

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

**MOBİL TÜRK KAHVESİ
SERVİS ROBOTU TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mert TAŞ

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cenk YAVUZ

Haziran 2022

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

**MOBİL TÜRK KAHVESİ
SERVİS ROBOTU TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mert TAŞ

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez 24.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mert TAŞ

05.05.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Cenk YAVUZ'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ARAŞTIRMA	4
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Robot Donanım ve Yazılımları.....	20
3.1.1. ROS (robot işletim sistemi).....	20
3.1.2. Gazebo simülatör.....	22
3.1.3. İşletim sistemi ve mini bilgisayar	23
3.2. Robot Algılayıcıları	24
3.2.1. Lidar sensör	25
3.2.2. Derinlik kamerası	26
3.3. Robot Mekanik Tasarım	28
3.4. Türk Kahvesi Makinesi.....	29

3.5. Haritalama Sistemi.....	29
3.6. Sipariş Yönetimi	31
3.7. Hareket Yönetimi Donanım ve Yazılımı	32
3.7.1. Tahrik sistemi.....	33
3.7.2. Motor tipi ve teknik veriler	33
3.7.3. Motor sürücüsü.....	34
3.7.4. Dönüş yönü kontrolü.....	35
3.7.5. Açık kontrolü.....	38
3.7.6. Mesafe kontrolü.....	39
3.7.7. Hız kontrolü.....	40
3.8. Güç Yönetimi Donanım ve Yazılımı	43
3.8.1. Güç talebi analizi.....	44
3.8.2. Batarya şarj deşarj analizi	45
3.8.3. BYS verisinin okunması	47
3.9. Çalışma Algoritması	52
3.10. Arayüz Tasarımı	55
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI	57
4.1. Simülasyon	57
4.2. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu Çalışma Detayları	59
4.3. Maliyet Analizi	60
4.4. Emsal Servis Robotu İle Karşılaştırmalı Analiz.....	61
BÖLÜM 5.	
SONUÇ	62
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ROS	: Robot Operating System
DC	: Direct Current
AC	: Alternative Current
PID	: Proportional Integral Derivative
RGB	: Red,Green,Blue
PC	: Personal Computer
IFR	: International Federation of Robotics
LIDAR	: Light Detection And Ranging
UV-C	: Ultraviyole C
BYS	: Batarya Yönetim Sistemi
LTS	: Long Term Support
CAN	: Controller Area Network
UV-D	: Ultraviyole-D
UV-C	: Ultraviyole-C
HMI	: Human-Machine Interface
LCD	: Liquid Crystal Display
CW	: Clock Wise
CCW	: Counter Clock Wise
PWM	: Pulse Width Modulation
RPM	: Revolutions Per Minute
IOT	: Internet of Things
QR	: Quick Response

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Robot Süpürge.	2
Şekil 2.1. George Devol ve Joseph Engelberger [5].	4
Şekil 2.2. Blue Ocean Robotics tarafından geliştirilen UVD robot.....	7
Şekil 2.3. Kawasaki barista robotu [7].	7
Şekil 2.4. WO2020256159 sayılı uluslararası patent dokümanına ait çizim [8].....	9
Şekil 2.5. 2012/03634 sayılı patent dokümanına ait çizim [9].....	10
Şekil 2.6. CN112509217 sayılı Çin patent dokümanına ait çizim [10].	11
Şekil 2.7. PWM sinyali grafiği.....	15
Şekil 2.8. RGB LED çalışma sistemi.	16
Şekil 3.1. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu çalışma şeması 18	18
Şekil 3.2. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu enerji şeması 19	19
Şekil 3.3. Gazebo simulasyon ortamı..... 23	23
Şekil 3.4. Lidar sensör görüş açısı 26	26
Şekil 3.5. Derinlik kamerası yapısı 26	26
Şekil 3.6. Derinlik kamerası görüntü oluşumu 27	27
Şekil 3.7. Düzenlenmemiş harita 30	30
Şekil 3.8. Manuel düzenlenmiş harita 31	31
Şekil 3.9. Sipariş yöntemi karekod örneği 32	32
Şekil 3.10. Sistemde kullanılan DC motor..... 33	33
Şekil 3.11. Motora ait RPM, Güç, Akım grafiği..... 34	34
Şekil 3.12. VNH5019 Motor sürücüsü bağlantı şeması..... 35	35
Şekil 3.13. Birinci motor için rotasyon örnek kodları..... 36	36
Şekil 3.14. İkinci motor için rotasyon örnek kodları 36	36
Şekil 3.15. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun saat yönü dönüş hareketi..... 37	37
Şekil 3.16. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun saat yönü tersi dönüş hareketi 37	37
Şekil 3.17. Dönüş açısı diyagramı..... 38	38

Şekil 3.18. Gidilen mesafenin enkoder ile hesaplanması.....	39
Şekil 3.19. Pin tanımlaması, seri haberleşmenin başlatılması ve dijital sinyali okuma.....	40
Şekil 3.20. Timer 1 birimi için kurulumun yapılması.....	41
Şekil 3.21. Sinyalin dışarıya aktarılma fonksiyonu	42
Şekil 3.22. Negatif değerlerin elimine edilmesi.....	42
Şekil 3.23. Değer aralığının dışındaki verilerin kontrolü.....	42
Şekil 3.24. Hızın belirlenen değerler arasında sınırlandırılması	43
Şekil 3.25. Gerilim formunu ve seviyesini değiştiren inverter cihazı.....	44
Şekil 3.26. Günlük kullanım sırasında Türk Kahvesi Makinesi batarya deşarj grafiği.....	46
Şekil 3.27. Günlük kullanım sırasında Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu batarya deşarj grafiği.....	46
Şekil 3.28. Şarj durumunun okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu.....	47
Şekil 3.29. Batarya sıcaklığının okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu.....	48
Şekil 3.30. Batarya geriliminin okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu	49
Şekil 3.31. Batarya akımının okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu.....	50
Şekil 3.32. Ana fonksiyona için kaynak kodu.....	51
Şekil 3.33. Ana algoritma akış şeması	52
Şekil 3.34. Şarj yönetimi algoritmasına dallanan akış şeması	53
Şekil 3.35. Sipariş algoritmasına dallanan akış şeması.....	54
Şekil 3.36. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun varsayılan ekran teması	55
Şekil 3.37. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun opsiyonel seçilen ekran teması	56
Şekil 4.1. Simulasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu başlangıç noktası	57
Şekil 4.2. Simulasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun güzergahında ilerlemesi	58
Şekil 4.3. Simulasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu sipariş teslimi	58
Şekil 4.4. Simulasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu başlangıca dönüşü	59
Şekil 4.5. Kumandanın ön yüzündeki butonlar ve açıklamaları	60
Şekil 4.6. Kumandanın yan yüzündeki butonlar ve açıklamaları.....	60

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Uluslararası alanda potansiyel robot gelişimi, 2018-2023 [1].....	2
Tablo 3.1. Kullanılan bilgisayarın teknik özellikleri	24
Tablo 3.2. Lidar sensör teknik özellikleri	25
Tablo 3.3. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'na ait güç tüketim verileri	45
Tablo 3.4. Türk Kahvesi makinesi güç tüketim verileri.....	45
Tablo 3.5. Kullanılan iki bataryaya ait şarj verileri	47
Tablo 4.1. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu maliyet tablosu	61
Tablo 4.2. Şarj ömrü ve maliyet yönünden karşılaştırma tablosu.....	61

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Servis Robotu, Otonom Kahve Makinesi, Türk Kahvesi Robotu, ROS, Akıllı Haritalama

Bu çalışmada, halka açık mekanlarda ve toplu çalışma alanlarında Türk Kahvesinin, otonom bir cihaz üzerinde demlenmesi, karekod teknolojisi kullanılarak çağırılması ve tüketiciye sunulması planlanmaktadır. Otonom Türk Kahvesi makinesinin, çevresel algılayıcılardan alınan bilgilerin matematiksel ifadesinin yorumlanmasıyla ve kontrollü sürüş yönetiminin akış şemasına uygun bir biçimde ifade edilmesiyle, literatürdeki örneklerinde olduğu gibi insansız servis işleminin uygulanabileceği bilinmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında, güç kaynağından bağımsız bir biçimde, algılayıcılardan gelen bilgiler matematiksel olarak yorumlanarak, oluşturulan akış şemasında işlenen bilgilerden sonuç alınmasıyla Türk Kahvesinin son tüketiciye ulaştırılması amaçlanmıştır. Otonom çalışan bu cihazın yiyecek ve içecek işletmelerinde kullanılabileceği gibi kamuya açık ve toplu yaşamın olduğu mekanlarda Türk Kahvesinin demlenip son kullanıcıya ulaştırılması düşünülmektedir. İnsansız bir şekilde Türk Kahvesinin son kullanıcı ile buluşturulabilmesi için güç kaynağından bağımsız enerji birimi, motor kontrolü ve son tüketici için kontrol paneli gibi özellikler eklenmiştir. Böylece otonom hareket kabiliyeti olan, son tüketici için kolaylık sağlayan, akıllı haritalamaya sahip ve düzensiz alanlarda kontrollü bir şekilde ilerleyebilen insansız Türk Kahvesi servis robotu tasarlanmıştır. İnsansız bir biçimde ve işletme maliyetleri düşük bir şekilde Türk Kahvesini son kullanıcıya servis edebilen ve düzensiz alanlarda kontrollü bir şekilde hedefine ulaşabilen bir Türk Kahvesi servis robotu tasarımı önerilmiştir.

MOBILE TURKISH COFFEE SERVICE ROBOT DESIGN

SUMMARY

Keywords: Service Robot, Autonomous Coffee Machine, Turkish Coffee Robot, ROS, Smart Mapping

In this study, it is planned to brew Turkish Coffee on an autonomous device, invoke it using QR technology and present it to the consumer in public places and collective work areas. It is known that the autonomous Turkish Coffee machine can be used for unmanned service, as in the examples in the literature, by interpreting the mathematical expression of the information received from the environmental sensors and expressing the controlled driving management in accordance with the flow chart. In the light of all this information, it is aimed to deliver Turkish Coffee to the end consumer, independent of the power source, by interpreting the information coming from the sensors mathematically and by obtaining results from the information processed in the flow chart. It is considered that this autonomous device can be used in food and beverage businesses, as well as brewing Turkish coffee in public and public places and delivering it to the end user. In order to bring Turkish Coffee to the end user in an unmanned way, features such as an energy unit independent of the power source, motor control and a control panel for the end consumer have been added. Thus, an unmanned Turkish Coffee service robot, which has autonomous mobility, provides convenience for the end consumer, has smart mapping and can move in irregular areas in a controlled manner, has been designed. A Turkish Coffee service robot design that can serve Turkish Coffee to the end user in an unmanned manner and with low operating costs and reach its target in a controlled manner in irregular areas has been proposed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Elektronik, yazılım ve mekanik teknolojilerinin gelişim sürecinde neredeyse her iş kolunda insan veya diğer canlıların iş gücünden faydalanılmıştır. Zamanla gelişen teknolojiler neticesinde tarımda, sanayide veya diğer iş kollarında geçmişe göre canlı gücünden faydalanma oranı azalmıştır. Özellikle fazla güç gerektiren işler, artık çoğunlukla makinelerle yapılmaktadır. Teknolojinin ve kabiliyetlerin gelişmesiyle birlikte ağır işlerin makinelere devredildiği gibi daha basit fakat yine canlı beden gücü kullanılan işler de yerini makinelere veya robotlara bırakmaktadır.

Hizmet sektöründe de benzer bir durum söz konusu olmaktadır. Örnek vermek gerekirse temizlik, sipariş, servis gibi işlerde de artık robotlar test edilmeye ve yerini almaya hazır hale gelmiştir. Bu gibi uygulamaların sağladığı büyük avantajlar ise; insan mental gücünü farklı işlere yönlendirme, zaman kaybetmenin önüne geçme, kişiselleştirilmiş arayüzler oluşturma, işletme sahipleri için müşteriyi tanıma, müşterinin profilini anlama, müşteri ihtiyaçlarına hızlı yanıt verebilme, geçmişten geleceğe tahminlerde bulunma, bu tahminlerle finansını kontrol etme imkanları olarak sıralanabilmektedir.

Veri bilimi ve yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, personel değişikliği olsa dahi işletmenin müşteri profilini her zaman bilmesine olanak sağlamaktadır. Bu şekilde hizmetin kalitesi de her zaman optimum düzeyde tutulabilmektedir. Ayrıca insan faktörü ortadan kalktığında hata oranı da azalacak ve her zaman aynı kalitede hizmet müşterilere sağlanabilecektir.

Robotlar; elektronik, yazılım ve mekanik üretim yöntemlerinin gelişmesiyle yaygınlaşmaya ve evlere girmeye yıllara göre sayısı artarak devam etmiştir. Hemen hemen birçok sektör için uygulanabilir robot teknolojileri örnekleri görülmektedir.

Başta gelen önemli sektörler Medikal, lojistik ve endüstri olmak üzere neredeyse her sektöre bir noktada dokunabilen bir teknoloji haline gelmiştir.

Tablo 1.1. Uluslararası alanda potansiyel robot gelişimi, 2018-2023 [1].

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Medikal Robotları (Milyar Dolar)	4,1	5,3	6,6	8,6	11,3	12,6
Lojistik Robotları (Milyar Dolar)	0,9	1,9	2,6	3,7	5,3	7,5
Alan Robotları (Milyar Dolar)	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0

Uluslararası Robot Federasyonunun (IFR) yayınladığı raporda yıllara göre sektörel bazda profesyonel kullanım amaçlı servis robotlarının gelişiminin grafiği incelendiğinde bazı sektörlerde sürekli artarak devam ettiği görülmektedir [1].

Robot teknolojisini son yıllarda etkin olarak kullanmaya çalışan elektrikli ev aletleri sektörü ise bunu robot süpürgeler ile yaygın hale getirmiştir. Şu an trend olan sistemler gelecek için gidilebilecek noktalara ışık tutmaktadır. IFR'a göre 2019 yılı için ev tipi kullanımda robot süpürgeler pazar payının oldukça büyük bir kısmını oluşturduğu araştırma raporlarına göre ifade edilmektedir. Ve yine önümüzdeki yıllarda %50' den fazla büyüyebileceği düşünülmektedir [2].



Şekil 1.1. Robot Süpürge.

Elektrikli ev aletleri sektörü birçok kategoriye hizmet etmiştir. Ev temizliği kategorisi dışında gıda hazırlama, soğuk sıcak içecek hazırlama, kişisel bakım ürünleri de bu kategoriler arasında bulunmaktadır. Teknolojinin seyrine bakıldığında otonom aletlerin kullanıcılar tarafından da tercih edildiği, IFR'ın ifade ettiği 2019 yılında yaşanan robot süpürge satışlarından anlaşılmıştır [2].

Bu nedenle içecek hazırlama kategorisinde yapılabilecek olan otonom cihazlar hem kullanıcı hayatını kolaylaştırma hem de erişilebilirliği artırma açısından önemli bir yere sahip olması beklenmektedir.

Sıcak içecek kategorisinde özellikle göze çarpan içecekler arasında Türk Kahvesi olduğu görülmektedir. Türk Kahvesini diğerkahve içerikli içeceklerden ayıran, kavrulması ve öğütülmesi gibi yöntem farklılıklarının yanı sıra en önemli farklılığı pişirme yöntemindedir. Otonom bir cihazda bulunabilecek bir kahve makinesinin de otonomiye yaklaşımı fincana servis edebilecek düzeyde olması beklenmektedir.

Otonom cihazlarda bir diğerkon önemli unsur ise batarya ve şarj teknolojisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle servis robotlarında sürekli şebekeye bağlı olmak hareket kısıtına neden olmaktadır. Bu noktada batarya teknolojisine başvurmak gerekmektedir [3].

BÖLÜM 2. ARAŞTIRMA

Kronolojik sistemde bakıldığında endüstriyel robotların varlığı George Devol ve Joseph Engelberger'in ilk endüstriyel robotlarını 1959 yılında geliştirmesine kadar dayanmaktadır. Bu robotlar bugünkü teknolojiden oldukça uzak ve büyük yapılarda karşımıza çıkmaktadır. İnşa edildiği zamanın şartları göz önünde bulundurulduğunda hassasiyet noktasında bugünün teknolojisine göre düşük seviyede olduğu görülmüştür [4].



Şekil 2.1. George Devol ve Joseph Engelberger [5].

Unimation ilk endüstriyel robotu 1961 yılında kurduğunda otomotiv sektöründe kullanılarak otonom üretim teknolojilerinde iş gücü azaltmaya yönelik faaliyetlerine GM'de başlamıştır. 1967 yılında Avrupa'da ve devamında 1969 yılında Japonya'ya kadar uzanan endüstriyel robotların serüveni genellikle otomotiv sanayisinde boya püskürtme, kaynak, montaj hatları ve istifleme alanlarında insanların iş gücünü azaltmaya yönelik alanlarda faaliyet göstermiştir [4].

1970 yılından sonra JIRA adıyla kurulan ulusal robot derneğiyle Japonya robot teknolojisinin standartlaşma yolunda adımları atmıştır. 1973 yılına kadar basit

sensörler ve çoklu eksen sistemleri ile endüstriyel robotlar gelişmeye devam etmiştir. Bu şekilde kullanım alanları da farklılık göstermeye başlamıştır. 1974 yılında Richard Hohn öncülüğünde geliştirilen ilk mini bilgisayar kontrolüne sahip endüstriyel robot ile artık daha hassas ve daha hızlı işlem kabiliyetine sahip endüstriyel robotların gelişimine katkıda bulunmuştur. Bu adım ile devamında mikroişlemci kontrollü mantıksal işlemlerde hız kazanmış ve sensörlerden aldığı veriyi işleyebilir hale gelen robotların önünü açmıştır. Hareket hassaslığının ve sensör okumadaki çözünürlüğün artmasıyla robotlar artık daha kritik noktalarda daha ince işçilik gerektiren iş kollarında kullanılabilecek yapıya evrilmeye başlamıştır.

Hem hassas hem de ağır işlerin robotlar ile yapılabilir olması üretime hız kazandırarak ekonomiye yüksek oranda katkı sağlamıştır. Robotların bu şekilde sağladığı olanaklar, kendi gelişimine doğrudan katkı sağlamıştır. 1976 yılı itibariyle uzay teknolojisinde de yerini alan robotlar artık sanayinin ve teknolojinin en önemli araçlarından biri olma yolunda gelişim serüvenine devam etmiştir.

1977 yılında Hitachi, elektrik süpürgelerinin montajında kullanılan robotu geliştirmesiyle elektrikli ev aletleri üretiminde otonom teknolojilerin kullanılmasına katkıda bulunmuştur.

