

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİR UZABULUNUM ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Müh. Şeyma AYMAZ

MAYIS 2016
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİR UZABULUNUM ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

Bilgisayar Müh. Şeyma AYMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"BİLGİSAYAR YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 05 / 2016

Tezin Savunma Tarihi : 26 / 05 / 2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR

Trabzon 2016

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Şeyma AYMAZ Tarafından Hazırlanan

BİR UZABULUNUM ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

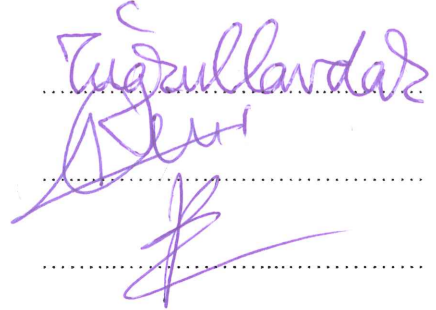
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10 / 05 / 2016 gün ve 1652 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim SAVRAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Rifat BENVENİSTE

Three handwritten signatures in purple ink are present on the right side of the page. The top signature is the most legible and appears to read 'Tuğrullarda'. Below it are two more signatures, one of which is partially obscured by the text of the other member's name.

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Çalışmada uzaktan kontrol edilebilen, karşılıklı ses ve görüntü aktarımı sağlayan bir uzabulunum robot tasarlanmıştır. Uzabulunum robot insanlara yardımcı olması ve uzman kişilerin görüşlerinden daha fazla insanın faydalanması amacıyla tasarlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim ve tez danışmanlığım boyunca ilgi, destek ve tecrübelerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca sabır, destek ve sevgileriyle yanımda olan, hayat yolundaki önderim babama, özverili anneme, her zaman yanımda olan kardeşime, abim Yasin DEMİR'e,

Çalışmalarında desteğini bir an olsun esirgemeyen hayat arkadaşım Samet AYMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Şeyma AYMAZ
Trabzon 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bir Uzabulunum Robotun Tasarımı ve Gerçeklenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 26 / 05 / 2016

Şeyma AYMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Mevcut Ticari Uzabulunum Robotlar.....	7
1.2.1. The QB Avatar.....	7
1.2.2. The Double.....	8
1.2.3. The RP-VITA.....	9
1.2.4. The MantaroBot Classic 2.....	10
1.2.5. The VGo.....	11
1.2.6. The Beam Pro.....	12
1.3. Uzabulunum Robot Donanımları	13
1.3.1. Arduino.....	13
1.3.1.1. Arduino Mega 2560.....	14
1.3.1.1.1. Arduino Mega 2560 Yapısı ve Özellikleri	15
1.3.1.1.2. Arduino Mega 2560 Portları.....	16
1.3.2. Doğru Akım Motoru.....	17
1.3.2.1. Doğru Akım Motoru Çalışma Prensibi.....	18
1.3.2.2. Doğru Akım Motoru Sargı Yapıları ve Özellikleri	18
1.3.3. Ultrasonik Mesafe Sensörü.....	19
1.3.3.1. DYP-ME007 Mesafe Sensörü	19
1.3.4. Röle.....	21
1.4. Uzabulunum Robotlarda Haberleşme.....	22

1.4.1.	Süreçler Arası Haberleşme	22
1.4.1.1.	Soket Haberleşme	23
1.4.1.1.1.	İletim Kontrol Protokolü (TCP)	24
1.5.	Uzabulunum Robotlarda Konum Tespiti.....	26
1.5.1.	Konulandırma Teknikleri	26
1.5.1.1.	Sinyal Gücü Göstergesi (RSSI)	27
1.5.2.	Trilaterasyon Teknikleri.....	28
1.5.2.1.	Cramer-Rao Yöntemi	31
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME	32
2.1.	Giriş.....	32
2.2.	Robot Anatomisi.....	33
2.2.1.	Gezinim	38
2.3.	Sistemin Genel Yapısı	41
2.3.1.	İstemci - Sunucu Haberleşmesi	43
2.3.2.	Sunucu ve Arduino Arasında Haberleşme.....	45
2.3.3.	Arduino ve Elektronik Elemanlar.....	46
2.4.	Konum Tespiti	48
2.5.	Uzaktan Denetim Arayüzleri	52
2.5.1.	İstemci Arayüzü.....	52
2.5.2.	Sunucu Arayüzü.....	55
2.6.	Deneysel Sonuçlar ve Karşılaştırmalar	56
3.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	62
4.	ÖNERİLER	64
5.	KAYNAKLAR.....	65

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BİR UZABULUNUM ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

Şeyma AYMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR
2016, 68 Sayfa

Uzabulunum robotlar, kullanıcılarının uzaktaki insanlarla karşılıklı iletişimini kolaylaştıran ve uzak yerleri sanal olarak gezebilme imkanı sunabilen robotlardır.

Çalışmamızda uzaktan kontrol edilebilen, eşzamanlı karşılıklı ses ve görüntü transferi sağlayan uzabulunum robot tasarlanmıştır. Bilgisayarlar soket haberleşme yöntemi ile haberleşmektedir. Kullanıcı, görüntü bilgisi sayesinde uzak ortamı görebilmekte ve robotu arayüz programıyla istediği yöne yönlendirebilmektedir. Robotta bulunan ultrasonik sensörler, robotun engelle arasındaki mesafe bilgisini ölçmektedir. Kritik mesafeye ulaşılması durumunda, motorun o yöne hareketi engellenmektedir. Ayrıca tasarlanan uzabulunum robotta beyaz tahta uygulaması mevcuttur. Bu uygulama sayesinde, kullanıcılar bir görüntü üzerinde veya beyaz bir alanda tartışabilmektedir. Uzabulunum robot, konum tespiti de yapabilmektedir. Uzabulunum robotun konumu istemci arayüzüne önceden yerleştirilmiş harita üzerinde, kullanıcıya gösterilmektedir.

Çalışmamızda yapılan uzabulunum robotun engel algılaması, kullanım kolaylığı sağlayan arayüzlere sahip olması, beyaz tahta uygulamasına sahip olması, konumunu belirleyebilmesi ve uygun maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robotun ofislerde, eğitim kurumlarında, sağlık kurumlarında ve evlerde kullanılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uzabulunum robot, Soket haberleşmesi, RSSI, Trilaterasyon

Master Thesis

SUMMARY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TELEPRESENCE ROBOT

Şeyma AYMAZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Computer Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuğrul ÇAVDAR
2016, 68 Pages

Telepresence robots are robots that enable their users ease mutual communication with remote people and virtually visit remote places.

In our study, telepresence robot was developed remotely controlled and concurrent mutually transfer image and voice. The computers can communicate each other using socket communication method. The user can see the remote environment through image information and direct the robot in the direction user wanted through interface program. Ultrasonic distance sensors on the robot measure the distance information between the robot and obstacle. When the robot reaches the specified critical distance, the motor is prevented from moving in that direction. In addition designed telepresence robot has white board application. Mutual users can discuss on an image or a white area due to this application. The telepresence robot is able to determine its location. Position of telepresence robot on map which placed on client interface early is shown user.

In our study, the telepresence robot has the advantage of obstacle detection, has interfaces for ease of use, has white board application, can determine the location and be cost-effective. The designed telepresence robot can be used in circumstances such as: in offices, in educational institutions, in health institutions, in homes etc...

Key Words: Telepresence robot, Socket communication, RSSI, Trilateration

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. The QB Avatar	8
Şekil 1.2. The Double	9
Şekil 1.3. (a) The RP-VITA	10
Şekil 1.3. (b) The RP-VITA hastane ortamında kullanımı.....	10
Şekil 1.4. The MantaroBot Classic 2	11
Şekil 1.5. The VGo.....	12
Şekil 1.6. The Beam Pro	13
Şekil 1.7. Arduino Mega 2560.....	14
Şekil 1.8. DYP-ME007 ultrasonik mesafe sensörü	20
Şekil 1.9. İki boyutlu trilaterasyon	29
Şekil 2.1. Robot görünüş	34
Şekil 2.2. Robot manipülatörü taban kısmı	35
Şekil 2.3. Donanım elemanları	36
Şekil 2.4. Ultrasonik mesafe sensörü engel algılama.....	37
Şekil 2.5. Motor sürücü devresi ISIS simüle.	39
Şekil 2.6. Motor sürücü devre ARES simüle.....	39
Şekil 2.7. Motor sürücü devre	40
Şekil 2.8. Arduino için akış diyagramı	41
Şekil 2.9. Sistemin genel yapısı.....	42
Şekil 2.10. Sunucu bilgisayar soket haberleşmesi pseudo kod.....	44
Şekil 2.11. İstemci bilgisayar soket haberleşmesi pseudo kod.....	44
Şekil 2.12. Arduino ile elektronik elemanlar genel yapısı	46
Şekil 2.13. Arduino ile DYP-ME007 arasındaki bağlantı.....	47
Şekil 2.14. Arduino ile motor sürücü devre arasındaki bağlantı	48
Şekil 2.15. Ölçüm yapılan bölgenin alan haritası	49
Şekil 2.16. RSSI pseudo kod	50
Şekil 2.17. Uzabulumun robotun gerçek konumu	51
Şekil 2.18. Haritada işaretlenmiş konum.....	52
Şekil 2.19. İstemci arayüzü.....	53

Şekil 2.20. Sunucu arayüzü	55
Şekil 2.21. Uzabulunum robot kullanımına örnek.....	61



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Arduino Mega 2560 özellikleri	15
Tablo 1.2. DYP-ME007 entegresinin pinlerinin görevleri	20
Tablo 1.3. DYP-ME007 özellikleri	20
Tablo 1.4. TCP segment yapısı.....	24
Tablo 2.1. Cramer-Rao metoduna göre kestirilmiş konumlar	57
Tablo 2.2. Uzabulunum robotların karşılaştırılması.....	58



SEMBOLLER DİZİNİ

I/O	Giriş/Çıkış
ICSP	Devre Üzerinden Programlama (In-Circuit Serial Programming)
TCP	İletim Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol)
UDP	Kullanıcı Veribloğu İletişim Kuralları (User Datagram Protocol)
DC	Doğru Akım (Direct Current)
USB	Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
RX	almak (Receive X)
TX	iletmek (Transmit X)
PWM	Sinyal Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
SPI	Seri Çevresel Arayüz (Serial Peripheral Interface)
MISO	Usta Aygıt Giriş, Çıracık Çıkış (Master In Slave Out)
MOSI	Usta Çıkış, Çıracık Aygıt Giriş (Master Out Slave In)
SCK	Seri Saat (Serial Clock)
SS	Çıracık Seçimi (Slave Select)
TWI	İki Kablo Arayüzü (Two Wire Interface)
SDA	Seri Veri (Serial Data)
SCL	Seri Saat (Serial Clock)
AREF	Analog Referans Pini (Analog Reference PIN)
RSSI	Sinyal Gücü Göstergesi (Received Signal Strength Indicator)
GNSS	Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Navigation Satellite Systems)
GPS	Global Yer Tanımlama Sistemi (Global Position System)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Robotik, otonom veya kumanda edilen, algılayıcıları, kontrol sistemi, eyleyicileri ve bedensel yapıları ile nesnelere tutmak, kavramak, hareket ettirmek, taşımak, üretim yapmak gibi amaçları yerine getirebilen elektronik, mekanik veya sibernetik yapılardan oluşan yapay sistemler olarak tanımlanabilir [1].

Robot kelimesinden ilk defa 1921 yılında bir tiyatro sahnesinde bahsedilmiştir. Çek bilim kurgu yazarı Karel Capek tarafından yazılan “Rossum’un Akıllı Robotları (R.U.R.)” Prag-Çekoslovakya’da sahnelenmiş bir yapıttır. Oyunda yapay zekaya sahip sosyal robotların fabrikalarda çalışarak insanların yerini alması ve insanlarla olan çatışmaları anlatılmaktadır. Oyun vermek istediği öngörüler açısından önemlidir. Oyunun yazarı kendisinden sonra gelen bilim kurgu yazarlarını da etkilemiştir.

Günümüzde robotik birden fazla alt bölüme ayrılmıştır. Bunlar;

- Uzman Robotlar,
- Endüstri Robotları,
- Tıp ve Sağlık Robotları,
- Sosyal Robotlar,
- Canlı Benzeşimli Robotlar,
- Hobi Robotları,
- Oyuncak Robotlar.

Çalışmamızda gerçekleştirilen Uzabulunum Robot alt bölümlerden uzman robotlar sınıfına dahil edilebilir. Bu yüzden uzman robotlar daha detaylı incelenmiştir.

Uzman robotlar, genellikle özel ve özgün amaçlar için geliştirilmiş robotlardır. Örnek verecek olursak;

- Askeri robotlar,
- Bomba imha robotları,
- Ulaşım robotları,
- Arama kurtarma robotları,
- Orman robotları,
- Kara araştırma robotları...

Uzman robot örnekleri her geçen gün artmaktadır. Çok sayıda şirket farklı amaçlar için tasarlanmış robotlar üretmektedir. Uzman robotlar otonom veya programlanabilir kumanda mantığından ziyade genellikle uzaktan kumandalıdır.

Uzman robotlara örnek olabilecek uzabulunum robotlar da günümüzde yaygın olarak kullanılma imkanı bulmuştur. Hastane, ev, okul ve ofis ortamlarında rahatlıkla kullanılabilir. Amaçları arasında insan gücünü azaltması ve insanlara fayda sağlaması yer almaktadır. Uzabulunum robotlar tasarlanırken kullanılacağı alan ve hangi amaçla kullanıldığına bağlı olarak tasarlanmaktadır. Literatür taraması yapılırken uzabulunum robotların yapıları ve kullanım alanları hakkında bilgi toplanması hedeflenmiştir.

Uzabulunum robotlar, iki yönlü ses ve görüntü aktarımı sağlayan robot platformudur. Bu robotlar, uzak mesafelerde keşif, muayene, cerrahi operasyon ve eğitim gibi daha birçok görevi yerine getirebilmeleri için insanların yerine ve onları temsil etmekte kullanılmaktadır. Uzabulunum robotlar aynı zamanda sanal olarak uzak yerleri gezebilme imkanı da sunmaktadır.

Desai [2] ve arkadaşları piyasada mevcut olan iki uzabulunum robotu karşılaştırmışlardır. Ve uzabulunum robot tasarlamak için kurallar belirlemişlerdir. Bu kurallar video, ses, kullanıcı arayüzü, fiziksel özellikler ve otonom davranışlarla ilgilidir. Video için ağ bağlantısı ve veri transferi; ses için kalite ve kontrolü; kullanıcı arayüzü için basitlik, kullanım kolaylığı gibi özellikler; fiziksel özellikler için boy, çoklu kamera, gövdeden bağımsız baş hareketi gibi özellikler ve son olarak otonom davranışlar için güvenlik ve kullanım kolaylığı gibi özellikler karşılaştırılmıştır.

González-Jiménez [3] ve arkadaşları Giraff uzabulunum robotuna şarj istasyonuna otomatik yerleşme, engel algılama, ziyaret edilen yerin krokisinde robotun pozisyonun gösterilmesi gibi teknik iyileştirmeler eklemişlerdir. Özellikle yaşlı insanların kullanımı için tasarlanmıştır.

