci de bu çalışmada yeterli olabilecektir. Yapılacak bir maliyet iyileştirme çalışması ile ilerleyen süreçte STM8L101 serisi bir işlemci tercih edilerek işlemci maliyeti azaltılabilir.

2.3 Akıllı Telefon

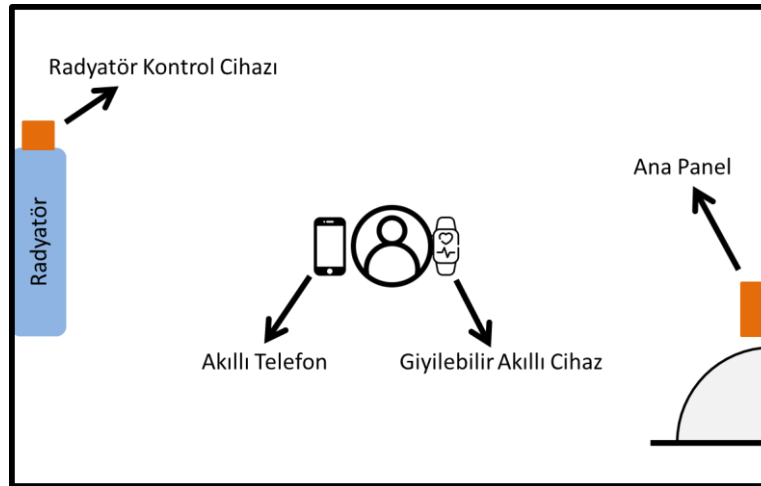
Android işletim sistemi için geliştirilen bir uygulama aracılığıyla, kişinin kullanıcı bilgileri ve sıcaklık isteminin alınması sağlanmaktadır. Uygulama, kişi sisteme ilk girişini

yaptıktan sonra kayıtlanan isim ve sıcaklık istem bilgisini kaydetmektedir. Kullanıcı girdiği bilgileri değiştirmedeği sürece uygulamanın tekrar kullanımına gerek kalmadan, sistem kişinin istekleri doğrultusunda işleyişine devam etmektedir. Ayrıca; uygulama üzerinden giyilebilir akıllı cihazların MAC (Ortam Erişim Yönetimi) adresleri tanımlanarak bu cihazlar da sistem kontrolünde kullanılabilir. Bölüm 2.4’te cihazların sistem kontrolündeki rolü hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.4 Giyilebilir Akıllı Cihazlar

Sistem tarafından sağlanacak oda sıcaklık bilgisi, kullanıcının odada bulunup bulunmama durumuna bağlı olarak değişmektedir. Kişinin odada bulunup bulunmama bilgisi fiziksel olarak taranırken, aynı zamanda yazılımsal olarak Bluetooth üzerinden taranmaktadır. Cihaz kullanıcıyı bulmak için birkaç yazılım denetimini sırasıyla yapmaktadır.

Denetimlerden ilki, kişinin sisteme kaydetmiş olduğu giyilebilir akıllı cihazdır. Kayıtlı akıllı cihazın MAC adresi belirlenen zaman aralıklarında taranmaktadır. Eğer cihaz kapsama alanında bir bölgede ise; sistem kişinin odada olduğu bilgisine göre işlemektedir. Sistemin geliştirilmesi ile giyilebilir akıllı cihazların -özellikle akıllı saat ve akıllı gözlük teknolojisi- sisteme adapte edilmiştir. Böylece akıllı telefonlarda olduğu gibi sistemin bu cihazlarla da kontrolü sağlanabilmiştir.



Şekil 2.7 Cihazların Oda İçi Yerleşimi

2.5 Yazılım

Sistem yazılımı, tasarımda kullanılan donanımların ve uygulamanın yazılımı olmak üzere iki ana gruptan meydana gelmektedir. Donanım yazılımında farklı mimarilere sahip iki

işlemci kullanılmıştır. Akıllı telefonlarda kullanılmak üzere gerçekleştirilen uygulamanın yazılımı Android platformunda hazırlanmıştır.

2.5.1 Donanım Yazılımı

Ana panel cihazında kullanılan ARM Cortex-M3 gömülü işlemcisinin yazılımı C dilinde Keil uVision derleyicisi kullanılarak hazırlanmıştır. Radyatör panelinde kullanılan AVR serisi RISC mimarisine sahip gömülü işlemcinin yazılımı C dilinde Arduino IDE programı kullanılarak hazırlanmıştır.

2.5.2 Uygulama Yazılımı

Sistem çalışması için gerekli olan Android uygulaması, App Inventor derleyicisinde hazırlanmıştır. App Inventor, Google tarafından piyasaya sunulmuş ve MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) tarafından geliştirilmiş bir Android yazılım geliştirme platformudur. Bu platform, donanım yazılımı üzerinden yönlendirilen ve basit Android yazılımlara ihtiyaç duyan sistemler için oldukça kullanışlıdır. Android programlamaya yeni başlayan ve karmaşık olmayan uygulamalar tasarlayacak kişiler için sıklıkla tercih edilen, kullanımı kolay bir platformdur.

3. SİSTEM ÇALIŞMASI

Sistem kurulumuna, bu çalışma için hazırlanan “SmartThermo“ Android uygulaması akıllı telefona indirilerek başlanır. Şekil 3.1’de uygulama giriş sayfası gösterilmiştir.



Şekil 3.1 “SmartThermo” Uygulaması Giriş Sayfası

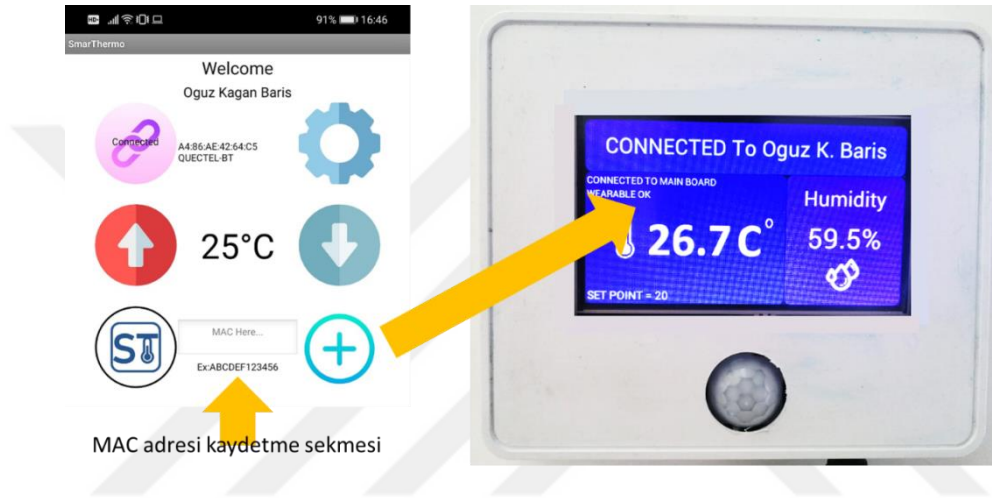
Sistem ilk girişte, kullanıcı adı ve soyadı bilgisini “SmartThermo” uygulaması üzerine kaydeder. Ardından Şekil 3.2’de gösterildiği gibi, Bluetooth aracılığıyla ana panel bağlantısı kurulur ve panel üzerine kullanıcı bilgilerinin kaydı yapılır.



Şekil 3.2 “SmartThermo” Uygulaması ile Ana Panele Bağlantı Kurulumu

Kaydetme işleminin ardından açılan ve Şekil 3.2’de gösterilen uygulama sayfasının ikinci bloğu üzerinden kişi arzu ettiği sıcaklığı ayarlar.

Tercih edilen sıcaklık bilgisi Bluetooth üzerinden ana panele gönderilir. Kullanıcı, kullanmak istediği giyilebilir akıllı cihazlarının MAC adreslerini sisteme Şekil 3.3’te gösterilen uygulama sayfası üzerinden tanımlayarak, bu cihazlarını sistem kontrolünde kullanabilir. Kişinin isteğine bırakılan bu kaydetme işleminin ardından MAC adres bilgileri ana panel hafızasına alınır.



Şekil 3.3 “SmartThermo” Uygulaması MAC Adresi Kayıt İşlemi

Tarama işlemi, ana panel üzerinde bulunan MC60 modülü aracılığıyla Bluetooth protokolü kullanarak yapılır. Birinci adım sisteme kullanıcı tarafından girilen akıllı telefonun MAC adresinin taranmasıdır. Cihaz kapsama alanında ise sistem bu bilgiyi kaydeder ve ekrana yansıtır. Ardından, varsa sisteme kaydedilmiş olan giyilebilir akıllı cihazların MAC adresleri taranır. Bluetooth kapsama alanında olan bir kayıtlı cihaz bulunursa, sistem bu bilgiyi de kaydeder. Bluetooth aracılığıyla yazılım anlamında yapılan tarama işlemlerine fiziksel olarak devam edilir. Cihaz üzerinde bulunan PIR sensöründen gelen veriler kontrol edilerek bir nevi doğrulama sağlanır. Bu çoklu tarama işlemi sayesinde kişinin akıllı cihazlarını odada bırakıp odadan ayrılma olasılığı atlanmamış olur. PIR sensörü belirli bir süre tarama işlemi yaptıktan sonra; eğer odada bir hareketlilik yoksa “Kişi odada değil ama akıllı cihazları odada bulunmaktadır.” kararını verip buna göre sistemi optimum değere çekmektedir. Ayrıca PIR sensörü belirlenen süre boyunca herhangi bir hareket algılamazsa TFT ekran kapatılır, böylece hem ekranın korunması sağlanır hem de harcanacak gereksiz enerjinin önüne geçilmiş olur.



Şekil 3.4 Ana Panel'in Oda İçi Örnek Konumlandırılması

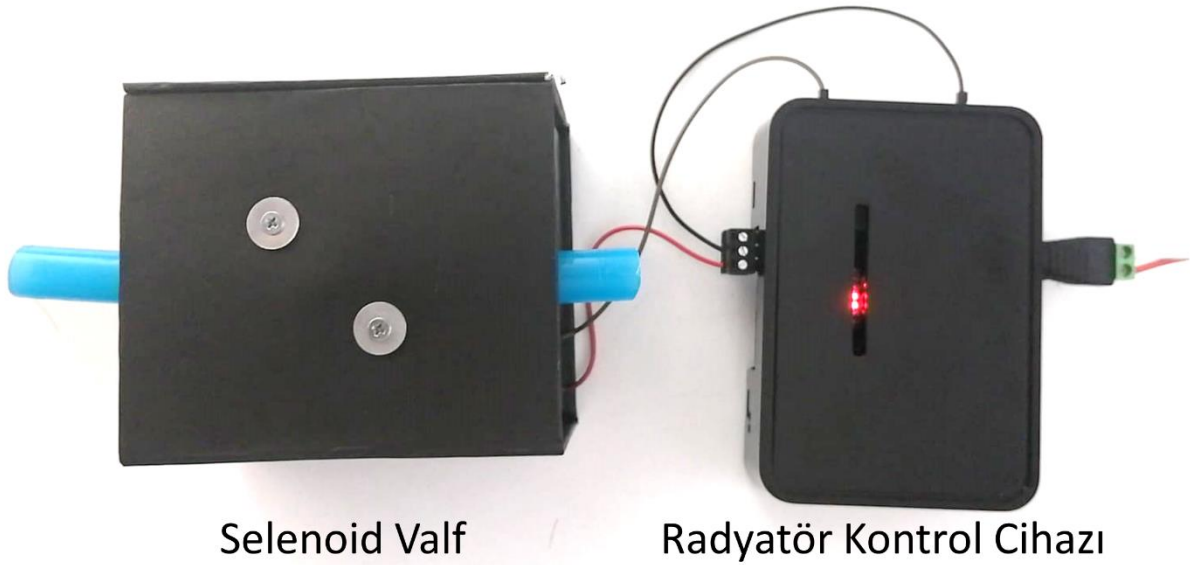
Ana panel odanın girişine yakın bir konuma; örneğin Şekil 3.4'te gösterildiği gibi yerleştirilir ve PIR sensörünün tarama alanı geniş tutularak, en etkili şekilde çalışması sağlanmış olur.