Çoklu eksenlerde motorların hassas kullanımı, sensörlerden gelen verilerin yüksek çözünürlükte işlenmesi ve konumlandırma özelliklerinin gelişmesiyle birlikte yazılımda oluşan yükün azaltılması için programlama dillerinde üst seviyeye çıkılması ve makine dili katmanından uzaklaşıp fonksiyonel işlemlerin daha pratik hale gelmesi noktasında IBM 1982 yılında robot uygulamaları için AML programlama dilini geliştirmiştir. Fakat algılayıcı ve tahrik sistemlerinin gelişmesiyle birlikte algoritma yönetiminde çıkacak karmaşanın önüne geçilmesi için özelleşmiş programlama dillerinin sürekli güncelliğini koruması ve sürekli gelişime açık olması daha kritik bir hale gelmiştir.

Tekil olarak değerlendirdiğimiz ve tekil işlevlerde kullanım kolaylığı sağlayan robotların bir ekip çalışması niteliğinde iş bölümü yapabiliyor olması da büyüyen

endüstride ihtiyaç haline gelmiştir. Bu noktada artık robotların tek başına ne yapabildiği değil birlikte neler yapabileceği önemli hale gelmektedir. Bu iş birliği kavramı, haberleşme ve senkronizasyon kabiliyetlerinin gelişmesine fayda sağlamıştır. Wittmann Robot ve Otomasyon Sistemleri A.Ş 1992 yılında CAN-Bus kontrolünü tanıtarak, robotlar arası haberleşmenin ve senkronizasyonun gelişimine katkıda bulunmuştur.

Robotların birbiri ile haberleşiyor olması üretimde büyük ölçüde insan gücünün azalmasına ve hatta bazı üretim hatlarında insansız üretim yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Lakin endüstriyel robotların sadece birbiri ile haberleşiyor olması da yeterli olmamaktadır. Teknolojinin gelişimi ve üretilebilirlik kabiliyetleri geliştikçe uzak bağlantıların ve üretim verilerinin raporlanabilir olması daha kritik bir hale gelmesi beklenmektedir. 2000 yılından sonra uzak bağlantı ve raporlama konusunda büyük gelişim gösteren robot endüstrisi, günümüzde network teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hassas ve uzaktan kontrol sağlayabilecek şekilde üretilebilir hale gelmiştir. Bulut tabanlı ağ yapıları, veri tabanı yönetimi ve network kalitesi robot endüstrisinde yeni gelişmelerin önünü açması beklenmektedir [4].

Endüstriyel robotlar, sadece üretim tesislerinde değil medikal, uzay ve havacılık, lojistik gibi birçok alanda faaliyet göstermektedir. Sabit robotlarla birlikte otonom hareket kabiliyetine sahip birbiri ile iş birliği yapabilen robotlar da artık bu alanlarda tercih edilmektedir. Sıhhi tesisat ürünleri üreten VOLA üretim tesislerinde mobil robotlara yer vermiştir. Bu fabrikada dikkat çeken diğer bir özellik insanlarla birlikte mobil robotlar uyum içerisinde çalışabilmektedir [5].

Koronavirüs hastalığı nedeniyle hijyen konusunda daha titiz davranılan dönemde otonom hijyen robotları da hastane, otel ve çeşitli kamusal alanlarda tercih edilmeye başlanmıştır. Özellikle klinik hijyen için kullanılan UV-C ışığıyla birlikte otonom robotların hijyen sağladığı uygulamalar tren hale gelmiştir. UV-C ışığının direkt temas edemediği yüzeylerin temizliğinde hidrojen peroksit buğulama gibi yöntemlerin birlikte kullanımında daha etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiş ve UV-C uygulamalarına benzer şekillerde uygulanmıştır [6].



Şekil 2.2. Blue Ocean Robotics tarafından geliştirilen UVD robot

Farklı uygulamalarda kullanılan robotların bir diğer örneği de barista robot olarak bilinen ‘MyAppCafé’ insan gücü olmadan çeşitli kahve türlerini hazırlayan bu robot bir panel ile kullanıcının isteğini girmesini sağlayarak istenilen kahveyi otonom bir şekilde hazırlamaktadır. Aynı zamanda kahve üzerine istenilen bir görselin baskısını da yaparak kullanıcılara keyifli bir kahve deneyimi sunmaktadır [7].



Şekil 2.3. Kawasaki barista robotu [7].

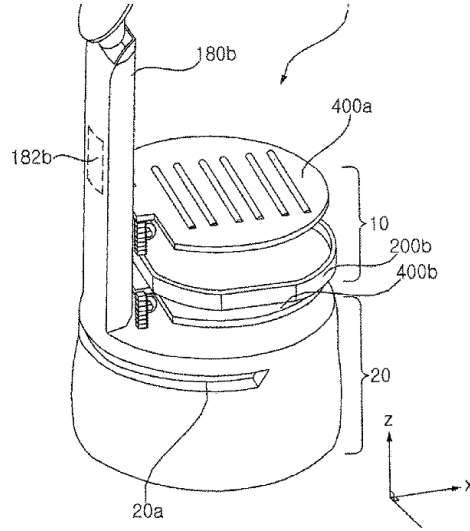
‘‘Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu’’ patent veri tabanlarında, ulusal ve uluslararası düzeyde, önceki tekniği belirleme amaçlı bir patent ön araştırması yapılmış olup, araştırma sonuçları aşağıda sunulmuştur.

‘‘Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu’’, tanımlı bir alan içinde hizmet veren yarı otonom ve/veya otonom cihazlara otomat ve elektrikli ev aleti kullanımına imkân veren altyapının eklendiği mobil bir cihaz ile ilgilidir. Aşağıda sıralanan özellikleri içermektedir:

- Cihazın tanımlı bir alan içinde üzerinde bulunan sensörler yardımı ile engelleri algılayarak kablosuz bağlantı elemanlarından aldığı sinyale göre rota planlaması gerçekleştirilmesi,
- Kullanıcı tarafından talep edilen konuma ulaşan cihaz ile yerinde elektrikli ev aleti kullanımına olanak sağlaması,
- Kullanıcı tarafından seçilen içeceğin hazırlanması ve/veya kullanıcıya iletilmesi.

Buluşun bu özellikleri dikkate alınarak yapılan araştırma sonucunda benzer amaçlar için kullanılan aşağıdaki uygulamalara rastlanmıştır.

WO2020256159 sayılı uluslararası patent dokümanında, bir mobil robot ve kontrol yönteminden bahsedilmektedir. Bahsi geçen buluşta mobil robot (1), sunucu (2), sensör ünitesi (110), sürüş ünitesi (160), kontrol ünitesi (140) ve iletişim ünitesi (190) bulunmaktadır. Buluşta bahsi geçen mobil robot (1), otonom sürüş veya takip sürüş ile hareket edebilir. Örneğin, bir otelde servis edilen ürünler içecekler, yiyecek, oda servisi ve diğer küçük ev aletlerini içerebilmektedir. Önceden belirlenmiş bir yerde özerk bir şekilde sürerken bir kullanıcı tarafından belirlenen bir hedef yere servis edilecek cihazı/ürünü/eşyayı ulaştırabilmektedir. İletişim ünitesi (190), mobil robotun (1) internete veya önceden belirlenmiş bir ağa bağlanmasına ve diğer cihazlarla iletişim kurmasına izin vermek için en az bir iletişim modülü içermektedir. Kullanıcının komut girişine karşılık gelen bilgileri, kullanıcının komut girişine karşılık gelen bir işlem sonucu, bir çalışma modu, bir çalışma durumu, bir hata durumu görüntülenebilmektedir. Kontrol ünitesi (140), mobil robotun çalışma durumunu veya bir kullanıcı girişini vb. iletişim birimi aracılığıyla sunucuya iletmek için kontrol edebilmektedir [8].

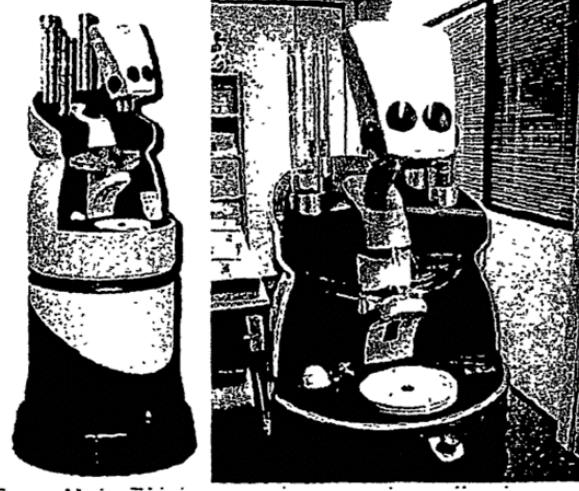


Şekil 2.4. WO2020256159 sayılı uluslararası patent dokümanına ait çizim [8].

Söz konusu doküman, “Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu” ile “Cihazın tanımlı bir alan içinde üzerinde bulunan sensörler yardımı ile engelleri algılayarak kablosuz bağlantı elemanlarından aldığı sinyale göre rota planlaması gerçekleştirilmesi”, “Kullanıcı tarafından talep edilen konuma ulaşan cihaz ile yerinde elektrikli ev aleti kullanımına olanak sağlaması” ve “Kullanıcı tarafından seçilen içeceğin hazırlanması ve/veya kullanıcıya iletilmesi” özellikleri açısından benzerlik göstermektedir.

2012/03634 sayılı patent dokümanında, içecek veya sıvı yiyecekler üretmeye yönelik entegre bir makine içeren, otomatik ve mobil bir robotlu düzenekten bahsedilmektedir. Bahsi geçen buluşta bahsi geçen mobil taban, belirlenen bir ortamda kendi aktif hareket sistemini kullanarak hareket edebilmektedir. Mobil taban, sensörler tarafından saptanan ve çalışma ortamına karşılık gelen önceden programlı bir harita ile kıyaslanan gerçek engellere göre kendini konumlandırmaktadır. Sipariş süreci haricinde otomatik olarak içecek ve/veya sıvı yiyeceklerin hazırlanmasını ve servisini gerçekleştiren entegre ve otonom bir içecek hazırlama (kahve) makinesi içermektedir. Robot dış etki olmadan içecek dağıtımı için istenen yere istenen zamanda hareket edecek ve içeceği hazırlamaya başlayacaktır. Servis yeri, zamanı ve içeceğin hazırlanacağı yer kullanıcı tarafından bir arabirim aracılığı ile belirlenebilmektedir. Kablosuz iletişime dayalı ve/veya robota yerleştirilebilen ve elle kontrol edilen iki arabirim içerebilmektedir.

Belirli yerdeki siparişler teslim edildikten sonra robot sıradaki sipariş noktasına veya şarj istasyonuna hareket edebileceğinden bahsedilmiştir [9].

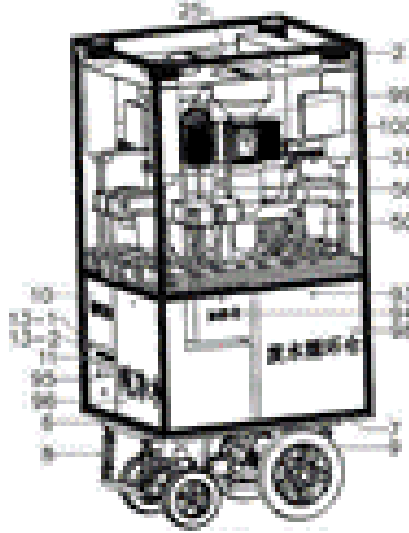


Şekil 2.5. 2012/03634 sayılı patent dokümanına ait çizim [9].

Söz konusu doküman, “Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu” ile “Tanımlı bir alan içinde üzerinde bulunan sensörler yardımı ile engelleri algılayarak kablosuz bağlantı elemanlarından aldığı sinyale göre rota planlamasının yapılması”, “Kullanıcı tarafından talep edilen konuma ulaşan cihaz ile yerinde elektrikli ev aleti kullanımına olanak sağlaması” ve “Kullanıcı tarafından seçilen içeceğin hazırlanması ve/veya kullanıcıya iletilmesi” özellikleri açısından benzerlik göstermektedir.

CN112509217 sayılı Çin patent dokümanında, çay/içecek yapma ve satış işlemi yapan insansız bir sistemden bahsedilmektedir. Bahsi geçen buluş, kullanıcı tarafından bir arayüz vasıtasıyla seçilen çay/içeceği hazırlayabilen, kullanıcıya ulaştırabilen ve kullanıcının ödeme yaparak istediği ürünü almasını sağlayabilen bir mobil sistem ile ilgilidir. Otomatik rota oluşturabilmekte ve otomatik engel tanımlaması sensör/dedektör aracılığı ile yapılabilmektedir. Sistem, kablosuz iletişim ünitesi, veri toplama arayüzü ünitesi, veri ve kontrol komutu çıkış ünitesi içermektedir. Kullanıcı mobil terminal aracılığı ile cihaza bağlanarak sipariş verebilmekte, ödemeyi ise mobil terminal veya cihaz üzerinden yapabilmektedir. Teslimattan sonra, kalan satılabilir miktar, toplam içerik miktarına ve sipariş miktarına göre otomatik olarak hesaplanır. Tüm ekipmanların işlevlerini ve arıza bilgilerini denetlemek için, arızalanan ekipman

arka planda alarm verecek ve onarım ve bakım için işletme ve bakım personelini bilgilendirecektir [10].



Şekil 2.6. CN112509217 sayılı Çin patent dokümanına ait çizim [10].

Söz konusu doküman, “Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu” ile “Cihazın tanımlı bir alan içinde üzerinde bulunan sensörler yardımı ile engelleri algılayarak kablosuz bağlantı elemanlarından aldığı sinyale göre rota planlaması gerçekleştirilmesi” ve “Kullanıcı tarafından seçilen içeceğin hazırlanması ve/veya kullanıcıya iletilmesi” özellikleri açısından benzerlik göstermektedir.

Gerçekleştirilen araştırma işlemi başvuru/rüçhan tarihinden itibaren 18 ayı dolmuş (yayınlanmış), patent/patent başvurularını içeren veri tabanlarında gerçekleştirilmektedir. Bu araştırma yalnızca “Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu” ile ilgili tekniğin bilinen durumuna ilişkin fikir edinmek amacıyla hazırlanmıştır. Bazı referans dokümanlarının verilmiş olması, tekniğin bilinen durumunda “Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu” ile ilgili başka bir referans doküman bulunmadığı anlamına gelmemektedir.

Robotlar işlevleri gereği birçok algılayıcı ile koordineli ve aynı zamanda tahrik mekanizmalarını da sürebilecek hızlı mantıksal işlemler yapmak zorundadır. Bununla

birlikte gelişmiş ağ yapıları ile senkronizasyonunun devamlılığı için haberleşme protokollerinin kusursuz bir biçimde işletiliyor olması gerekmektedir. Bu yapıyı yönetecek yazılımın yazılmasını basite indirgeyecek ve üreticiye kullanım kolaylığı sağlayacak ara katmanlar bulunmaktadır.

ROS bu katmanlardan biri olarak kullanıcıya açık kaynaklı bir geliştirme ortamı sunmaktadır. Yaygın bir kullanıma sahip olan ROS çalışmaları 2007 yılından itibaren gerek profesyonel geliştiriciler gerek ise ticari kullanım amaçlı olarak kullanılmaktadır. ROS gelişimi Açık Kaynak Robotik Vakfı tarafından organize edilmektedir. Açık kaynaklı olması nedeniyle gelişime açıklığını ve kabiliyet zenginliğini arttırmıştır. Kısaca ROS, haberleşme, araçlar, yetenekler ve ekosistemin birleşiminden oluşmaktadır. ROS kullanıcılarının genel olarak Linux tabanlı işletim sistemi gereksinimleri bulunmaktadır. Donanımsal olarak minimum istekler işlevselliğe göre değişiklik gösterebilmektedir [11].

Otonom sürüş tekniğiyle çalışan cihazların gelişmesi birçok algılayıcı gereksinimini de arttırmıştır. Özellikle cihazın ortamdaki konumunu belirlemesi ve buna göre mantıksal işlemleri gerçekleştirmesi için doğru bilginin bir algılayıcı tarafından zamanında iletilmesi istenmektedir. Tam da bu amaca hizmet etmek için tasarlanmış lidar sensörleri ve derinlik kameraları mevcuttur. Ortamda tarama yapabilecek farklı sensörler de olmasına karşın otonom sürüşlerde genellikle tercih edilen algılayıcılar lidar sensörleri ve derinlik kameralarıdır. Lidar sensörler, doğrudan sonuç veren ve güvenilirliği yüksek bir algılayıcıdır. Kameralara göre duyarlılık daha az olmaktadır. Bu sebeple veri yoğunluğu daha az ve algılama yetenekleri daha gelişmiştir [12].

Robotların çevre ile uyumlu bir şekilde karar verebilme yeteneklerinin olması gerekir. Bu noktada ROS mimarisi üç önemli kriter altında sistem organizasyonunu sağlamaktadır. Dış dünyadan verilerin sensörler ile alınması, bu verilerin mantıksal operatörlerde işlenmesi ve sonucunda bir karar çıktısını dış donanımlara aktarması şeklinde bir süreç işletilmektedir [13].

Robotların uygulanabilirliğinin artması ve farklı işlevlerde kullanılması son zamanlarda robotlar üzerinde yapılan araştırmaları da arttırmıştır. Trend haline gelen robotlar hem iş kolaylığı sağlamakta hem de artık eğlence maksadıyla da kullanıcıların dikkatini çekmektedir.

Robot araştırmalarında yüksek oranda perakende sektörü ve sağlık sektörü başı çekmektedir. Bunu finans ve gıda sektörü takip etmektedir [14].

Robotlar çeşitli sektörlerde farklı uygulamalarda kullanılabilmektedir. Bunun için sistemin işleyişine uygun tasarımlar yapmak gerekmektedir. Robotlar fiziki bir işe uygun tasarlanacağı gibi sadece hesaplama ve yüksek hız gerektiren uygulamalarda da hesaplama robotu olarak karşımıza çıkmaktadır. Robotlar kategorilere ayrıldığında sağlık, eğitim, savunma teknolojileri, ekonomi ve akıllı Őehir uygulamalarında kullanılmaktadır. Servis robotları fiziksel işe yaptıklarından bir hareket mekanizmasına sahip olması gerekmektedir [15].

Servis ve hizmet robotları çalıştıkları sahalarda belirli işlere odaklanmaktadır. Bu nedenle doğrudan son kullanıcı ile bir etkileşim içerisinde olması her zaman beklenmemektedir. Örneğin bir temizlik robotu bir gıda hazırlayan robota göre son kullanıcı ile daha az etkileşim halindedir. Bu nedenle etkileşimin daha fazla olduğu uygulamalarda ara yüz ön planda olmaktadır [16].