Do [4] ve arkadaşları iRobot, robot işletim sistemi (Robot Operating System, ROS) ve mobil cihazlar kullanarak açık platformlu uzabulunum bir robot oluşturmak için düşük maliyetli bir yaklaşım önermişlerdir. Mevcut ROS paketleri kullanmanın yanında, canlı video akışı ve kontrol için Android uygulama geliştirmişlerdir. Robot, uzak mesafedeki insanlarla video konferans için kullanılabilir. Ek olarak otonom navigasyon, el hareketleri tanıma ve Google tarafından sağlanan bulut hizmetleri sayesinde ses tanıma gibi yeteneklere sahiptir.

Cosgun [5] ve arkadaşları robot ile insan arasında bir etkileşim olduğunda insanı özerk olarak takip edebilen mobil bir robot için yöntem sunmuşlardır. İnsanın tahmini yörüngesini kullanarak, robotun tahmini yörüngesini hesaplamışlardır. Geleneksel görüntüleme planlamasının aksine, yani kişiye yakın hedef noktalarının belirlenmesi yerine göreve bağlı hedef fonksiyonu tanımlamışlardır ki bu da robota istenen bölgelerin haritasını sağlamaktadır ama aynı zamanda insana da bağlı kalmaktadır. Planlama esneklik ve hedef fonksiyonu sayesinde farklı sosyal ortamların kodlanmasına izin vermektedir. Kullanıcılarla yapılan çalışmalar sonucunda ise manuel bir robot yerine özerk bir robotu tercih ettikleri vurgulanmıştır.

Tsui [6] ve arkadaşları engelli insanların uzabulunum robot kullanabilmeleri için robot arayüzünü sesli komutlarla icra edilebilecek şekilde tasarlamışlardır. Bu robot engelli insanların sosyal aktiviteleri yapabilmesine olanak sağlamaktadır.

Rezeck [7] ve arkadaşlarının tasarlamış olduğu uzabulunum robot iki modülden oluşmaktadır; insanı uzak ortamda temsil eden bir robot ve kullanıcının robotu kontrol edebildiği arayüz. Robot donanım olarak kamera, mikrofon ve çeşitli sensörler içermektedir. Kameraları yardımıyla insanlarla iletişim kurabilmektedir. Robot verilen komutları icra edebilmekte ve engel algılama, navigasyon gibi görevleri otomatik olarak gerçekleştirebilmektedir.

Ghribi [8] ve arkadaşları Android tablet kullanarak akıllı bir uzabulunum robot tasarlamış ve "REGIMTEL" olarak adlandırmışlardır. REGIMTEL, evde bulunan çocuklarla ve yaşlılarla iletişim kurmak ve onları denetlemek amacıyla tasarlanmıştır. Robotta Android tablet beyin görevi, tekerlekli robot ise gövde görevi görmektedir. Robot, web uygulaması ile kontrol edilmektedir. REGIMTEL sağlık sektörü, sosyal etkileşim ve güvenlik gibi alanlarda hizmet vermektedir.

Her geçen gün nüfusu artan ülkemizde, halka yaygın ve eşit sağlık hizmeti sunabilmek büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı ülkemizde yeni ve modern hastaneler yapılmakta ve hastaların çağa uygun sağlık hizmetinden yararlanmaları sağlanmaktadır. Ancak Türkiye'deki hekim sayısındaki yüksek düzeydeki yetersizlik sağlık hizmetlerinin istenilen verimlilik ve kalitede gerçekleştirilmesinin en önemli engellerinden biridir. Fakat yapılan çalışmalar göstermiştir ki mesafe ve imkansızlıklardan dolayı doktora gidememiş Afrika'nın Gabon bölgesindeki hastalar dahi mobil bir uzabulunum robot sayesinde Harvard Üniversitesi doktorlarından sağlık hizmeti alabilmişlerdir. Bu süreçte kullanılan donanımlar uzabulunum robot, mobil internet ve gönüllü bir pratisyen hekim ile

sınırlandırılmıştır. Uzabulunum robot ve bu robota eşlik eden hekimin amacı, rahatsızlığı herhangi bir alanla ilişkili olan hastayı, mesafeler ne kadar uzak olursa olsun alanında uzman bir hekim ile buluşturup sorununa çözüm bulabilmektir [9]. Bu türden uygulamaların ülkemizde de hayata geçirilebilmesi ile nitelikli hasta-doktor etkileşimleri sağlanabilecektir.

Türkiye'nin Avrupa standartlarına erişebilmesi noktasında da önemli kriterlerden birini oluşturan, ülkemizdeki hekim sayısının artırılması adına yapılacak çalışmalar gerek nitelikli sağlık hizmetlerinin verilmesi gerekse ulusal ilerleme bağlamında önemli avantajlar sağlayarak, ülkemizin ulusal ve uluslararası sosyal ve siyasi değerini arttıracak pozitif yöndeki uygulamalardır.

Bu kapsamda ülkemizde gerekli hekim ihtiyacını karşılamak için Tıp fakülteleri kontenjan limitlerinin üzerine çıkarılması, bu fakültelerin alt yapılarının güçlendirilmeye çalışılması, yeni Tıp fakülteleri kurulması gibi bir dizi çalışma ile kaliteden taviz vermeksizin hem ülkemizdeki hekim sayısı artırılması amaçlanmakta hem de daha fazla öğrenciye nitelikli bir Tıp eğitimi verilmesi amaçlanmaktadır.

Ülkemizde yapılan bu uygulamalar kapsamında yeni kurulmakta olan birçok Tıp fakültesinin öğretim elemanı ihtiyacı olduğu bilinen bir realitedir. Tasarlanan bu robot, Tıp Fakültesi yöneticileri için de öğretim üyelerinin olanaklarını zenginleştirmek adına önemli katkılar sağlayacaktır. Bu uzabulunum robot teknoloji vasıtasıyla kolayca kurulan ağlar, tıbbi sağlayıcılar arasında çift yönlü iletişim olanağı sağlayacak böylece hekimlere veri paylaşımı, eğitim konferansları, kalite iyileştirme projeleri ve karmaşık hasta yönetimi gibi farklı alanlarda birçok olanak sağlanmış olacaktır.

Yetişmiş nitelikli insan gücü sorununun bir diğer nedeni ise Tıp bilimi içinde giderek artan alt branşların gelişmesidir. Tıp biliminin ilerlemesi daha spesifik konularla ilgilenen grupların oluşmasına neden olmakta ve bu durum da gerek bu kişilerin sayısında yetersizliğe gerekse bu kişilere erişimi gittikçe zorlaştırmaktadır. Tıp bilimindeki spesifikleşme sebebiyle nitelikli insan sayısını artırmak daha da zor görünmektedir. Günümüz şartları ve elimizdeki mevcut imkanlar dikkate alındığında bu noktada izlenilebilecek çözüm yollarından birisi yetişmiş mevcut insan gücünden en iyi şekilde faydalanmaktır. Bu kapsamda uygulanan çeşitli yöntemlerden biri de merkezi hastanelerdeki yetişmiş insan gücünün diğer periferi hastanelerde kısmi zamanlı görevlendirilmesidir. Ancak bu durum beraberinde farklı sorunları getirmekte ve benzer sorunlara hemen her ülkede rastlanmaktadır. Örneğin erken doğum oranı dünya genelinde

hızla artarken beraberinde ortaya çıkan bebek rahatsızlıklarına müdahale edebilecek uzmanlar yalnızca belli merkezlerde hizmet verebilmektedirler. Bu uzman hekimlere ulaşamaması durumunda büyük oranda ölümlerle sonuçlanan rahatsızlıklar tespit edilememektedir. Bahsi geçen merkezlerden biri olan Boston Çocuk Hastanesinde belirtilen türden sorunların çözümü için uzabulunum robotlar kullanılmıştır. Farklı hastanelerde erken doğum gelişmesi halinde erken doğan bebek, bir sağlık personeli ve uzabulunum robot eşliğinde ambulansa transfer edilmekte ve alanında uzman hekimlerin direktifleri doğrultusunda hastanın merkeze sağlıklı biçimde ulaştırılması sağlanmaktadır. Bu sayede transferdeki gecikme ve transferi sağlayan sağlık personelinin yetersiz bilgisinden kaynaklanan kayıpların önüne geçilmektedir [10]. Tasarlanan uzabulunum robot ile farklı ortamlara aynı anda alanında uzmanlaşmış hekimlerin erişiminin mümkün kılınması yoluyla bu problemlerin çözümüne önemli bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Ayrıca tasarlanan uzabulunum robot sayesinde öğrenci ve asistan eğitimlerindeki sorunların büyük kısmının ortadan kalkacağı öngörülmektedir. Yapılan bir çalışmada gerek acil tıbbi bakımın sağlanması ve gerekse farklı disiplinlerde verilen uzaktan tıp eğitiminde bu robot sayesinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Böylece periferi hastaneler ile merkezi hastaneler arasındaki önemli bir boşluğu dolduracağı noktasında önemli katkılar sağlayacağı vurgulanmıştır [11, 12].

Geleneksel hastane şartlarında uzman hekimin olmaması durumunda acil bir sorun geliştiğinde, hastanın durumu hekimine, yanında bulunan hemşire ya da sağlık personeli tarafından, herhangi görsel bilgi olmaksızın, yalnızca yoruma dayalı olarak bildirilmektedir. Bu nedenle hekim, sağlık çalışanının aktarabildiği bilgi ile karar vermek durumunda kalmaktadır. Oysaki bazı durumlarda hekimin hastasıyla yüz yüze iletişim kurması ve bazı değerleri kendi gözüyle görmesi gerekmektedir. Hekimin hastaneye ulaşması zaman almakta, ulaşamaması durumunda ise hasta değerlendirmesi sağlıklı biçimde yapılamamaktadır. Acil müdahale ihtiyacı olan hastaların büyük bir bölümü ise periferi hastanelere başvurmaktadır. Bu hastanelerde, yeterince tecrübe sahibi olmayan sağlık çalışanları tarafından sunulan hizmet ise genellikle yetersiz kalmaktadır [13]. Acil kararlar verilmesi gereken hastaların uzabulunum robotlar aracılığıyla hekimleriyle buluşturulduğu çalışmalarda bu hizmetin hayati önemi olduğu görülmektedir [13, 14, 15, 16]. Durumu istikrarlı olmayan hastaların değerlendirilmesi sürecinde özellikle beynin iskemik ciddi sorunlarının çözümünde etkin kullanılabildiği, rutin laboratuvar verileri,

iskemik hasta değerlendirme testleri, radyolojik görüntüleme ve elektronik raporlar hakkında başarılı bilgiler sunduğu tespit edilmiştir [16, 17].

Uzabulunum robotların yalnızca teşhis sürecinde değil aynı zamanda yoğun bakım ünitelerinde de aktif biçimde kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarda uzabulunum robotların hasta kontrol sürecini kolaylaştırdıkları, sabah rutin kontrollerinin kolaylıkla yapılabilirdiği ve bu sayede gerek doktor topluluğunun oluşturduğu gereksiz yoğunluğun gerek hijyen probleminin en aza indiği, personel iş yükünün hafiflediği ve uygulama sonunda hasta ve ailelerinin memnuniyetlerinin üst düzeyde olduğu rapor edilmiştir [15, 16, 18, 19]. Literatürdeki farklı çalışmalarda uzabulunum robot üzerine yerleştirilen çift taraflı görüntü aktarımı yapan kamera kullanımının hastayı hekimiyle yüz yüze görüşüyormuş hissi uyandırdığı ve bu sürecin hasta-hekim arasında oluşan güven duygusunu artırdığına vurgu yapılmıştır [17, 19]. Bu süreçte tespit edilen bir diğer bulgu ise hastaların insansı bazı özellikler içeren uzabulunum robotlar ile farklı biçimlerde muhatap olduklarında morallerinin yükseldiği ve daha az agresif davrandıkları yönündedir [19, 20].

Evde bakım hizmetlerinde ve rehabilitasyon hizmetlerinde de kullanılan uzabulunum robotların bu süreçte etkin biçimde kullanılabildiği, orta düzeyde bilişsel problemi olan yaşlı hastaların evde kendi kendini idame edebilme sürelerinin uzadığı, aile fertlerine hasta bakım hizmetleri konusunda yardımcı olduğu tespit edilmiş, çalışma sonucunda herhangi bir yan etki gözlemlenmemiştir [21, 22]. Bu sonuçlar uzabulunum robotun hastane ortamında çeşitli birimlerde de rahatlıkla kullanılabileceği görüşünü desteklemektedir. Tüm bu katkılarına ek olarak uzabulunum robotların kullanıldığı çalışmalarda hastane maliyetlerinin azaldığı, yatak kapasitesinin efektif kullanıldığı, yanlış teşhis ve alanında uzman hekim eksikliğinden kaynaklanan olumsuzlukların azaldığı, hastanın uzman hekimle buluşma süresinin kısaldığı, kaliteyi ve hasta memnuniyetini artırdığı, yan etkiye sebep olmadığı ve zaman kaybının en aza indiği vurgulanmaktadır. Tasarlanan uzabulunum robotun gelecekte olması muhtemel felaket, savaş ve doğal afet durumlarında önemli bir hizmete aracılık edeceği de düşünülmektedir [17, 19, 23].

Sağlık alanında kullanılan uzabulunum robotların arayüzlerine bağlı olmak koşuluyla kolay kullanıldıkları belirtilmektedir. Uzabulunum robot tarafından kullanılan kameralarının yüksek çözünürlüklü olması, bant genişliği ve kullanılan internet alt yapısının ihtiyaca cevap verebilecek nitelikte olması ve gerektiğinde video aktarımına izin veren yapısıyla sağlık alanında oldukça kullanışlı olduğu ifade edilmektedir. Geliştirilen

uzabulunum robot sayesinde uzaktan sağlık hizmeti verilebildiği, hasta konsültasyonu yapılabildiği, sağlık hizmetlerinde eğitim amaçlı kullanılabildiği ayrıca sağlık çalışanları ve hastalara, sağlık alanında kullanım kolaylığı sunduğu belirtilmektedir [14, 23].

Literatürde birbirinden bağımsız gerçekteştirilen tıbbi amaçlı uzabulunum robot çalışmalarında öne çıkan avantajların bir araya getirilmesi hastanelerde verimin artırılması, hasta ve hekim memnuniyetinin karşılıklı olarak yükseltilmesi hedeflenmektedir. Buna karşılıklı bir markaya bağımlı kalma, kendi kendine etrafına çarpmadan hareket edebilmesi ve güvenlik eksiklikleri, veri transferinde yaşanan sorunların geliştirilmesi tasarlanan uzabulunum robotta ön plana alınarak mevcut avantajlarının daha da güçlü kılınması hedefler arasında tutulmaktadır [24, 25, 26, 27].

1.2. Mevcut Ticari Uzabulunum Robotlar

Uzabulunum robotlar dünya genelinde yaygın olarak kullanılmakta ve üretilmektedir. Hemen her alanda kendine yer edinebilmiş olan bu robotlar, kullanım alanları ve sağladıkları avantajlar bakımından farklılık göstermektedir. Ortaya çıkan farklılıklar pazar durumunu meydana getirmiş ve maliyet ayırt edici kriterlerden biri olarak yerini almıştır. Bu bölümde ticari olarak pazar durumu olan uzabulunum robotlardan birkaçı hakkında bilgi verilmektedir.