Tablo 3.1 Kişi Algılama Algoritması

AKILLI TELEFON	GİYİLEBİLİR AKILLI CİHAZLAR	PIR SENSÖRÜ	ANA PANEL	SONUÇ
Bağlantı Yok	Bağlantı Yok	*BSB Hareket Yok	Kişi Odada Değil	Sistem Optimum Değerde
Bağlantı Yok	Bağlantı Yok	Hareket Var	Herhangi Bir Kişi Odada	Sistem Ortalama Değerde
Bağlantı Yok	Bağlantı Var	*BSB Hareket Yok	Kişi Odada Değil (**GAC Odada)	Sistem Optimum Değerde
Bağlantı Yok	Bağlantı Var	Hareket Var	Kişi Odada	Sistem Kişinin Ayarladığı Değerde
Bağlantı Var	Bağlantı Yok	*BSB Hareket Yok	Kişi Odada Değil (***AT Odada)	Sistem Optimum Değerde
Bağlantı Var	Bağlantı Yok	Hareket Var	Kişi Odada	Sistem Kişinin Ayarladığı Değerde
Bağlantı Var	Bağlantı Var	*BSB Hareket Yok	Kişi Odada Değil (***AT ve **GAC Odada)	Sistem Optimum Değerde
Bağlantı Var	Bağlantı Var	Hareket Var	Kişi Odada	Sistem Kişinin Ayarladığı Değerde

*BSB=Belirlenen Süre Boyunca, **GAC=Giyilebilir Akıllı Cihaz, ***AT=Akıllı Telefon

Akıllı telefon ve giyilebilir akıllı cihazlardan alınan verilerle, PIR sensöründen alınan veri Tablo 3.1'deki algoritmaya bağlı olarak analiz edilir. Bu analiz sonucunda kişinin varlık/yokluk bilgisi elde edilmiş olur. Ardından HDC1080 sensöründen sıcaklık bilgisi alınır. Bu bilgi kişinin nerede olduğu bilgisine göre analiz edilir. Sensörden elde edilen sıcaklık bilgisi ile sistemde kayıtlı olan sıcaklık bilgisi karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda odanın sıcaklığının arttırılması için gerekli işlemlere geçilmesine veya ısıtmanın kesilmesine karar verilir. Bu kararın ardından ana panel, Şekil 3.5'te gösterilen radyatör kontrol cihazına bağlanır ve cihaza elektronik vanayı açma veya kapatma bilgisini iletir.



Şekil 3.5 Selenoid Valf ve Radyatör Kontrol Cihazı Bağlantısı

Bu işlemler, kişinin varlık/yokluk bilgisi ve sıcaklık bilgisine göre sürekli güncellenir. Bu sayede oda sıcaklığı, kişi odadayken istenen seviyede; kişinin odada olmadığı durumda ise optimum seviyede tutularak kişinin konforu sağlanmış olurken, gereksiz enerji kullanımının önüne geçilerek enerjiden tasarruf sağlanmış olur.

Bir oda için açıklanan bu sistem, bina içerisindeki bütün odalara entegre edildiğinde binanın tamamının en verimli şekilde ısıtılması sağlanmış olur. Bu sayede ısıtma için kullanılan sıcak suyun yüksek verimde kullanılması sağlanır ve sonuç olarak, merkezi ısıtma sisteminin ısıtma için harcadığı enerji miktarının azalması sağlanır. Alan hacmi büyük kamu binalarında kullanılacak olan bu sistem sayesinde büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmektedir.

3.1 Ana Panel Yazılımı

Yazılımı Keil uVision derleyicisinde yapılmış olan ana panel bu çalışmada yönetici cihaz (master) konumundadır. Ölçüm, kontrol ve karar verme işlemleri ana panel üzerinden yapılmaktadır.

Yazılıma başlarken Şekil 3.6’da görülen kütüphaneler, kod bloklarında kullanılmak üzere derleyicide tanımlanır.

```
#include "main.h"
#include "adc.h"
#include "i2c.h"
#include "spi.h"
#include "tim.h"
#include "usart.h"
#include "gpio.h"
#include "EVE_FUNCTIONS.h"
#include "stdlib.h"
#include "string.h"
```

Şekil 3.6 Ana Panel Yazılımında Kullanılan Kütüphaneler

Ana panel işlemcisinin sıcaklık ve nem sensörü verilerini almasını sağlamak için “i2c.h” kütüphanesi, MC60 GSM/GNSS modülü verilerini almak için “usart.h” kütüphanesi, TFT ekran kontrolü için “eve_functions.h” kütüphanesi kullanılmaktadır. Gerekli kütüphaneler tanımlandıktan sonra yazılımda kullanılacak değişkenler tanımlanır.

Ana panel optimum ve ortalama sıcaklık değeri değişkenleri Şekil 3.7’de verilen kod blokları ile tanımlanır. “temp_optimum” sıcaklık verisi odanın boş olması durumundaki oda sıcaklık seviyesidir. “temp_optimum” verisi sistem tarafından otomatik atanır ve enerji verimliliğinin sağlanması için değeri değiştirilemez bir değişkendir. “temp_ortalama” sıcaklık verisi ise sistemin varsayılan (default) olarak sunduğu ve kullanıcının herhangi bir değer girmemesi durumunda sistemin sağlayacağı sıcaklık seviyesidir. Kullanıcının isteği doğrultusunda “temp_ortalama” değeri değiştirilebilmektedir.

```
#define temp_optimum 16
#define temp_ortalama 24
```

Şekil 3.7 Ana Panel Yazılımında Ayarlanmış Optimum ve Ortalama Sıcaklık Değerleri

Bu değişkenler yazılımın ana değişkenleri olduğundan ve kullanıcı tarafından değiştirilmemesi istendiğinden sabit (constant) olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar yapıldıktan sonra kod bloklarında kullanılacak olan giriş/çıkış (I/O), zamanlayıcı (timer) gibi pinler ile SPI (Seri Çevresel Arayüz), I2C, USART haberleşme şekillerinin ayarlamaları Şekil 3.8’de gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

```
MX_GPIO_Init();  
MX_TIM1_Init();  
MX_SPI2_Init();  
MX_I2C1_Init();  
MX_USART1_UART_Init();
```

Şekil 3.8 Ana Panel Yazılımında İşlemcide Kullanılacak Dış Birim Ayarlamaları

TFT ekran tanımlamaları Şekil 3.9’da verilen şekilde yapılmıştır. Ekran boyutu, hızı, zamanlayıcıları ve renk ayarlamaları kullanılan TFT’ye göre değişen ve sistemin verileri doğru şekilde yansıtmasını sağlayan ana parametrelerdir. Bu işlemler, FT800 işlemcisinin ekran ile ilgili bilgileri almasını sağlamakta ve “eve_functions.h” kütüphanesinde tanımlı belirli komutların bu bilgilere göre güncellenmesi sağlanmaktadır.

```
lcdWidth    = 480;           // Active width of LCD display  
lcdHeight   = 272;           // Active height of LCD display  
lcdHcycle    = 548;           // Total number of clocks per line  
lcdHoffset   = 43;            // Start of active line  
lcdHsync0    = 0;             // Start of horizontal sync pulse  
lcdHsync1    = 41;            // End of horizontal sync pulse  
lcdVcycle    = 292;           // Total number of lines per screen  
lcdVoffset   = 12;            // Start of active screen  
lcdVsync0    = 0;             // Start of vertical sync pulse  
lcdVsync1    = 10;            // End of vertical sync pulse  
lcdPclk      = 5;             // Pixel Clock  
lcdSwizzle   = 0;             // Define RGB output pins  
lcdPclkpol   = 1;             // Define active edge of PCLK
```

Şekil 3.9 Ana Panel Yazılımında TFT Ekran için Gerekli Ayar Komutları

. Ekran boyutu, hızı, zamanlayıcıları ve renk ayarlamaları gibi verilerin alınmasının ardından işlemci, TFT ekranı çalıştırmak için gerekli komutları gönderir ve ekranı sürmek için gerekli RAM kontrollerini yapar.

TFT ekranın açılması için belirlenen gerekli süre sonunda ekran açılır. Açılışla birlikte, yükleme ekranı ve MC60 modülü aktif duruma geçer, ardından Bluetooth aktif hale getirilir. Bluetooth açıldıktan sonra cihaz, radyatör panelinin Bluetooth bağlantısını taramaya başlar. Eğer bu aşamada radyatör paneli ile bağlantı kurulamıyor ise cihaz bağlantı kurana kadar tarama işlemine devam eder. Radyatör paneli ile bağlantı kurulduğunda ana sayfa açılır ve cihaz çalışmaya başlar.

Şekil 3.10'da verilen kod bloklarında kullanıcıya gösterilecek olan ana menü arayüz ayarlamaları yapılmaktadır.

```
void Main_Menu(void)
{
    API_LIB_BeginCoProList();
    API_CMD_DLSTART();
    API_CLEAR(1,1,1);
    API_CLEAR_COLOR_RGB(0,153,204);

    //Background
    API_BEGIN(RECTS);
    API_COLOR_RGB(Background_R,Background_G,Background_B);
    API_VERTEX2II(0,0,0,0);
    API_VERTEX2II(480,272,0,0);
    API_END();

    //Name Background
    API_BEGIN(RECTS);
    API_COLOR_RGB(0,102,204);
    API_VERTEX2II(30,45,0,0);
    API_VERTEX2II(450,85,0,0);
    API_END();

    //Temperature Background
    API_BEGIN(RECTS);
    API_COLOR_RGB(0,51,153);
    API_VERTEX2II(30,100,0,0);
    API_VERTEX2II(315,250,0,0);
    API_END();

    //Humidity Background
    API_BEGIN(RECTS);
```

```

API_COLOR_RGB(51, 51, 255);
API_VERTEX2II(330, 100, 0, 0);
API_VERTEX2II(450, 250, 0, 0);
API_END();
//Temperature Logo
API_BEGIN(BITMAPS);
API_COLOR_RGB(255, 255, 255);
API_VERTEX2II(Temp_X-95, 145, 5, 0);
API_END();

API_COLOR_RGB(0, 0, 0);
API_CMD_TEXT(240, 30, 28, OPT_CENTER, "Welcome");
API_COLOR_RGB(255, 255, 255);
API_CMD_TEXT(240, 65, 30, OPT_CENTER, User_Name);
API_LINE_WIDTH(70);
API_COLOR_RGB(255, 255, 255);
API_CMD_TEXT(Temp_X, 175, 31, OPT_CENTER, Temp_Char);
API_CMD_TEXT(Temp_X+50, 159, 24, OPT_CENTER, "o");
API_CMD_TEXT(Temp_X+70, 175, 31, OPT_CENTER, "C");
API_CMD_TEXT(Hum_X-10, 154, 28, OPT_CENTER, "Humidity");
API_CMD_TEXT(Hum_X, 184, 30, OPT_CENTER, Hum_Char);
API_CMD_TEXT(Hum_X-40, 184, 30, OPT_CENTER, "%");
API_DISPLAY();
API_CMD_SWAP();
API_LIB_EndCoProList();
API_LIB_AwaitCoProEmpty();
}

```

Şekil 3.10 Ana Panel Yazılımında Ana Menü Gösterim Komutları

İşlemci, ortam sıcaklık ve nem verisini alır, ekrana yansıtır. Ardından Şekil 3.11’da görülen radyatör paneli bağlantısı ve giyilebilir akıllı cihaz bağlantısı kontrol edilir.

```

if(vana_kontrol_kart.connection_status)
{API_CMD_TEXT(3, 80, 26, 0, "CONNECTED TO MAIN BOARD");}
else
{API_CMD_TEXT(3, 80, 26, 0, "NO CONNECTION TO MAIN BOARD");}
if(saat_kulaklik.connection_status)
{API_CMD_TEXT(3, 100, 26, 0, "WEARABLE OK");}
else
{API_CMD_TEXT(3, 100, 26, 0, "WEARABLE ERROR");}

```

Şekil 3.11 Ana Panel Yazılımında Giyilebilir Akıllı Cihaz ve Radyatör Paneli Tarama Komutları

Bu işlemler tamamlandıktan sonra cihaz sırası ile Bluetooth bağlantılarını taramaya başlar. Bluetooth bağlantıları tarama işleminde birinci öncelik, bağlantı sağlanabilecek akıllı telefon kontrolüdür. Ardından giyilebilir akıllı cihaz kontrolü yapılır.