Arayüz tasarımı insan etkileşimli robotlarda önemli bir yer tutmaktadır. Nextion dokunmatik panel hem programlama kolaylığı hem de dokunmatik olması nedeniyle pratik bir prototipleme çözümü sunmaktadır. Görüntü özellikleri ve arttırılabilir depolama alanı avantajlarından dolayı sıklıkla tercih edilen bir donanımdır [17].

Robotlarda deneysel öğrenme metodunun önemi o an verilecek kararda tecrübe ile edinilmiş bilgi ile sağlanmaktadır. Özellikle haritalama tekniğinde bu yöntem ile kaotik ortamlarda yeni düzene uyum sağlama konusunda önemli bir çözümdür. Kamuya açık alanlar gibi değişkenliğin fazla yaşandığı yerlerde robotların harita

üzerinde var olan duruma göre değişimler yapması güncelleme avantajı sağlamaktadır [18].

Sipariş yönetimi ve uzaktan kontrol için bulut bilişim sistemlerinin, birçok uygulamada kullanım kolaylığı, erişilebilirlik ve fiziksel makineye göre bakım kolaylığı gibi avantajları bulunmaktadır. Bu nedenle genellikle IOT sistemlerde oldukça kullanışlıdır. Veri trafiğinin yönetilmesi, verinin doğru, güvenli ve hızlı bir biçimde aktarılması gibi konularda ihtiyaçlara yönelik çözümler sunmaktadır [19].

Robotlar otonom çalışma sistemleri gereği sabit bir enerji kaynağına bağımlı çalıştıklarında bağlantı sorunları meydana gelmektedir. Bu nedenle otonom ve mobil elektrikli araçlar bataryalara ihtiyaç duymaktadır. Batarya uygulamalarında ise batarya kapasiteleri ve şarj durumu kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle batarya kullanılan uygulamalar, batarya yönetim sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Batarya yönetim sistemlerinin getirdiği avantajlar ise şarj durumunun bilinmesi, şarj deşarj dengelemesi ve sıcaklık ölçümleri gibi kritik değerleri bize haberleşme ile sunabiliyor olmasıdır.

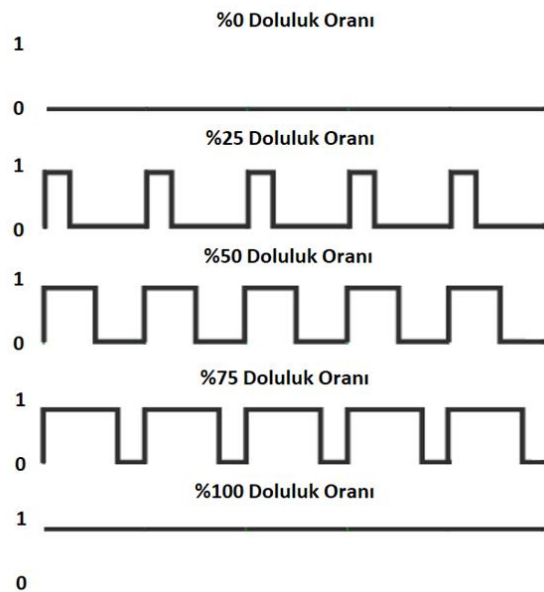
Batarya şarj durumunun tahmininin yüzdelik olarak hesaplanması ise akımın zamana göre değişiminin toplam pil kapasitesine oranıyla belirlenmektedir. Bu şekilde batarya ömrü hakkında yorum yapılabilir ve bu veri işlenebilir hale gelmektedir. Bu bilginin sağladığı en önemli avantaj ise eşik değeri aşıldığında robotun şarj alanına otonom olarak gidebilme yeteneğini sağlaması olarak gösterilebilir [20].

Robot üzerindeki bataryalar bir kontrol birimine ihtiyaç duymaktadır. Bu birimin anlık olarak bataryalar hakkında iletişim kanallarıyla bilgi vermesi beklenmektedir. Batarya yönetim sistemi seçim kriterlerinde dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan bazıları, Hücreler arasındaki şarj deşarj dengesini sağlayabiliyor olması, iletişim altyapısının uygunluğu, sıcaklık durumunun takibi ve batarya durumunun sürekli takip edilebilir olması beklentiler arasında yer almaktadır [21].

Robotların tahrik mekanizmasında motorlar kritik öneme sahiptir. Fırçasız doğru akım motorlarının performans konusunda fırçalı doğru akım motorlarına bazı üstünlükleri bulunmaktadır.

Fırçaya sahip olmadığından sürtünme kaynaklı ısınmalar daha geç gerçekleşmektedir. Ayrıca fırçaların ömür sorunu da ortadan kalkmaktadır. Ve yüksek dönüş hızları da diğer avantajları arasında gösterilmektedir [22].

Motor kontrolünde PWM sinyali kontrollü yöntemler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Hız kontrolü için bir sürücü ve bu sürücüyü tetikleyecek PWM sinyal üretici ile motor kontrolü sağlanabilmektedir. PWM sinyalinin genliği lojik seviyelerde olmasına karşın anahtarlama elemanları sayesinde büyük genlikli sinyaller kontrol edilebilmektedir [23].

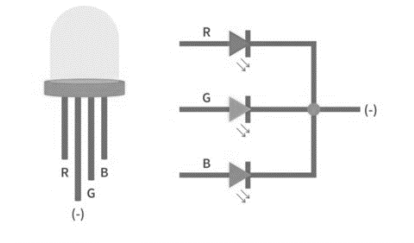


Şekil 2.7. PWM sinyali grafiği.

Robotların üzerinde çevreleri tanımlayabilme ve nesnelere arasındaki mesafeleri ölçmek için sensörler ve derinlik kameraları kullanılırlar. Sadece derinlik kameralarının kullanılması her zaman kesin ve net sonuçlar sağlamayabilir bu nedenle lidar sensörle

bu görüş alanının desteklenmesi gerekmektedir. Lidar sensörler diğer sensör ve kameralara göre daha hızlı ve güvenli bilgi akışı sağlamaktadır [24].

Robot indikatörleri için kullanılan RGB ledler, kırmızı, yeşil ve mavi renk ile geniş bir spektrumda farklı renkler ortaya çıkartma konusunda indikatör uygulamalarında çözümler sunabilmektedir. Haberleşme yapısı ile renk kodlarının aktarılması neticesinde oluşturulan renkler ile farklı uyarı mekanizmalarının ayırt edilmesinde önemli bir yere sahiptir. Tek renkli sistemlere göre daha fazla uyarı bildirimini oluşturulabilmektedir [25-26].



Şekil 2.8. RGB LED çalışma sistemi.

RGB ledler için soğutma, verimli çalışma açısından kritik öneme sahiptir. Yarıiletken malzemelerde sıcaklığa bağlı olarak çalışmada yaşanacak anormalliklere sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle robot iç dizaynında ısı dağıtımına özen gösterilmesi gerekmektedir [27].

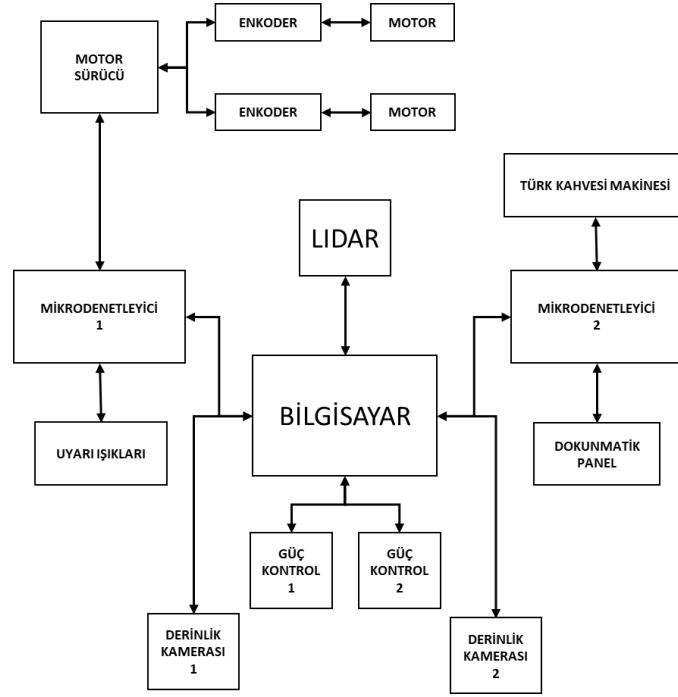
Sistemi kontrol eden Arduino geliştirme kartları, birçok uygulama için pratik bir çözüm sağlamaktadır. Uzaktan kontrol sistemleri, ölçümlene sistemleri ve sürücü yönetimleri gibi birçok mantıksal işlemde kullanılabilir. Hızlıca prototiplemeye uygun ve kullanışlıdır. Sensörlerden aldığı veriyi yazılan kodlama ile işler ve anlamlı hale getirir. Bu anlamlı veriler yine kodlama ile yapılan mantıksal işlemlere tabi tutularak sistemin beklentisini karşılayacak çıktılar üretir. Bunlara örnek vermek gerekirse, ortam sıcaklığına bağlı olarak uyarı verme veya ısıtıcı kapatma, engel ve mesafe sensörlerinden aldığı bilgiyi işleyerek sürücülere motor kontrol bilgisi gönderme veya dışarıyla haberleşme yapmak gibi çeşitlendirilebilmektedir [28-29].

Cihaz üzerinde Türk Kahvesi makinesi konumlandırılmıştır. Türk Kahvesinin kendine özgü pişirme yöntemi ve sunumu şekliyle Türkiye’de tüketimi yaygın bir içecektir. Bu nedenle cihaz üzerinde konumlandırılan makine Türkiye’nin gelenekselleşmiş Türk kahvesini pişiren bir makine olması tercih edilmiştir [30].

Tüm bu bilgiler ışığında hem kamusal alanlarda hem de işletmelerde robot kullanımına olan ihtiyacın arttığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, geleneksel Türk Kahvesini tüketiciye servis edebilecek bir otonom cihaz tasarımı ve üretimi yapmaktır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Algılama, tahrik ve güç beklentisi göz önünde bulundurularak komponent seçimleri yapılmıştır. Derinlik kamerası ve lidar sensör optimum düzeyde güvenlik sağlanması için birlikte kullanılmıştır. Motorlar enkoder ile birlikte kullanılarak konumdaki değişikliklerin harita ile eşleştirilmesi sağlanmıştır.

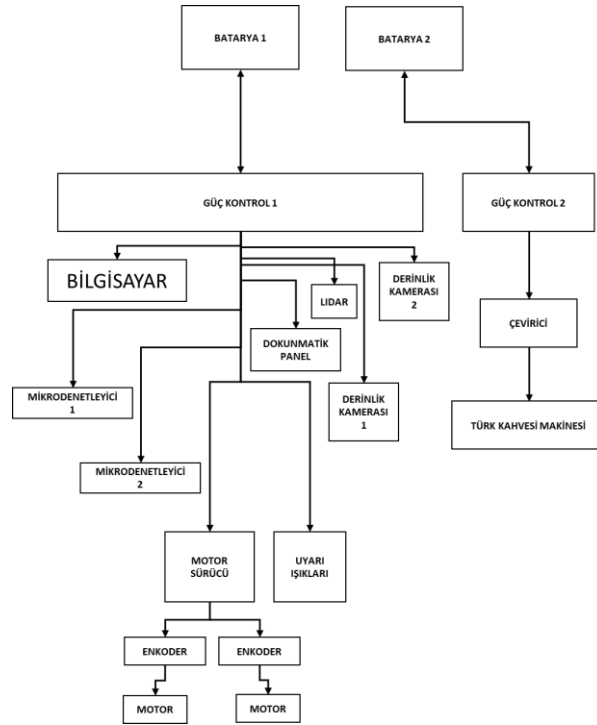


Şekil 3.1. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu çalışma şeması

Motor sürücüler ile mikrodenetleyiciden gelen komuta göre ileri yönelim, geri yönelim, sağa dönüş, sola dönüş ve hız ayarı yapılması sağlanmıştır. “Mikrodenetleyici 1” Bilgisayar tarafından aldığı hareket komutlarını uygulamakta ve “Mikrodenetleyici 2” ise kahve makinesinin buton tercihlerini ekran kontrolüne taşımak ve BYS birimlerinden aldığı veriyi şarj durumu olarak ekrana yansıtmak ile

görevlendirilmiştir. Uyarı ışıkları ise çalışma durumu ile ilgili bilgi verilmek için kullanılmıştır. Genel iletişim şeması Şekil 3.1.’de belirtildiği gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.2.’de görüldüğü üzere “Batarya 1”, Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu’nun temel enerji gereksinimlerini, “Batarya 2” ise tamamen Türk Kahvesi makinesinin enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılmıştır. Türk Kahvesi makinesi AC 220V gerilim formu ve genliğinde çalıştığı için batarya grubundan sonra dönüştürücü kullanılmaya gereksinim duyulmuştur. “Güç Kontrol 1” kısmında ise bataryadan gelen gerilim ihtiyaca göre farklı seviyelere indirgenmiştir.



Şekil 3.2. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu enerji şeması

Ayrı besleme grubunun olması Türk Kahvesi makinesinin enerji talebinin bataryalı bir sisteme göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Her kahve pişirimi yaklaşık 700W enerji tüketimi ile gerçekleşmektedir. Bu da sistemde anlık kalkışlarda ve sürekli işlemlerde diğer bölgeleri enerjisiz bırakabilmektedir. Bu sebeple batarya grupları ayrılarak gücün Türk Kahvesi makinesine aktarılmıştır.

3.1. Robot Donanım ve Yazılımları

Robot işletim sistemi sürümleri ve işletim sistemi uyumlulukları sürdürülebilirlik için önem taşımaktadır. Bu nedenle kullanılacak ROS sürümünün desteklediği işletim sistemi ile birlikte kullanılması gerekmektedir. ROS içerisinde kullanılabilen kütüphaneler ile robot üzerinde yapılacak veri işleme ve analiz etme işlemleri daha pratik bir şekilde yapılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan kütüphaneler, bilgisayar özellikleri ve uyumlu işletim sistemleri bu bölümde incelenmiştir.

3.1.1. ROS (robot işletim sistemi)

ROS, işletim sistemi gereksinimlerinin birçok özelliğini gerçekleştirebilir şekilde tasarlanmıştır. Lakin bir işletim sistemine ihtiyaç duyulmuştur. Genellikle Linux bu yapı için kullanılmıştır. ROS için önemli bir özellik olarak bilgisayara ait işletim sistemi ile bilgisayarın dış donanımsal aygıtlarının arasındaki iletişimi sağlaması gösterilmiştir. Robot üzerinde kullanılan sensörler ve diğer ekipmanlar buna örnek olarak verilmiştir. ROS tarafından sağlanan bir diğer özellik ise donanımda gerçekleştirdiği sanallaştırma yeteneği olarak görülmüştür.

Kontrol işlemleri ROS komutu ile yaptırıldığında paket olarak tasarlanmış olan komutlar altında makine diline daha yakın dillerde karşılık bulmasını sağlamıştır. Makine diline yakın dillerde fonksiyonlar özelleştirilmiştir. Ve her seferinde bu karmaşaya girilmeden fonksiyonlar çağırılarak kontrol yöntemi, görece basit düzeye indirgenmiştir.

Robotik vakıfları iş birliğinde ROS, artan karmaşıklığı düzenlemek için standartlaştırılmıştır. Ve açık kaynaklı olması nedeniyle lisans ücreti ödmeden hem akademik hem de ticari faaliyetlerde kullanılmıştır. Açık kaynaklı yazılan kodların kişilerce ihtiyaca göre sistemler arası değiştirilebilir ve düzenlenebilir olması yeni

katkılar sağlamakla birlikte tasarımsal süreçleri hızlandırmıştır. Bu tez kapsamında Mayıs 2018 yılında duyurulan ROS Melodic Morenia kullanılmıştır. Ubuntu Artful 17.10 (LTS) ve Ubuntu Bionic 18.04 işletim sistemi sürümlerinde desteklenmiştir. Bunun dışında farklı ortamlarda da sunulan destekler olduğu görülmüştür.

Mayıs 2014 yılında duyurulan ROS Indigo Igloo, Ubuntu Trusty 14.04 (LTS) ve Ubuntu Saucy 13.10 işletim sistemi sürümünde desteklenmektedir. ROS Indigo Igloo, 2019 yılına kadar desteklenmiştir.

Mayıs 2015 yılında duyurulan ROS Jade Turtle, Ubuntu Vivid 15.04 (LTS), Ubuntu Utopic 14.10 ve Ubuntu Trusty 14.04 işletim sistemi sürümlerinde desteklenmektedir. ROS Jade Turtle, 2017 yılına kadar desteklenmiştir.

Mayıs 2016 yılında duyurulan ROS Kinetic Kame, Ubuntu Xenial 16.04 (LTS) ve Ubuntu Wily 15.10 işletim sistemi sürümlerinde desteklenmektedir. ROS Kinetic Kame, 2021 yılına kadar desteklenmiştir.

Mayıs 2017 yılında duyurulan ROS Lunar Loggerhead, Ubuntu Xenial 16.04 (LTS), Ubuntu Yakkety 16.10 ve Ubuntu Zesty 17.04 işletim sistemi sürümlerinde desteklenmektedir. ROS Lunar Loggerhead, 2019 yılına kadar desteklenmiştir.

Mayıs 2018 yılında duyurulan ROS Melodic Morenia, Ubuntu Artful 17.10 (LTS) ve Ubuntu Bionic 18.04 işletim sistemi sürümlerinde desteklenmektedir. ROS Melodic Morenia, 2023 yılına kadar destekleneceği duyurulmuştur.

Mayıs 2020 yılında duyurulan ROS Noetic Ninjemys, Ubuntu Focal Fossa 20.04 (LTS) işletim sistemi sürümlerinde desteklenmektedir. ROS Noetic Ninjemys, 2025 yılına kadar destekleneceği duyurulmuştur.

Bu platformlar dışında ise Hydro Medusa, Groovy Galapagos, Fuerte Turtle, Electric Emys, Diamondback, C Turtle ve Box Turtle sürümleri bulunmaktadır.

ROS içerisinde kütüphaneler kullanılarak birçok fonksiyonun kolayca uygulanması sağlanmaktadır. Bu kütüphaneler sayesinde çevre birimlerden gelen verilerin işlenmesi ve anlamlandırılması gibi karmaşık işlemler tasarım sırasında büyük ölçüde zaman kazandırmaktadır. Tasarım kapsamında kullanılan kütüphanelerden; standard navigation stack kütüphanesi ile robotun konum tahmini yapması sağlanmaktadır. Robotun dışarıdan bir etki ile hareket ettirilmesi sırasında tabanda bulunan tekerlekler dönme hareketi yapmaktadır. Bu sayede motor milinden enkoder ile alınan tur sayısı bilgisi x ve y eksenlerinde yapılan yer değişikliği bilgisinin işlenmesine olanak sağlamaktadır.