1.2.1. The QB Avatar

Anybots şirketi tarafından üretilen QB Avatar uzabulunum robotu bir web tarayıcısı ile doğrudan kullanılmaktadır. Uzabulunum robot Şekil 1.1.'de gösterilmektedir. Kullanıcılarının fiziksel varlıklarını çoğaltarak, insanlarla ve çevreyle olan etkileşimlerine izin vermektedirler. Bir web tarayıcısı üzerinden erişilir ve klavyedeki yön tuşları ile hareketi basitçe sağlanmaktadır. Aile üyeleri evde bıraktıkları evcil hayvanını kontrol edebilir, şirket çalışanlarına yüz yüze toplantı yapabilme imkanı sunabilir.

Biri engellerden kaçınmak için, diğerisi ise uzaktaki kullanıcıya bulunduğu ortamın görüntüsünü aktarmak için kullanılan iki adet kamerası bulunmaktadır. 3G ağları desteklemektedir. Boyu yaklaşık olarak 81 cm ile 188 cm arasında değişiklik

göstermektedir. İki adet büyük tekerleğe ve dik durmasını sağlayan kendi dengeleme sistemi mevcuttur. Pil ömrü 8 saattir. Fiyatı 9,700.00\$ olarak listelenmektedir [28, 42].



Şekil 1.1. The QB Avatar [28].

1.2.2. The Double

Double Robotics'in uzabulunum robotu olan Double, şık ve zarif bir makinedir. Uzabulunum robot Şekil 1.2.'de gösterilmektedir. İki adet yuvarlanabilen tekerlekleri üzerinde hareket ederken dik şekilde kalabilmek için denge algoritması kullanmaktadır. Uzabulunum robot tele tıp kullanımının yanı sıra üniversitelerde, şirketlerde ve evlerde de kullanılmaktadır. Doktorlar operasyon sonrası hastalarını evlerinde ziyaret edebilme imkanı bulmaktadır. Double Robotics iPad, iPhone, iPod touch veya Google Chrome web tarayıcısı kullanarak Double'ın çalışmasına izin vermektedir.

Ek olarak geniş açılı görüşü onu benzerlerinden farklı kılmaktadır. Ağ bağlantısı Wi-Fi veya 4G/LTE'dir. Batarya ömrü 6-8 saattir. Şarj olma süresi 2 saattir. Tahmini listelenmiş fiyatı 2,499.00\$'dır [28].

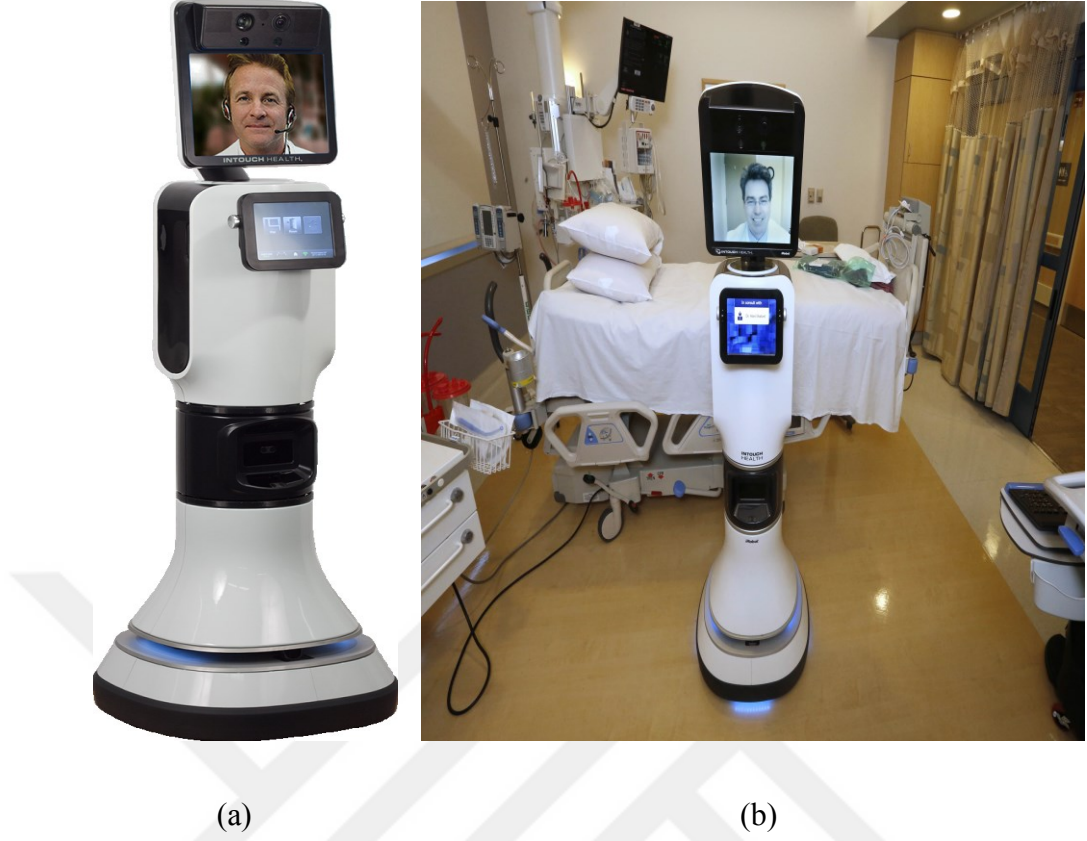


Şekil 1.2. The Double [28].

1.2.3. The RP-VITA

RP-Vita, iRobot ve InTouch Health tarafından geliştirilen uzabulunum bir robottur. Uzabulunum robot Şekil 1.3.'te gösterilmektedir. Tıbbi uzmanlara sağlık alanındaki bilgi alış verişlerinde yardımcı olmaktadır. Sağlık sektöründe çoğu hastanede kullanılmaktadır. Tıp alanındaki personel uzaktaki hastasını gözlemleyebilmekte ve tavsiyeler sunabilmektedir. Uzabulunum robot, veri portları üzerinden bilgilere erişebilmekte ve ultrason görüntüleme cihazı, dijital steteskop ve daha birçok cihazın bağlantısına izin vermektedir. Kullanıcı rehberine ihtiyaç duymadan güvenli seyahat ve kolay hareketlilik için otomatik navigasyon fonksiyonlarıyla donatılmıştır.

Ek olarak fizyolojik verileri izleme, kaydetme ve yakalama özelliğine sahiptir. Pil ömrü ve şarj süresi hakkında bilgi verilmemiştir. Fiyatı aylık 6,000.00\$ olarak listelenmektedir [28].



Şekil 1.3. (a) The RP-VITA, (b) The RP-VITA hastane ortamında kullanımı [28].

1.2.4. The MantaroBot Classic 2

MantaroBot Classic 2 uzabulunum robotu özellikle Skype konferans için tasarlanmış, fakat HIPAA uyum gerektiren uygulamalarda ve Microsoft Lync gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır. Uzabulunum robot Şekil 1.4.'te gösterilmektedir. Classic 2 HD pan/tilt kamera, mikrofon, hoparlör, 16" LCD ekran kullanmaktadır. Kablosuz haberleşme aracılığıyla, odanın etrafında gezinebilmekte ve diğer katılımcıları ve sunumları görebilmektedir. Kızılötesi engel algılama özelliği sayesinde oda içerisinde çarpmadan hareketi sağlanmaktadır.

Dokunmatik ekran, uzaktaki kullanıcının robottaki ses/video dosyalarını çalabilmesi gibi önemli özellikleri mevcuttur. Ağ bağlantısı Wi-Fi veya veri ile sağlanmaktadır. Pil ömrü 4 saattir. Tahmini listelenmiş fiyatı 3,700.00\$'dır [28].



Şekil 1.4. The MantaroBot Classic 2 [28].

1.2.5. The VGo

VGo Communications tarafından üretilen VGo uzabulunum robot, sadece temel özellikleri içeren zarif görünümlü uzabulunum bir robottur. Uzabulunum robot Şekil 1.5.'te gösterilmektedir. VGo yüksek çözünürlüklü kamera gibi eşsiz özelliklere sahiptir. Tıbbi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hastaneler ve doktorlar VGo aracılığı ile kendi evlerinden ya da ofislerinden, kırsal kesimlerdeki hastaneleri veya operasyon sonrası evde bakım gören hastaları ziyaret edebilirler. VGo aracılığı ile tıbbi okullar ve hastanelerdeki tıp eğitimlerine üst düzey cerrahlar ve uzmanların katılımı mümkün olmaktadır. Diğer bir yararı ise hızlı bir ikinci görüşe sahip olmasıdır. Örneğin hastanın yarasında beklenmedik bir gelişme olursa, doktor bulunduğu konumdan hızlıca müdahale edebilir. Bu tür uygulamaların hepsi tıp sektöründe insanlara yardım etmeye, bakım kalitesini ve verimliliği artırmaya, seyahat ve zaman giderlerini azaltmaya yöneliktir.

Kamerasına monte edilmiş LED ışıklar sayesinde karanlık koridorlarda gezinebilmektedir. Fiyatı yıllık 1,195.00\$ veya üç yıllık 2,495.00\$ (aylık yaklaşık 70.00\$) olarak listelenmektedir. Pil ömrü 6 saat ve şarj olma süresi 8 saattir. Boyu 121.92 cm'dir.

Ağ bağlantısı Wi-Fi veya opsiyonel 4G LTE'dir. Sesi yazıya çevirme, far bulundurma gibi önemli özelliklere sahiptir [28].



Şekil 1.5. The VGo [28].

1.2.6. The Beam Pro

Suitable Technologies tarafından üretilen Beam Pro özellikle şirket alanında kullanılmak için tasarlanmıştır. Uzabulunum robot Şekil 1.6.'da gösterilmektedir. Rakiplerinden farklı kılan birçok özelliği bulunmaktadır. Büyük ekranı ve heybetli boyutuyla şirkette daha fazla ilgi ve daha güçlü bir varlık sağlar. Kullanıcı deneyimini geliştirmeye yardımcı olan büyük ekranı sayesinde yüz jestlerini okumak için geliştirilmiş özelliği mevcuttur.

Beam Pro altı mikrofon sistemi içermektedir, bu özelliğinden dolayı arka plan seslerini azaltma ve yankı iptali sağlayabilmektedir. Güçlü hoparlör çıkışı mevcuttur, 100 desibel civarındadır. Sesini azaltmak veya artırmak kullanıcıya bağlıdır. 8 saat batarya ömrüne sahiptir. Tahmini listelenmiş fiyatı 16,000.00\$'dır [28].



Şekil 1.6. The Beam Pro [28].

1.3. Uzabulunum Robot Donanımları

Uzabulunum robotlar yeteneklerine bağlı olarak ek donanımlar gerektirmektedir. Yapılan uzabulunum robot örnek alınarak gereken donanımlar bu bölümde anlatılmaktadır.

1.3.1. Arduino

Arduino, çevresiyle kolayca etkileşime girebilen sistemler tasarlamak için açık kaynaklı bir geliştirme platformudur. Arduino kartları üzerinde Atmega firmasının mikrodenetleyicileri bulunmaktadır. Arduino kütüphaneleri ile mikrodenetleyici programlamak oldukça kolaydır. Arduino kart, analog ve dijital veriler işlenebilir, aynı zamanda sensörlerle çalışmaya uygundur [29].

Tamamı benzer şekilde programlanan Arduino'nun birçok çeşidi bulunmaktadır. Kullanım amacına ve fiyatına göre farklılık göstermektedir. Bu değişiklik sahip olduğu özelliklerle belirlenmektedir. Gerilim değerleri, giriş/çıkış (I/O) pinleri, çevre birimlerinin sayısı ve boyutları farklılık gösterebilir. Genel olarak arduino çeşitleri şu şekildedir:

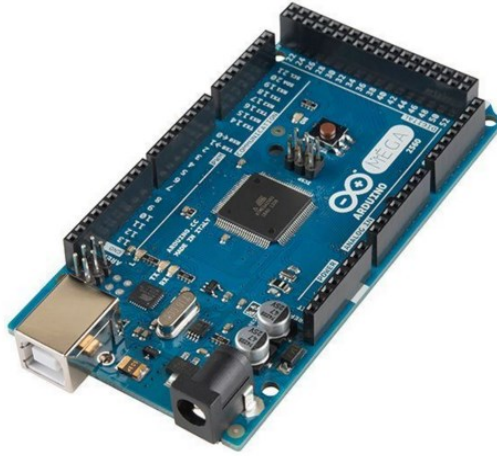
- Arduino Mega
- Arduino Uno

- Arduino Leonardo
- Arduino Due
- Arduino LilyPad
- Arduino Pro
- Arduino Esplora
- Arduino Yun

Yapılan çalışmada Arduino Mega'nın gelişmiş versiyonu olan Arduino Mega 2560 kullanıldığı için sadece bu arduino çeşidi hakkında bilgi verilecektir.

1.3.1.1. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560, ATmega2560 tabanlı geliştirme kartıdır. Şekil 1.7.'de Arduino Mega 2560 geliştirme kartı gösterilmektedir [30].



Şekil 1.7. Arduino Mega 2560

Dijital I/O pini 54 adettir. Pinlerin 14 tanesi Sinyal Genişlik Modülasyonu (PWM) çıkışı olarak kullanılmaktadır. 16 adet analog girişi, 4 adet seri port, 16 MHz kristal osilatörü, Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus, USB) bağlantısı, adaptör girişi, devre üzerinden programlama (ICSP) çıkışı ve reset butonu bulunmaktadır.

Arduino IDE'si üzerinden programlanmaktadır. Mikrodenetleyici ICSP üzerinden direkt olarak programlanmaktadır.

Arduino Mega 2560 USB aşırı akım koruma özelliğine sahiptir. Yani Mega 2560'a 500mA'in üzerinde akım uygulanırsa atacak bir sigortası mevcuttur.

Mega 2560 boy ve eni 100mmx50mm'dir.

1.3.1.1.1. Arduino Mega 2560 Yapısı ve Özellikleri

Arduino Mega 2560'ın sahip olduğu özellikler Tablo 1.1.'de verilmektedir [30].

Tablo 1.1. Arduino Mega 2560 özellikleri

Mikrodenetleyici	ATmega2560
Çalışma Gerilimi	5V
Besleme Voltajı (Önerilen)	7-12V
Besleme Voltajı (Limit)	6-20V
Dijital I/O Pinleri	54 (14 PWM çıkışı)
Analog Giriş Pinleri	16
I/O Pinlerinin Akımı	40 mA
3.3V Pini Akımı	50 mA
Flash Bellek	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Frekansı	16 MHz

Arduino Mega 2560 USB'den ve harici bir adaptör/batarya ile beslenebilmektedir. Güç kaynağını otomatik olarak seçmektedir.

Mega 2560, harici bir kaynaktan 6-20V arasında beslenebilmektedir. Eğer 7V'un altında besleme uygulanırsa 5V çıkış pini 5V veremez ve kart istem dışı davranabilir. Güç kaynağı 12V'tan fazla olursa voltaj regülatörü fazla ısınır karta zarar verebilir. Sonuç olarak kullanılan besleme gerilimi 7V-12V arasında kullanılır.