Şekil 3.12’de verildiği gibi, kapsama alanında bağlantı sağlanabilecek bir akıllı cihaz mevcut değil ise ana menüde “Bağlantı Bekleniyor (Waiting For Connection)” bilgisi ekrana yansıtılır. Bağlantı kurulduysa sistem, bağlantı kuran cihazın isim, MAC adresi bilgilerini ve gönderdiği verileri almak için gerekli işlemleri sırasıyla yapmaya başlar. Bu işlemlerin ardından -eğer varsa- kaydedilmiş giyilebilir akıllı cihazların MAC adresleri taranır. Bu işlem sırasında ana menüde ekranda “Taranıyor (Scanning)” yazısı görülmektedir. Eğer tarama işleminde sistemde kayıtlı MAC adreslerinden biri ile eşleşme sağlanıyor ise ana menüdeki “Giyilebilir Cihaz (Wearable)” seçeneği “Tamam (OK)” yapılır. Bağlantı kurulamıyor veya kayıtlı herhangi bir MAC adresi bulunamadı ise “Hata (ERROR)” yazısı ekranda gösterilir. Giyilebilir akıllı cihaz taramasının ardından cihaz radyatör paneli ile kontrol amaçlı bağlantı kurar. İletilecek verileri iletir ve işlemlerine devam eder.

```
if (Connection_Flag == 0)
{
    sprintf(User_Name, "Waiting For Connection");
    write_connection_status = HAL_GetTick();
}

if (Connection_Flag == 1)
{
    sprintf(User_Name, "Paring to %s", device_name);
    screen_saver_enable = false;
    Main_Menu();
    sprintf((char *) control_buffer, "AT+QBTPAIRCNF=1\r\n");
    HAL_UART_Transmit(&huart1, control_buffer, strlen((const char *)
control_buffer), 100);
    memset(control_buffer, 0, 50);
    CONFIRMATION_REQUEST = true;
    uint32_t timerss = HAL_GetTick();

    while (CONFIRMATION_REQUEST && HAL_GetTick() - timerss < 1500)
    {
        parse_uart_data();
    }
}
```

Şekil 3.12 Ana Panel Yazılımında Bluetooth Bağlantı Kurulumu

Bu işlemler devam ederken bir sayaca (timer/counter) bağlı olarak PIR sensörü okunmaktadır. Şekil 3.13’te verildiği gibi PIR sensöründen belirlenen süre boyunca veri alınamaması durumunda işlemci kişinin odada olmadığı bilgisine karar verir. Yokluk bilgisine

karar verilmesinin ardından ekran koruyucu devreye girer, ekran uyku moduna geçer ve böylece gereksiz enerji kullanımının önüne geçilmiş olur.

```
PIR_Control();

if (screen_saver_enable == true)
{Screen_Saver();
ft800memWrite8(REG_PWM_DUTY, 0);}
else
{ft800memWrite8(REG_PWM_DUTY, 120);
Main_Menu();}
```

Şekil 3.13 Ana Panel Yazılımında PIR Sensörü Kontrolü

Sistem, tüm bağlantı işlemlerinin tamamlanmasından sonra Android uygulamadan gelen sıcaklık verisini işlemeye başlar. Tablo 3.1’de gösterildiği gibi kişi varlık/yokluk bilgisine göre algoritma farklılık göstermektedir. Kişinin odada bulunması durumunda daha önce sisteme girilmiş sıcaklık verisi, HDC1080 sensörü tarafından ölçülen ortam sıcaklık verisi ile kıyaslanır. Ortam sıcaklık değeri, ayarlanan sıcaklık değerinden daha küçük ise radyatör paneline selenoid valfi açması için bilgi gönderilir. Böylece ortam sıcaklığının artırılması sağlanır.

Ayarlanan sıcaklık verisinin ortam sıcaklığının 0.5°C üzerine çıktığı durumlarda selenoid valf açılmakta, ayarlanan sıcaklık verisinin ortam sıcaklığının 0.5°C altında olması durumunda ise selenoid valf kapatılmakta ve sistem ortam sıcaklığını artırmak için işlemektedir. Şekil 3.14’te alınan sıcaklık verisine göre selenoid valfe gönderilen komut dizisi verilmiştir.

```
if ((Temperature >= (float) (temp_stuations[temp_setiuation_indexer] + 0.5)))
{
    if (send_set_points == true)
    {
        sprintf((char *) control_buffer, "AT+QSPSEND=%u,15\r\n", vana_kontrol_kart.connection_id);
        HAL_UART_Transmit(&huart1, control_buffer, strlen((const char *) control_buffer), 100);
        memset(control_buffer, 0, 50);
        HAL_Delay(100);
        sprintf((char *) control_buffer, "&*command*off*&");
        HAL_UART_Transmit(&huart1, control_buffer, strlen((const char *) control_buffer), 100);
        memset(control_buffer, 0, 50);
        CONFIRMATION_REQUEST = true;
        while (CONFIRMATION_REQUEST)
        {
            parse_uart_data();
        }
    }
}
```

```

        if (!CONFIRMATION_REQUEST)
        {
send_set_points = false;
        }
    }
}

if ((Temperature <= (float) (temp_situations[temp_setituation_indexer] - 0.5)))
{
    if (send_set_points == false)
    {
sprintf((char *) control_buffer, "AT+QSPSEND=%u,14\r\n", vana_kontrol_kart.connection_id);
HAL_UART_Transmit(&uart1, control_buffer, strlen((const char *) control_buffer), 100);
memset(control_buffer, 0, 50);
HAL_Delay(100);
sprintf((char *) control_buffer, "&*command*on*&");
HAL_UART_Transmit(&uart1, control_buffer, strlen((const char *) control_buffer), 100);
memset(control_buffer, 0, 50);
CONFIRMATION_REQUEST = true;
        while (CONFIRMATION_REQUEST)
        {
parse_uart_data();
        }
        if (!CONFIRMATION_REQUEST)
        {
send_set_points = true;
        }
    }
}
}

```

Şekil 3.14 Ana Panel Yazılımında Sıcaklık Verisine Göre İşlem Komutları

3.2 Radyatör Cihazı Yazılımı

Radyatör cihazı bu çalışmada komut alan cihaz (Slave) olarak çalışmaktadır. Cihazın ilk çalışması sırasında işlemci, Şekil 3.15'te gösterilen komut dizileri ile MC60 modülünün Bluetooth haberleşmesini aktif hale getirir.

```

Serial.println("waking up gsm");

if(digitalRead(blueetooth_status)==0)
{
    digitalWrite(blueetooth_power,HIGH);
    delay(900);
    digitalWrite(blueetooth_power,LOW);
    gsm_confermation=true;

    while (gsm_confermation)

```

```

{
    read_massge_and_parse();
}
Serial.println("module is up now");
}
else{
    Serial.println("module is already on");
}

```

Şekil 3.15 Radyatör Kontrol Cihazı Yazılımında MC60 Bluetooth Aktifleştirme Komutları

Bluetooth'un aktif hale getirilmesinin ardından radyatör kontrol cihazı Bluetooth üzerinden komut almayı bekler. Şekil 3.16'da gözüktüğü gibi ana panelden “Açık (ON)” komutu gelirse röleyi çekerek, selenoid valfin açılması sağlanır ve bu da sıcak su akışının o bölgeye yapılmasını sağlar. Oda belirlenen sıcaklık değerine ulaşana kadar selenoid valf açık durumda kalır ve sıcak su akışı devam eder, istenen sıcaklık değerine ulaşıldığında ana panelden “Kapalı (OFF)” komutu gelir, röle kapanır ve selenoid valf de kapatılarak sıcak su akışı kesilir. Böylece oda sıcaklığının adeta bir termostat gibi sabit bir sıcaklık seviyesinde tutulması sağlanmış olur. Ortam sıcaklık değeri, oda içerisindeki radyatör büyüklüğüne ve odanın yalıtımına bağlı olarak $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ değişebilir. Sistem sıcaklık verisindeki bu oynamanın nedeni, radyatöre gelen sıcak su akışı kesilse bile radyatör sıcaklığının bir süre daha devam etmesidir. Ortam yalıtımı kötü ise, istenen sıcaklık değerine ulaşıldıktan kısa bir süre sonra ortam sıcaklığı düşmeye başlayacaktır, bu durumda radyatöre sıcak su akışı başlatılacaktır; ancak radyatörün ısınması elbette bir zaman alacaktır.

```

if (buffer_lenth)
{
    memset(recv_data,0,100);
    if(data_recive_enable)
    {
        Serial3.readBytesUntil("OK", recv_data,100);
        data_recive_enable=false;
    }
    else
    {
        data_recive_enable=true;
        Serial3.readBytes(recv_data,100);
        char *str2=strstr(recv_data,"&command");
        if(str2)
        {

```

```

        Serial.println(str2);
        str2=strstr(recived_data,"*on*");
        if(str2)
        {
            digitalWrite(relay_pin,HIGH);
        }
        str2=strstr(recived_data,"*off*");
        if(str2)
        {
            digitalWrite(relay_pin,LOW);
        }
        memset(recived_data,0,100);
    }
}

```

Şekil 3.16 Gelen Veriler Doğrultusunda Değişen Röle Kontrol Komutları

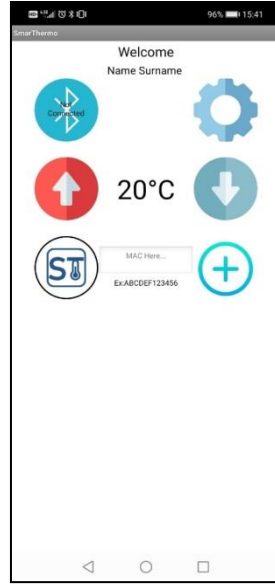
3.3 Uygulama Arayüzü

Kullanıcı, uygulamaya kayıt sırasında alınan ve sonrasında ana panele gönderilecek ad ve soyad bilgilerini Şekil 3.17’de verilen giriş sayfası üzerinden girmektedir. Kullanıcı bilgilerinin girilmesinin ardından “Oturum Aç (Login)” butonuna basılarak sisteme giriş yapılmaktadır.



Şekil 3.17 “SmarThermo” Uygulaması Ad ve Soyad Kayıt Sayfası

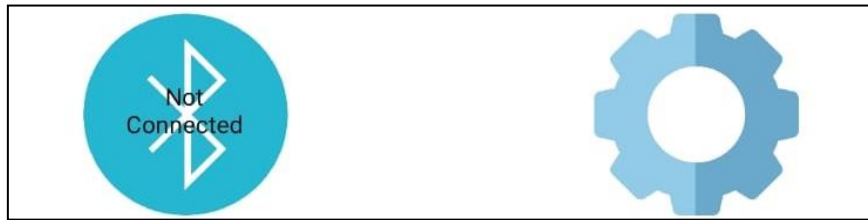
Ardından Şekil 3.18’de verilen kullanıcı arayüzüne geçilmektedir. Uygulamanın bu sayfasında 3 temel işlem yapılmaktadır.



Şekil 3.18 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Arayüzü

Arayüzde yapılan ilk işlem Şekil 3.19’da görülen Bluetooth bağlantı bölümüdür. Bu alanda kullanıcı şekilde görülen soldaki butona basarak akıllı telefonuyla eşleştirilmiş Bluetooth cihaz listesini açabilmektedir. Ardından ana panelin Bluetooth modülüne bağlanarak hem cihazın MAC adresini hem de giriş sayfasında girmiş olduğu ad ve soyad bilgilerini ana panele iletmektedir. Uygulama, ana panelle ilk bağlantının kurulmasından sonra paneldeki MAC adresini kaydeder ve uygulama tekrar açıldığında otomatik bağlantı işlemini sağlar. Bu sayede kullanıcı tercihlerinde bir güncelleme yapmak isterse uygulamaya girdiğinde otomatik bağlantı kurularak değiştirilen veriler ana panele iletilmektedir.

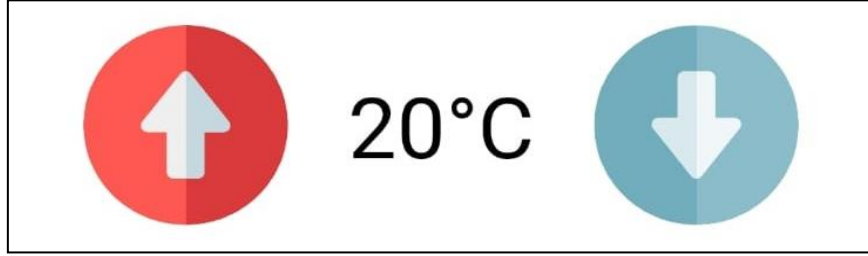
Şekilde 3.19’da görülen sağdaki mavi butona basarak uygulamada giriş sayfasına dönelebilmektedir. Bu buton ile kullanıcı bilgileri de değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.19 “SmarThermo” Uygulaması Bluetooth Bağlantı Bölümü

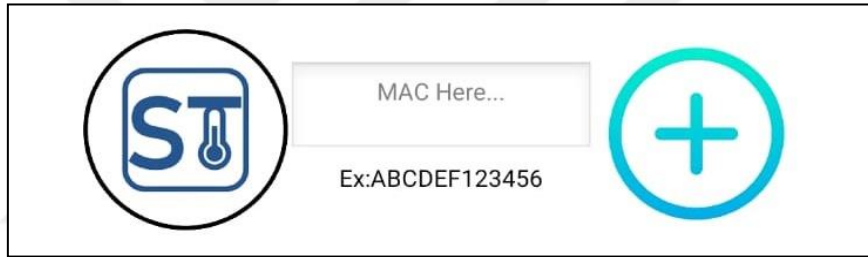
Uygulamadaki ikinci işlem kısmı Şekil 3.20’de verilen sıcaklık ayarlama bölümüdür. Bu bölümde kullanıcı odanın sıcaklığını istediği değerde ayarlayabilmektedir. Uygulama, ana cihaza bağlı ise butona her basıldığında otomatik olarak Bluetooth bağlantısı üzerinden sıcaklık verisi ana panele iletilir. Ayarlanan sıcaklık değeri soldaki kırmızı buton ile

arttırılırken, sağıdaki mavi buton ile azaltılmaktadır. Cihazın ana panel bağlantısı kopmuş ise, uygulama yapılan değışikliğı kaydeder ve bağlantının kurulduğı ilk anda ana panele yeni verileri iletir.