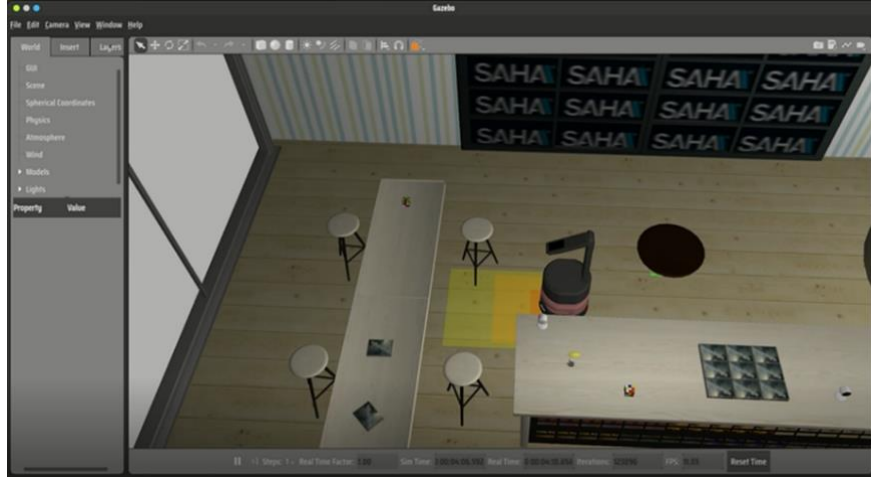
Gmapping kütüphanesi, eş zamanlı lokalizasyon ve haritalama için kullanılmaktadır. Robot üzerindeki lidar sensör ile açık haritalama özelliği sağlamaktadır. Robota ilk tanımlanan harita, zamanla mimari nedenlerden dolayı değişiklik gösterebilmektedir. Gmapping kütüphanesi, lidar sensörden alınan verilerle kat planı oluşturarak haritayı güncel tutmaktadır.

Bir diğer önemli kütüphane ise tf kütüphanesidir. Kullanıcının zaman içinde birden çok koordinat alanını takip etmesini sağlamaktadır. tf, arabelleğe alınan bir ağaç yapısındaki koordinat alanı arasındaki veriyi saklayarak kullanıcının herhangi bir zamanda istenen herhangi bir noktada herhangi iki koordinat alanı arasındaki noktaların, vektörlere dönüştürülmesini sağlamaktadır.

Bir robotik sistem tipik olarak, boşluk hacim bölgesi, taban hacim bölgesi, kavrayıcı hacim bölgesi, ana boşluk bölgesi vb. gibi zamanla değişen birçok 3B koordinat hacim bölgesine sahiptir. tf, zaman içinde tüm bu boşluktaki vektörlerin kaydını tutmaktadır.

3.1.2. Gazebo simülatör

Gazebo, ücretsiz ve açık kaynaklı bir robot simülasyon ortamıdır. Robot modellerinin tasarımı, hızlı prototipleme ve algoritmaların test edilmesi, senaryolar kullanarak hataların test edilmesi, farklı ortam simülasyonu, sensör ve ekipman simülasyonu gibi fonksiyonların 3 boyutlu düzlemde analiz edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.3. Gazebo simülasyon ortamı

Senaryoları tasarıma göre şekillendirilebilmekte ve ortamlar buna uygun test nesneleriyle donatılabilmektedir. Gazebo sayesinde cihaz henüz somut bir görünüm kazanmadan sistem analizlerinin sanal ortamda yapılabilmesi üretim öncesi avantaj sağlamaktadır. Şekil 3.3.'te belirtilen simülasyon senaryosunda ofis ortamında Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun karşılaşılabileceği engeller simüle edilmiştir.

Gazebo simülasyon ortamı, Linux işletim sistemi üzerine kurulum için öncelikle uyumlu sürüm edinilmesi gerekmektedir. Gazebo kurulum için bir rehber sunar ve bu rehber her sürüm için güncel tutulur. Gazebo Sim kullanılarak terminalden başlatılır. “ign gazebo shapes.sdf” komutu ile Sim sunucusu ve Sim görsel kullanıcı arayüzünü üç basit şekil içeren ortam ile başlatacaktır. Gazebo grafik kullanıcı arayüzü olmadan da çalıştırılabilmektedir. Bu adımdan sonra robotun simüle edileceği dünya oluşturulur. Simülasyon içeriğini SDF dosyası belirtir. Gazebo SDF oluşturmak için eğitimler sunmaktadır. Bunun yanında temelden SDF oluşturmak yerine var olan bir örneğin üzerinden de kişiselleştirilebilmektedir [31].

3.1.3. İşletim sistemi ve mini bilgisayar

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu içerisinde süreci yöneten ve içerisinde ROS çalışacak olan bilgisayar “Intel® NUC Kiti NUC8i7BEH” olarak seçilmiştir. ROS tabanlı uygulamalarda oldukça sık kullanılan bu bilgisayarlar, çalışma gerilim seviyesi

konusunda da mobiliteye uygun şekilde 12-19VDC gerilimle beslenmiştir. Bilgisayar genel özellikleri Tablo 3.1.'de belirtilmiştir. Cihaz üzerinde koştan işletim sistemi, ROS Melodic ile uyumlu olması için “Ubuntu 18.04 LTS” sürümü seçilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan bilgisayarın teknik özellikleri

Intel® NUC Kiti NUC8i7BEH	
Temel öğeler	
Ürün Koleksiyonu	8. Nesil Intel® Core™ İşlemcili Intel® NUC Kiti
Litografi	14 nm
TDP	28 W
Desteklenen DC Giriş Voltajı	12-19 VDC
İşlemci Dahil	Intel® Core™ i7-8559U Processor (8M Cache, up to 4,50 GHz)
Çekirdek sayısı	4
İş Parçacığı Sayısı	8
İşlemci Temel Frekansı	2,70 GHz
Maks Turbo Frekansı	4,50 GHz
Bellek ve Depolama	
SABİT BELLEK	128GB SSD
RAM	16GB
Maksimum Bellek Bant Genişliği	38.4 GB/s
İşlemci Grafikleri	
Entegre Grafikler	Evet
Grafik Çıkışı	HDMI 2,0a; USB-C (DP1.2)
Genişletme Seçenekleri	
PCI Express Değişiklik Sürümü	Gen3
PCI Express Yapılandırmaları	M.2 slot with PCIe X4 lanes
Çıkarılabilir Bellek Kartı Yuvası	microSDXC with UHS-I support
G/Ç Teknik Özellikleri	
USB Bağlantı Noktalarının Sayısı	6
USB Yapılandırması	2x front and 3x rear USB 3.1 Gen2; 2x USB 2.0 via internal headers
Entegre LAN	Intel® Ethernet Connection I219-V
Entegre Kablosuz	Intel® Wireless-AC 9560 + Bluetooth 5,0
Entegre Bluetooth	Evet
Tüketici Kızılötesi Alıcı Sensörü	Evet
Paket Teknik Özellikleri	
Kasa Boyutları	117 x 112 x 51mm

3.2. Robot Algılayıcıları

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun canlı ve cansız varlıklar arasında kontrollü bir şekilde çalışmasını sürdürebilmesi için çevre ile ilgili tüm uyarılara açık olması

gerekmektedir. Algılama mekanizmasındaki kritik hatalar hayati riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu sebeple Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu yapısına uygun teknikte sensörler seçilmiştir. Bu proje kapsamında lidar sensör ve iki adet derinlik kamerası kullanılmıştır.

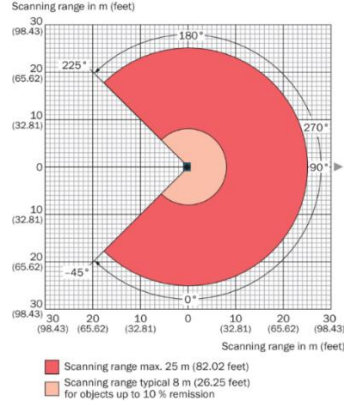
3.2.1. Lidar sensör

Lidar sensörler, tarama esnasında sürekli lazer ışını göndermekte ve dönen ışınları algılayarak dönüş süresiyle etrafta bulunan cisimlere yakınlık uzaklık kıyaslaması yapmaktadır. Bu şekilde etrafındaki cisimlerin vektöre görüntülerini, mesafelerini, hareket edip etmediklerini ne kadar hızla hareket ettiğini tespit ederek verileri mikrodenetleyiciye iletmektedir. Özellikle otonomi ve havacılıkta çok sık kullanılan lidar sensörlerin en önemli özelliği tepki süresinin kısa olması ve güvenlik amacıyla kullanımlarda iyi sonuçlar vermesidir. Ayrıca haritalama esnasında verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

Tablo 3.2. Lidar sensör teknik özellikleri

Bağlantı Tipi	1 x "Ethernet" bağlantısı, 4-pin M12 dişi konektör 1 x Micro USB dişi konektör, B tipi
Çalışma Gerilimi	9 VDC - 28 VDC
Güç Tüketimi	Typ. 4 W
Ağırlık	250 g, kablosuz
Ölçüler (L x W x H)	60 mm x 60 mm x 86 mm

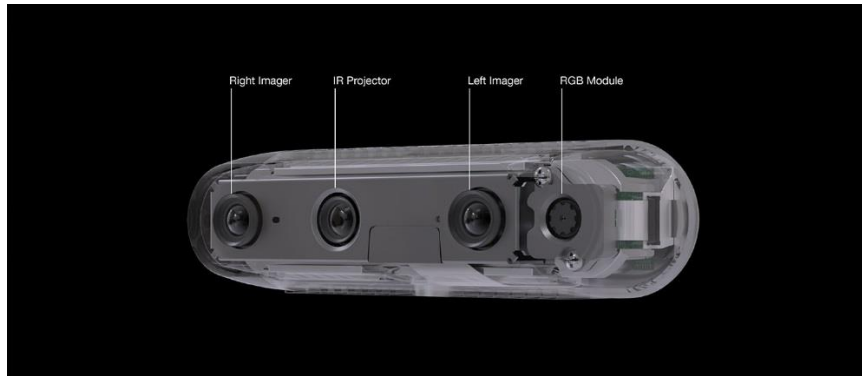
Bu proje kapsamında "SICK TiM571" lidar sensörü kullanılmıştır. 270° tarama açısına sahip 15Hz frekans ile tarama ve 25 metreye kadar algılama yapabilmektedir. Tarama açısı ve etki alanı Şekil 3.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Lidar sensör görüş açısı

3.2.2. Derinlik kamerası

Otonomi ve sanal gerçeklik alanında sıkça kullanılan derinlik kameraları, özellikle hayati öneme sahip otonomi uygulamalarında birçok ihtiyacı karşılamaktadır. Günümüzde otonom araçlarda çevre ile iletişim halinde olan ve uyum içinde olması gereken uygulamalarda, derinlik kameraları otonom cihazın proses birimine kritik veriler taşıyarak bu verilerin anlamlandırılması ve olası senaryolarda karar vermesini sağlamaktadır.

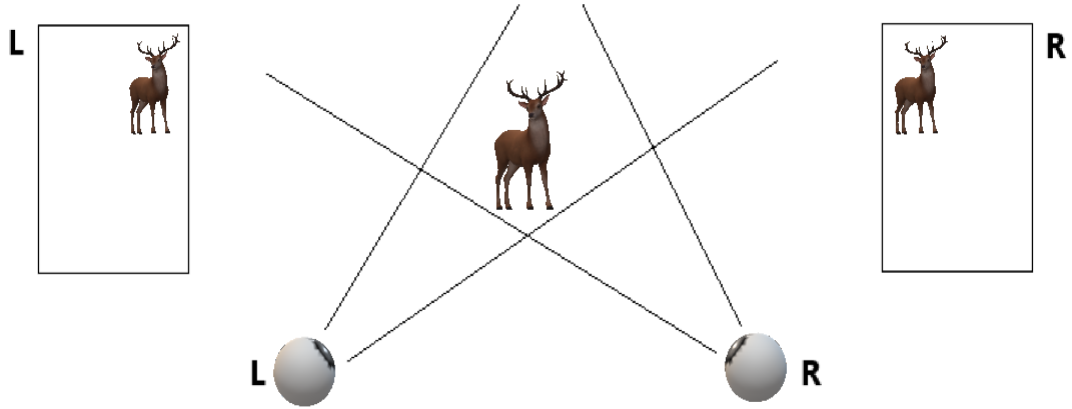


Şekil 3.5. Derinlik kamerası yapısı

Derinlik kameraları normal kameralardan farklı olarak, görüntüye ait uzaklık yakınlık bilgisini de içermektedir. 2 boyutlu uygulamalarda piksel matrisleri 2 boyuttan oluşmaktadır. Yani her pikselin renk kodlarını içeren bu data RGB renk kodlarını ifade etmektedir. Ve bu matriste 2 boyutlu düzende 256 bit üzerinden değerlendirilmektedir.

Fakat derinlik kameraları matrisi 3 boyutlu bir matristir. IR veya lazer ışınları ile belirli frekanslarda üretilmiş dalgalar cisme çarptırılıp kamera ile algılanarak mesafe tespiti yapılmaktadır. RGB kodlarına ek olarak gelen uzaklık bilgisi de 2 boyutlu matrise eklendiğinde 3 boyutlu bir matris elde edilmektedir. Bu şekilde oluşan görüntüye hem renk hem de derinlik bilgisi dahil edilmektedir. Proje kapsamında kullanılan kamera stereo tekniğiyle görüntünün elde edilmesinde sağ ve sol iki kamera, IR kaynağı ile birlikte nesneye farklı açılardan karşılaştırma yaparak derinlik bilgisini tespit etmektedir. RGB modülü sayesinde de piksel renklerinin tespiti yapılmaktadır.

Stereo görüntü oluşumu için Şekil 3.6.'da gösterildiği gibi iki farklı yerden ve iki farklı kameradan alınan görüntünün birleştirilmesiyle mesafenin hesaplanması sağlanmaktadır. Bu ölçüm tekniğinde düzlem ve çizgi geometrisi kullanılmaktadır. IR kaynağından çıkan ışınma sinyalinin dönüş süresiyle hesaplanan mesafe bilgisi ile aktif olarak nesnenin uzaklığı hesaplanmış olur. İki farklı ölçüm tekniğinin birlikte kullanılması yüksek doğruluk sağlamaktadır [32].



Şekil 3.6. Derinlik kamerası görüntü oluşumu

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu üzerinde iki adet Intel RealSense derinlik kamerası D435 kullanılmıştır. Bu uygulama için yeterince kaliteli derinlik sunan D435; geniş görüş alanı (10 metreye kadar menzil), düşük ışık altındaki performansı, kolay entegrasyonu, kompakt tasarımı ile bu projede beklentiyi sağlamıştır. Özellikle düşük ışık altındaki performansı ile karanlıkta da kullanılmaya da imkân vermiştir.

3.3. Robot Mekanik Tasarım

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu mekanik tasarımı; üst tambur, alt tambur, sehpa, alt destek, arka direk ve konsol kısımlarından meydana getirilmiştir. Konsol kısmı derinlik kameraları için özel tasarlanarak en iyi görüş açısına sahip olacak şekilde konumlandırılmıştır. Derinlik kamerası doğrudan yol alınacak taraf olan ön kısma odaklandırılmıştır. Arka direk, hem kontrol panelini ve derinlik kameralarına açı vermek hem de içerisinden geçecek bağlantılara kablo kanalı görevi görmesi için tasarlanmıştır. Konsol kısmına aynı zamanda taşıyıcı olarak kullanılabilir hale getirilmiştir. Sehpa kısmı kahve makinesini ve kahve araç gereçlerinin taşımak için tasarlanmıştır. Burada kullanıcının ihtiyaç duyabileceği fincan, kahve, şeker, karıştırıcı gibi araç gereçler konumlandırılmıştır. Sehpanın alt kısmı üst tambur olarak bilinen kısım ve bu kısımda kahve makinesine ait batarya ve inverter konumlandırılmıştır.

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun güvenli bir biçimde yoluna devam edebilmesi için lidar sensör gövdenin en geniş ve en alt noktasına konumlandırılmıştır. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun uyarı ışıkları önde ve arkada ikişer adet şerit halinde olmak üzere alt tambura eklenmiştir. Alt tambur içerisinde mini bilgisayar ve diğer tüm devre kartları ile bilgisayar bataryası konumlandırılmıştır. Motorlar da bu kısma bağlı olmakla birlikte genel anlamıyla Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun tabanı oluşturulmuştur.

Robot gövdesi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken en önemli özelliklerden birisi malzeme seçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıyıcı materyal robot yükünü kaldıracak düzeyde seçilmeli ve robota ait diğer gövde elemanları hafif malzemelerden seçilmelidir. Robot gövdesi oluşturulurken hafif olması için PC(Polikarbonat), ABS(Akrilonitril bütadien stiren), TPU(Termoplastik poliüretan) gibi plastik hammaddeler kullanılabilir. Fakat prototip çalışmalarında enjeksiyon kalıbı tasarımı ve üretimi maliyet getireceğinden metal gövdeler de tercih edilmektedir. Özellikle robotun hafif olması gereken kısımlarında kolay şekil alabilen alüminyum ve taşıyıcı iskelet kısmında ise demir sac kullanılmıştır.

Taşıyıcı iskeletin rahatça hareket edebilmesi için dört adet boşta tekerlek ile yük dengelemesi yapılmıştır. İki tekerlek ise motora bağlı olarak hareketi sağlamaktadır. Motorun bağlı olduğu tekerlekler devrilmeye karşı yaylı süspansiyon ile desteklenmiştir. Gövde oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, gövde parçalarının segmentlere ayrılabilir olmasıdır. Bakım veya arıza durumlarında ilgili parça sökülerek iç materyallere ulaşılabilinmelidir. Robot sadece gezici hareket ve eksenel hareketler yaptığından eklem gibi hareket sağlayan parçalar kullanılmamıştır.

3.4. Türk Kahvesi Makinesi

Türk Kahvesi makinesi bu proje için Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun üzerinde konumlandırılmıştır. Cihazın içerisinde kahve karıştırıcısı, otomatik su alma sistemi, ısı algılayıcısı ve kahvenin fincana taşınmasını sağlayan mekanik aksamı bulunmaktadır. Cihaz kendini temizleme modu ve bir ya da iki fincan kahve pişirme seçeneğiyle çalışmaktadır. Arka kısmında bir su deposu bulunmakta ve yaklaşık 710W enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Kendisini temizleme esnasında akıtılacak kirli su için ön kısımda musluğun altında ızgaralı atık su deposu mevcuttur. Ayrıca atık su deposundaki algılama sistemi sayesinde doluluğa bağlı olarak cihaz uyarı vermektedir. Temiz ve atık su deposundaki algılayıcılar sayesinde Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu, su deposunda suyun bittiğini veya kirli su haznesinin dolu olduğunu anlayarak ikmal alanına yönlendirilmektedir. İkmal alanında ilgili personel ile ikmal süreci işletilmektedir.