1.3.1.1.2. Arduino Mega 2560 Portları

Dijital I/O pinlerinin hepsi `pinMode()`, `digitalWrite()` ve `digitalRead()` fonksiyonlarını kullanarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. Her pin 5V ile çalışır ve max. 40mA I/O sağlar [30].

Aşağıda Mega 2560'ın diğer özel görevli pinleri de sıralanmaktadır.

Seri veri almak (Receive X, RX) ve iletmek (Transmit X, TX) için kullanılmaktadır. Bilgisayar ile Arduino arasında kullanılan kablo USB kablodur fakat aralarındaki iletişim seri port ile gerçekleştirilmektedir. Arduino seri iletişimi USB iletişime çeviren bir çipe sahiptir. Bu çip bilgisayardaki USB arabirimi ile Arduino işlemcisini haberleştirmek için kullanılmaktadır.

Seri: 0 (RX) ve 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) ve 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) ve 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) ve 14 (TX). Seri 0 ve 1 pinleri aynı zamanda ATmega16U2 USB-to-TTL seri entegresinin ilgili pinlerine bağlıdır.

Harici Kesme: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), ve 21 (interrupt 2). Verilen bu pinler harici kesmeler için kullanılmaktadır. Düşen ve yükselen kenar kesmeleri gibi... `attachInterrupt()` fonksiyonu kullanılarak kesmelerin ne şekilde kullanılacağı belirtilmektedir.

Sinyal Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation, PWM): 0 to 13. 8-bit PWM çıkış verir. Kullanılan fonksiyon `analogWrite()`'dir.

Seri Çevresel Arayüz (Serial Peripheral Interface, SPI): 50 Usta Aygıt Giriş, Çıracık Çıkış (Master In Slave Out, MISO), 51 Usta Çıkış, Çıracık Aygıt Giriş (Master Out Slave In, MOSI), 52 Seri Saat (Serial Clock, SCK), 53 Çıracık Seçimi (Slave Select, SS). MISO, Çıracık aygıtlardan (slave) yollanan verilerin usta aygıtına (master) aktarıldığı hattır. MOSI, usta aygıttan yollanan verilerin çıracık aygıtlara aktarıldığı hattır. SCK, SPI haberleşmesinde senkronu sağlayan saat sinyalinin bulunduğu hattır. Saat sinyali usta aygıt tarafından üretilir. Bu pinler SPI iletişim kurulabilmesi için SPI kütüphanesini kullanmaktadır.

İki Kablo Arayüzü (Two Wire Interface, TWI): 20 Seri Veri (Serial Data, SDA) ve 21 Seri Saat (Serial Clock, SCL). TWI iletişimini sağlayabilmek için Wire kütüphanesini kullanmaktadır.

Mega2560'ın her biri 10 bit çözünürlüğe sahip 16 adet analog girişi mevcuttur. Varsayılan değer olarak 0V-5V aralığında çalışırlar fakat Analog Referans Pini (Analog

Reference PIN, AREF) ve analogReference() fonksiyonuyla referans gerilim aralığı değiştirilebilmektedir.

1.3.2. Doğru Akım Motoru

Doğru akım (Direct Current, DC) motorları duran kısım (endüktör), dönen kısım (endüvi), fırça, kolektör, yatak ve kapaktan oluşmaktadır [31].

Duran kısım, manyetik alan meydana getirmekle görevlidir. Duran kısım sargısı DC motorun gövdesinde bulunmaktadır. Gövdeye vida veya somunlarla tutturulur. DC motorun özelliğine göre duran kısım sargısı yapısal olarak farklılık gösterir. Düşük güce sahip DC motorlarda daimi mıknatıs, duran kısım olarak görev yapmaktadır. DC motorlarda kutup sayısı, alternatif akım motorlarındaki gibi hız, indüklenen gerilim ve akımın frekansına bağlı değildir. DC motorlarda kutup sayısı motorun gücüne ve devir sayısına bağlıdır. Duran kısım, motorun gücüne (büyüklük, çap) ve devir sayısına bağlı olarak 2, 4, 6, 8 veya daha çok kutuplu olabilir.

Döner kısım, mekanik enerjinin alındığı kısımdır. DC motorun yapısına göre farklı boyutlardadır. Döner kısım üzerinde kolektör ve preslenmiş sac paket bulunmaktadır. Sac üzerinde bulunan emaye yalıtkanlı iletkenlerden akım geçtiği zaman motor çalışır yani döner. Manyetik alan içindeki döner kısım dışarıdan bir kuvvetle döndürülmek istenirse DC motor gerilim üretir yani dinamo olarak görev yapar. Büyük ve güçlü DC motorlar yüksek akım kullanmaktadır. Bu sebeple kolektöre iki veya daha fazla fırça ile doğru gerilim uygulanır. Döner kısımdaki kolektör bakır dilimlerden oluşmaktadır. Döner kısımdaki iletkenler bakır dilimlere lehimlenerek veya preslenerek tutturulmaktadır.

Fırça, gerilim uygulanmasını sağlayan kısımdır. DC motorun özelliğine bağlı olarak farklı boyutlarda bulunabilirler. Fırça kolektörlere uygun bir basınçla basmalıdır. Bu sebeple fırçaların üzerinde baskı yayları bulunmaktadır. DC motor fırçası, fırça yuvasına yerleştirilir. Fırça üzerindeki baskı yayının gevşek veya çok sıkı olması motorun verimli çalışmasını engellemektedir.

Yatak, DC motorun en önemli parçalarından biridir. İki çeşit yatak bulunmaktadır; bilezikli tip metal yataklar ve bilyeli yataklar.

Pervaneler, DC motorların soğutulması için kullanılmaktadır.

1.3.2.1. Doğru Akım Motoru Çalışma Prensibi

DC motor, içinden akım geçen iletkenin manyetik ortam dışına itilmesi esasına göre çalışır. Motorlardaki manyetik alanı oluşturmak duran kısmın görevidir. İçinden akım geçen iletkenler ise dönen kısım üzerindedir. Doğru gerilim, dönen kısım üzerindeki iletkenlere fırça ve kolektör yardımıyla uygulanır. Sonuç olarak iletkenden akım geçmekte ve manyetik alan oluşmaktadır. Dönen kısımdan geçen akım, manyetik alan oluşturur ve aynı zamanda kutuplarda oluşan manyetik alanı bozar. Bu durumda dönen kısım reaksiyonu oluşur. Bu istenmeyen durumu çözmek için yardımcı kutup kullanılmaktadır. Küçük güçlü motorların bazılarında yardımcı kutup olmayabilir. Duran kısım sargısının manyetik alanı (N-S), dönen kısım üzerinde manyetik alan oluşturan iletken veya iletken demetini dışa doğru iter. Bu itilme sonucu mil etrafında dönme sağlanır. N ve S kutupları, dönen kısımdan geçen akım yönüne bağlı olarak iletken veya iletken demetini manyetik ortamın dışına iter. Bu itilme prensibi, DC motorların çalışma temelini oluşturmaktadır. İletkenden geçen akımın yön değiştirmesi aynı zamanda itilme yönünün de değişmesini sağlar. İtilme yönünün değişmesi ise motorun dönüş yönünü değiştirmektedir [31].

1.3.2.2. Doğru Akım Motoru Sargı Yapıları ve Özellikleri

Çalışma prensipleri aynı olan fakat farklı yapıya sahip DC motorlar vardır. Bu farklılık daha çok duran kısım sargılarının yapılarından kaynaklanır. Kullanılan üç farklı yapıda DC motor mevcuttur; şönt, seri ve kompunt motorlar [31].

Şönt motorda duran kısım sargısının özelliği ince kesitli ve çok sarımlı olmasıdır. Şönt motorların duran kısım sargısı dönen kısma paralel bağlanmaktadır.

Seri motorda duran kısım sargısı, şönt motor duran kısım sargısına oranla kalın kesitli ve az sarımlıdır. Dönen kısma seri bağlanmaktadır.

Kompunt motorda duran kısım sargısı iki çeşittir; şönt ve seri. Kompunt motor, isteğe bağlı olarak şönt veya seri motor olarak çalıştırılabilmektedir. Fakat kompunt bağlantı yapılabilmesi için şönt sargı dönen kısma paralel; seri sargı ise dönen kısma seri bağlanır.

1.3.3. Ultrasonik Mesafe Sensörü

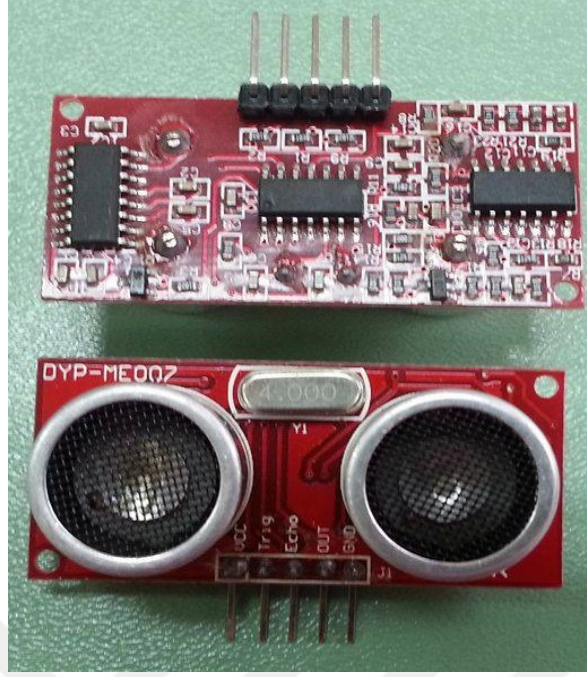
Bir cismin varlığını tespit etmek için ultrasonik dalgalar kullanılır. Ultrasonik ses dalgaları çarptıkları cisimlerden geri yansımaktadır. Bu yansıma kullanılarak cisimlerin varlığı belirlenmektedir. Ultrasonik dalgaların yansıma özelliğinden faydalanılarak ultrasonik sensörler üretilmiştir. Ultrasonik sensörlerde cismin varlığını tespit etmek amacıyla iki adet dönüştürücü kullanılmaktadır. Birisi ultrasonik konuşucu diğeri ise ultrasonik mikrofondur. Elektronik devre ile ultrasonik konuşucudan yayılan ses dalgasının yayılma anı ile bu ses dalgasının engele çarpıp geri yansıtılarak ultrasonik mikrofon tarafından algılanması arasındaki zaman ölçülerek hesaplama yapılmaktadır [32].

Ultrasonik sensörler günlük yaşamımızda ve endüstriyel uygulamalarda oldukça fazla kullanılmaktadır. Ultrasonik sensörlerin günlük hayatta uygulama alanlarına örnek olarak; araç park sensörleri, otomatik kapı sensörleri, hırsız algılama verilebilir. Endüstriyel uygulamalara örnek olarak; sıvı seviye algılama, akışkanlık algılamada, ahşap, kağıt, cam, şişe vb. fabrikalarda ürün algılama verilebilir.

Yapılan çalışmada ultrasonik mesafe sensörü olarak DYP-ME007 modeli kullanılmaktadır. Bu yüzden DYP-ME007 ultrasonik mesafe sensörü daha detaylı olarak Bölüm 1.3.3.1.'de incelenmektedir.

1.3.3.1. DYP-ME007 Mesafe Sensörü

Ultrasonik mesafe sensörü olarak kullanılan DYP-ME007 Şekil 1.8.'de gösterilmektedir.



Şekil 1.8. DYP-ME007 ultrasonik mesafe sensörü

Kullanılan ultrasonik mesafe sensörünün beş adet pini bulunmaktadır. Pinlerin görevleri Tablo 1.2.'de verilmiştir. Sensörün özellikleri ise Tablo 1.3.'te verilmektedir.

Tablo 1.2. DYP-ME007 entegresinin pinlerinin görevleri

Pin No	Pin Adı	Açıklama
1	Vcc	Sensör için 5V.
2	Trig	Sensörün çalışması için tetikleme sinyali üretmek için kullanılan giriş.
3	Echo	Sensörün sinyal çıkışıdır.
4	Out	Bağlantı yapılmaz.
5	GND	Toprak bağlantısı için kullanılır.

Tablo 1.3. DYP-ME007 özellikleri

Çalışma Gerilimi	5V (DC)
Çalışma Akımı	15 ma (max)
Çalışma Frekansı	40 KHz
Çıkış Sinyali	0-5V

Tablo 1.3.'ün devamı

Görüş Açısı	30 derece (max)
Görüş Mesafesi	2cm - 300cm
Hata Payı	0.3cm
Giriş tetikleme sinyali	10us TTL darbe
Echo Çıkış Sinyali	TTL PWL sinyali
Boyutu	45 * 20 * 15 mm

1.3.4. Röle

Motor sürücü devrelerde kullanılan elektronik elemanlar; röle, transistör, diyot ve dirençtir. Kullanılan elemanlar kullanımı en yaygın olan elektronik elemanlardır. Elemanlar arasından sadece röle hakkında kısa bir bilgi verilmiştir.

Röle elektronik bir anahtardır. Çalışması için düşük akım yeterlidir. Anahtar olarak çalışma mantığı; üzerinde bulunan elektromanyetik bobine rölenin türüne uygun olabilecek bir gerilim uygulandığı zaman, bobin mıknatıs özelliği kazanmakta ve karşısında duran metal bir paleti kendine doğru çekerek bir veya daha fazla kontağı birbiriyle ilişkilendirmesine dayanır [33].

Tristör ve triyakların imalatından sonra popülerliğini kaybeden röleler, birçok uygulama alanında hala tercih edilmektedir. Röleler tek bir bünye içinde birden fazla anahtar kontağına sahiptir. Bu özelliğine bağlı olarak birden fazla yükü aynı anda açabilmekte veya kapatabilmektedir. Hatta aynı anda bazı yükleri açıp bazılarını kapatabilmesi büyük bir avantajdır. Rölenin kontaklarının tasarımına bağlı olarak bu işlemler yapılabilir.

Mekanik olarak çalıştığı için, çabuk arıza yapması dezavantajıdır. Kontaklar sürekli birbirine kapanıp açıldığından, oluşan elektrik atlamaları zamanla kontakların oksitlenmesine ve iletimini kaybetmesine sebep olmaktadır.

1.4. Uzabulunum Robotlarda Haberleşme

1.4.1. Süreçler Arası Haberleşme

Verinin süreçler arasındaki transferi, süreçler arası haberleşme olarak ifade edilmektedir. Süreçler aynı bilgisayarda çalışabileceği gibi, ağ üzerinde bağlı farklı bilgisayarlar üzerinde de çalışabilmektedir. Süreçler arası haberleşme ile bir sürecin diğer bir süreci kontrol edebilmesi mümkündür. Yani birçok süreç aynı anda aynı veriyi kullanabilmektedir ve bu durum veri tutarsızlığına neden olmamaktadır. Birden fazla süreç bulunduran sistemlerde tercih edilmektedir [34].

Süreçler arası haberleşme teknikleri beş adettir. Bunlar paylaşımlı bellek (shared memory), haritalanmış bellek (mapped memory), pipe, FIFO (First In First Out) ve soket'tir.