Şekil 3.20 “SmarThermo” Uygulaması Sıcaklık Ayar Bölümü

Uygulamanın üçüncü ve son kısmı Şekil 3.21’de gösterilen MAC adresi kayıt bölümüdür. Bu bölüm, kullanıcının akıllı telefonu dışında Bluetooth desteğı bulunan herhangi bir akıllı cihazı sisteme tanımlamak için kullanılmaktadır.

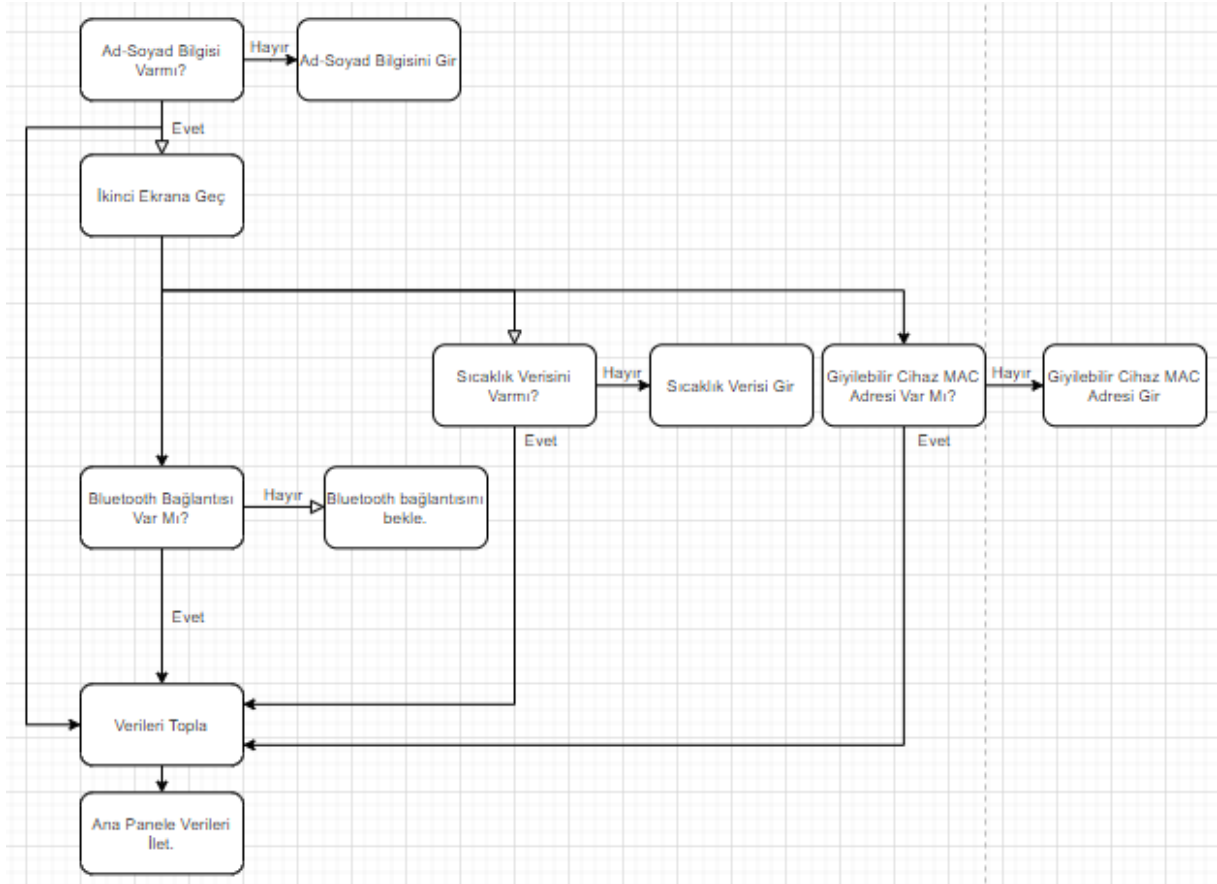


Şekil 3.21 “SmarThermo” Uygulaması Mac Adresi Kayıt Bölümü

Örneğın; kullanıcı akıllı telefonu ile bir akıllı saat kullanıyor ise akıllı saatin MAC adresini bu bölüme girebilmekte ve sistem kontrolü için akıllı saatini kullanabilmektedir. Akıllı saatin MAC adresi uygulama aracılığıyla ana panele iletir. Ana panel kişı varlık/yokluk taraması ya da bağlantı taraması esnasında bu giyilebilir akıllı cihazı da arar ve gerekli algoritmaları protokole göre işleme alır. Ana panel üzerine maksimum 10 farklı MAC adresi tanımlanabilmektedir. Kullanıcı, Bluetooth desteğı olan her türlü giyilebilir akıllı cihazını ana panele kaydedebilir. Ana panel, kaydedilen bu cihazlardan gelen bilgilere göre gerekli işlemleri yapar. Kullanıcı ana panele birden fazla cihaz kaydetmiş ve bu cihazlardan herhangi biri kapsama alanında ise, sistem PIR sensöründen gelen varlık/yokluk bilgisini de değerlendirerek protokol işleyişine yön verilir.

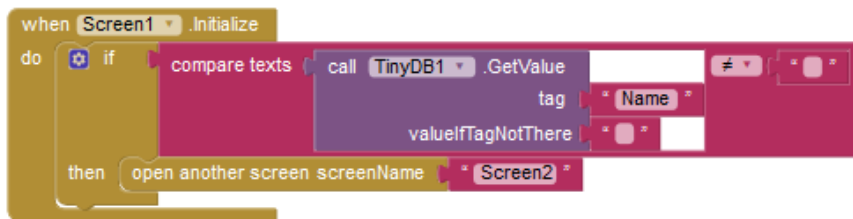
3.4 Uygulama Arkayüz Yazılımı

Sistemin mimarisini oluşturan, sunucu ayarlamalarından sorumlu, veri tabanı yönetimini planlayan, sistemin hızlı ve verimli çalışabilmesini sağlayan arkayüz kodlamasının akış şeması Şekil 3.22’de verilmiştir.



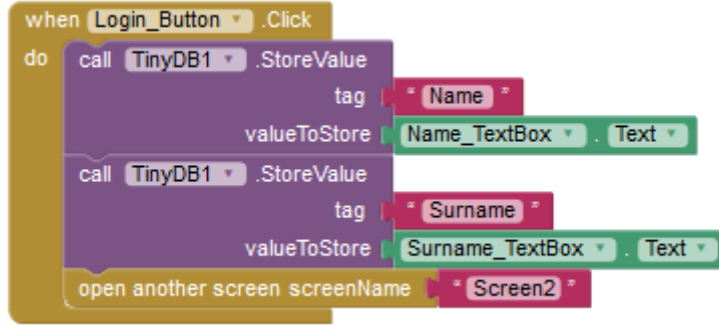
Şekil 3.22 “SmarThermo” Uygulaması Akış Şeması

Uygulama ilk açıldığında Şekil 3.23’te verildiği gibi, arka planda kullanıcının daha önce bir ad soyad bilgisi kaydedip kaydetmediği sorgulanır. Kullanıcı daha önce uygulamaya giriş yapmış ise kullanıcı bilgileri uygulamada kayıtlı olduğundan, sorgulama yapılmadan ikinci sayfaya geçilir.



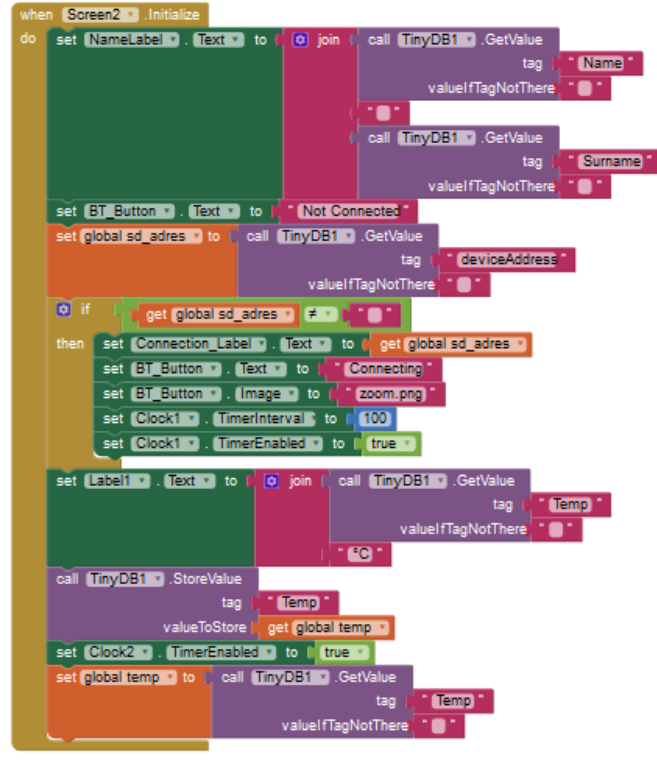
Şekil 3.23 “SmarThermo” Uygulaması Açılış Sayfası Yazılımı – Ad ve Soyad Verisi Kayıt

Kullanıcı uygulamayı ilk kez kullanıyor ise Şekil 3.24'te görülen komutlar sayesinde ad soyad bilgisi alınır ve arayüzde “Oturum Aç (Login)” butonuna basılır. Kullanıcı bilgileri ikinci ekranda gösterilmek ve uygulamaya tekrar giriş yapılacağı zaman kullanılmak üzere belleğe kaydedilir.



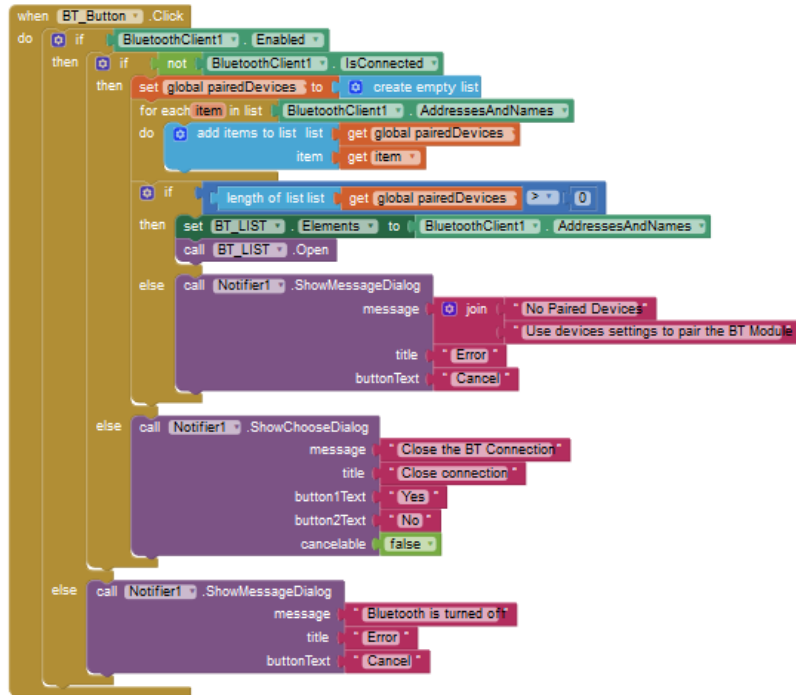
Şekil 3.24 “SmarThermo” Uygulaması Açılış Sayfası Yazılımı – Ad ve Soyad Verisi Giriş

Kullanıcı arayüz ekranına geçtiğinde öncelikle kişinin adı ve soyadını ekrana yansıtabilmek için ilk ekrandan aldığı kullanıcı bilgilerini bir isim etiketine aktarır. Bu sayede Şekil 3.25'te görülen ad ve soyad bilgisi ekranın üst kısmında gözükebilmektedir. Ardından uygulama daha önce bir Bluetooth bağlantı işlemi yapıp yapılmadığını sorgular. Bu işlem sonrasında bir bağlantı sağlanamadıysa Şekil 3.25'te görülen butonu “Bağlantı Yok (Not Connecting)” olarak günceller ve kullanıcının ana panelle bağlantı kurmasını bekler. Uygulamaya daha önce kayıtlanma işlemi yapıldıysa bu MAC adresi otomatik olarak taranmak için kaydedilir. Son olarak, uygulama son kaydedilen sıcaklık verisini bir etikete aktarır. Bu sayede kullanıcı uygulamaya girdiğinde son ayarladığı sıcaklık değerini istediği şekilde güncelleyebilir. Eğer uygulamaya ilk defa giriliyor ise ortam için istenen varsayılan (default) sıcaklık değeri ana panelde 20°C olarak değiştirilir. Kullanıcı herhangi bir sıcaklık değeri seçimi yapana kadar sistem varsayılan (default) değere göre işler.