3.5. Haritalama Sistemi

Haritalama işlemleri için, Türk Kahvesi Servis Robotu'nun ofiste kullanacağı alanlar tanıtarak SLAM işlemi uygulanmıştır. Bu uygulama için ROS üzerinden kumanda ile Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun koordinat düzleminde yaptığı hareket kumanda ile kumanda ile kontrol edilmiştir. Kumanda kullanılarak mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun temelde yaptığı ileri, geri ve dönüş hareketleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.7.'de görüldüğü üzere Türk Kahvesi Servis Robotu'nu

kontrol eden bilgisayara ROS Gmapping paketi eklenerek SLAM uygulaması gerçekleştirilmiştir. Robot işletim sisteminin koşturulduğu bilgisayara LIDAR sensörden veri akışı sağlayacak olan LIDAR paketi ve Gmapping paketi eklenmiştir. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun bu uygulama ile çıkardığı harita Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun çalışacağı parkur ofis üzerinden planlanmıştır. Öncelikle Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu manuel modda tüm ofis içerisinde dolaştırılarak lidar sensörden gelen verilerin vektörel izdüşümleri Şekil 3.7.'de belirtildiği gibi çıkartılmıştır.

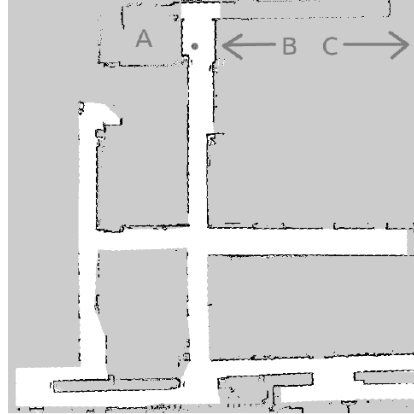


Şekil 3.7. Düzenlenmemiş harita

Ofis içerisinde yansıtıcı yüzeylerin farklılıklarından dolayı ilk haritada saçınıklığın fazla miktarda olduğu görülmüştür. Merdiven boşluğu gibi tüm riskli alanlar ve yasaklı bölgeler manuel olarak tespit edilip Şekil 3.8.'deki elimine edilmiş ve sadeleştirilmiş harita düzenine indirgenmiştir.

ROS gmapping paketinin, çözümleme algoritmasında Reo-Blackwellized Parçacık Filtresini kullandığı bilinmektedir. Algoritmada cihazın bulunduğu noktayı ifade eden i parçacık numarası, başlama konumu tahmini $x'_k{}^{(i)} = x_{k-1}^{(i)} * u_{k-1}$ ifadesini sağlar biçimde bir önceki parçacık noktasından $x_{k-1}^{(i)}$ ve son filtre yenilemesi sırasında gelen odometri verilerinden oluşmaktadır. $m_{k-1}^{(i)}$ alanında ilk noktası $x'_k{}^{(i)}$ ifadesi şeklinde

tarama ve eşleştirme prosesi sürdürülür. Tarama ilk noktası $x_k^{(i)}$ etrafını çevreleyecek şekilde oluşturulur. Algoritma doğru sonuç elde edemezse konum ve ağırlıklar hareket sistemine göre hesaplanır. Tarama ve eşleştirme algoritmasından elde edilen veriler ile robotun bulunduğu noktanın etrafından elde edilen bir noktalar kümesi çıkartılır. Kovaryans matrisi ve alınan değerlerin ortalaması belirlenen x_j bölgelerinde beklenen yayılım, $p(z_k | m_{k-1}^{(i)}, x_j) p(x_j | x_{k-1}^{(i)}, u_{k-1})$ noktasal şekilde bulunur. Bu işleme paralel ağırlık vektörü de işleme alınır. i parçacığının güncel bölgesi $x_k^{(i)}$, yayılımın düzenlenmiş hali $N(\mu_k^{(i)}, \Sigma_k^{(i)})$ vasıtasıyla oluşturulur. Parçacıklara ait ağırlıklar kritiklik seviyesine bakılarak yenilenir. i parçacığının bölgesi $m^{(i)}$ olması istenen $x_k^{(i)}$ noktası ile z_k izlemesiyle düzeltilir. Son verilerin bulunmasının hemen devamında ise tekrardan örnekleme aşaması N_{eff} değerine bağlı olarak elde edilir. Burada N parçacık sayısını ifade etmekle birlikte N_{eff} , $w^{(i)}$ şeklinde ifade edilen i parçacığının normale uygun hale gelen ağırlığı $x_k^{(i)} = x_{k-1}^{(i)} * u_{k-1}$ ifadesine benzer şekilde hesaplanır. $N_{eff} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N [w^{(i)}]^2}$ ifadesiyle gösterilir [33].



Şekil 3.8. Manuel düzenlenmiş harita

3.6. Sipariş Yönetimi

Karekod teknolojisi günümüzde trend hale gelen kullanışlı bir veri saklama çözümüdür. Özellikle yaygın kullanılan akıllı telefonlar ile kullanışlılığı daha da

artmıştır. Bu yöntem ile birçok farklı türde veri depolanabilmekte ve paylaşılabilir. Üstelik akıllı telefon kullanan herkes kolayca bu teknolojiye faydalanmaktadır.



Şekil 3.9. Sipariş yöntemi karekod örneği

Şekil 3.9.'da verildiği gibi, kullanıcılara kahve hizmeti sunulması için durak oluşturulup ve bu duraklara ait QR etiketler konularak kahve hizmeti almaları sağlanmıştır. QR kod telefona okutulduğunda oluşturulan bulut depolama alanındaki anlamlı adreslere sahip linkler telefon kamerası tarafından anlamlı hale getirilip yönlendirme yapıldığında yönlendirilen link sipariş bilgisini bulut sistemden Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'na görev olarak tanımlanmıştır. Cep telefonunda görünen sipariş başarılı uyarısı ile bulut tarafında siparişler sıraya alınmıştır. Önceliklendirme zamana bağlı olarak yapılmıştır. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu daima ilk verilen siparişe gitmekte ve eğer Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu herhangi bir siparişte ise bulunduğu konumdaki işlemlerin bitmesini beklemektedir. Kullanıcıdan gitmek için onay istemektedir. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu bekleme alanına dönerken bir sipariş gelirse yarı yoldan dönüp siparişe gidecek şekilde programlanmıştır.

3.7. Hareket Yönetimi Donanım ve Yazılımı

Hareket sisteminde ihtiyaç duyulacak motor, motor sürücü ve yazılımları bu bölümde anlatılmıştır. Gömülü yazılımlarının çalışacağı mikrodenetleyici seçiminde önem arz eden kısımlar ise çevre birimleri yüksek çözünürlüklü ADC, yüksek frekanslı PWM çıkışı özellikle motor kontrolünde önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanında

haberleşme birimleri ihtiyacı karşılayacak doğrultuda seçilmelidir. Bellek tüm bu işlemleri sağlayabilecek kapasitede ve temin edilebilirlik konusunda tutarlı olmalıdır.

3.7.1. Tahrik sistemi

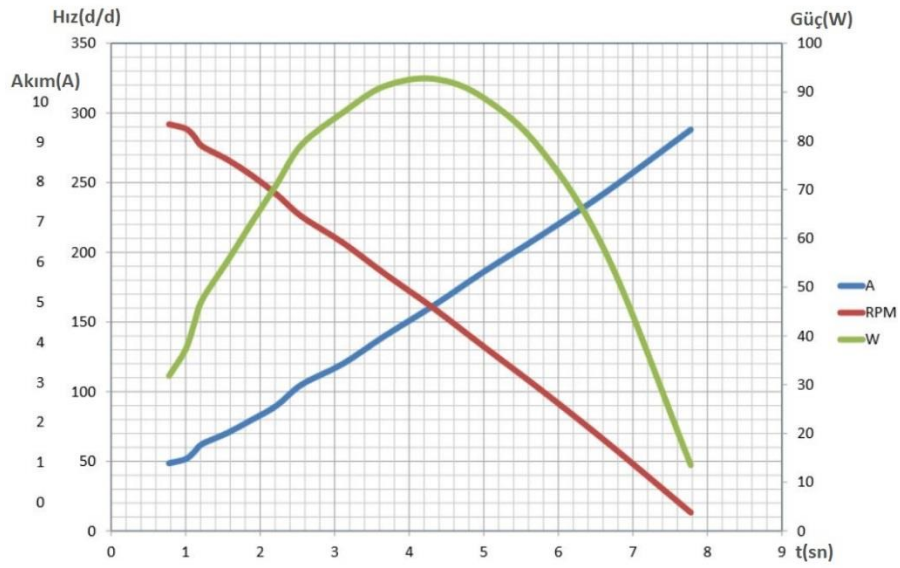
Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu üzerinde bulunan ekipmanlar, mekanik aksamı ve sarf malzemeleri ile birlikte tam olarak 56Kg ağırlığına sahiptir. Bu ekipmanların içerisinde; kahve makinesi, bilgisayar, iki adet batarya, çevirici, robot mekanik parçaları ve dış yüzey en ağır bileşenleri oluşturmaktadır. Buna uygun şekilde tork değeri ideal motor tipi seçilerek optimum tahrik mekanizması Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu için elde edilmiştir. Ayrıca bu motorlarda dahili redüktör ve enkoder bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Sistemde kullanılan DC motor

3.7.2. Motor tipi ve teknik veriler

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nda 4 tekerlek üzerinde ve iki tekerlek boşta iki tekerlek motor bağlantılı olmak üzere hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Motor bağlantılı tekerlerde 90W, dişli redüktör ve 100 atımlı enkoder dahili olarak mevcuttur. Şekil 3.10.'da belirtilen 24V gerilim seviyesinde ve 90W tüketim ile çalışan fırçasız DC motordur. Hızın yanında yüksek tork kabiliyeti için redüktörlü motorlu motor tercih edilmiştir. Redüksiyon oranı 1/9 değerinde ve. Motor hızı ise 310 d/d değerinde seçilmiştir.

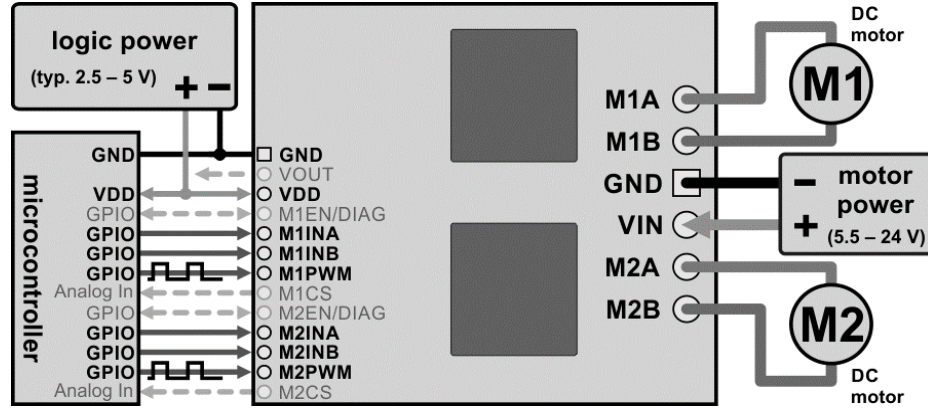


Şekil 3.11. Motora ait RPM, Güç, Akım grafiği

Şekil 3.11.'de verilen motor güç, akım ve RPM grafiği nominal ve kalkış akımına ait bilgiler verilmiştir. Motor sürücüsü seçimi buna uygun kriterlerde yapılmıştır. Toplam ağırlığı 1.470 Kg değerinde olduğu görülmüştür. Dahili enkoder, 5V gerilim seviyesinde çalışmakta 2 kanallı ve 100 atım ile data akışı sağlanmıştır.

3.7.3. Motor sürücüsü

Motor sürücüleri, güç kapasitesi gereği lojik gerilim seviyeleri ile daha büyük güçleri kontrol etmek için ihtiyaç duyulmuştur. Proje kapsamında motor özellikleri incelenerek güç talebini karşılamaya yönelik motor sürücüsü araştırılmıştır. Ve güç talebinin yanı sıra motora kazandırılacak hareket kabiliyetlerine de I/O yapısı gözetilerek karar verilmiştir.



Şekil 3.12. VNH5019 Motor sürücüsü bağlantı şeması

Kullanılan motor tipine uygun olarak seçilmiş olan motor sürücüsü minimum çalışma gerilimi 5.5V DC ve maksimum çalışma gerilimi 24V DC seviyesindedir. Kanal başına sürekli akım çıkışı 12A ve yine kanal başına pik akımı 30A talebi karşılamaktadır. Maksimum PWM frekansı 20kHz mertebesine kadar destekleyecek şekilde seçilmiştir.

3.7.4. Dönüş yönü kontrolü

Şekil 3.13. ve Şekil 3.14.'te örnek kodlarda birinci motor ve ikinci motor için mikrokontrolcünden motor sürücüsüne verilecek rotasyon emirleri gösterilmiştir. Hareketin sıfıra getirilmesi için rotasyon pinlerinde polarite farkı ortadan kaldırılmıştır. Böylece eş potansiyelden dolayı motor üzerinden akım akmaması sağlanmıştır. Motora hareket kazandırmak için ters polarite oluşturulmuştur. Bu ters polaritenin de yönü değiştirilerek akımın motor üzerindeki akış yönüne etki edilmiş ve terse hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Böylece motorda hareket ve tersi hareket kavramları ortaya çıkartılmıştır.

```

if (hareket == 0)
{
    digitalWrite(M1_INA,LOW);
    digitalWrite(M1_INB,LOW);
}
else if (cw)
{
    digitalWrite(M1_INA,LOW);
    digitalWrite(M1_INB,HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(M1_INA,HIGH);
    digitalWrite(M1_INB,LOW);
}
}

```

Şekil 3.13. Birinci motor için rotasyon örnek kodları

Saat yönü ve saat yönü tersi hareket kavramları daha anlaşılır kavramlar olduğundan, kodlama kısmında saat yönü ve saat yönü tersi yönler şeklinde belirtilmiştir. Kart sürücüsü ve motor bağlantısı da kodlardaki yön standardına uygun olarak yapılmış ve ortaya çıkabilecek olası karışıklığın önüne geçilmiştir.

```

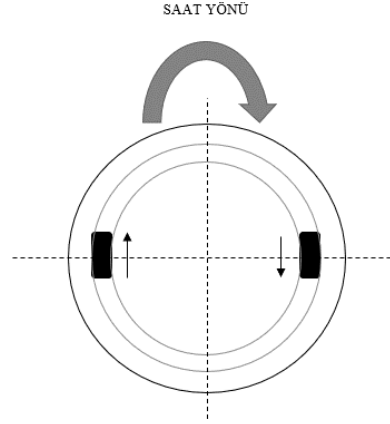
if (hareket == 0)
{
    digitalWrite(M2_INA,LOW);
    digitalWrite(M2_INB,LOW);
}
else if (cw)
{
    digitalWrite(M2_INA,LOW);
    digitalWrite(M2_INB,HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(M2_INA,HIGH);
    digitalWrite(M2_INB,LOW);
}
}

```

Şekil 3.14. İkinci motor için rotasyon örnek kodları

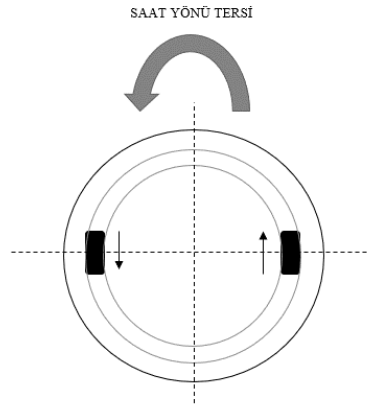
Yukarıda her bir motor için dönüş yönü kontrolü sağlanmıştır. Motorlar, Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu hareketlerini birlikte bir uyumla çalışarak

gerçekleştirebileceğinden Şekil 3.15. ve Şekil 3.16.'da senkron hareketlerin Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu hareketine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun saat yönü dönüş hareketi

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun saat yönünde dönüş gerçekleştirebilmesi için Şekil 3.15.'te gösterildiği gibi motor hareketlerinin iki tekerlek için zıt yönde ve siyah oklarla belirtildiği şekilde rotasyon emri verilmiştir.

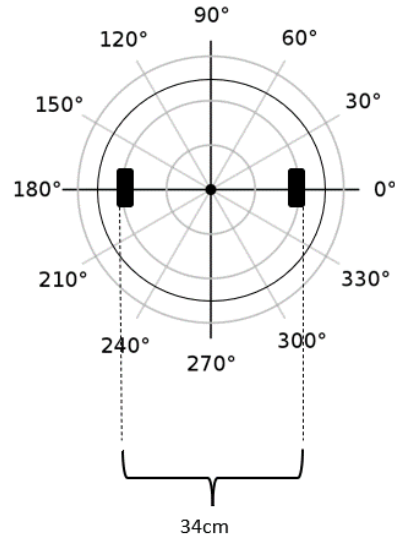


Şekil 3.16. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun saat yönü tersi dönüş hareketi

Şekil 3.16.'da saat yönü tersine harekete geçebilmesi için oklarla belirtildiği gibi zıt yönlerde rotasyon emri verilmiştir.

3.7.5. Açı kontrolü

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu kendi etrafında 360 derece dönebilme kabiliyetine sahip olarak tasarlanmıştır. Bu sistem iki tekerleğin aksi yönlerde ilerlemesiyle sağlanmıştır. Dönüş açısının diyagramı Şekil 3.17.'de verilmiştir. Bu noktada yazılımsal olarak motor yönlerinin birbirine zıt fakat dairesel olarak aynı yöne doğru hareket etmeleri motor sürücüyeye rotasyon bilgisi gönderilerek yapılmıştır.