- Paylaşımlı Bellek: Süreçler arası haberleşme tekniklerinden kullanımı en basit olan teknik paylaşımlı bellektir. Bu yöntem aynı anda birden fazla sürecin belirlenmiş ortak bir bellek alanını kullanmasıdır. Süreçlerden biri bellek bölgesinde herhangi bir değişiklik yaparsa, diğer süreçler bu değişiklikten haberdar olmaktadır. Süreçlerin hepsi aynı bellek bölgesini kullandığı için, en hızlı süreçler arası haberleşme tekniğidir. Sürecin paylaşımlı bellek bölgesine erişimi, kendisine ait bellek alanına erişimi kadar hızlıdır. Herhangi bir sistem çağrısı gerektirmez. Aynı zamanda verinin gereksiz kopyalanmasını engeller. Dezavantajı, süreçler kendi aralarında senkronize olmak zorundadır. Semafor yapısı bu durumu sağlamak için örnek verilebilir.

- Haritalanmış Bellek: Paylaşımlı bellek tekniğine benzerdir. En büyük farkı, farklı süreçlerin paylaşılan bir dosya aracılığıyla haberleşmesidir. Haritalanmış bellek bir dosya ile sürecin belleği arasında bir ilişkilendirme oluşturur. Haritalanmış bellek, bir dosyanın tüm içeriğini saklayabilmek için bir buffer ayırma işlemi gibi düşünülebilir. Dosyanın tüm içeriği buffera okunur ve eğer bufferda bir değişiklik yapılmışsa tekrar bufferdan geriye dosyaya yazılır.

- Pipe: Süreçler arasında sıralı haberleşme sağlamaktadır. Pipe, tek yönlü haberleşmeye izin veren bir haberleşme tekniğidir. Pipe, bir önceki süreçten okuduğu veriyi, bir sonraki sürece yazmaktadır. Yani seri aygıtlardır. Veri her zaman yazıldığı sırada okunmaktadır. Pipe'da veri kapasitesi sınırlıdır. Birbirleriyle ilişkili süreçler arasında haberleşmeye imkan sağlamaktadır.

- FIFO: Pipe'lara benzer yapıdadır. Fakat birbiriyle ilişkili olmayan süreçler arasında da haberleşme imkanı sunmaktadır. Dosya sisteminde adı olan bir pipe'dır.
- Soket: Soketler iki yönlü haberleşme aygıtlarıdır. Aynı bilgisayardaki farklı süreçler arasında ya da uzak bilgisayarlardaki süreçler arasında karşılıklı haberleşmeyi sağlar. Haberleşme teknikleri arasında uzak bilgisayarlardaki süreçler arasında haberleşmeyi olanaklı kılan tek yöntemdir.

Yapılan çalışmada kullanılan internet üzerinden haberleşme tekniği soket haberleşmesi olduğundan, bu teknik Bölüm 1.4.1.1.' de detaylı incelenmiştir.

1.4.1.1. Soket Haberleşme

Soket ile haberleşme, bilgisayarlardaki iletişim için kullanılan bir komut yapısıdır. Soketler aynı ya da farklı bilgisayarlar arasında haberleşme sağlarlar. Farklı süreçler arasında iletişimi sağladıkları için süreçler arası haberleşme tekniği olarak da ifade edilebilir [35].

İşletim sistemi, uygulamalar ve protokoller için ortak kullanılan bir çıkış birimi olarak bilinen portlar, soketler için veri iletimi ve alımı da sağlar. Bir bilgisayarın sahip olduğu port sayısı yaklaşık olarak 65000'dir. 1023'e kadar numaralanmış portlar belirli görevler için atanmış portlardır. Port üzerinden iletimi veya alımı yapılacak olan veri donanıma veya bilgisayara ait olabilir. Yuva (socket) mantığı, windows iletişim alt yapısında kullanılır. İşletim sistemi bazı yuvaları veri alma, tanımlama gibi birçok iletişim görevi için seçebilir. Her bir yuvaya farklı bir görev verilir. Yuvalar dinleme durumunda olurlar ve hazır haldedirler. İletişim için talep geldiği zaman gerekli şartlar sağlanır ve veri alış verişi başlatılır.

Görsel programlamada yazılımlar, yuva nesnesi ile portların kontrol edilmesine, internet üzerinden haberleşme ve veri gönderimine imkan sağlar. Yapılacak her bir görev için ayrı birer yuva oluşturulur.

Sunucu ve istemci bilgisayarların haberleşmesi için her iki bilgisayarın portları kullanılır. Haberleşme yapacak bilgisayarlar aynı port numarası üzerinden haberleşirler. Seçilen portlar tanımlanır. Sunucu bilgisayar portlarını açık tutar ve dinleme yapar. İstemci bilgisayar ise talepte bulunarak sunucuya bağlanır. Bağlantı gerçekleştikten sonra iletişim tercihi belirlenir. İletim Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol, TCP) veya Kullanıcı Veri Bloğu İletişim Kuralları (User Datagram Protocol, UDP) seçilir. TCP veri

aktarımı güvenlidir fakat UDP'ye göre aktarım hızı düşüktür. Veriyi paketler halinde gönderir ve ulaşım ulaşmadığını kontrol eder. UDP ise veriyi tek paket şeklinde gönderir ve güvensizdir. Daha çok ses ve video paketlerinin kullanımında tercih edilir. Çalışmamızda verilerin hızlı gönderilmesinden ziyade güvenli gönderilmesi daha önemli olduğundan TCP iletişim yöntemi tercih edilmiştir. TCP iletişim yöntemi daha detaylı olarak Bölüm 1.4.1.1.1.'de anlatılmaktadır. Sunucu ile istemci arasında veri alış verişi sonlandığında aradaki bağlantı da sonlandırılarak iletişim bitmiş olur.

Yuva programlama mantığına göre sunucu ve istemci bilgisayar için iki ayrı program yazılır. Sunucu; dinleme, bağlantı kurma, veri alımı ve gönderimi gibi görevler için yuva nesnesi komutlarını kullanmaktadır. Aynı şekilde istemci; sunucuya istek gönderme, veri alımı ve gönderimi için yuva nesnesi komutlarını kullanmaktadır.

1.4.1.1.1. İletim Kontrol Protokolü (TCP)

TCP, TCP/IP referans modelinde taşıma katmanında yer alan protokollerden biridir. Protokolün görevi bilgisayarın göndereceği veriyi parçalara ayırmak ve veriyi alan bilgisayarın da tekrar bu parçalara ayrılmış veriyi birleştirerek üst katmana vermesini sağlamaktır. Yani iki bilgisayar arasında uçtan uca veri taşıma hizmetini sağlamaktadır. TCP, taşıma katmanı protokolü olduğundan veriyi parçalara ayırarak eklediği TCP başlığı ile segmentleri oluşturur. TCP segment yapısı Tablo 1.4.'te verilmiştir [35].

Tablo 1.4. TCP segment yapısı [35].

Kaynak Port (16 bit)		Hedef Port (16 bit)	
Sıra Numarası (32 bit)			
Onay Numarası (32 bit)			
Başlık Uzunluğu (4 bit)	Reserved (6 bit)	Kod Bit (6 bit)	Pencere (16 bit)
Checksum (16 bit)		Urgent (16 bit)	
Seçenekler (0 ya da 32 bit)			
Data (değişken)			

TCP segmentinde bulunan alanların görevleri;

- ❖ Kaynak Port: Gönderici bilgisayarın çalıştırdığı uygulama portudur (2 byte).
- ❖ Hedef Port: Alıcı bilgisayarın çalıştıracağı uygulama portudur (2 byte).
- ❖ Sıra Numarası: Gönderilecek verideki ilk bitin sıra numarasıdır (4 byte).
- ❖ Onay Numarası: Gelecek TCP oktetinin ilk bitinin sıra numarasıdır (4 byte).
- ❖ Başlık Uzunluğu: Başlık uzunluğudur (4 bit).
- ❖ Reserved: Sıfır olarak belirlenmiştir (6 bit).
- ❖ Kod Bit: Oturumun oluşturulması ve kesilmesi gibi kontrol fonksiyonları için görevlendirilmiştir (6 bit).
- ❖ Pencere: Gönderilecek maksimum veri miktarını ayarlamaktadır (2 byte).
- ❖ Checksum: Data ve başlık alanlarını kullanarak yapılan bir hesaplamadır (2 byte).
- ❖ Urgent: Acil verinin sona erdiğini ifade etmektedir (2 byte).
- ❖ Seçenekler: Sadece bir tane tanımlanmıştır. Maksimum TCP segment büyüklüğü 0 ya da 32 bittir.
- ❖ Data: Üst katmandan gelen veridir.

TCP'nin üstlenmiş olduğu beş görev bulunmaktadır. Bunlar; veri transferi, çoğullama, hata telafisi, pencere ile akış kontrolü, bağlantı kurulması ve kesilmesidir.

Veri transferi; uygulamalar, hazırlanan verinin iletilebilmesi için TCP servislerini kullanmaktadır. TCP, veriyi iletilebilmek için uygulamanın kullanacağı port numarasını, hedef IP adresini ve veriyi gönderecek protokol olan TCP bilgilerini yazarak hedef bilgisayardaki uygulamanın veriyi almasını sağlar. Uygulama yazılımcıları, bilgisayarlarda kullanılan uygulamalar için kullanılan port numaralarının bir otorite tarafından yönetilmesi konusunda anlaşmaya varmışlardır. Bu otorite IANA (Internet Assigned Numbers Authority)'dir. Bu otorite 1024'e kadar olan port numaralarını iyi bilinen port numaraları (well-known port) olarak tanımlamıştır. Bu portlara örnek olarak FTP 21, Telnet 23, SMTP 25, DNS 53, TFTP 69, SNMP 161, RIP 520 verilebilir. Bu portlar sunucular tarafından kullanılmaktadır. 1024'den sonraki portlar ise dinamik olarak atanmakta ve istemci bilgisayarlar tarafından kullanılmaktadır.

Çoğullama; TCP'nin çoğullama fonksiyonu, veri alındıktan sonra uygulama katmanındaki hangi uygulamanın alınan veriyi kullanacağıyla alakalıdır.

Hata Telafisi; TCP'nin en önemli özelliklerinden birisi veri güvenliğini sağlamaktır. Veri alışverişi yapılırken veride bozukluk veya eksiklik olması mümkün bir durumdur. TCP de eksik veya bozuk veri alınması durumunda, kaynak bilgisayardan veriyi tekrar

alabilmek için bilgi mesajı gönderilir. Veri güvenliği TCP başlığı içindeki sıra ve onay alanları ile sağlanmaktadır. Kaynak bilgisayar, veriyi iletirken sıra alanına, gönderilecek segmentin ilk bitinin sıra numarasını eklemektedir. Hedef bilgisayar da iletilen bütün veri segmentlerini aldığı ve gelecek segmentteki ilk bitin numarasını cevap olarak gönderir. Bu bilgiler TCP başlığı içindeki onay alanında tutulmaktadır.

Pencere ile Akış Kontrolü; Akış kontrolü, TCP başlığında yer alan sıra ve onay alanlarının yardımıyla sağlanmaktadır. TCP başlığında bulunan pencere alanının kaynak bilgisayarın hedef bilgisayardan onay almadan gönderebileceği maksimum veri miktarı sınırlıdır. Pencere alanındaki bu değer küçük miktarlardan başlar ve hata oluşmadığı sürece büyük miktarlara kadar artar. Eğer hata oluşursa bu değer tekrar küçültülür.

1.5. Uzabulunum Robotlarda Konum Tespiti

1.5.1. Konumlandırma Teknikleri

Bir terminalin bulunduğu yerin tespiti amacıyla kullanılan teknolojileri ve algoritmaları içeren sistemler bina içi konumlandırma sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Konumlandırma sistemleri, anlık yer tespit işlemlerinde kullanılmaktadır. Yer tespit işlemi genelde hareketli bir terminal üzerinden yapılmaktadır. Yer tespit işlemi yapılırken donanım ve yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Konumlandırma sistemleri var olan bir ağ yapısında sonuç vereceği gibi özel bir ağ yapısında da sonuç verebilmektedir. Eğer var olan bir ağ yapısı kullanılırsa, konumlandırma sistemlerinde sinyallerin bozulmalara maruz kalma riski bulunmaktadır. Diğer taraftan özel ağ yapısı kullanılırsa da ek alıcıların gerekliliğinin getireceği fazla masraf dezavantajı bulunmaktadır [36].

Konumlandırma sistemlerinde, kullanıcının anlık yerini tespit etmek için kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Küresel Konum Belirleme Sistemi (GNSS) bunlardan birisidir. GNSS dış mekanlarda çok başarılı sonuçlar vermektedir fakat iç mekanlarda aynı performansı gösterememektedir. Uydulardan gelen sinyallerin güçleri, kapalı ortamlarda bulunan duvarlar ve binalar yüzünden zayıflar ve GNSS alıcıları, bu düşük güçteki sinyalleri çözümleyemezler [37]. Bu durumda GNSS sinyallerinin güçlendirilmesi ve iç mekana yönlendirilmesi gerekmektedir.

Kapalı mekanlarda kullanıcının yerini tespit etmek için kullanılan diğer bir yöntem ise Wi-Fi (Wireless Fidelity) sinyalleridir. Wi-Fi, IEEE 802.11 standardının ortak adıdır. Yeri bilinen bir vericiden gelen sinyal güçlerine göre yer tespiti yapmaktır. Yer işaretleme (fingerprinting), üçgenleme ve yaklaşma teknikleri bu tür yöntemlere örnek verilebilir [36]. Bunlara ek olarak Varış Açısı (AOA) konumlandırma, Varış Zamanı (TOA) konumlandırma ve Varış Zamanı arasındaki Fark (TDOA) yöntemleri de mevcuttur fakat bu yöntemler kapsamlı donanıma ihtiyaç duyarlar. Alınan sinyal gücüne göre tespit yapabilen Göreceli Sinyal Güç Endeksi (RSSI) diğer bir yöntemdir ve ek donanım gerektirmez. Bu yöntemin en büyük avantajı hemen hemen her binada bulunan kablosuz ağ bağlantı noktalarını kullanarak çözüme ulaşabilmesidir. RSSI yöntemi diğer yöntemler kadar hassas sonuçlar vermese bile, hiçbir ek donanıma ihtiyaç duymaması ve her türlü konuma rahatça uyarlanabilmesi açısından caziptir.

1.5.1.1. Sinyal Gücü Göstergesi (RSSI)

Okuyucunun, taşıyıcıdan aldığı sinyalin gücünü gösteren değer RSSI değeri olarak isimlendirilmektedir. RSSI değerinin değişimini etkileyen faktörlerden en önemlisi taşıyıcı ile okuyucu arasındaki mesafenin değişimidir. Taşıyıcı ve okuyucu sabit birer noktaya yerleştirildiği zamanlarda bile RSSI değeri her zaman aynı değeri okuyamamaktadır. Bu durumun sebebi olarak; okuyucunun batarya durumu, ortamda hareketli kişi ya da nesnelerin olması gibi sinyalin dağılımını etkileyebilecek herhangi bir durum gösterilebilir [38].

Ölçümler farklı bir ortamda yapıldığı zaman sonuçların farklı olması olası bir durumdur. Boş bir alandaki sinyalin yayılımı ile içerisinde nesne bulunan bir alandaki sinyalin yayılımı farklılık gösterebilmektedir. Bu durumlar dikkate alındığında, RSSI değerleri baz alınarak yapılacak olan hesaplamalarda hatalı sonuçlarla karşılaşılacağı unutulmamalıdır. Konumu belirlenmek istenen hedef tarafından, konumları bilinen üç referans noktasına olan RSSI değerlerinin ölçümü ve ölçülen bu değerlere bağlı olarak elde edilen RSSI uzaklıkları hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu uzaklık değerleri trilaterasyon yöntemi için gerekmektedir.