Şekil 3.25 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Başlangıç

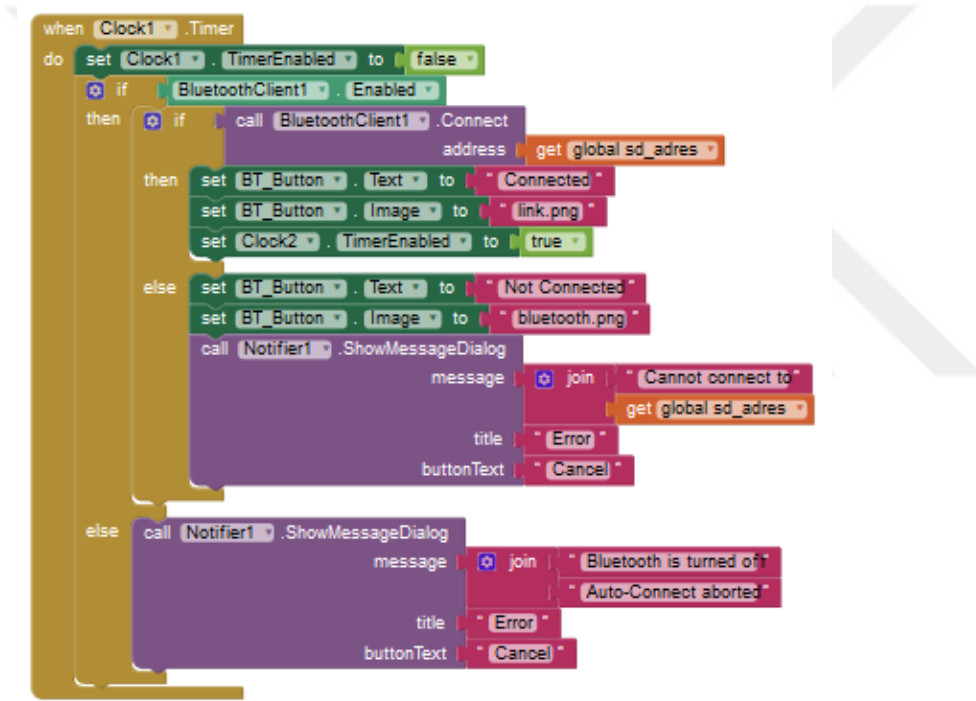
Şekil 3.26’da uygulama daha önce bir ana panel ile eşleştirilmedi ise eşleşmenin sağlanması için butona basıldığında arka planda işlenecek kod blokları görülmektedir.



Şekil 3.26 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Bluetooth Bağlantısı için Cihaz Tanımlama

Ana panel eşleşmesi için butona basıldığında akıllı telefonun Bluetooth bağlantısının açık olup olmadığı uygulama tarafından kontrol edilir. Ardından uygulamanın daha önce bir cihazla eşleşip eşleşmeme durumu kontrol edilir. Bu işlemlerin ardından kullanıcı, akıllı telefonunun daha önce eşleşmiş olduğu Bluetooth cihazlarını görüntüleyebilmektedir. Kullanıcının ana panel bağlantısı kurulduktan sonra ana panelin MAC adresi, bir değişkene atanır. Uygulama, tekrar kullanılmak istendiğinde bu adresi otomatik olarak çekebilecektir. Ayrıca Şekil 3.26’da eşleşme için anlatılan bu işlemler yapılırken oluşabilecek hatalar doğrultusunda kullanıcı ekranına yansıtılacak uyarılar da yazılıma entegre edilmiştir.

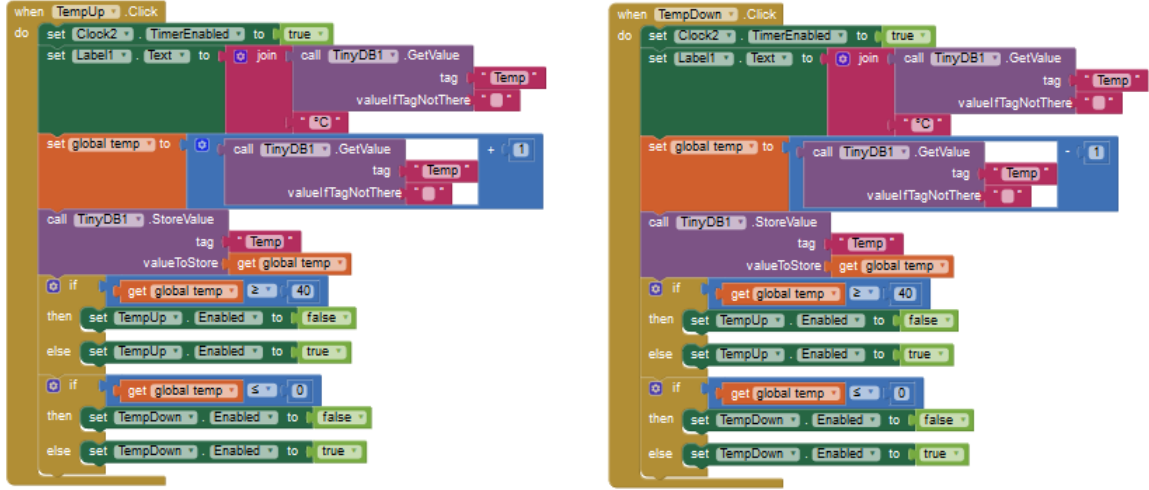
Şekil 3.27’de görülen kod blokları, uygulama ile ana panel bağlantı işlemlerinin yapılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.27 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Bluetooth Bağlantı

Uygulamada kayıtlı bir ana panel MAC adresi var ise ya da kullanıcı tarafından bir MAC adresi seçilir ise uygulama bir zamanlayıcıyı aktive eder. Bu zamanlayıcı aktif olduğunda belirlenen süre içinde seçilen MAC adresinin sahibi cihaz ile bağlantı kurmalıdır. Belirlenen sürede ana panel bağlantısını engelleyecek bir hata oluşursa uygulama kullanıcıya bir uyarı komutu gösterir ve uygulama bağlantı kurmak için yeni komut bekler.

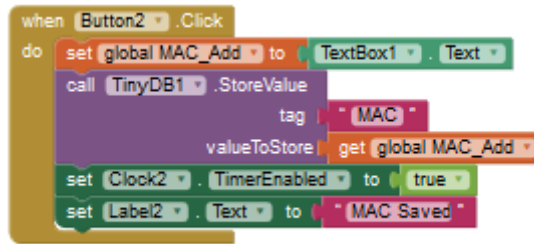
Şekil 3.28’de verilen görselde uygulamanın sıcaklık ayar butonları vasıtasıyla yaptığı arka plan işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 3.28 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Sıcaklık Ayar Butonları

Sıcaklık ayar butonlarına her basıldığında uygulama bir etiket içerisinde son sıcaklık verisini kaydeder. Ardından bir zamanlayıcı aktif edilerek, değiştirilen sıcaklık verisinin ana panele gönderilmesi sağlanır. Bunun yanı sıra sıcaklık ayarının belirli bir seviyede tutulması için, butonlar 0°C ile 40°C arasında aktif seçim sağlamaktadır. Kullanıcı sıcaklık istem değerini bu sınırlar dışında girdiğinde onay butonu devre dışı olmaktadır.

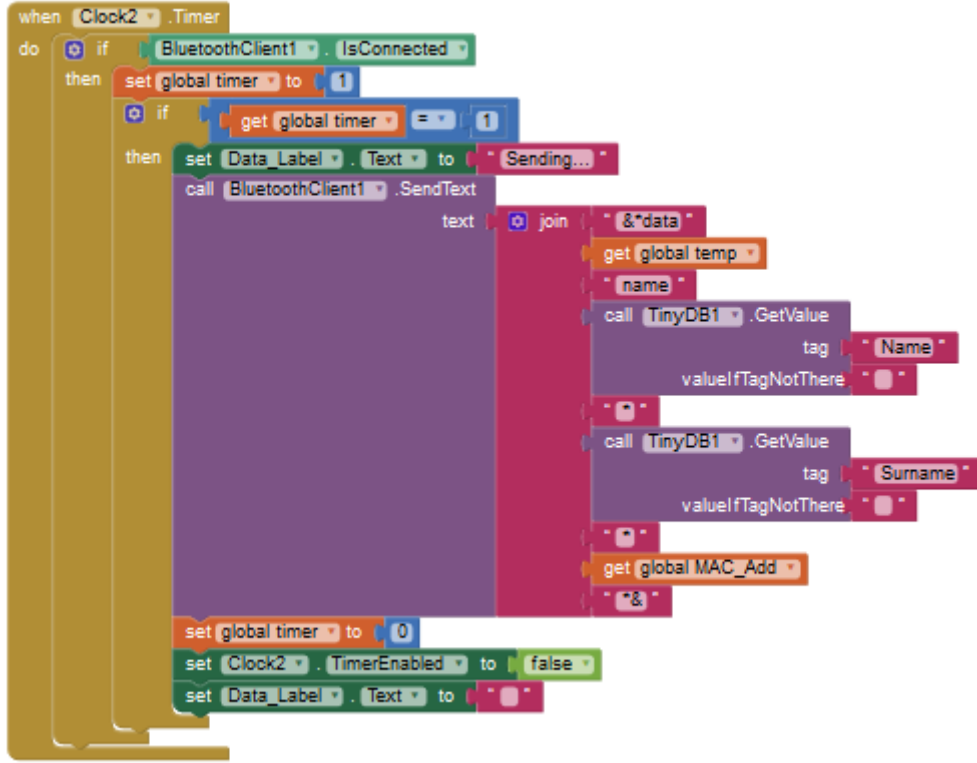
Şekil 3.29’da görülen buton, kullanıcının ana panele kaydetmek istediği giyilebilir akıllı cihazlar için kullanılan kod bloklarını göstermektedir. Kullanıcı giyilebilir akıllı cihazının MAC adresini ekrana girdikten sonra butona bastığında, uygulama girilen MAC adresini bir etikete atamakta ve ardından zamanlayıcıyı aktive edip bu veriyi ana panele iletmektedir.



Şekil 3.29 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – MAC Adresi Kayıt

Şekil 3.30’da gösterilen sıcaklık ayar ve MAC adresi kayıt butonlarına basıldığında bir zamanlayıcı aktive edilmektedir. Zamanlayıcı aktive olduğunda öncelikle bir Bluetooth bağlantısı olup olmadığını sorgular. Bluetooth sorgusunun bu aşamada yapılması, kullanıcının değiştirmek veya kaydetmek istediği veriler olması durumunda bağlantı kurmadan bu

işlemleri yapılabilmesinin sağlanmasıdır. Bağlantı kurulduğu anda, otomatik olarak daha önce ayarlanmış olan veriler iletilir. Sorgulama sonucunda kapsama alanında Bluetooth bağlantısı yapılabilecek bir cihaz var ise uygulama ana panele daha önce belirlenmiş olan bir protokol üzerinden gerekli verileri iletmektedir.



Şekil 3.30 “SmarThermo” Uygulaması Kullanıcı Ara Yüzü Yazılımı – Veri Gönderim

Örneğin; cihaza yeni bir MAC adresi gönderilmek istendiğinde uygulama “&*20*adsoyad*ABCDEF123456*&” şeklinde bir protokol ile verileri ana panele göndermektedir.

4. SONUÇ

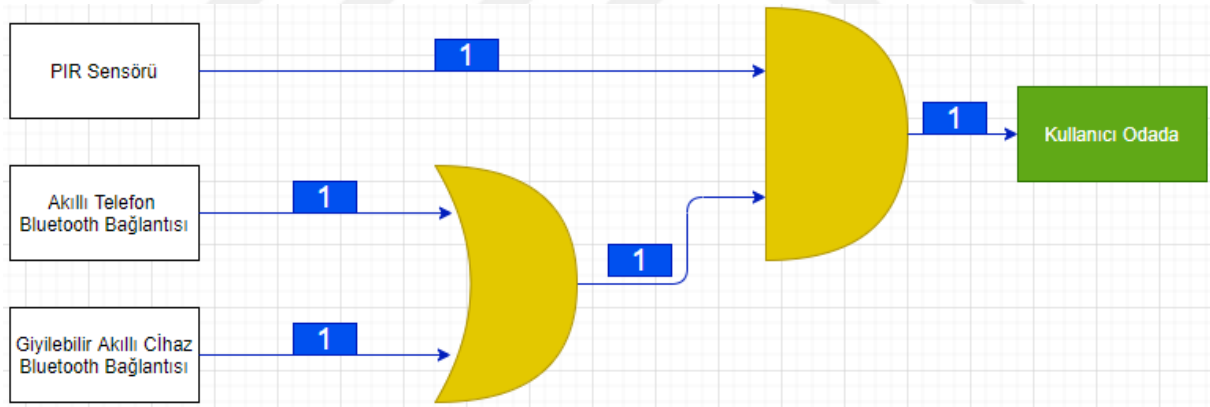
4.1 Sistem Çalışma Senaryoları

Bu bölümde cihaz çalışma prensibinin net biçimde açıklanabilmesi amacıyla bazı çalışma senaryolarına yer verilmiştir. Bölüm 3'te verilen cihaz kurulum işlemleri tamamlandıktan sonra; örnek olarak hazırlanan 4 çalışma senaryosu ile cihazın çalışma biçimi hakkında detaylı bilgi verilmesi sağlanacaktır.