Şekil 3.17. Dönüş açısı diyagramı

Yukarıdaki şekilde verilen çap ekseninden tekerleklerin tarayacağı mesafe 3.1'de verilen çemberin çevresi formülünden hesaplanarak 3.3'te belirtilen mesafe değeri bulunmuştur. 106,76cm mesafesini tekerleğin tam olarak tamamlayabilmesi için enkoderden 242 atım okuma yapılması gerektiği 3.4'te ifade edilmiştir. 3.5'teki gibi 242 atım 360 derecelik açıya oranlandığında her atım yaklaşık 1,50 derecelik açıya denk gelmektedir. Bu şekilde hesaplandığında 3.6'dan hatalı açı 363 dereceye denk gelmektedir. Burada hata oranı 3.7'den %0,82 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan oran çalışma koşulları ve gerekli hassasiyet ortamı göz önünde bulundurulduğunda kabul edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır.

$$\text{Çevre} = 2\pi r \quad (3.1)$$

$$r = 17\text{cm} \quad (3.2)$$

$$\text{Çevre} = 106,76\text{cm} \quad (3.3)$$

3.0'da bulunan 43,96cm için 100 atım dinleniyor ise 106,76cm için 242 atım dinlenir. (3.4)

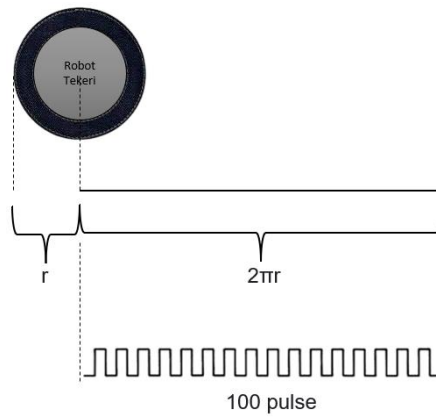
$$360/242 \cong 1,50^\circ \text{ Her atım için kat edilecek açı} \quad (3.5)$$

$$242 \times 1,50 = 363^\circ \quad (3.6)$$

$$(1 - 360^\circ/363^\circ) \times 100 = \%0,82 \quad (3.7)$$

3.7.6. Mesafe kontrolü

Mesafe kontrolü yapılırken tekerlek yarı çapından tekerleğin çevresi bulunarak her bir turda alınan yol bulunmuştur. Enkoder tarafından gönderilen 100 atım sinyal bir tam tur tamamlandığında dinlenmiş olur. Buradan yola çıkarak her 100 atım için alınan yolun hesaplanmasına ilişkin sistem Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Gidilen mesafenin enkoder ile hesaplanması

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu tekerleği yarıçapı $r = 7\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. 3.1'deki formülden 3.9'daki mesafe değeri elde edilmiştir. Bu şekilde motor hem aktifken oluşan hareketlerde hem de pasif haldeyken dışarıdan bir etkiyle oluşan hareketlerde Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun son konumunu bulması hedeflenmiştir. Şekil 3.19.'da atım okumaya ait basit düzeyde kodlama anlatımı yapılmıştır.

$$r = 7\text{cm} \quad (3.8)$$

$$\text{Çevre} = 43,96\text{cm} \quad (3.9)$$

```
#define PNENC 3 // Arduino'nun 3. Pini PNENC ismi için tanımlanmıştır.
int encoderdata; // "encoderdata" isminde ve tamsayı değerinde bir değişken tanımlanmıştır.

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Seri haberleşme 9600 veri aktarım hızı ile başlatılmıştır.
  pinMode(PNENC,INPUT); //3. Pine atanan PNENC giriş pini olarak konfigüre edilmiştir.
}

void loop()
{
  encoderdata = digitalRead(PNENC); // Dijital okuma ile veri, encoderdata değişkeninde
  // tutulmuştur.
}
```

Şekil 3.19. Pin tanımlaması, seri haberleşmenin başlatılması ve dijital sinyali okuma

Temel düzeyde verinin alınışı yukarıda gösterilmiştir. Bu veri aktarımı sırasında işlem yoğunluğu olmaması açısından kesme yapısıyla veriler yükselen kenar algılamasıyla okunup 100 atım için 43,96cm mesafesine oranlanmıştır. 0,4396 cm 1 atım değerine karşılık gelmektedir. Yazılımda enkoderden okunan değer ile mesafe dönüşümü bu şekilde yapılmıştır.

3.7.7. Hız kontrolü

PWM tekniği ile üretilen sinyallerin frekansı kontrol edilerek, sürücü tarafındaki anahtarlama elemanlarının tetiklenme kontrolüyle motorlardaki hız ayarlanmıştır.

Bilgisayardan ve diğer sensörlerden gelen güvenli bildirimler neticesinde ve Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun hedef belirtmesi ile hız ayarlanarak ilerleme sağlanmıştır. Örnek kütüphane kodları açıklanmıştır.

- İşlemci frekansı: 16000000 Hz
- Sürücü maksimum frekansı: 20000Hz
- Ön ölçekleyici değeri: 1
- Faz düzeltme değeri: 2

İşe maksimum değer 3.10'da belirtilen formülden hesaplanacak olursa 3.11'deki denkleme dönüşür. Ve 3.12'de belirtilen hız aralığı sonucuna ulaşılır.

16MHz(işlemci frekansı)/1(ön ölçekleyici)/2(faz düzeltme)/M=20kHz(sürücü frekansı) (3.10)

$$M = \frac{16000000}{2 \times 1 \times 20000} \quad (3.11)$$

$$M = 400 \quad (3.12)$$

```

##def DRIVER_TIMER1_AVAILABLE

  if ( _PWM1 == _PWM1_TIMER1_PIN && _PWM2 == _PWM2_TIMER1_PIN )
  {

    TCCR1A = 0b10100000;
    TCCR1B = 0b00010001;
    ICR1 = 400;
  }

#endif

```

Şekil 3.20. Timer 1 birimi için kurulumun yapılması

400 değeri 0-255 arasına oranlanırsa 3.13'teki işlem yapılır ve devamında 3.14'deki katsayı bulunmuş olur.

$$k = \frac{255}{400} \quad (3.13)$$

$$k = 0,6375 \quad (3.14)$$

```

#ifndef DRIVER_TIMER1_AVAILABLE

    if (_PWM1 == _PWM1_TIMER1_PIN && _PWM2 == _PWM2_TIMER1_PIN)
    {
        OCR1A = hiz;
    }
    else
    {
        analogWrite(_PWM1, hiz * k); // Hız değeri -400 ile 400 arasında değer olabilir.
    }
    #else
        analogWrite(_PWM1, hiz * k); // Hız değeri -400 ile 400 arasında değer olabilir.
    }
#endif

```

Şekil 3.21. Sinyalin dışarıya aktarılma fonksiyonu

Şekil 3.22.'deki kod bloğu ile negatif değer gelme durumunda pozitif'e çevirme mantıksal işlemi yapılmıştır.

```

if (hiz < 0)
{
    hiz = -hiz;
}

```

Şekil 3.22. Negatif değerlerin elimine edilmesi

Ve yine sınırların dışına çıkma durumu ise Şekil 3.23.'te belirtildiği gibi bir mantıksal işlemle yönetilerek sınır dışı değerler maksimum değere eşitlenmiştir.

```

if (hiz > 400)
{
    hiz = 400;
}

```

Şekil 3.23. Değer aralığının dışındaki verilerin kontrolü

Program gövdesinde hız kontrolü Şekil 3.24.'te belirtildiği gibi -400 ile 400 arasındaki sınırlarda yapılmıştır.

```

for (int i = 400; i >= -400; i--)
{
    dg.setMotlhiz(i);
}

```

Şekil 3.24. Hızın belirlenen değerler arasında sınırlandırılması

3.8. Güç Yönetimi Donanım ve Yazılımı

Proje kapsamında farklı güç taleplerini karşılamak için kaynak olarak 2 adet batarya kullanılmıştır. Bu sabit gerilimin ve sabit gerilim formunun farklı tüketim taleplerine uygun hale getirilmesi için DC-DC düşürücü ve yükseltici dönüşüm modülleri, DC-AC gerilim formu ve seviyesi değiştiren güç modülleri kullanılmıştır.

Türk Kahvesi Makinesi ürününün içerisinde en fazla güç talebi pişirici mekanizma olan rezistans tarafından talep edilmektedir. Toplamda ürünün tükettiği güç ise 710W mertebelerindedir. Ürün gerilim talebi ise 230V AC şebeke gerilimidir. Sistemde kullanılan DC bataryalar bu talebi karşılamak için inverter cihazına ihtiyaç duymaktadır.

Şekilde verilen batarya 24V 40Ah I2C haberleşmeli BYS'li Lityum-iyon pil içermektedir. Bu şekilde 960W enerji ihtiyacını 1 saat boyunca kesintisiz karşılayabilmektedir. Nominal akımı 35A ve anlık kalkışlarda geçerli en yüksek akım için verilen izin 70A olmak üzere bu değer 10 saniye için geçerlidir. Ağırlığı yaklaşık 8,2Kg olmakla birlikte 120mm E x 270mm B x 120mm Y hacmine ihtiyaç duymaktadır.

Diğer teknik özelliklere değinecek olursak; titreşime dayanıklı gövde, termal soğutma sistemi, alev almaz hücre yapısı (UL94V), modüler yapısı ile kolay hizmet verilebilir yapıdadır. Akü koruma modları ise; hücre balanslama, sıcaklık koruma, düşük voltaj ve yüksek voltaj, yüksek deşarj akımı ve ters kutup koruması gibi özelliklere sahiptir. Dahili olarak BYS devresi içermektedir.

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun bilgisayar ve diğer yönetimsel elamanlarının enerjisi için de yine aynı bataryanın 30Ah olan modeli kullanılmıştır. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu elemanlarının tümü doğru akım ile çalıştığından bu noktada sadece gerilim seviyesini düşürme çalışması yapılmıştır.



Şekil 3.25. Gerilim formunu ve seviyesini değiştiren inverter cihazı

24V DC gerilim seviyesi ve formu kahve makinesinin talebini karşılamadığından 1000W 230V 50Hz çıkışlı çevirici ile doğru gerilim formu alternatif gerilim formuna dönüştürülüp gerilim seviyesi yükseltilmiş bir şekilde kahve makinesinin talebi karşılanmıştır.

3.8.1. Güç talebi analizi

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu içerisinde kullanılan ve enerji tüketen komponentlere ait tüketim tabloları ve toplam güç talebi çıkartılmıştır ve Tablo 3.3.'te gösterilmiştir. Aktif kullanımlarda ve bekleme modunda enerji tüketim farkları çıkartılarak, batarya kapasitesi buna uygun şekilde seçilmiştir.

Tablo 3.3. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'na ait güç tüketim verileri

CİHAZ	GÜÇ TALEBİ MAX.(W)	UYKU MODU TÜKETİM(W)	SİPARİŞ MODU TÜKETİM(W)
Motor 1	<100		Aktif
Motor 2	<100		Aktif
Lidar Sensör	<10		Aktif
Bilgisayar	<35	Aktif	Aktif
Derinlik Kamerası 1	<10		Aktif
Derinlik Kamerası 2	<10		Aktif
Geliştirme Kartı 1	<10	Aktif	Aktif
Geliştirme Kartı 2	<10	Aktif	Aktif
RGB Aydınlatma	<25	Aktif	Aktif
Maksimum Enerji Talebi :	310+%10	80+%10	310+%10

Türk Kahvesi makinesi tarafında ise pişirim esnasında çekilen güç ve bekleme modunda çekilen güç ayrımı yapılarak Tablo 3.4.'e aktarılmıştır. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'ndan farklı olarak ikinci batarya kullanılan bu cihazda aktif kullanımda 710W enerji çekildiği ve bekleme modunda ise 10W değerinden daha az tüketim yaptığı gözlemlenmiştir. Tablo 3.3. ve Tablo 3.4. için de hesaplamalara +%10 tolerans değerleri de eklenmiştir.

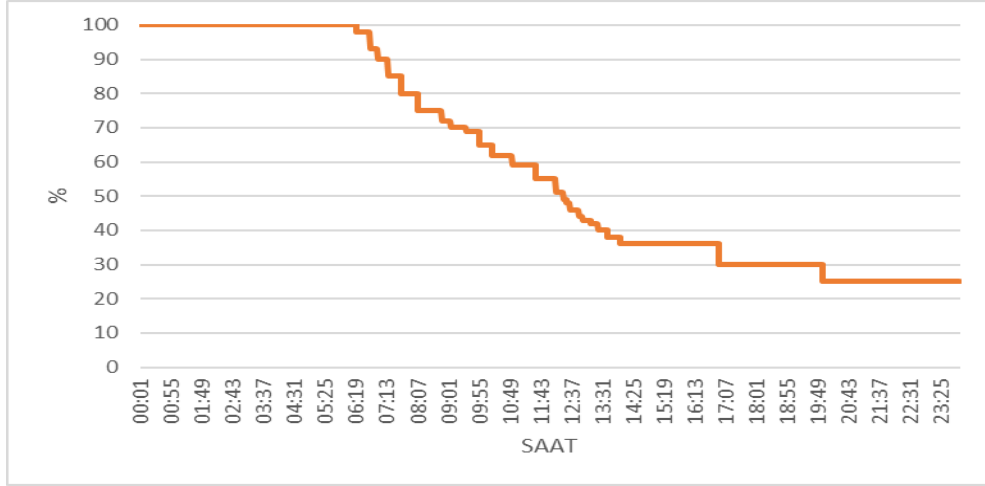
Tablo 3.4. Türk Kahvesi makinesi güç tüketim verileri

CİHAZ	GÜÇ TALEBİ MAX.(W)	UYKU MODU TÜKETİM(W)	SİPARİŞ MODU TÜKETİM(W)
Türk Kahvesi Makinesi	710		
Maksimum Enerji Talebi :	710+%10	<10+%10	710+%10

Bu şekilde bakıldığında Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu için ihtiyaç duyulan anlık maksimum enerji tolerans değeri ile birlikte 341W olarak hesaplanmıştır. Kahve makinesi tarafında ise anlık çekilecek maksimum güç tolerans ile birlikte 781W olarak hesaplanmıştır. Ve bataryalar bu değerlere uygun olarak seçilmiştir.

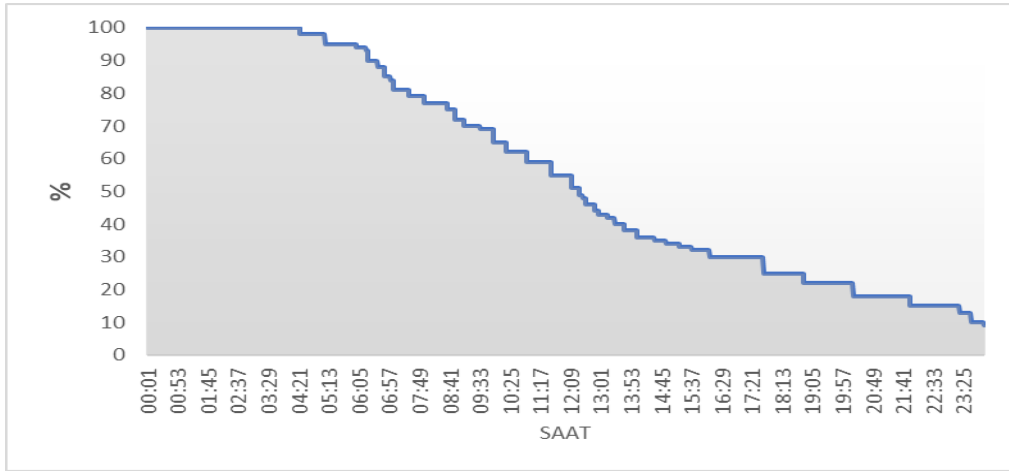
3.8.2. Batarya şarj deşarj analizi

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu kullanımı esnasında batarya ömrüne ilişkin test yapılmıştır. Bu test 24 saat boyunca batarya durumunun verilerini takip ederek kaydedilmiştir. Şekil 3.26.'da kahve makinesinin test sonucuna ait grafik elde edilmiştir.



Şekil 3.26. Günlük kullanım sırasında Türk Kahvesi Makinesi batarya deşarj grafiği

Şekil 3.27.'deki ölçüm ise Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun tüketimine ait verileri içermektedir. Oluşan grafikler incelendiğinde robotun yoğun çalıştığı saatler fark edilmektedir. Ve %30'luk dilime kadar aktif çalışan robot için %20'de şarj uyarısı verilmeye başlanmıştır.



Şekil 3.27. Günlük kullanım sırasında Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu batarya deşarj grafiği

Tablo 3.5.'te bataryanın şarj durumu sırasında şebekeden çektiği güce ait veriler listelenmiştir. Bu veriler ile ortalama şarj süresi batarya kapasitesinden hesaplanabilmektedir.

Tablo 3.5. Kullanılan iki bataryaya ait şarj verileri

Batarya	Şarj Akımı(A)	Şarj Gerilimi(V)	Şarj Gücü(W)	Güç Faktörü	Şarj Süresi (Saat)
Türk Kahvesi Makinesi	2,547	221,1- 50Hz- Şebeke	436	0,77	6- 6,5
Robot	2,523	221,1- 50Hz- Şebeke	428,7	0,78	5- 5,5

3.8.3. BYS verisinin okunması

Batarya yönetim sisteminden alınan şarj durumu, batarya sıcaklığı, çekilen akım ve gerilim bilgisi gibi kritik öneme sahip veriler işlenerek kullanıcıya gösterilmiştir. Aynı zamanda riskli durumlara karşı bir koruma mekanizması geliştirilmiştir. Şekil 3.28.'de verilen kaynak kodları ile batarya durum bilgisi batarya yönetim sisteminden alınmaktadır. Bu veriler şarj uyarısı verme ve kullanıcıya ekranda şarj durumunu göstermek için kullanılmıştır.

```

void i2cRead_SOC()
{
  okundu=1;
  deneokı=0;
  while(okundu==1)
  {
    Wire.beginTransmission(BMSAddress);
    Wire.write(0x0D);
    int end_soc=Wire.endTransmission();

    deneokı=deneokı+1;
    if(deneokı>=100)
    {
      okundu=0;
      deneokı=0;
    }

    if(end_soc==0)
    {
      Wire.requestFrom(BMSAddress,2);
      if(Wire.available())
      {
        SOC = (Wire.read() | Wire.read())<<8;
        /* Serial.print("SOC: ");
        Serial.println(SOC);*/
        okundu=0;
      }
    }
    end_soc=5;
  }

  delay(5);
}

```

Şekil 3.28. Şarj durumunun okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu

Diğer bir fonksiyon ise Şekil 3.29.'da belirtildiği gibi sıcaklığın okunması için hazırlanmıştır. Haberleşme I2C protokolüyle sağlanmaktadır. Bu veriler her iki batarya için de alınmıştır. Sıcaklık verisi arka planda işlenerek bataryanın olası ısınmalarına karşı koruma amacıyla izlenmiştir.

```

void i2cRead_Temp()
{
  okandı=1;
  deneokı=0;
  while(okandı==1)
  {
    Wire.beginTransmission(BMSAddress);
    Wire.write(0x08);
    end_temp=Wire.endTransmission();
    okandı=1;

    deneokı=deneokı+1;
    if(deneokı>=100)
    {
      okandı=0;
      deneokı=0;
    }
    if(end_temp==0)
    {
      Wire.requestFrom(BMSAddress, 2);
      if(Wire.available())
      {
        Temp = (Wire.read() | Wire.read())<<8;
        Temp1=((float)Temp/10.0-273.15);
        /* Serial.print("Temp: ");
        Serial.println(Temp1); */
        okandı=0;
      }
    }
  }
  end_temp=5;
  delay(5);
}

```

Şekil 3.29. Batarya sıcaklığının okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu

BYS adresiyle iletişim başlatılması, son sıcaklığın okunması ve sıcaklığın kelvin cinsinden celsius cinsine dönüşümü işlemleri gerçekleştirilerek veriler anlamlı hale getirilmiştir. Seri ekrana yazma komutları geliştirme aşamasında kullanılan satırlardır ve geliştirme aşamasından sonra tekrar kullanılmak üzere yorum haline getirilmiştir.