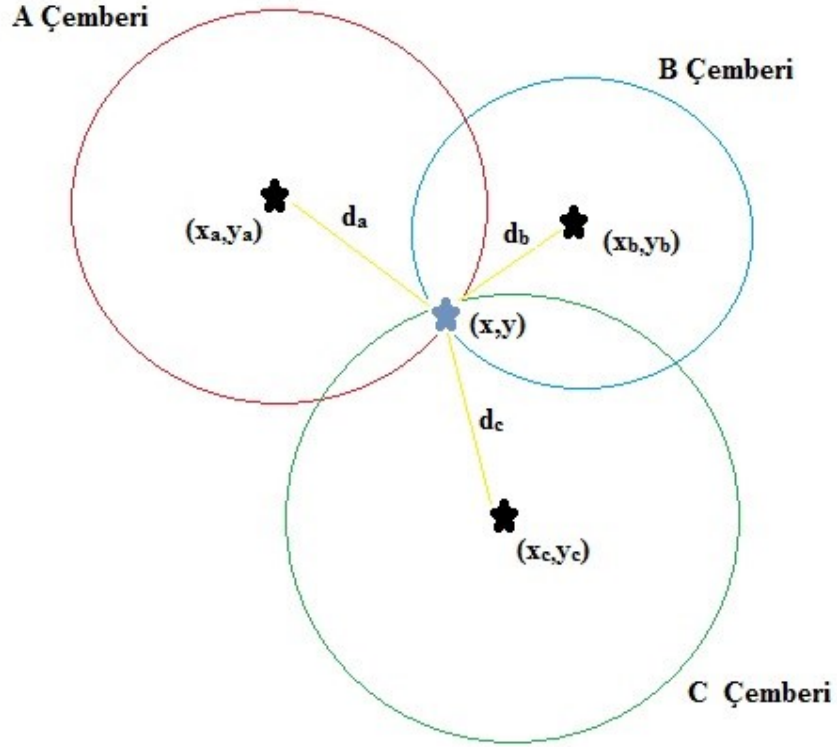
RSSI düşük hassasiyetli ölçüm yaptığından, genellikle kaba tahmin gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir [39].

1.5.2. Trilaterasyon Teknikleri

Konum belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden birisi de Trilaterasyon yöntemidir. Trilaterasyon yöntemi genellikle Global Yer Tanımlama Sistemi (GPS) uyduları ile yapılan yer tespitlerinde kullanılmaktadır. İki boyutlu (2B) trilaterasyon yönteminde koordinatları belirlenmek istenen hedefin, en az üç farklı noktaya olan uzaklıklarının bilinmesi ve bu üç noktanın koordinatlarının bilinmesi gereklidir. Üç boyutlu (3B) trilaterasyon yönteminde ise koordinatları belirlenmek istenen hedefin, en az dört farklı noktaya olan uzaklıklarının bilinmesi ve bu dört noktanın koordinatlarının bilinmesi gereklidir. Yani GPS uyduları konumlandırma işlemi sırasında en az dört uyduya ihtiyaç duymaktadır [38].

Yapılan çalışmada kullanılan modemler, bina içerisinde tavanda konumlandırılmıştır. Aynı katta bulunan modemlerin, zemin ile konumlandırıldıkları tavan arasındaki uzaklık aynıdır. Yani aynı katta bulunan modemlerin z koordinatları aynıdır. Bundan dolayı iki boyutlu trilaterasyon hesabı ile konum tahmini yapılmıştır.

2B trilaterasyon yöntemi kullanılarak koordinat hesabı yapılabilmesi için konumları bilinen üç referans noktasına ve hedefin bu referans noktalarına olan uzaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Referans noktalarının koordinatları çemberlerin merkezi olarak kabul edilmektedir. Referans noktalarının hedefe olan uzaklığı ise çemberlerin yarıçapı olarak varsayılmaktadır. Hedefin koordinat hesabı üç çember denkleminin ortak çözüm noktasının bulunması ile elde edilmektedir. Şekil 1.9.'da gösterildiği gibi merkezleri farklı 3 çemberin kesişimi hedef noktadır.



Şekil 1.9. İki boyutlu trilaterasyon

2B trilaterasyon hesabı yapabilmek için aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

A çemberine ait çember denklemi;

$$\begin{aligned} da^2 &= (x - x_a)^2 + (y - y_a)^2 \\ &= x^2 - 2 \cdot x \cdot x_a + x_a^2 + y^2 - 2 \cdot y \cdot y_a + y_a^2 \end{aligned} \quad (1.1)$$

B çemberine ait çember denklemi;

$$\begin{aligned} db^2 &= (x - x_b)^2 + (y - y_b)^2 \\ &= x^2 - 2 \cdot x \cdot x_b + x_b^2 + y^2 - 2 \cdot y \cdot y_b + y_b^2 \end{aligned} \quad (1.2)$$

C çemberine ait çember denklemi;

$$\begin{aligned} d_c^2 &= (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 \\ &= x^2 - 2 \cdot x \cdot x_c + x_c^2 + y^2 - 2 \cdot y \cdot y_c + y_c^2 \end{aligned} \quad (1.3)$$

Denklem (1.1) ve (1.2)'den yararlanarak;

$$d_b^2 - d_a^2 = 2x \cdot (x_a - x_b) + x_b^2 - x_a^2 + 2y \cdot (y_a - y_b) + y_b^2 - y_a^2 \quad (1.4)$$

Denklem (1.2) ve (1.3)'ten yararlanarak;

$$d_b^2 - d_c^2 = 2x \cdot (x_c - x_b) + x_b^2 - x_c^2 + 2y \cdot (y_c - y_b) + y_b^2 - y_c^2 \quad (1.5)$$

Denklem (1.4)'ten yararlanarak;

$$x \cdot (x_a - x_b) + y \cdot (y_a - y_b) = \frac{(d_b^2 - d_a^2) - (x_b^2 - x_a^2) - (y_b^2 - y_a^2)}{2} = v_a \quad (1.6)$$

Denklem (1.5)'ten yararlanarak;

$$x \cdot (x_c - x_b) + y \cdot (y_c - y_b) = \frac{(d_b^2 - d_c^2) - (x_b^2 - x_c^2) - (y_b^2 - y_c^2)}{2} = v_b \quad (1.7)$$

Denklem (1.6) ve (1.7)'den x ve y değişkenlerini çekersek;

$$y = \frac{v_a \cdot (x_c - x_b) - v_b \cdot (x_a - x_b)}{(y_a - y_b) \cdot (x_c - x_b) - (y_c - y_b) \cdot (x_a - x_b)} \quad (1.8)$$

$$x = \frac{v_b - y \cdot (y_c - y_b)}{(x_c - x_b)} \quad (1.9)$$

Denklem (1.8) ve (1.9) elde edilir [40].

1.5.2.1. Cramer-Rao Yöntemi

Yapılan çalışmada trilaterasyon tekniği olarak kullanılan algoritma Cramer-Rao yöntemidir. Denklem sayısının değişken sayısına eşit olduğu durumlarda tercih edilen bir yöntemdir [41].

Yönteme bağlı olarak doğrusal denlemler; $\det(A)$ (1.10) ile, $\det(A_1)$ (1.11) ile, $\det(A_2)$ (1.12) ile ifade edilen matris formuna dönüştürülür.

$$\det(A) = \begin{vmatrix} (x_c - x_a) * 2 & (y_c - y_a) * 2 \\ (x_c - x_b) * 2 & (y_c - y_b) * 2 \end{vmatrix} \quad (1.10)$$

$$\det(A_1) = \begin{vmatrix} (d_a^2 - d_c^2) - (x_a^2 - x_c^2) - (y_a^2 - y_c^2) & (y_c - y_a) * 2 \\ (d_b^2 - d_c^2) - (x_b^2 - x_c^2) - (y_b^2 - y_c^2) & (y_c - y_b) * 2 \end{vmatrix} \quad (1.11)$$

$$\det(A_2) = \begin{vmatrix} (x_c - x_a) * 2 & (d_a^2 - d_c^2) - (x_a^2 - x_c^2) - (y_a^2 - y_c^2) \\ (x_c - x_b) * 2 & (d_b^2 - d_c^2) - (x_b^2 - x_c^2) - (y_b^2 - y_c^2) \end{vmatrix} \quad (1.12)$$

Denklem (1.10), (1.11) ve (1.12)'den faydalanarak hesaplanan x ve y değişkenleri;

$$x = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} \quad (1.13)$$

$$y = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} \quad (1.14)$$

Denklem (1.13) ve (1.14) ile ifade edilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında uzaktan kontrol edilebilen, karşılıklı ses ve görüntü aktarımı sağlayan, engel algılama ve konum algılama özelliğine sahip bir uzabulunum robot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıların uzaktaki insanlarla karşılıklı iletişimini kolaylaştırmak ve uzak yerleri sanal olarak gezebilmelerine imkan sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Uzabulunum robot manipülatörü üzerinde internet bağlantısı olan bir bilgisayar (sunucu) bulunmaktadır. Bu bilgisayarı, internet bağlantısına sahip herhangi bir bilgisayar (istemci) uzaktan kontrol etmektedir. Her iki bilgisayara da kullanım kolaylığı sağlamak için tasarlanmış arayüz programları önceden yüklenmiştir. Kurulu olan arayüzler, soket haberleşme yöntemi ile haberleşmektedirler. Kamera özelliği her iki bilgisayarda da mevcuttur. Uzak ortamda bulunan kişi, istemci bilgisayarın kamerası sayesinde kullanıcıyı görebilmektedir. Kullanıcı da sunucu bilgisayarın kamerası aracılığı ile uzak ortamı görebilmektedir. Böylece kullanıcı gözlemlerine bağlı olarak, arayüz programı eşliğinde robotu istediği yöne yönlendirebilmektedir. Robotun sağ, sol ve ön kısmında olmak üzere üç adet ultrasonik mesafe sensörü bulunmaktadır. Sensörler yardımıyla robotun engelle arasındaki mesafe bilgisi ölçülmektedir. Belirlenen kritik mesafeye ulaşılması durumunda, motorun o yöne hareketi engellenmektedir. Ultrasonik sensörler yardımıyla elde edilen mesafe bilgilerine bağlı olarak, motor hareketleri Arduino kart sayesinde gerçekleştirilmektedir. Arduino kart ile robot manipülatörü üzerindeki bilgisayar arasında kullanılan kablo USB kablodur fakat aralarındaki iletişim seri port ile gerçekleşmektedir. Arduino seri iletişimi USB iletişime çeviren bir çipe sahiptir. Bu çip bilgisayardaki USB arabirimi ile Arduino işlemcisini haberleştirmek için kullanılmaktadır. Uzabulunum robot Beyaz Tahta uygulaması içermektedir, böylece terminalden yüklenen bir görüntü veya beyaz ekran üzerinde her iki tarafın tartışma yapabilmesine olanak sağlanmaktadır. Uzabulunum robot ayrıca RSSI yöntemi ile mesafe ölçümü ve trilaterasyon yöntemi ile konum algılama özelliklerine sahiptir. Böylece haritası önceden istemci arayüzüne eklenmiş olan bir alanda robotun konumu belirlenerek, hareket kolaylığı sağlanmış olmaktadır. Arayüz tasarımı, soket haberleşmesi, seri haberleşme, RSSI ve trilaterasyon

yöntemleri Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Arduino yazılımları Arduino IDE programı kullanılarak C programla dili ile yazılmıştır.

Çalışmamızda tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robotun engel algılaması, kullanım kolaylığı sağlayan arayüzlere sahip olması, uygun maliyetli olması, konum tespiti yapabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Yapılan uzabulunum robot, yöneticilerin ofislerinde bulunmadığı zamanlarda çalışanlarını uzaktan yönlendirebilmeleri, eğitim kurumlarında öğretmenlerin uzaktan eğitim verilebilmeleri, sağlık kurumlarında branşında uzmanlaşmış uzaktaki doktorların hastalarını yüz yüze tedavi edebilmeleri için ve benzer örneklerde kullanılabilir.

Tasarlanan uzabulunum robot için yapılan çalışmalar alt başlıklar halinde aşağıda listelenmiştir.

- Mekanik yapı,
- Elektronik yapı,
- İstemci – Sunucu bilgisayarlar arasında sağlanan soket haberleşmesi,
- İstemci – Sunucu bilgisayarlar için arayüz tasarımları,
- Seri port haberleşmesi (Arduino Mega 2560 geliştirme kartı kullanılarak),
- RSSI yöntemi ile mesafe ölçümü,
- Trilaterasyon yöntemi ile konum algılaması.

2.2. Robot Anatomisi

Sunucu bilgisayar, robotun merkezi işlem birimidir. Sunucu bilgisayar ile donanım elemanları arasındaki bağlantı Arduino ile sağlanmaktadır. Gezinim için iki adet motor ve her motorun sahip olduğu motor sürücü devreler bulunmaktadır. Manipülâtör üzerinde bulunan ve algılayıcı olarak kullanılan üç adet ultrasonik mesafe sensörü vardır. Robotun güç kaynağı ise aküdür.

Tasarlanan uzabulunum robotun dıştan görünüşü Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Robot görünüş

Robot gövdesi ortalama bir insan boyundadır. Robot manipülatörü üzerindeki bilgisayar, robotun merkezi işlem birimidir. İstemci bilgisayar ile sürekli iletişim halindedir. Tüm haberleşme yazılımları ve yöntemler bu bilgisayarda çalışmaktadır.

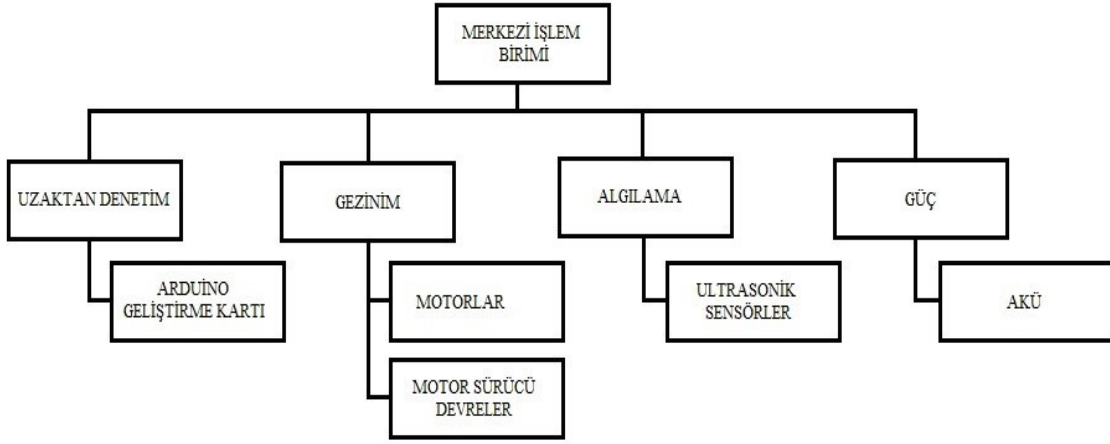
Arduino geliştirme kartı, akü, motor sürücü devreleri ve gerekli diğer elektronik devreler robotun taban kısmında kapalı bir alanda tutulmaktadır. Böylece hem devrelerin zarar görmesi engellenmekte hem de daha estetik bir görüntü oluşmaktadır. Akünün taban kısımda bulunma sebebi ise ağırlığıdır. Taban kısımda bulunarak robotun dengesine katkıda bulunmaktadır. Uzabulunum robot için gerekli devre elemanlarının bulunduğu, robot manipülatörü tabanındaki kapalı alan Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Robot manipulatörü taban kısmı

Ayrıca manipulatörün tabanında ultrasonik mesafe sensörleri, motorlar ve tekerlekler bulunmaktadır. Sağ, sol ve ön kısımda olmak üzere toplam üç adet mesafe sensörü vardır. Sensörler, Arduino kart sayesinde robot manipulatörü üzerindeki bilgisayara erişmektedir. İki adet önde ve iki adet arkada olmak üzere dört adet tekerlek bulunmaktadır. Öndeki tekerlekler robotun dengede kalması için kullanılan pasif tekerleklerdir. Arkadaki tekerlekler ise iki adet motor ve iki adet motor sürücü devre ile kontrol edilen, hareketi sağlayan tekerleklerdir.