Sistem çalışmasında birinci öncelikli unsur kişinin odada bulunup/bulunmaması durumudur. Bu nedenle Şekil 4.1, Şekil 4.3, Şekil 4.5 ve Şekil 4.7'de kişinin varlık/yokluk bilgisine karar verilmesi durumları görselleştirilmiştir.

4.1.1 Senaryo-1

Odada kullanıcı, akıllı telefonunu ve giyilebilir akıllı cihazı bulunmaktadır. Kişinin odada bulunup/bulunmadığı bilgisi Bölüm 3 (Sistem Çalışması)'te detaylı biçimde anlatıldığı şekilde tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de tespit aşamasının küçük bir örneği görselleştirilmiş ve oluşturulan senaryo açıklanmıştır.



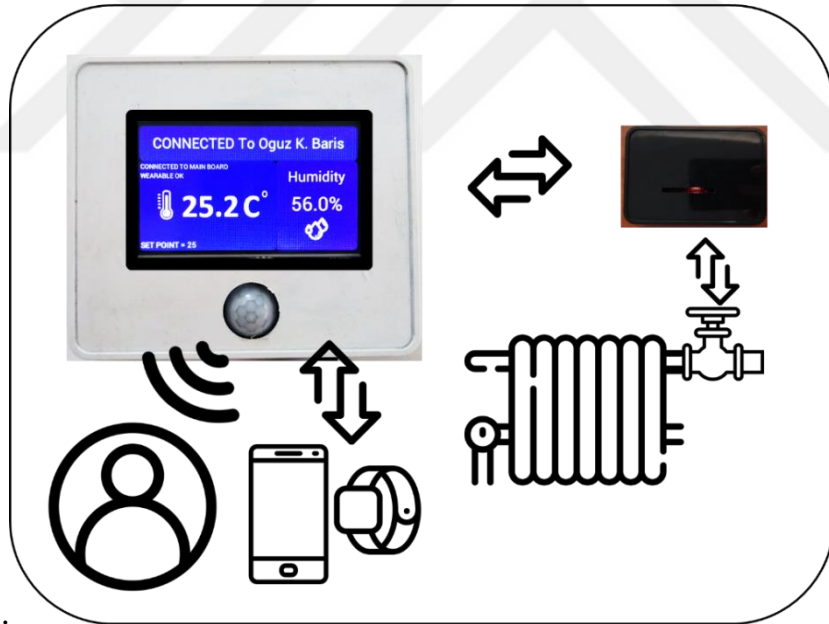
Şekil 4.1 Senaryo-1 Akış Diyagramı

Kişinin odada bulunduğu bilgisine karar verilmesinin ardından:

- Ana panel ekranında 'Bağlantı Sağlandı' bildirimi ve bağlantı sağlanan kullanıcının bilgileri Şekil 4.2'de verilen ekranda gösterilir.
- Oda sıcaklığı ölçümü yapılır. Şekil 4.2'de verilen ekrana yansıtılır.
- Sistemde kayıtlı olan kullanıcı sıcaklık istem bilgisi ile oda sıcaklığı ana panel tarafından karşılaştırılır.

- Eğer ortam sıcaklığı kullanıcının sıcaklık isteminden düşük ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutu gönderir.
- “AÇ” komutu ile radyatöre sıcak su akışı başlatılır.
- Ortam sıcaklığı ile kullanıcı sıcaklık istemi eşit değere gelene kadar radyatöre sıcak su akışına devam edilir.
- Eşitlik sağlanmasıyla ana panel selenoid valfe “KAPA” komutu gönderir.
- Kapa komutu ile radyatöre su akışı kesilir.
- Eğer ortam sıcaklığı sıcaklık istem değerinden yüksek ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutunu ortam sıcaklığı sıcaklık istem değerinden düşük olana kadar göndermez.
- Bu döngü kişi sıcaklık istem bilgisini değiştirmedeği ya da odada bulunmaya devam ettiği sürece tekrarlanır.

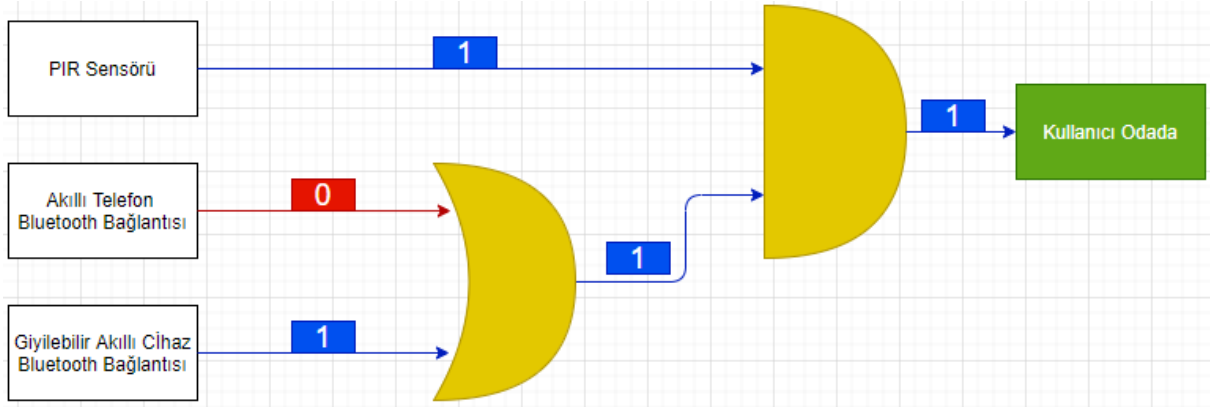
Sonuç olarak kullanıcının sisteme bir kez tanımlanmış olduğu sıcaklık istemi, bir daha herhangi bir cihaza müdahale gerektirmeksizin sistem tarafından otomatik olarak ayarlanır.



Şekil 4.2 Senaryo-1 Oda Görselleştirmesi

4.1.2 Senaryo-2

Odada kullanıcı ve giyilebilir akıllı cihazı bulunmaktadır. Şekil 4.3'te kişi varlık/yokluk bilgisi tespit aşamasının küçük bir örneği görselleştirilmiş ve oluşturulan senaryo açıklanmıştır.

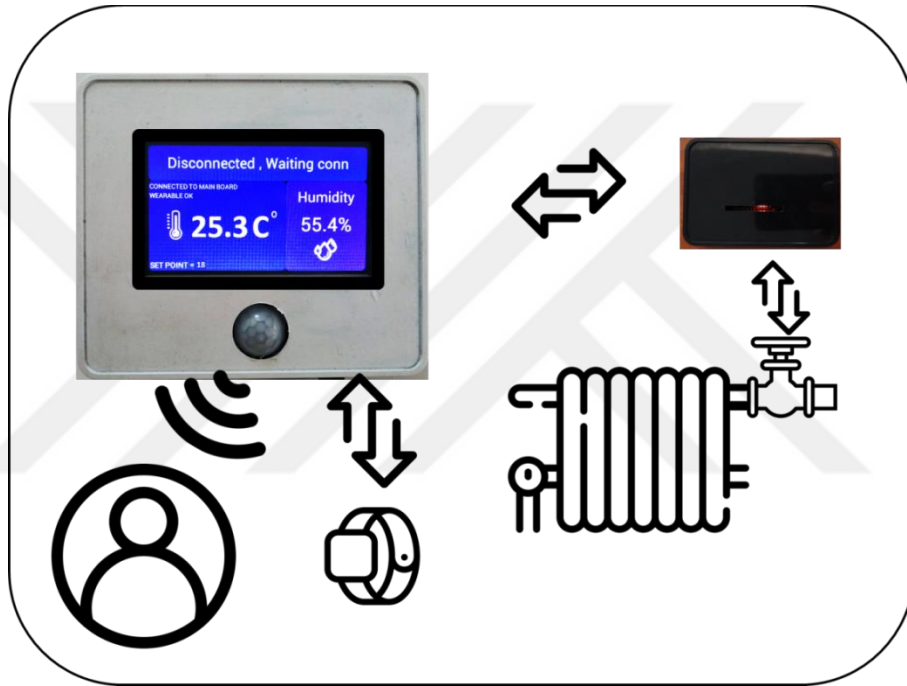


Şekil 4.3 Senaryo-2 Akış Diyagramı

Kişinin odada bulunduğu bilgisine karar verilmesinin ardından:

- Ana panel ekranında 'Bağlantı Sağlandı' bildirimi ve bağlantı sağlanan kullanıcının bilgileri Şekil 4.4'te verilen ekranda gösterilir.
- Oda sıcaklığı ölçümü yapılır. Şekil 4.4'de verilen ekrana yansıtılır.
- Sistemde kayıtlı olan kullanıcı sıcaklık istem bilgisi ile oda sıcaklığı ana panel tarafından karşılaştırılır.
- Eğer ortam sıcaklığı kullanıcının sıcaklık isteminden düşük ise ana panel selenoid valfe "AÇ" komutu gönderir.
- "AÇ" komutu ile radyatöre sıcak su akışı başlatılır.
- Ortam sıcaklığı ile kullanıcı sıcaklık istemi eşit değere gelene kadar radyatöre sıcak su akışına devam edilir.
- Eşitlik sağlanmasıyla ana panel selenoid valfe "KAPA" komutu gönderir.
- Kapa komutu ile radyatöre su akışı kesilir.
- Eğer ortam sıcaklığı sıcaklık istem değerinden yüksek ise ana panel selenoid valfe "AÇ" komutunu ortam sıcaklığı sıcaklık istem değerinden düşük olana kadar göndermez.
- Bu döngü kişi odada bulunmaya devam ettiği sürece tekrarlanır.

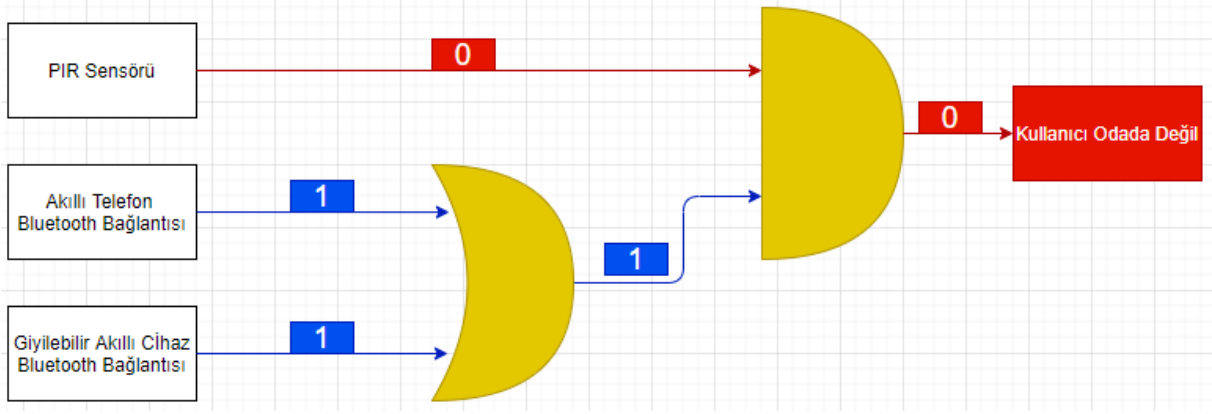
Sonuç olarak; Senaryo-1’de ve Senaryo-2’de kullanıcının odada bulunduğu bilgisine karar verilmesinin ardından gerçekleşen cihaz çalışma adımları aynıdır. Ancak iki senaryo arasındaki şu çalışma farkına dikkat edilmelidir. Senaryo-1’de kullanıcının akıllı telefonu ile sistem arasında Bluetooth bağlantısı kurulduğu için kullanıcı isterse sıcaklık istem bilgisini değiştirilebilir ve ana panele erişim sağlayabilmektedir. Senaryo-2’de ise kullanıcının akıllı telefonu ile sistem arasında bağlantı kurulmadığı için kullanıcı sıcaklık istem bilgisinde bir değişiklik yapamaz. Sistem, daha önce akıllı telefonu ile sisteme tanımlanmış olduğu sıcaklık istem bilgisi üzerinden çalışmasına devam eder. Yani kullanıcı sıcaklık istem bilgisinde bir değişiklik yapmak isterse, bunu akıllı telefonu üzerinden yapabilmektedir.



Şekil 4.4 Senaryo-2 Oda Görselleştirmesi

4.1.3 Senaryo-3

Odada akıllı telefon ve giyilebilir akıllı cihaz bulunmaktadır. Şekil 4.5’te kişi varlık/yokluk bilgisi tespit aşamasının küçük bir örneği görselleştirilmiş ve oluşturulan senaryo açıklanmıştır.