Batarya yönetim sistemi üzerinden üreticinin dışarıya verdiği tüm veriler alınabilmektedir. Gerilim bilgisi de yine herhangi bir durumda beklenenden farklı bir gerilim seviyesi gelmesi durumuna karşın okunup takip edilmiştir. Olası bir farklı gerilim seviyesinde içerde kullanılan birçok komponent zarar görebileceğinden yine kritik öneme sahip olduğu düşünülmüştür.

```

void i2cRead_Volt()
{
    okandı=1;
    deneokı=0;
    while(okandı==1)
    {
        Wire.beginTransmission(BMS.Address);
        Wire.write(0x09);
        end_volt=Wire.endTransmission();

        deneokı=deneokı+1;
        if(deneokı>=100)
        {
            okandı=0;
            deneokı=0;
        }

        if(end_volt==0)
        {
            Wire.requestFrom(BMS.Address,2);
            if(Wire.available())
            {
                Volt = (Wire.read() | Wire.read())<<8;
                /*Serial.print("Volt: ");
                Serial.println(Volt);*/
                okandı=0;
            }
        }
    }
    end_volt=5;
    delay(5);
}

```

Şekil 3.30. Batarya geriliminin okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu

Şekil 3.30.'da da diğer fonksiyonlarda olduğu gibi BYS biriminin ilgili kaydedicisinden gerilim değeri okunarak veri işlenmiştir. Gerilim bilgisinin güncel tutulması için kütüphanelerde saklanan bu fonksiyonların ana kod fonksiyonunda çağrılarak güncelliği korunmuştur.

Gerilimin kritik olması kadar akım da bu kritik verilerden biridir. Akımın okunması da bir fonksiyon olarak Şekil 3.31.'de tanımlanmıştır. Bu şekilde akım düşmeleri ve

yükselmeleri sırasında olağan düzeyin dışındaki parametrelerde bu anormallik tespit edilerek hem uyarı verilmesi hem de güç anahtarının kapatılması sağlanmıştır.

```

void i2cRead_Current()
{
  okandı=1;
  deneokı=0;
  while(okandı!=1)
  {
    Wire.beginTransmission(BMS.Address);
    Wire.write(0x04);
    end_cur=Wire.endTransmission();

    deneokı=deneokı+1;
    if(deneokı>=100)
    {
      okandı=0;
      deneokı=0;
    }

    if(end_cur==0)
    {
      Wire.requestFrom(BMS.Address,2);
      if(Wire.available())
      {
        Current = (Wire.read() | Wire.read())<<8;
        int sign= (Current>>15);
        //Serial.print("sign");
        //Serial.println(sign);
        if(sign==1)
        {
          Current=Current-65535;
        }
        /* Serial.print("Current:");
        Serial.println(Current); */
        okandı=0;
      }
    }
  }
  end_cur=5;
  delay(5);
}

```

Şekil 3.31. Batarya akımının okunmasına ait fonksiyon için kaynak kodu

Ana fonksiyon içerisindeki kaynak kodları ve veri alma fonksiyonlarının çağırılması örnek olarak Şekil 3.32.'de gösterilmiştir. Veriler fonksiyonların çağırılmasıyla alınmış ve dizilerde tutulmuştur. Geliştirme sırasında gelen verilerin doğruluğunun gözlemlenmesi için ekrana yazdırma işlemleri yapılmıştır. Sonradan komut satırı haline getirilmiştir. Aynı işlemler her iki batarya için de yapılmıştır. Şarj durum verisi diğer verilere göre hem kullanıcı tarafına aktarılmıştır hem de batarya testlerinde data logger ile izlenmek için kullanılmıştır. Bu şekilde 24 saatlik kullanım verisi batarya bölümünde grafik haline getirilmiştir.

```

#include <Wire.h>
int BMSAddress = 11;
int Temp,okundu;
float Temp1;
int Volt,SOC;
signed int Current;
int Cycle;
int x=0;
int deneokut=0;
int end_cycle,end_temp,end_volt,end_cur;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //BaudRate 9600
  Wire.begin();
  Wire.setClock(100000);
}

uint8_t tx_Arr[9];
uint16_t checkSum = 0;

void loop()
{
  i2cRead_Temp();
  i2cRead_Volt();
  i2cRead_Current();
  i2cRead_SOC();

  checkSum = 0;
  tx_Arr[0] = 0xFF;
  //Volt
  tx_Arr[1] = (uint8_t)(Volt >> 8);
  tx_Arr[2] = (uint8_t)(Volt & 0xFF);
  //Temp
  tx_Arr[3] = (uint8_t)(Temp >> 8);
  tx_Arr[4] = (uint8_t)(Temp & 0xFF);
  //Current
  tx_Arr[5] = (uint8_t)(Current >> 8);
  tx_Arr[6] = (uint8_t)(Current & 0xFF);
  //SOC
  tx_Arr[7] = (uint8_t)(SOC & 0xFF);
  tx_Arr[8] = 0;

  /* Serial.print("{}"); Serial.print("Volt:"); Serial.print(Volt);
  Serial.print(" Temp:"); Serial.print(Temp1); Serial.print(":");
  Serial.print(Current); Serial.print(" SOC:"); Serial.print(SOC);
  Serial.println("{}");*/

  for(uint8_t c = 0 ; c < (sizeof(tx_Arr) - 1) ; c++) checkSum += tx_Arr[c];
  tx_Arr[8] = checkSum % 256;

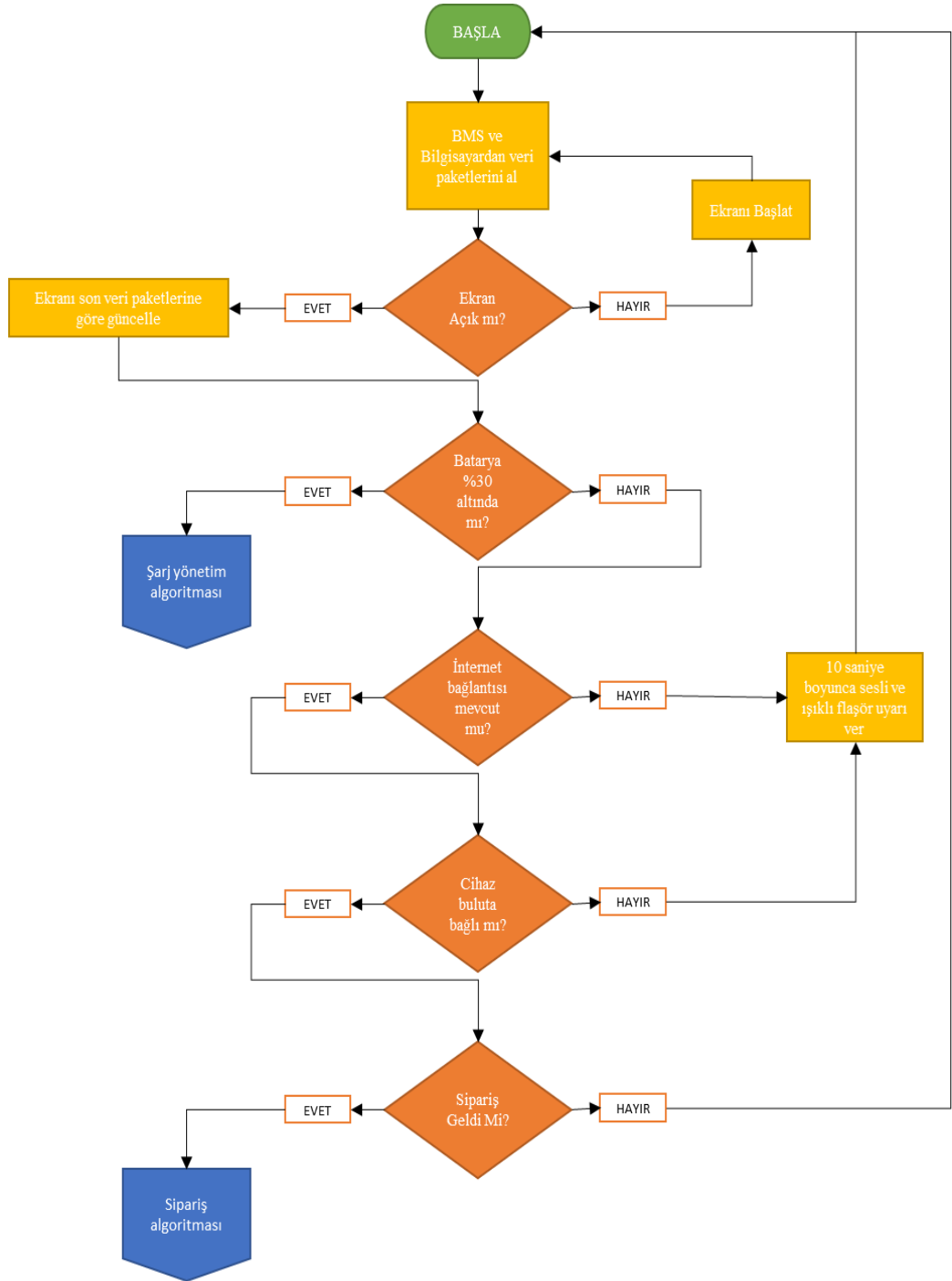
  for(uint8_t c = 0 ; c < sizeof(tx_Arr) ; c++) Serial.print(tx_Arr[c]);

  delay(1000);
}

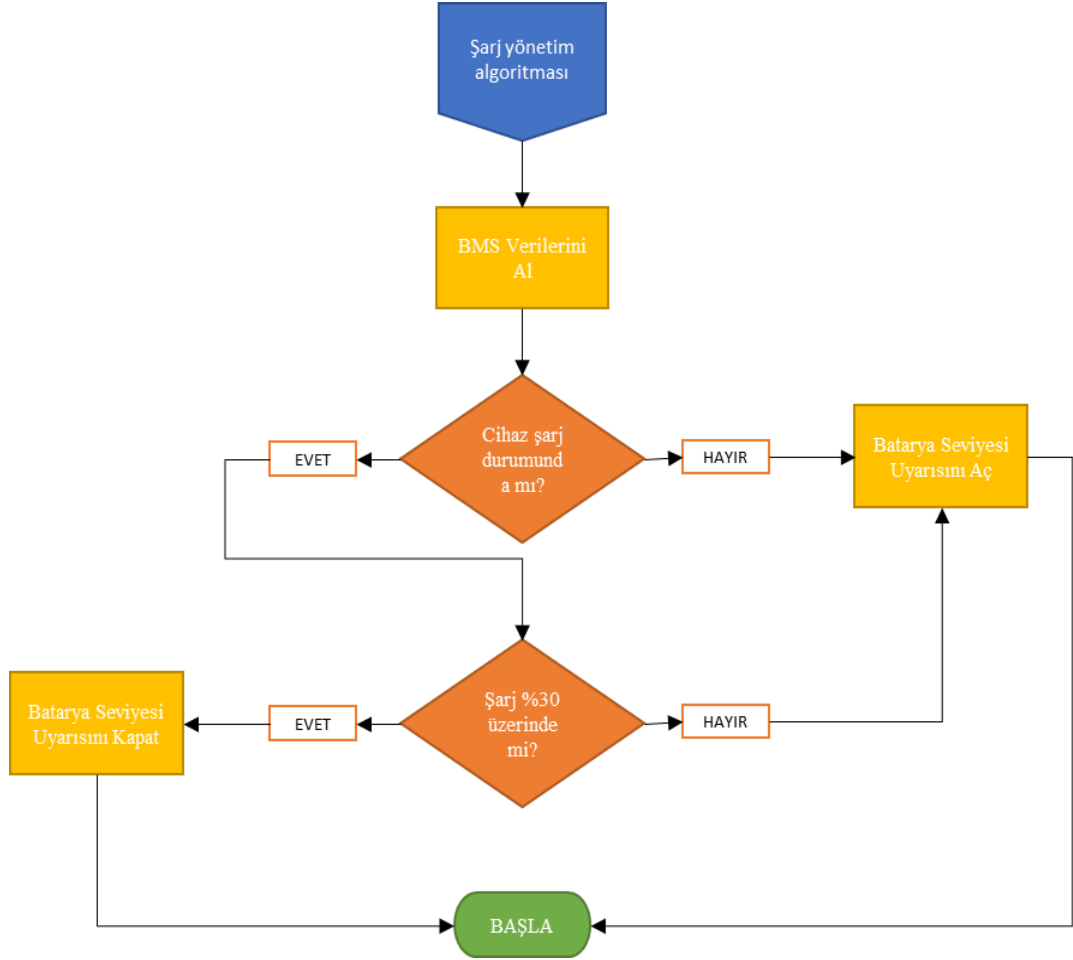
```

Şekil 3.32. Ana fonksiyona için kaynak kodu

3.9. Çalışma Algoritması



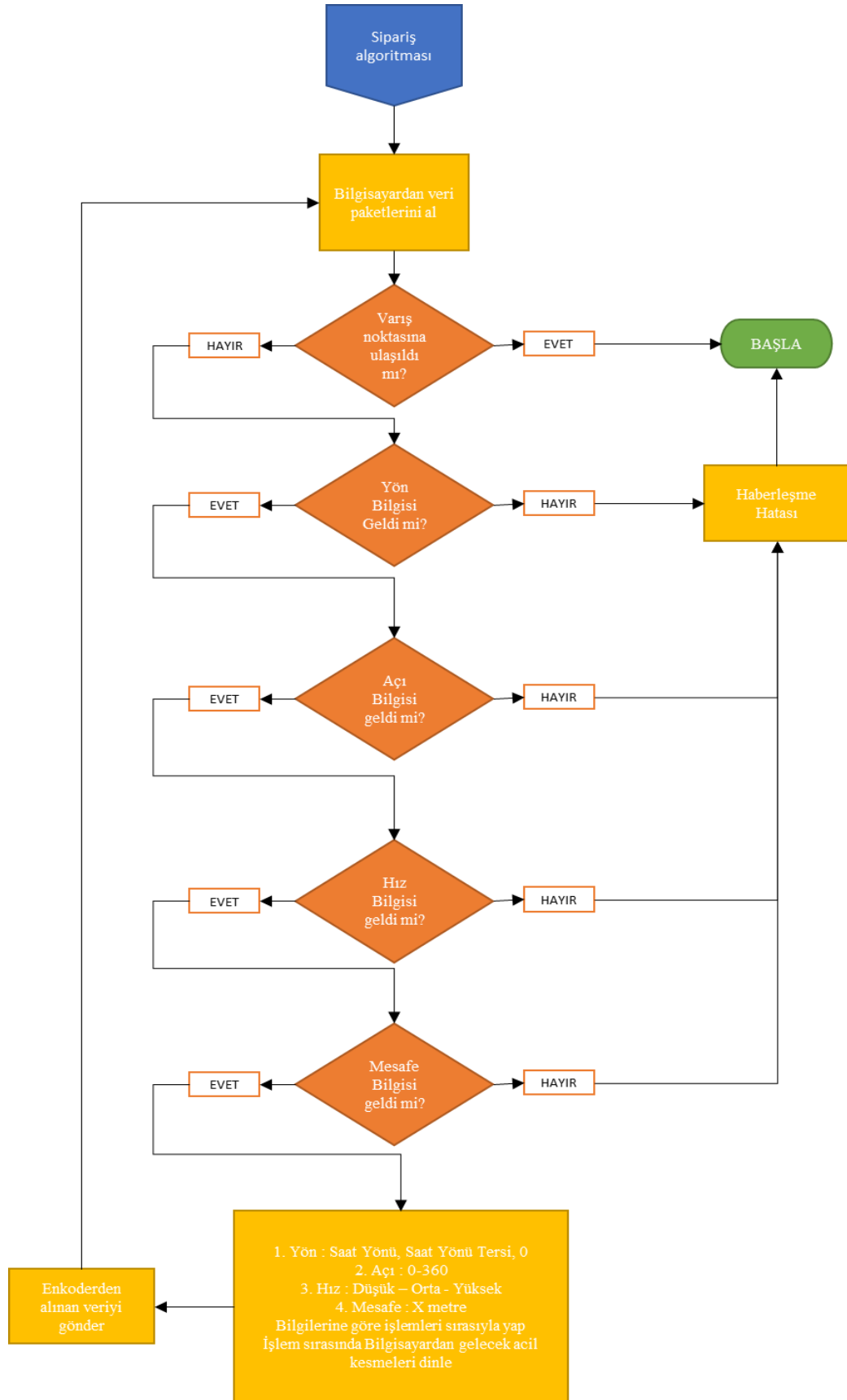
Şekil 3.33. Ana algoritma akış şeması



Şekil 3.34. Şarj yönetimi algoritmasına dallanan akış şeması

Çalışma algoritması Şekil 3.33.'teki gibi başlayıp devamında dallanarak farklı fonksiyonların içinde farklı işlemlere ait işlemler yaptırılmıştır. Giriş kısmında ilk başta kontrollerin yapılması ve cihaz durumunun belirlenmesi işlemleri yapılmıştır. Bilgisayar bağlantısı ve BMS verilerinin kontrolü en başta sağlanmıştır. Aksi bir durum oluşması esnasında ışıklı ve sesli indikatörlerle uyarı verilmiştir.

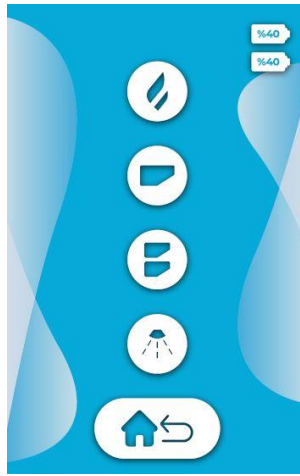
Cihazın tüm kontrollerinin yapılmasından sonra eğer normaller dışında bir durum yok ise, örneğin şarj durumu veya cihaz etrafında bir engel olması gibi, bu durumda siparişe hazırlanmaktadır ve gelen siparişe göre Şekil 3.35.'te belirtildiği gibi sipariş algoritmasına dallanmıştır. Sipariş algoritmasını sorunsuz bir şekilde tamamladıktan sonra Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu, bekleme noktasına dönmek için başlangıç kısmına dönüp kullanıcının eve dön komutunu butonla aktif etmesi beklenmiştir.



Şekil 3.35. Sipariş algoritmasına dallanan akış şeması

3.10. Arayüz Tasarımı

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu konsol kısmında kullanıcıların kolayca erişim sağlayabileceği bir dokunmatik ekran eklenmiştir. Bu ekran kahve makinesinde fiziksel olarak erişilebilecek tüm butonlara erişimi sağlamak için tasarlanmıştır. Ayrıca Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun bekleme alanına dönmesini sağlayacak bir buton ve şarj durumunu hem kahve makinesi hem de Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu için gösteren bir şarj barı da ekran üst kısmına eklenmiştir.