Robot manipulatörünün sahip olduğu donanım elemanları Şekil 2.3.'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Donanım elemanları

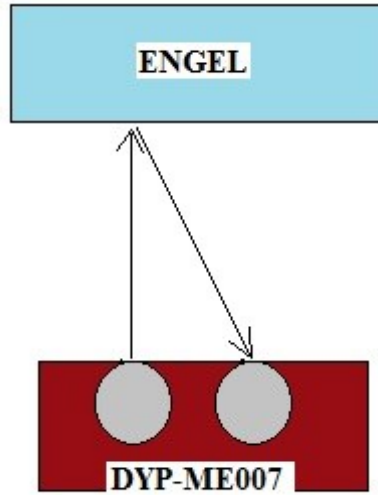
Merkezi işlem birimi yani sunucu bilgisayar kamera, mikrofon ve Wi-Fi özelliklerine sahip bir bilgisayardır. Sunucuya direkt ya da dolaylı olarak bağlı olan donanım elemanları uzaktan denetim, gezinim, algılama ve güç olmak üzere dört alt başlık halinde verilebilir.

Uzaktan denetim kısmı istemciden gelen bilgileri alarak işleyen ve sonuçlandıran bölümdür. Bu kısımda görevli donanım elemanı Arduino Mega 2560 geliştirme kartıdır. Arduino, sunucu bilgisayar ile direkt bağlantılıdır. Arduino Mega 2560 geliştirme kartının seçilme nedeni portlarının fazla olmasıdır. Diğer donanım elemanları, sunucuya Arduino üzerinden bağlantı sağladığı için portlarının fazla olması avantajdır. Böylece ileriki çalışmalarda uzabulum robota herhangi bir donanım eklenmek istenirse kolaylıkla eklenebilir. Yani sistem ölçeklenebilirlik açısından verimli hale gelmiş olur. Arduino kartın seçilmesindeki diğer bir avantaj programlanabilirliğinin kolay olmasıdır. Arduino IDE programı yardımıyla C programlama dili kullanılarak yazılımlar gerçekleştirilmiştir. Arduino kart USB'den ve harici bir adaptör/batarya ile beslenebilmektedir. Besleneceği güç kaynağını, kendisi otomatik olarak seçmektedir. Arduino kartın diğer bir tercih sebebi harici bir adaptör/batarya ile voltaj değerinin 6 ile 20 volt arasına kadar çıkabilmesidir. Kullanılacak diğer donanım elemanları için gereken voltaj değeri 12 volta kadar çıkmaktadır.

Gezinim alt başlığı ise robotun hareket kabiliyeti ile alakalı kısımdır. Gezinim ile alakalı kısım, Bölüm 2.2.1. başlığı altında detaylı anlatılmaktadır.

Algılama alt başlığında uzabulum robotun sahip olduğu algılayıcılardan bahsedilmektedir. Robot engel algılama özelliğine sahiptir. Engeli algılamak için mesafe

sensörü kullanmaktadır. Sağ, sol ve ön olmak üzere üç adet mesafe sensörüne sahiptir. Çalışmada kullanılan mesafe sensörü DYP-ME007 ultrasonik mesafe sensörüdür. Sensörün çalışma mantığı Şekil 2.4.'te gösterilmektedir. Ultrasonik ses dalgalarının frekans aralığı, bizim duyabileceğimiz ses dalgasının frekans aralığından fazladır. Bizim duyabileceğimiz ses dalgası frekansı 300 Hz ile 20000 Hz arasında iken mesafe sensörlerinden yayılan ses dalgasının frekansı 20 kHz ile 500 kHz arasındadır. Ultrasonik sensörler mesafe hesabı yaparken ultrasonik ses dalgaları yaymakta ve bunların engellere çarpıp geri dönmesine kadar geçen süreyi hesaplamaktadırlar. Yüksek frekanslardaki dalgaların düzgün doğrusal şekilde ilerlemeleri, enerjilerinin yüksek olması ve sert yüzeylerden kolayca yansması özelliklerinden dolayı sensörler yüksek frekanslı ultrasonik ses dalgalarını kullanmaktadır. Çalışmada kullanılan sensörün çalışma frekansı 40 kHz'dir.



Şekil 2.4. Ultrasonik mesafe sensörü engel algılama

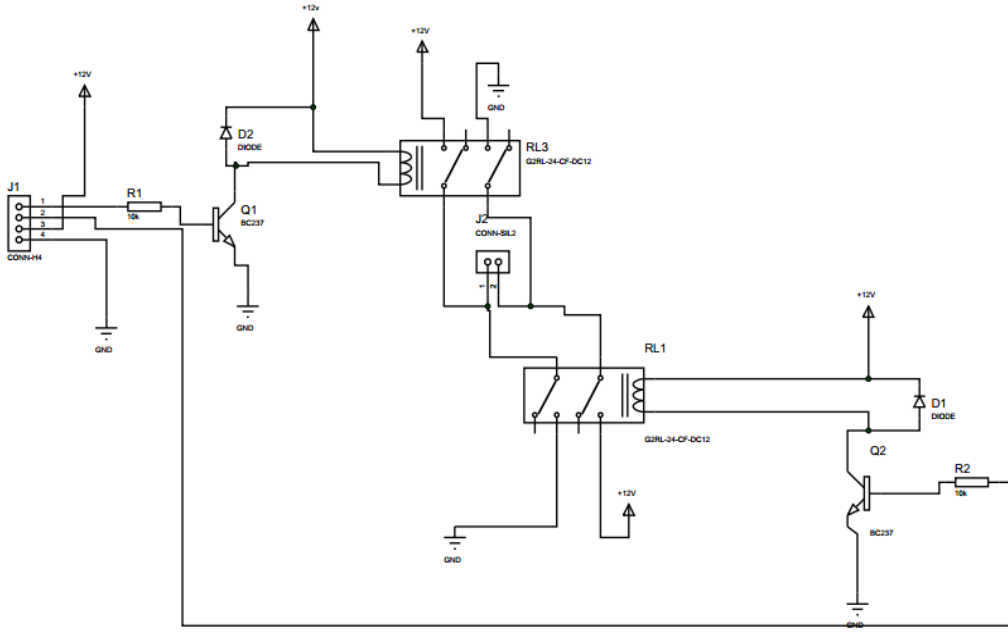
Güç, donanım elemanlarının diğer bir alt başlığıdır. Robotun güç kaynağı aküdür. Akü, ağırlığı sebebiyle robotun taban kısmında bulunmaktadır. Böylece robotun dengesine katkı sağlamaktadır. 12 volt güç değerine sahip bir akü tercih edilmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi Arduino, harici bir güç kaynağı ile voltaj değerini artırabilmektedir. Motorların çalışma voltajı 12 volt olduğu için, 12 voltluk bir akü kullanılmaktadır.

2.2.1. Gezinim

Robotun, manipülatör tabanına yerleştirilen ultrasonik sensörler yardımıyla, gezinirken insanlara veya duvarlara çarpmaması sağlanmıştır. Robotun önünde, sağında ve solunda olmak üzere üç adet ultrasonik mesafe sensörü bulunmaktadır. Robot manipülatörü üzerindeki bilgisayar sensörlerden gelen verileri Arduino geliştirme kartı ile okumaktadır. Robot manipülatörü üzerinde yer alan bilgisayardaki yazılım, gövdenin insan hareketlerine yakın hareket etmesini sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. Gövdenin konum kontrolü, terminaldeki kullanıcı tarafından ayarlanabilmektedir. Robotun tabanında dört adet tekerlek yer almaktadır. Arka iki tekerlek, iki adet sonsuz dişli redüktörlü DC motor tarafından sürülmektedir.

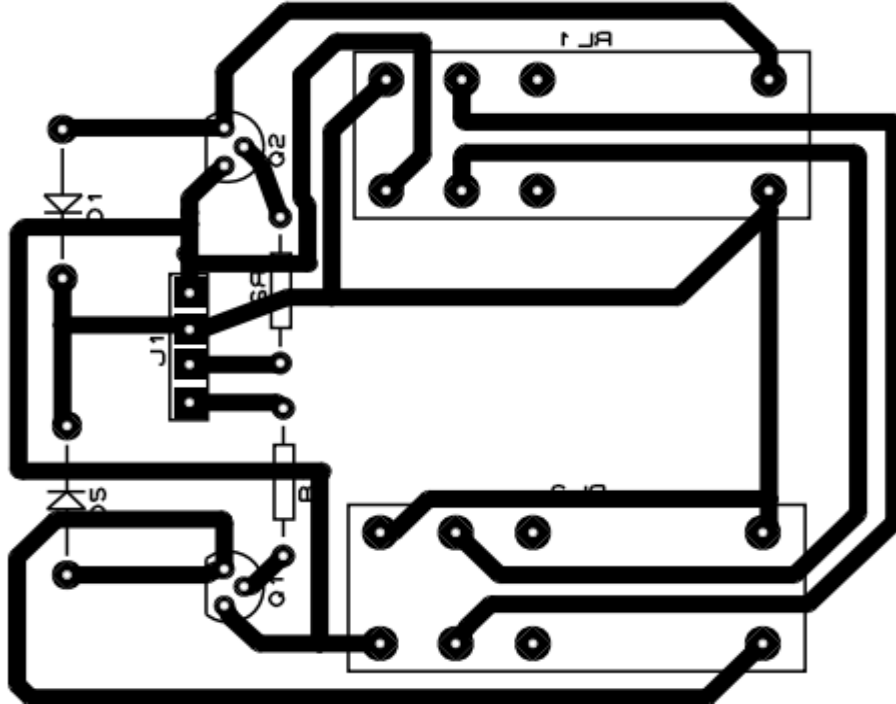
Tekerlek ve motor sürücü devre arasındaki bağlantı motor üzerinden sağlanmaktadır. Sistemde iki adet motor kullanılmaktadır. Motorlar sonsuz dişli redüktörlü DC motordur. Bu motorların sürücüleri robot manipülatörü üzerinde bulunan bilgisayar tarafından kumanda edilmektedir. Bilgisayar ile kumanda edebilme görevi Arduino sorumluluğundadır. Ön iki tekerlek ise pasif, her yöne dönebilen (büro sandalyesi tekeri gibi) şekildedir ve robotun dengede durmasını sağlama işlevini üstlenmektedir. Motor sürücü devreler, Arduino Mega kart ve gerekli diğer elektronik devreler, robotun taban kısmında kapalı bir alanda tutulmaktadır. Böylece hem devrelerin zarar görmeleri engellenmiş olmakta hem de daha estetik bir görüntü oluşmaktadır.

Yapılan uzabulunum robotun gezinebilmesi için dört adet tekerleği vardır. Tekerlekler, motor ve motor sürücü devre yardımıyla istenilen hareketi gerçekleştirebilmektedir. Uzabulunum robotun ileri, sola ve sağa hareketleri sağlanmaktadır. Bunu sağlayabilmesi için iki adet motor ve iki adet motor sürücü devre yeterli olmaktadır. Motor sürücü devreler çift yönlü çalışmaktadır. Her bir motor sürücü devrede iki adet röle, iki adet NPN transistör, iki adet diyot ve iki adet direnç mevcuttur. Motor sürücü devrenin ISIS programında simüle edilmiş hali Şekil 2.5.'te gösterilmektedir.



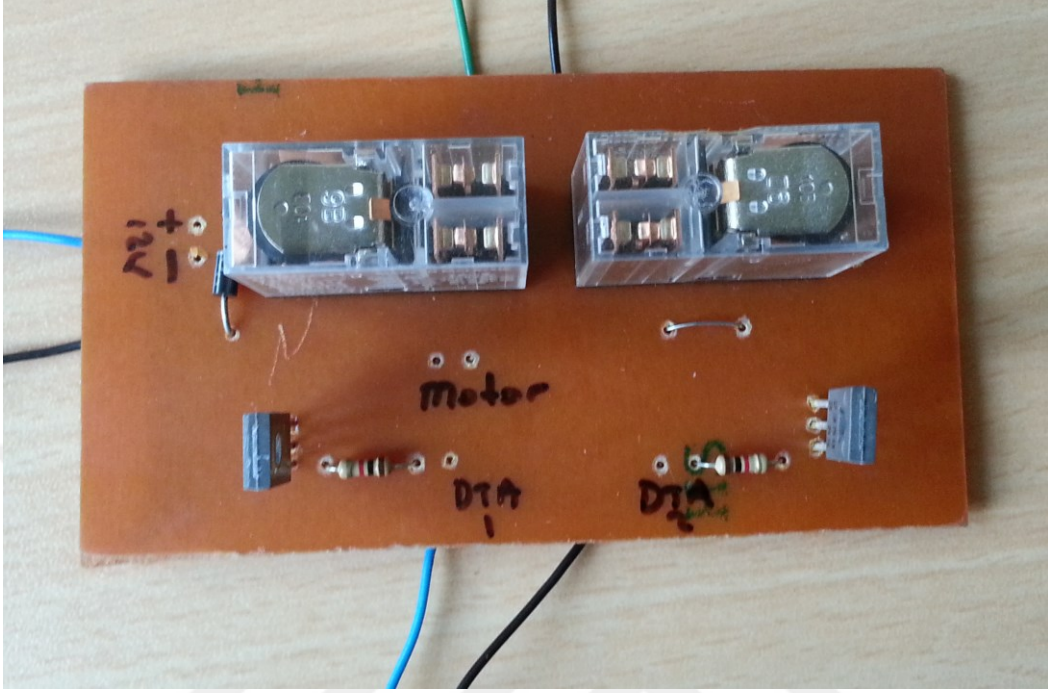
Şekil 2.5. Motor sürücü devresi ISIS simüle

Motor sürücü devrenin baskı devresini oluşturabilmek için ARES programında hazırlanmış simüle hali Şekil 2.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Motor sürücü devre ARES simüle

Motor sürücü devrenin gerçek ortama aktarılmış hali Şekil 2.7.'de verilmektedir.