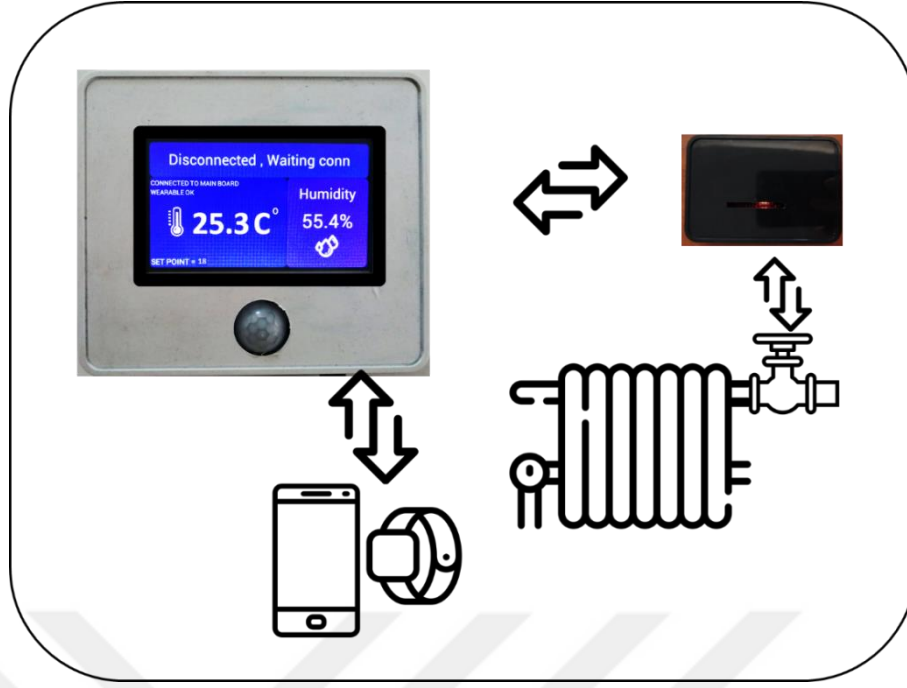


Şekil 4.5 Senaryo-3 Akış Diyagramı

Kişinin odada bulunmadığı bilgisine karar verilmesinin ardından:

- Ana panel ekranında ‘Bağlantı Sağlanamadı’ ve ‘Bağlantı Bekleniyor’ bildirimleri Şekil 4.6’da verilen ekranda gösterilir.
- Oda sıcaklığı ölçümü yapılır. Şekil 4.6’da verilen ekrana yansıtılır.
- Sistem minimum sıcaklık bilgisi ile oda sıcaklığı ana panel tarafından karşılaştırılır.
- Eğer ortam sıcaklığı minimum sıcaklık değerinden (18°C) düşük ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutu gönderir.
- “AÇ” komutu ile radyatöre sıcak su akışı başlatılır.
- Ortam sıcaklığı ile minimum sıcaklık değeri eşitlenene kadar radyatöre sıcak su akışına devam edilir.
- Eşitlik sağlanmasıyla ana panel selenoid valfe “KAPA” komutu gönderir.
- Kapa komutu ile radyatöre su akışı kesilir.
- Eğer ortam sıcaklığı minimum sıcaklık değerinden yüksek ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutunu ortam sıcaklığı optimum sıcaklık değerinden düşük olana kadar göndermez.
- Bu döngü kullanıcı odaya gelene dek tekrarlanır.

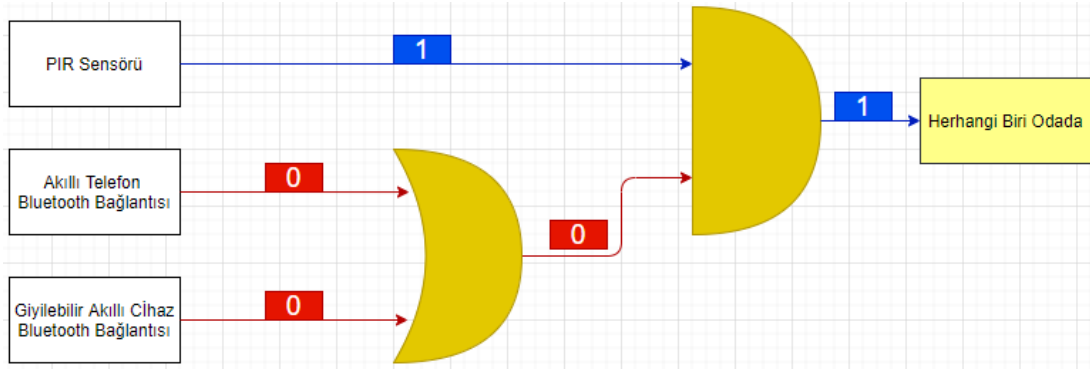
Sonuç olarak kişinin cihazları odada olsa dahi kendisinin odada olup olmadığının da kontrol edilmesi sayesinde enerji sarfiyatının önüne geçilerek, enerjiden tasarruf sağlanmış olur. Sistemin ikili doğrulama sağlıyor olmasının önemi, bu senaryoda net bir biçimde görülmektedir.



Şekil 4.6 Senaryo-3 Oda Görselleştirmesi

4.1.4 Senaryo-4

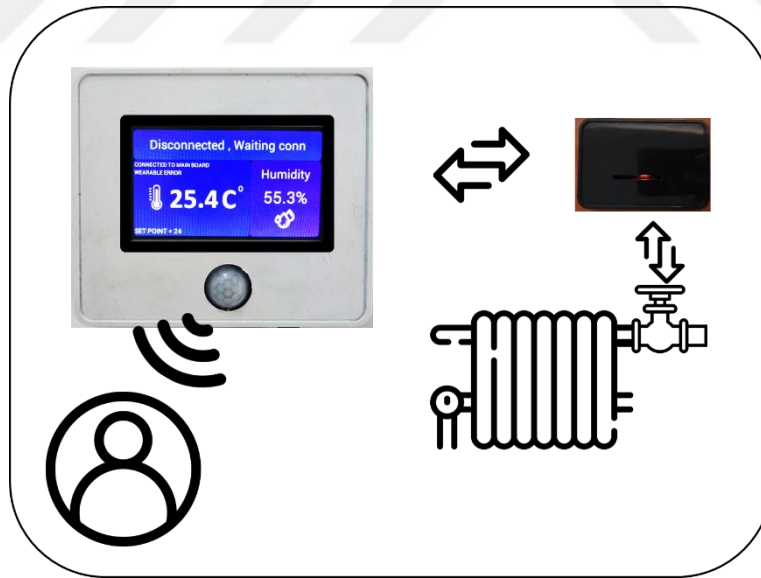
Odada kişi bulunmaktadır. Şekil 4.7’de kişi varlık/yokluk bilgisi tespit aşamasının küçük bir örneği görselleştirilmiş ve oluşturulan senaryo açıklanmıştır.



Şekil 4.7 Senaryo-4 Akış Diyagramı

Oda kullanıcısının akıllı cihazları Bluetooth kapsama alanında değil ancak PIR sensöründen alınan bilgi ile odada birinin bulunduğu bilgisine karar verilmiştir. Odada bulunan kişinin oda daimi kullanıcısı olup olmadığı tespit edilemeyeceğinden; sistem optimum koşullarda işlemektedir.

- Ana panel ekranında ‘Bağlantı Sağlanamadı’ ve ‘Bağlantı Bekleniyor’ bildirimleri Şekil 4.8’de verilen ekranda gösterilir.
- Oda sıcaklığı ölçümü yapılır. Şekil 4.8’de verilen ekrana yansıtılır.
- Sistem optimum sıcaklık bilgisi ile oda sıcaklığı ana panel tarafından karşılaştırılır.
- Eğer ortam sıcaklığı optimum sıcaklık değerinden (24°C) düşük ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutu gönderir.
- “AÇ” komutu ile radyatöre sıcak su akışı başlatılır.
- Ortam sıcaklığı ile optimum sıcaklık değeri eşitlenene kadar radyatöre sıcak su akışına devam edilir.
- Eşitlik sağlanmasıyla ana panel selenoid valfe “KAPA” komutu gönderir.
- Kapa komutu ile radyatöre su akışı kesilir.
- Eğer ortam sıcaklığı optimum sıcaklık değerinden yüksek ise ana panel selenoid valfe “AÇ” komutunu ortam sıcaklığı optimum sıcaklık değerinden düşük olana kadar göndermez.
- Bu döngü odada bulunan kişi odayı terk edene kadar ya da oda kullanıcısının akıllı cihazlarından herhangi biri ile odaya gelmesine dek tekrarlanır.



Şekil 4.8 Senaryo-4 Oda Görselleştirmesi

Sonuç olarak; sistemin kullanıcının isteğine göre çalışması için oda kullanıcısının herhangi bir akıllı cihazının yanında bulunması gerekmektedir.

Senaryo-4'te anlatılan sistem çalışması prensibi laboratuvar gibi ortak kullanım alanları için de geçerlidir. Ortak kullanım alanlarında her bir oda kullanıcısının isteğine göre sistem kontrol edilemeyeceğinden, sistem daha önce tanımlanmış optimum değere göre işlemektedir.

4.2 Sonuç Çıkarımları

Bu çalışma ısınma için harcanan enerjiden tasarruf sağlayacağı ön görülerek yapılmıştır. Çalışma, ana prensipte bir oda içerisindeki radyatörü kontrol etmek üzere tasarlanmıştır. Alışlagelmiş manuel vanalar, elektronik kontrollü selenoid vanalar ile değiştirilerek radyatör kontrolü sağlanmıştır. Radyatör kontrol cihazı, selenoid vanaların aç/kapa görev komutunu vermektedir. Ana panel, oda sıcaklığının ölçümünü yapan, kullanıcının istemlerini alan ve bu bilgilere bağlı olarak sistemin çalışma kararını veren sistem alt parçasıdır. Kullanıcı istemleri akıllı telefona indirilen Android uygulama ile ana panele iletilmektedir. Sistem, odanın sıcaklık seviyesi ile kullanıcı sıcaklık istemini karşılaştırır. Kişinin oda içerisindeki varlık/yokluk bilgisi de bu karşılaştırmanın sonucuna eklenerek sistemin çalışma durumuna karar verilmektedir. Giyilebilir akıllı cihazlar, kullanıcının varlık/yokluk bilgisinin doğruluğunu arttırmak için Android uygulama üzerinden ana panele entegre edilebilmektedir. Sistem, kullanıcının varlık/yokluk bilgisine göre oda içi sıcaklığı ayarlanan değerlerde sabit tutarak, ısınma için harcanan enerjiden %20 ile %35 arasında tasarruf sağlamaktadır.

Çalışmanın bir oda için yapılacak ısıtma sistemi entegrasyonu sırasında ortaya çıkması beklenen maliyet analizi ve malzeme listesi Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Proje Maliyet Analizi

Ana Panel			
Malzeme	Açıklama	Adet	Fiyat
STM32F103R8T6	İşlemci	1	\$ 2,28
MC60	GSM/GNSS/BT Modülü	1	\$ 4,80
TPS54302	Regülatör	1	\$ 0,25
FT800	Ekran Sürücü	1	\$ 3,51
SAT043AT40	480x272 TFT Ekran	1	\$ 6,19
HDC1080	Sıcaklık ve Nem Sensörü	1	\$ 1,84
HC-SR501	Hareket Sensörü	1	\$ 0,81

DM-049	Kutu	1	\$ 1,62
12V Adaptör			\$ 1,75
PCB Maliyeti			\$ 0,3
			\$ 23,36
Radyatör Cihazı			
ATMega328p	İşlemci	1	\$ 0,47
MC60	GSM/GNSS/BT Modülü	1	\$ 4,80
ALQ105A01	Röle	1	\$ 0,51
Solenoid Valf		1	\$ 3,57
DM-048	Kutu	1	\$ 1,14
12V Adaptör			\$ 1,75
PCB Maliyeti			\$ 0,3
			\$ 12,54
*Fiyatlar için 01.07.2020 tarihi referans alınmıştır.			

Tablo 4.1’de bir oda için verilen maliyet analizi referans alınarak; 3 odalı, 4 radyatörlü bir dairenin entegrasyonu sırasında beklenen maliyet analizi Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Üç Oda, Dört Radyatörlü Sistem için Cihaz Kurulumu Maliyet Tablosu

	Bir Adet Maliyeti	Cihaz Sayısı	Toplam Maliyet
Ana Panel	23,36\$	3	70,08\$
Radyatör Cihazı	12,54\$	4	50,16\$
Toplam	35,9\$		120,24\$

Cihazın bir bina için ana maliyetinin 120\$ olduğu hesaplanmıştır. Sistem kurulumu için gerekli olan tesisat işçiliğinin radyatör başına ortalama 3\$ olduğu tespit edilmiş, bu durumda 4 radyatörlü bina için tesisat işçiliği 12\$ olacaktır. Satıştan elde edilecek kârın %50 olması belirlenmiştir. Bu durumda cihaz maliyeti, satış karı ve tesisat işçiliği ile birlikte ürünün son kullanıcıya maliyeti 200\$ olacaktır.