Şekil 3.36. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun varsayılan ekran teması

Türk Kahvesi makinesinin renklerini yansıtan tasarım ekran için bir de tema değiştirme alternatifi eklenmiştir. Bu şekilde güncelleme ile tema sayısı da artırılabilir şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.36.'da görülen tema varsayılan olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.37.'de belirtilen tema ise isteğe bağlı olarak etkinleştirilebilir şekilde tasarlanmıştır.



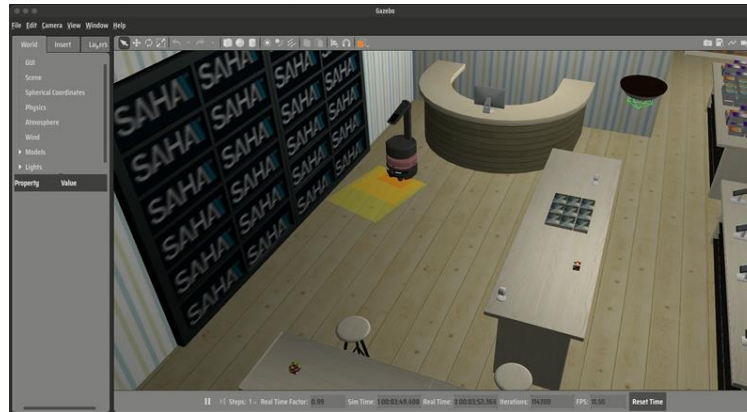
Şekil 3.37. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun opsiyonel seçilen ekran teması

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun henüz çalışır bir iskeleti olmadan yapılmış modeli incelenmiştir. Gazebo simülatör ile yapılan simülasyon prototiplemeden önce sistem ile ilgili çıkarımlar yapmamızı ve oluşan ya da oluşması olası hataları düzeltme konusunda yardımcı olabilecek bir paket programdır. Ve yine bu bölümde Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun günlük yaşamda kullanılması ve bakımı konusu detaylandırılmıştır.

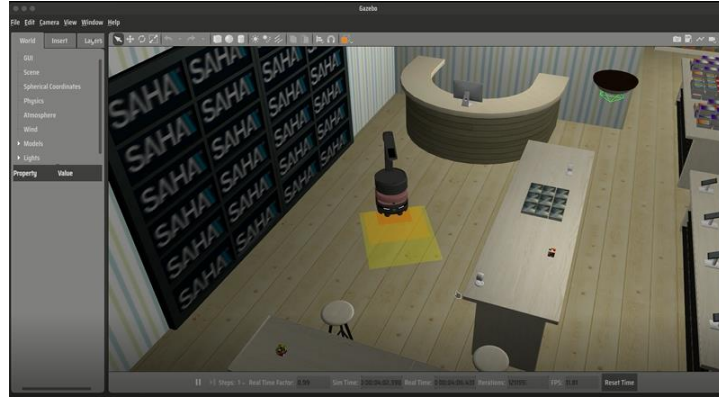
4.1. Simülasyon

Simülasyon ortamı bahsedildiği gibi Gazebo'da oluşturulmuş bir ofisi temsil etmektedir. Şekil 4.1.'de Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun bir bekleme alanından hedef noktaya sipariş talebi oluşturulmuştur. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu, üzerindeki sanal sensörler ile yazılımsal olarak tanıtılmış nesnelerin arasından hedefe ulaşmaya çalışmaktadır.



Şekil 4.1. Simülasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu başlangıç noktası

Şekil 4.1.'de gösterildiği üzere başlangıç noktasında bekleyen Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'na sipariş komutu geldiği sırada Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu önünde herhangi bir engel olup olmadığını taramaktadır. Engel taramasından sonra koşullar elverişli ise rotasını belirleyerek hedefe ulaşmak için yola çıkmıştır. Bu noktada yine lidar sensör ve derinlik kameralarından aldığı veriyle bu şartlar değerlendirilmiştir.



Şekil 4.2. Simülasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun güzergahında ilerlemesi

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu için hedef nokta masanın yanında bulunan tabure olarak seçilmiştir. Taburede hizmet bekleyen kişiye siparişini iletmek için rotasını oluşturmuş ve duvara ya da masaya çarpmadan hedefine doğru Şekil 4.2.'de gösterildiği gibi ilerlemiştir.



Şekil 4.3. Simülasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu sipariş teslimi

Şekil 4.3.'te tabureye belirli bir mesafede yaklaşarak siparişi teslim etmek için bekleyen Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu, tabureyi algılayarak yakınlık riskini kırmızı bölge sınırlarına göre belirlemiştir. Yani diğer bir ifade şekliyle siparişi teslim edeceği noktaya güvenli mesafede beklemiştir.

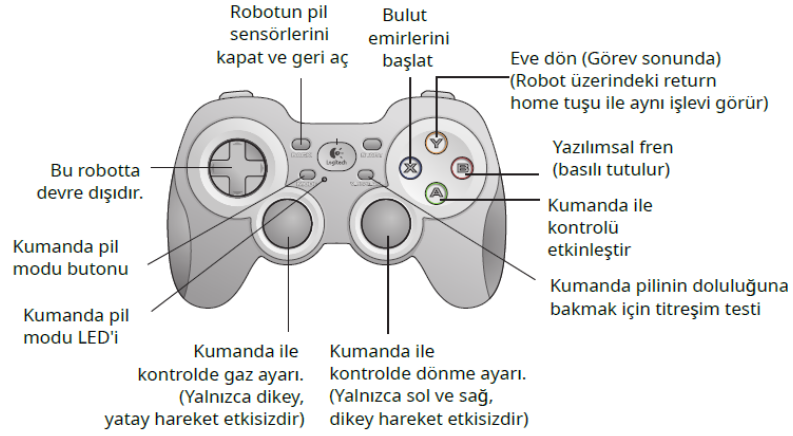


Şekil 4.4. Simülasyona ait Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu başlangıça dönüşü

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu siparişini teslim ettikten sonra kullanıcıdan geri dönmek için komut bekler eğer Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu kullanıcı tarafından gelecek bekleme yerine geri dön bildirimini almazsa Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu, 7 dakika sonra sipariş bölgesinden ayrılması sağlanmıştır. Bu süre gerçekte kahve makinesinden alınabilecek kahve adedi ve sayısı düşünüldüğünde ortalama ve toleranslı olarak verilmiştir.

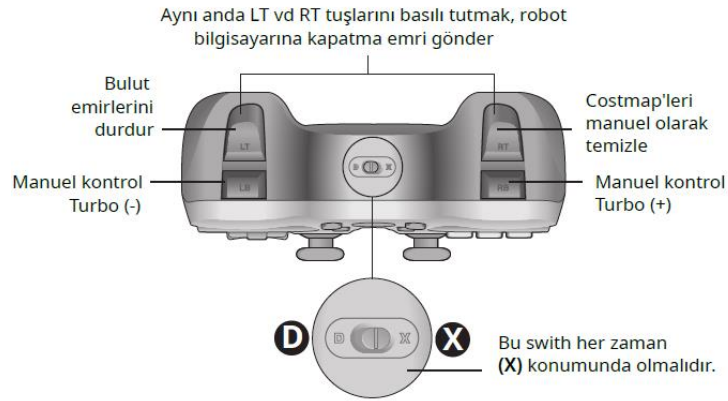
4.2. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu Çalışma Detayları

Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu ilk çalıştırma sırasında manuel bir yönlendirmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu yönlendirme Şekil 4.5.'te verilen kumanda ile sağlanmıştır. Öncelikle Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu güç tuşu aktif edilerek sistemin açılması beklenmiştir. Devamında ise kumanda kontrolüne geçirilip, kumanda ile bekleme alanına götürülmüştür. Devamında ise Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun buluta bağlanma işlemi yine kumanda ile yapıлып devamında kumanda devreden çıkartılmıştır.



Şekil 4.5. Kumandanın ön yüzündeki butonlar ve açıklamaları

Kumanda ile hız arttırma ve azaltma işlemleri, buluta bağlama işlemi, buluttan ayırma işlemi, kumanda batarya kontrolü işlemi, Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'na ileri geri sağa sola yönlendirme işlemleri ve fren yaptırma işlemi gibi özellikler sağlanmıştır.



Şekil 4.6. Kumandanın yan yüzündeki butonlar ve açıklamaları

4.3. Maliyet Analizi

Tablo 4.1.'de cihazların satın alındığı fiyatlar eklenmiştir. Burada bütçe en fazla mekanik tasarım ve derinlik kamerası ile sensör tarafına harcanmıştır. Fiyatlar USD cinsinden verilmiştir. Toplam maliyet geliştirme giderleri harici 11823 USD olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu maliyet tablosu

Materyal/Cihaz	Adet	Fiyat (\$)	Toplam (\$)
Türk Kahvesi Makinesi	1	188	188
İnverter	1	156	156
Batarya	2	211	422
Derinlik Kamerası	2	878,5	1757
Geliştirme Kartı	2	30	60
Lidar Sensör	1	2000	2000
Şarj Cihazı	2	140	280
Dokunmatik Ekran	1	120	120
Aydınlatma	4	80	320
Kablolama, Soketleme ve Diğer	1	250	250
Mekanik Metal Gövde	1	5000	5000
Joystick	1	45	45
Motor	2	165	330
Tekerlek	2	100	200
USB Hub	1	20	20
Motor Sürücü	1	60	60
Modem, Bağlantı Adaptörü	1	210	210
Diğer Güç Kartları	1	235	235
Serigrafi	1	150	150
Diğer Tekerlek	2	10	20
Genel Toplam:			11823

4.4. Emsal Servis Robotu ile Karşılaştırmalı Analiz

Tablo 4.2.'de AIBAYES marka robotun güncel olarak elde edilmiş, satış fiyatı ve şarj ömrü parametreleri ile tez konusu Türk Kahvesi servis robotuna ait prototip üretim maliyeti ve şarj ömrü parametreleri gösterilmiştir. Bu veriler ışığında maliyet ve şarj ömrü parametrelerinde Türk Kahvesi servis robotunun emsal ürüne göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2. Şarj ömrü ve maliyet yönünden karşılaştırma tablosu

Parametre	AIBAYES Servis Robotu	Türk Kahvesi Servis Robotu
Fiyat(USD)	23426(Satış fiyatı)	11823(Prototip üretim maliyeti)
Deşarj Süresi(Saat)	10 Saat	15 Saat

BÖLÜM 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında otonom servis robotları ile ilgili yapılmış çalışmalar, patent başvuruları ve bu tip robotların tarihsel gelişimi kronolojik olarak anlatılmıştır. Robotların farklı sektörlerdeki önemi ve yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Ayrıca robot tasarımında kullanılan yöntemlerden ve araç takımlarından bahsedilmiştir. Robotların dünya genelinde sağladığı avantajlar üzerinde durulmuştur. Günümüzde uygulanabilirliğinden söz edilmiştir. Tasarımı ve prototip üretimi yapılan Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun kullanımı sırasındaki oluşabilecek olumsuz senaryolara karşı optimum koruma sağlayacak sensörler seçilmiştir. Aynı zamanda güç tüketimi, şarj ve deşarj durumları gözetilerek buna uygun kapasitede batarya seçimi yapılmıştır. Yine motor sürücü ve seçimi kullanılan motor tipine uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak otonom bir şekilde kahve servisi yapması amacıyla bir robot tasarımı yapılmıştır. Bu tez çalışmasının kapsadığı konularda tasarlanan yazılımlar ve seçilen donanımlar ile Mobil Türk Kahvesi Servis Robotu'nun sorunsuz çalıştığı görülmüştür. Ayrıca robot üzerinde Türk Kahvesi makinesi olduğu gibi diğer kahve çeşitlerinin de eklenebilir olması düşünülmektedir. Dünyadaki emsalleri ile kıyaslandığında gerek maliyeti gerekse şarj ömrü ve yüksek kullanılabilirliği ile tasarlanan robotun avantajları net olarak görülmektedir. Emsal cihazın satış fiyatına göre ortalama %50,83'lük maliyet avantajı ile ön plana çıkması beklenen robotun şarj ömrü ve kullanılabilir süresi olarak %50'lik avantaj sağlıyor olması, büyük oranda yerli ve milli kaynaklarla hayata geçirilmiş olması hem yüksek ihrac potansiyelini hem de muhtemel pazar liderliğini almasını sağlayacak, teknolojik ve bilimsel artılarının yanında ülkemize döviz girdisi sağlama ihtimali ile ön plana çıkmasına neden olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] "Graph Service Robots for professional use - top 5 applications." <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi: 21.9.2021
- [2] "Strong growth forecast for sales of professional and domestic service robots" <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi:13.10.2021
- [3] Kim, E., Shin, K.G., & Lee, J. (2014). Real-time battery thermal management for electric vehicles. *2014 ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS)*, 72-83.
- [4] "History" <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi:21.12.2021
- [5] "Made to order production with an advanced fleet of mobile robots" <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi:23.10.2021
- [6] "Case studies/cleaning robots reduce infections" <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi:23.10.2021
- [7] "Case studies/myappcafe introduces fully automated coffe to go service" <https://ifr.org/service-robots> Erişim Tarihi:28.11.2021
- [8] "Patent search file WO2020256159" <https://worldwide.espacenet.com> Erişim Tarihi:26.12.2021
- [9] "Patent araştırma dosya 2012/03634 " <https://worldwide.espacenet.com> Erişim Tarihi:27.12.2021
- [10] "Patent search file CN112509217A" <https://worldwide.espacenet.com> Erişim Tarihi:26.12.2021
- [11] Peng, J., Ye, H., He, Q., Qin, Y., Wan, Z., & Lu, J. (2021). Design of Smart Home Service Robot Based on ROS. *Mob. Inf. Syst.*, 2021, 5511546:1-5511546:14.
- [12] Misu, K., & Miura, J. (2015). Specific person tracking using 3D LIDAR and ESPAR antenna for mobile service robots. *Advanced Robotics*, 29, 1483 - 1495.

- [13] Lee, M., Heo, Y., Park, J., Yang, H., Jang, H., Benz, P., Park, H., Kweon, I., & Oh, J. (2019). Fast Perception, Planning, and Execution for a Robotic Butler: Wheeled Humanoid M-Hubo. *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 5444-5451.
- [14] De Keyser, A., & Kunz, W.H. (2022). Living and Working with Service Robots: A TCCM Analysis and Considerations for Future Research. *SSRN Electronic Journal*.
- [15] Gonzalez-Aguirre, J.A., Osorio-Oliveros, R., Rodríguez-Hernández, K.L., Lizárraga-Iturralde, J., Morales Menendez, R., Ramírez-Mendoza, R.A., Ramírez-Moreno, M.A., & Lozoya-Santos, J.D. (2021). Service Robots: Trends and Technology. *Applied Sciences*.
- [16] Kohl, J., van der Schoor, M.J., Syré, A.M., & Göhlich, D. (2020). SOCIAL SUSTAINABILITY IN THE DEVELOPMENT OF SERVICE ROBOTS. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, 1, 1949 - 1958*.
- [17] Bento, A.C. (2020). An Experimental Survey with NodeMCU12e+Shield with Tft Nextion and MAX30102 Sensor. *2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 0082-0086.
- [18] Liang, Y.S., Pellier, D., Fiorino, H., & Pesty, S. (2022). iRoPro: An interactive Robot Programming Framework. *International Journal of Social Robotics*, 14, 177-191.
- [19] Chen, W., Yaguchi, Y., Naruse, K., Watanobe, Y., & Nakamura, K. (2021). QoS-Aware Robotic Streaming Workflow Allocation in Cloud Robotics Systems. *IEEE Transactions on Services Computing*, 14, 544-558.
- [20] Xiong, R., Zhang, Y., Wang, J., He, H., Peng, S., & Pecht, M.G. (2019). Lithium-Ion Battery Health Prognosis Based on a Real Battery Management System Used in Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68, 4110-4121.
- [21] A, B., Rajendran, G., Sathyabalu, H.V., S, R.N., & S, B. (2021). Real-Time Implementation of Battery Management System in Electric Vehicles. *2021 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, 1-6.
- [22] Prasetyo, E.E. (2021). A Simple Brushless Motor and Propeller Test Stand for Experiment from Home. *Journal of Physics: Conference Series*, 2111.
- [23] (2017). Allegro MicroSystems Europe Announces New High-Current Integrated DC Motor Driver Integrated Circuit. *Measurement and Control*, 50, 148 - 148.
- [24] Voges, R., & Wagner, B. (2021). Interval-Based Visual-LiDAR Sensor Fusion. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6, 1304-1311.

- [25] Galal, M.M., Ng, W.P., Binns, R., & Aziz, A.A. (2020). Experimental Characterization of RGB LED Transceiver in Low-Complexity LED-to-LED Link. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20.
- [26] Blankenbach, K., Brezing, K., & Reichel, S. (2021). Evaluation of luminance vs. brightness for automotive RGB LED light guides in autonomous cars. *Optical Systems Design*.
- [27] Guo, X., Chun Wan, G., & Tong, M.S. (2019). An Intelligent Control System of Music Rhythms by RGB-LED Lamp. *2019 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS - Fall)*, 1622-1627.
- [28] Halim, D.K., Ming, T.C., Song, N.M., & Hartono, D. (2019). Arduino-based IDE for Embedded Multi-processor System-on-Chip. *2019 5th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, 135-138.
- [29] Wickert, A.D., Sandell, C.T., Schulz, B., & Ng, G.C. (2019). Open-source Arduino-compatible data loggers designed for field research. *Hydrology and Earth System Sciences*.
- [30] Yildirim, O., & Karaca, O.B. (2022). The consumption of tea and coffee in Turkey and emerging new trends. *Journal of Ethnic Foods*, 9, 1-11.
- [31] "Getting Started with Gazebo?" <https://gazebosim.org> Erişim Tarihi:13.06.2022
- [32] Lucas, B.D., & Kanade, T. (1981). An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. *IJCAI*.
- [33] Grisetti, G., Stachniss, C., & Burgard, W. (2005). Improving Grid-based SLAM with Rao-Blackwellized Particle Filters by Adaptive Proposals and Selective Resampling. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2432-2437.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mert TAŞ

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Elektronik Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Afyon Kocatepe Üni./ Mühendislik Fakültesi/ Elektrik Mühendisliği	2018
Lise	Süleyman Nazif Anadolu Lisesi	2010

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2021-Halen	Arzum Elektrikli Ev Aletleri	Arge Uzmanı
2018-2021	Setcom Sistem Elektronik	Arge Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

- Taş, M., & Yavuz, C. (2022). Service Robot Design And Prototyping. International Marmara Scientific Research And Innovation Congress, 2, 618-624.

HOBİLER

Tenis, Dağcılık