Aynı bina için “IGDAŞ (İstanbul Gaz Dağıtım Sanayii ve Ticaret A.Ş.)”tan alınan verilere göre 2018 yılı toplam doğalgaz harcaması 683m³’dür. Ortalama olarak bu binanın ısıtma için harcadığı doğalgaz miktarı yıllık 650m³’tür. Sistemin binaya entegre edilmesinin ardından sadece kullanımda olan oda ısıtılacağından, kullanımda olmayan odalar için

harcanacak yakıt miktarında azalma olacaktır. Kişinin bulunduğu odanın sıcaklığı 25°C, diğer odaların sıcaklığı 18°C olarak hesaplanırsa, odabaşına %19-20'ye varan bir tasarruf sağlanacaktır. 3 odalı bu bina için %35-40 gibi bir enerji tasarrufu sağlanması öngörülmektedir.

$650\text{m}^3 \times \%40 = 260\text{m}^3$ doğalgazdan tasarruf edilecektir.

Doğalgaz m^3 fiyatı 1,52 TL olarak kabul edilirse:

$260 \times 1,52 = 395,2$ TL Yani; ortalama 2018 döviz kuru referans alınarak tasarruf miktarının yaklaşık 82\$ olduğu söylenebilir. Bu hesaplamalar neticesinde sistemin kurulumdan itibaren maliyetini yaklaşık 2,5 yılda amorti edeceği düşünülmektedir. Bu maliyet hesaplamaları neticesinde, bir kamu binasındaki oda sayısı düşünüldüğünde tasarruf miktarı çok daha yüksek olacaktır. Bina içerisindeki odaların kullanım süreleri ve radyatörlerin maksimum sıcaklık değeri bu konuda büyük bir rol oynamaktadır. Merkezi sistem ile ısıtılan binalarda radyatör sıcaklığının ayarlanması genellikle zordur. Bu sebeple bir konuta oranla büyük kamu binalarında enerji sarfiyatı çok daha fazla olmaktadır. Bu da demektir ki; çalışmada ortaya konan sistem bir kamu binasına entegre edildiğinde ısınma için harcanan enerjiden edilecek tasarruf miktarı da artacaktır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Konutlarda enerji tasarrufunun sağlanması ve kişilerin konfor düzeyinin artırılması ile ilgili çalışmalar son yıllarda çokça karşımıza çıkan konulardandır. Ancak bu tür çalışmaların büyük kamu binaları için tasarlandığını literatürde sık göremiyoruz. Bu noktadaki eksiklikten çıkışla hazırlanan bu çalışma ile kamu binalarında ısınma için harcanan enerjiden tasarruf sağlanması ve ek olarak bina kullanıcılarının konfor seviyesinin artırılması sağlanmıştır.

Genellikle kamu binalarının ısıtılmasında merkezi sistemler kullanılmaktadır. Hizmet tipine göre değişken fakat çok sayıda oda bulunduran kamu binalarında bulunan odaların boyut, kullanım ve yalıtım farklarından dolayı odalar farklı sıcaklıklardadır. Bu durumda bazı odaların istenenden daha sıcak olduğu, bazı odalarinsa istenenden soğuk olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla büyük kamu binaları için birçok oda kullanışsız olabilmektedir. Örneğin, hacmi büyük odalar gereken ölçüde ısıtılamazken; hacmi küçük odaların gereğinden fazla ısıtılması sonucunda kullanıcıların çeşitli yöntemlerle oda içerisini soğutmasına bağlı olarak enerji kaybına sebep oldukları gözlemlenmiştir.

Konut hacimlerinin kamu binalarına kıyasla küçük olması; dolayısıyla ısıtma sistemine erişimin kolay olması nedeniyle bu sorun akıllı ev termostatları ile kolayca çözülebilmektedir. Termostat, konumlandırıldığı odanın sıcaklık değerine göre ısıtma sistemini kontrol etmektedir. Kamu binaları gibi merkezi ısıtma yapılan büyük binalarda termostat kullanımı söz konusu değildir. Bu çalışma neticesinde binadaki her bir oda radyatörleri kontrol edilerek bina içerisindeki sıcaklık dağılımının mümkün olduğunca eşit olması sağlanmaktadır.

Kaynak [35]'de örneği verilen HVAC (Isıtma, Soğutma ve Havalandırma) sistemleri ile hacmi fark etmeksizin her türlü bina odasının eşit sıcaklıkta olacağı vaat edilmektedir. Ancak bu sistemler binaların yapımı sırasında binaya entegre edilmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen sistem ise halihazırda var olan bir binaya kolayca entegre edilebilir.

Gelecek çalışmalar için öneriler;

-Çalışmanın bir binanın bütününe uygulanması durumunda, sistem için gerekli cihaz ve aygıt sayısı yüksek olacağından, sistem üzerinde yapılacak basit iyileştirme çalışmaları ile cihaz çok daha az maliyetli şekilde tasarlanabilir. Bu sayede cihazın amorti süresi azalırken, alım kolaylığının da artırılması sağlanacaktır.

- Geliştirme çalışmaları söz konusu olduğunda, sistemde kullanılan MC60 modülü ile sistemin GSM altyapısını desteklemesi sağlanabilir. Bu sayede Bluetooth ile yaşanabilecek bağlantı problemlerinin aşılmasının yanı sıra sistem, kullanıcı tarafından telefon şebekesinin olduğu her alanda uzaktan kontrol edilebilecektir. Diğer taraftan, GSM sayesinde, her bir kullanıcının ve ana cihazın göndermiş olduğu veriler bir bulut sisteminde analiz edilerek cihazlar ve kullanıcılar özelinde iyileştirmeler yapılabilir.

-Çalışmaya, ana panel ile Bluetooth üzerinden kontrol edilebilecek basit bir röle modülü adapte edilmesiyle bir oda içerisindeki lamba, panjur, klima, vantilatör vb. elektronik aygıtlar, -uzaktan- akıllı telefon ile kontrol edilebilir hale getirilebilir. Bu sayede bir binanın akıllı bir bina haline dönüştürülmesi de sağlanmış olur.

-Çalışmada ana panel ve radyatör kontrol kartlarına 220V dönüştürücü eklenebilir. Bu sayede cihazların herhangi bir adaptöre ihtiyaç duymadan, montaj esnasında elektrik bağlantısının doğrudan şebeke üzerinden yapılması sağlanabilir. Bu da kurulum aşamasında kolaylık sağlayacaktır.

-Çalışmanın geliştirilmesi esnasında piyasadaki giyilebilir akıllı cihazların, genellikle üretici firmaları tarafından dışarıdan yazılımcı müdahalesine kapalı ve aynı markanın ürünlerine uygun şekilde üretildiği görülmüştür. Bu nedenle cihazın Bluetooth destekli bazı giyilebilir akıllı cihazlarla haberleşmesi sağlanamamıştır. Bu duruma çözüm olarak, Bluetooth ile çalışan basit bir giyilebilir bileklik ya da kolye tasarımı düşünülmüştür. Bir diğer çözüm önerisi ise çalışmanın, piyasadaki akıllı cihaz üreticileri ile değerlendirilerek, akıllı telefonlara ve onlarla bağlantı kurabilen giyilebilir akıllı cihazlara uygun şekilde üretilbileceğidir.

-Geliştirme istenirse, sisteme makine öğrenmesi uygulamaları dâhil edilebilir. Bu sayede odanın ısınma miktarı, hızı gibi veriler toplanarak ana cihazın, odayı daha hızlı ve verimli ısıtması sağlanabilir.

6. KAYNAKÇA

- [1]- Dr. Naci Engin, “Enerji Kaynağı Olarak Doğalgaz ve Türkiye”, Marmara Coğrafya Dergisi Sayı:22, İstanbul, Temmuz 2010
- [2]- Dr. Nejat Tamzok, “Jeopolitik ve Teknolojik Gelişmeler Perspektifinden Kömürün Geleceği”, TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 17-19 Kasım 2012, s.247-291
- [3]- Prof. Dr. Erdem Koç, Ar. Gör. Mahmut Can Şenel, “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu – Genel Değerlendirme”, 2003, Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.
- [4]- Koç A. , Yağlı H. , Koç Y. , Uğurlu İ. , “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi”, 2018, Mühendis ve Makine, Cilt:59, Sayı:692, S. 86-114
- [5]- Şadan Çalışkan, “Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Aralık 2009, Sayı: 25
- [6]- Prof. Dr. Vedat Arslan, “Enerji Kaynaklarında Güvenirlilik ve Kömürün Yeri”, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 8-9-10 Ocak 2009, ss.“215-228”.
- [7]- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> (E.T:05.07.2020)
- [8]- Yrd. Doç. Dr. Rüstem Yanar, Güldem Kerimoğlu, “Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi”, 2011, Ekonomi Bilimleri Dergisi, Cilt:3, No:2
- [9]- Hacımale A. , Hakyemez C. , Uz C. , Tütüncü E.G. , Saitoğlu E. , Kavak K. , “Sektörel Görünüm: Enerji”, Türkiye Sinai Kalkınma Bankası A.Ş. , Aralık 2018
- [10]- Duygu Papur, Nazif Hülâgü Sohtaoğlu, “Fosil Yakıtların Tüketiminden Kaynaklanan Karbondioksit Salımlarındaki Eğilimler”, 2011, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ
- [11]- <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2c.html> (E.T:05.07.2020)
- [12]- https://www.ab.gov.tr/fasil-15-enerji_80.html (E.T:05.07.2020)
- [13]- Türkiye Sinai Kalkınma Bankası A.Ş. , “Türkiye’deki Enerji Verimliliği Çalışmaları”
- [14]- TMMOB Makine Mühendisleri Odası, “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği”, Nisan 2012, Yayın No: MMO/589
- [15]- Selçuk Usta, “TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binaların Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması”, 2009, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt:5, No:1
- [16]- Yüksel N. , Avcı A. , “Sıcak Su Tesisatının Enerji Harcamasına Etkisinin İncelenmesi”, 2008, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, Sayı: 58, S. 39-44

- [17]- A. Cüneyt Özyaman, “Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası ile Mahal Isıtma Uygulaması”, 2011, Cüneyt Özyaman: Şablon, S:68
- [18]- Doğan Demiral, Yusuf Erkan Yenice, Mustafa Tolga Balta, “Jeotermal Kaynaklı Isı Pompasının Mevcut Hidrolik Isıtma Sistemlerine Entegrasyonu”, 2010, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı:26, S. 112-124
- [19]- Prof. Dr. Mehmet Kanoğlu, “Enerji Verimliliği Örnek Projeleri”, Mart 2010, Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep
- [20]- Akın Arslan, “Akıllı Ev Kavramı ve Otomasyon Sistemleri”, 2014, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Ana Bilim Dalı, İç Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [21]-<http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/135-enerji-tasarrufu-saglayan-ev-otomasyonu-sistemi/> (E.T:05.07.2020)
- [22]- Ensar Arif Sağbaş, Serkan Ballı, Turan Yıldız, “Giyilebilir Akıllı Cihazlar: Dünyü, Bugünü ve Geleceği”, 2015, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Muğla
- [23]- Öcal H. , Doğru İ. A. ve Barışçı N. , “Akıllı ve geleneksel giyilebilir sağlık cihazlarında nesnelerin interneti”, 2019, Politeknik Dergisi, 22(3): 695-714
- [24]- Patel S. , Park H. , Bonato P. , Chan L. , Rodgers M. ,” A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation”, 20 April 2012, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation volume 9, Article number: 21
- [25]- Öztürk H.K., Atalay Ö., Yılcı A., “Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği”, 2005, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 90, s. 69-76
- [26]- Atabaş İ., Arslan M., Uzun İ., “Isıtma Sistemlerinin Otomasyonu ve İnternet Üzerinden Kontrolü”, 2007, Akademik Bilişim’07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
- [27]- Hocagil M.M., Öztürk H.H., “Seralarda Sıcaklık ve Bağıl Nem Kontrolü Üzerine Bir Araştırma”, 2005, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 1(3), 255-261
- [28]- <https://www.ftdchip.com/Products/ICs/FT800.html> (E.T:23.08.2020)
- [29]-
https://www.quectel.com/UploadFile/Product/Quectel_MC60_GSM_Specification_V1.2.pdf
(E.T:05.07.2020)
- [30]-
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/hdc1080.pdf?ts=1592162585604&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F (E.T:05.07.2020)
- [31]-<https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf> (E.T:05.07.2020)

- [32]- <https://tr.aliexpress.com/item/32813270991.html> (E.T:06.09.2020)
- [33]-<https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103r8.html>
(E.T:05.07.2020)
- [34]- <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560> (E.T:23.08.2020)
- [35]- <https://new.siemens.com/tr/tr/urunler/bina-teknolojileri/hvac.html> (E.T:27.07.2020)