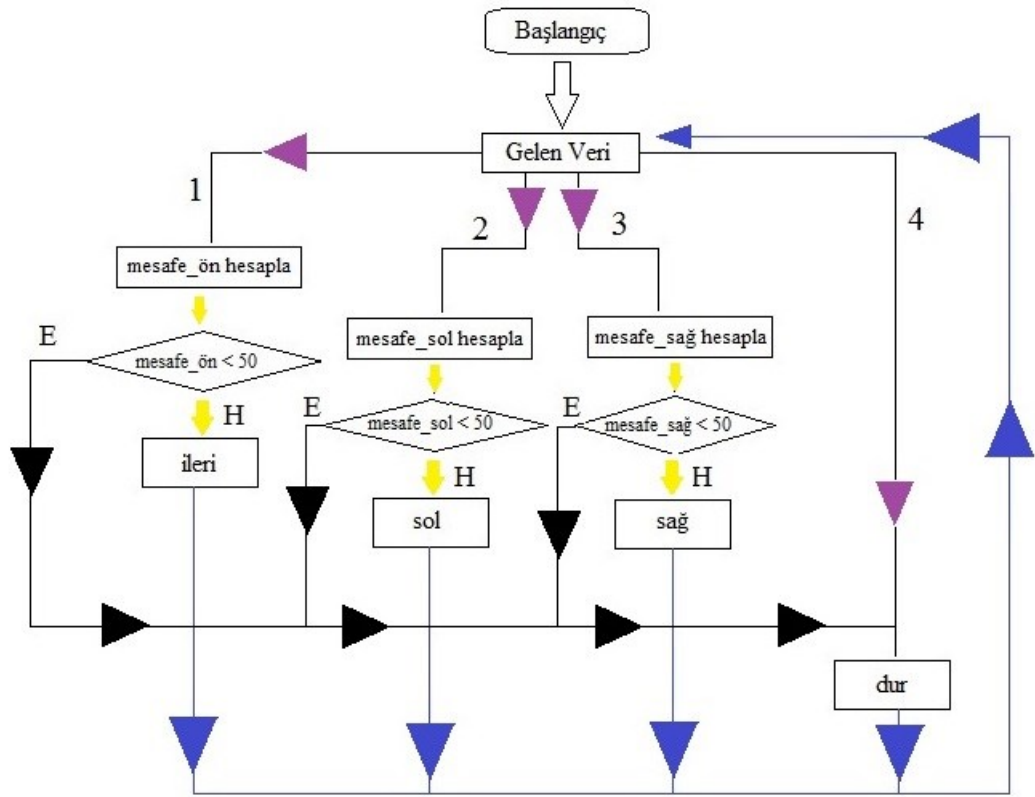
Şekil 2.7. Motor sürücü devre

Motor sürücü devre yapımında röle kullanılmıştır. Rölelerde ısınma sorunu olmamaktadır. Ayrıca düşük akımla çalıştığı için tercih edilmiştir.

Arduino geliştirme kartı, manipülatör üzerindeki bilgisayara USB aracılığıyla bağlanmıştır. İstemci bilgisayardan Arduino'ya gelen veri hareket yönünü belirleyici olmaktadır. İstemci bilgisayardan hareket ile ilgili veriler “ileri”, “sol” ve “sağ” butonları ile gelmektedir. Butonlar tıklanıldığı andan, bırakıldığı ana kadar istenilen hareketin icrasını sağlamaktadır. Butonlara basılı tutulduğu süre boyunca “ileri”, “sol” ve “sağ” mesajı sunucu bilgisayara iletilirken, buton bırakıldığı an ise “dur” mesajı sunucu bilgisayara iletilmektedir. Bu olay timer kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sunucu bilgisayar da aldığı mesajlara karşılık, Arduino karta mesaj göndermektedir. Arduino karta giden mesajlar “1”, “2”, “3” veya “4” şeklindedir. Şekil 2.8.'de Arduino için oluşturulan akış diyagramı verilmiştir. Gelen veri “1” ise robot manipülatörünün ön tarafında bulunan ultrasonik mesafe sensörünün okuduğu değere bağlı olarak, uzabulunum robot ya ileriye doğru hareket eder ya da durur. Gelen veri “2” ise robot manipülatörünün sol tarafında bulunan ultrasonik mesafe sensörünün okuduğu değere bağlı olarak, uzabulunum robot ya

sola doğru hareket eder ya da durur. Gelen veri “3” ise robot manipulatörünün sağ tarafında bulunan ultrasonik mesafe sensörünün okuduğu değere bağlı olarak, uzabulunum robot ya sağa doğru hareket eder ya da durur. Gelen veri “4” ise uzabulunum robot durur.

Akış diyagramı oluşturulurken uzabulunum robotun hareketli bir engelle karşılaştığı durumlarda nasıl davranacağı da incelenmiştir. Uzabulunum robotun önüne hareketli bir engel gelirse ve istemci bilgisayardaki kullanıcı hareketini devam ettirmek isterse, uzabulunum robot engelden kurtulduğu andan itibaren istenilen hareketi devam ettirmektedir.



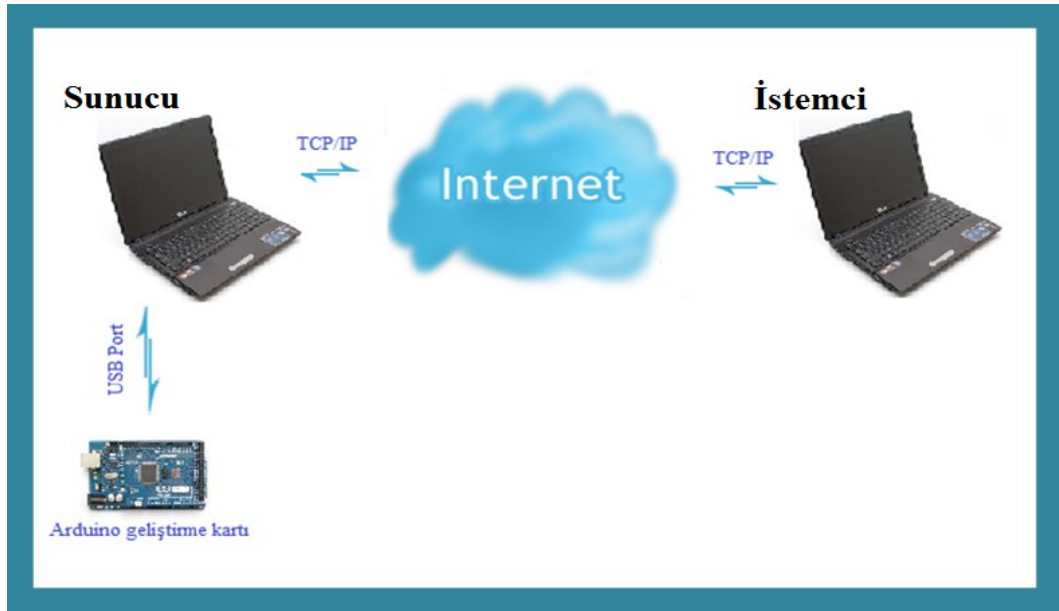
Şekil 2.8. Arduino için akış diyagramı

2.3. Sistemin Genel Yapısı

Sistemde iki adet bilgisayar bulunmaktadır; uzabulunum robot manipulatörü üzerinde internet bağlantısı olan bir bilgisayar (sunucu) ve bu bilgisayarı, internet bağlantısına sahip uzaktan kontrol eden herhangi bir bilgisayar (istemci). Bilgisayarlar karşılıklı ses ve görüntü aktarımını sağlayabilecek özelliğe sahiptir. Yani her iki bilgisayarda da

mikrofon, kamera ve Wi-Fi özelliği mevcuttur. Kamera özelliği sayesinde uzak ortamı görebilen kullanıcı robotu istediği yöne yönlendirebilmektedir. Yönlendirme işlemini arayüz programı eşliğinde yapmaktadır. Arayüz programı her iki bilgisayar için ayrı ayrı tasarlanmış ve önceden bilgisayarlara yüklenmiştir. Böylece iki taraf için de kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Arayüz programı ile yönlendirme işlemi gerçekleştirilirken soket haberleşme tekniği kullanılır. Bilgisayarlar arasındaki karşılıklı veri aktarımı bu yöntemle sağlanmaktadır. Soket haberleşme yöntemi, iletişim tercihi olarak TCP/IP kullanılmaktadır. Güvenilir olması sebebiyle tercih edilmiştir. İstemci, robotu istediği yöne yönlendirebilmek için soket haberleşme tekniğini kullanarak sunucuya mesaj gönderir. Sunucu tarafına gelen mesaj USB port sayesinde Arduino Mega 2560 geliştirme kartına aktarılır. Sunucu ile Arduino arasında kullanılan kablo USB kablodur fakat aralarındaki iletişim seri port ile gerçekleştirilmektedir. Arduino seri iletişimi USB iletişime çeviren bir çipe sahiptir. Bu çip bilgisayardaki USB arabirimi ile Arduino işlemcisini haberleştirmek için kullanılmaktadır. Seri port ile Arduino Mega 2560 geliştirme kartına ulaşan mesaj icra edilir.

Sistemin genel yapısı Şekil 2.9.'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Sistemin genel yapısı

2.3.1. İstemci - Sunucu Haberleşmesi

Robot manipülatörü üzerindeki bilgisayar ile terminaldeki bilgisayar arasında iki yönlü görüntü aktarımı sağlanabilmektedir. Yani her iki taraf da birbirini görebilmektedir. Bilgisayar, robot manipülatörünün en üst bölümüne yerleştirilmiştir. Böylece kullanıcı karşı tarafta iletişim kurabileceği insanları daha rahat görebilmektedir.

Her iki bilgisayarda da Beyaz Tahta uygulaması kullanılmaktadır. Bu işlev terminalden yüklenen bir görüntü veya beyaz ekran üzerinde her iki tarafın tartışma yapabilmesine olanak sağlamaktadır.

İstemci – Sunucu arasında yapılan bu işlemlerin tamamında soket haberleşme yöntemi kullanılmaktadır. Soketler iki yönlü haberleşmeyi sağlarlar. Uzak bilgisayarlarda bulunan süreçlerin haberleşmesinde kullanılmaktadır. Sunucu ve istemci bilgisayarların haberleşmesi için her iki bilgisayarın portları ve IP adresleri kullanılır. Haberleşme yapacak bilgisayarlar aynı port numarası üzerinden haberleşirler. Seçilen portlar her iki bilgisayarda da tanımlanır. Sunucu bilgisayar portlarını açık tutar ve tüm IP adreslerinden dinleme yapar. İstemci bilgisayar ise talepte bulunarak sunucunun IP adresiyle bağlanır. Bağlantı gerçekleştikten sonra iletişim tercihi belirlenir. Yapılan çalışmada daha güvenilir olması sebebiyle TCP/IP iletişim protokolü tercih edilmiştir. Sunucu ve istemci bilgisayardaki yuva nesnesi komutlarını kontrol etmek için Visual Studio programında System.Net ve System.Net.Sockets kütüphaneleri kullanılmaktadır.

Sunucu ve istemci bilgisayarlar arasındaki soket haberleşmesi ile ilgili pseudo kod blokları sırasıyla Şekil 2.10.'da ve Şekil 2.11'de verilmiştir. Sunucu bilgisayar, hangi istemciden bağlantı isteği gelirse gelsin, isteği yanıtlayabilmek için ağı dinlerken IP adresi belirlememektedir. Fakat istemci bilgisayar iletişim kurmak istediği sunucu bilgisayarın IP adresini belirtmelidir. Haberleşirken aynı port numarasını kullanmaları gerekmektedir. Bağlantıda her iki taraf için de bir sorun meydana gelirse, geriye hata mesajı gönderilmektedir.


```
private void dinlemeye_basla()
{
    try
    {
        dinle = new TcpListener(IPAddress.Any, port);
        dinle.Start();
        thread = new Thread(new ThreadStart(...));
        thread.Start();
    }
    catch (Exception)
    {
        "Dinleme Baslatilamadi"
    }
}
```

Şekil 2.10. Sunucu bilgisayar soket haberleşmesi pseudo kod

```
public void baglanti_kur()
{
    try
    {
        baglantikur = new TcpClient(IPAddress.Server, port);
        thread = new Thread(new ThreadStart(...));
        thread.Start();
        "Bağlantı Kuruldu"
    }
    catch (Exception)
    {
        "Bağlantı Hatası!"
    }
}
```

Şekil 2.11. İstemci bilgisayar soket haberleşmesi pseudo kod

Haberleşme esnasında kullanılacak portların erişime açılması gerekmektedir. Aynı zamanda güvenlik duvarının da kapalı olması şartı aranmaktadır. Bunun yanında açık kalmış virüs programı veya bağlantıda sorun oluşturabilecek diğer uygulamalar da kapatılmalıdır.

Virüs programı eğer devre dışı bırakılamazsa, kapatabilmek için bilgisayar güvenli moda açılır. Başlat -> Çalıştır kısmına “REGEDIT” yazılarak Kayıt Defteri Düzenleyicisi uygulamasına gidilir. Sonra HKEY_CURRENT_USER ve HKEY_LOCAL_MACHINE altındaki SOFTWARE altında mevcut virüs programı ile ilgili klasörler silinir. Başlat -> Çalıştır kısmına SERVICES.MSC yazılarak servisler listesi çalıştırılır. Mevcut virüs programı ile ilgili olan servisler tıklanır ve başlangıç şekli DISABLE edilir. Başlat -> Çalıştır kısmına MSCONFIG yazılıp sistem ayarları çalıştırılır. STARTUP kısmına gidilir ve mevcut virüs programı ile ilgili satırların başındaki işaretler kaldırılır. Son olarak bilgisayar yeniden başlatılır.

Görüntülü konuşma sırasında ise dikkat edilmesi gereken husus istemci ve sunucunun iki farklı port numarası kullanmasıdır. Yani istemcinin görüntü aktarımı sağlarken dinlediği port numarası ile görüntüyü aktardığı port numarası farklıdır. Diğer taraftan sunucunun da görüntüyü aktardığı port numarası ile ağı dinlediği port numarası farklıdır. Yani istemci 1235 numaralı portu dinliyorsa, sunucu görüntü aktarımını 1235 numaralı port üzerinden sağlar. Sunucu 1236 numaralı portu dinliyorsa, istemci 1236 numaralı port üzerinden görüntü aktarımı yapmaktadır. Böylece çakışma durumları önlenmiş olur.

2.3.2. Sunucu ve Arduino Arasında Haberleşme

Sunucu ile Arduino kart arasında kullanılan haberleşme tekniği seri haberleşmedir. Aralarında bağlantıyı sağlayan kablo USB kablo olmasına rağmen Arduino kart içerisinde seri iletişimi USB iletişime çeviren bir çip mevcuttur. Bu çip bilgisayardaki USB arabirimi ile Arduino işlemcisini haberleştirmek için kullanılmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus bilgisayarın hangi seri portunun kullanıldığını bilmek ve Arduino’ya portu tanıtmaktır. Hangi portun kullanıldığını öğrenmek için Denetim Masası uygulaması kullanılır. Daha sonra Aygıt Yöneticisinden seçim gözlemlenebilir.

Öğrenilen portun Arduino IDE programına tanıtılması ise Araçlar sekmesinde gösterilen Port başlığı altında yapılmaktadır.

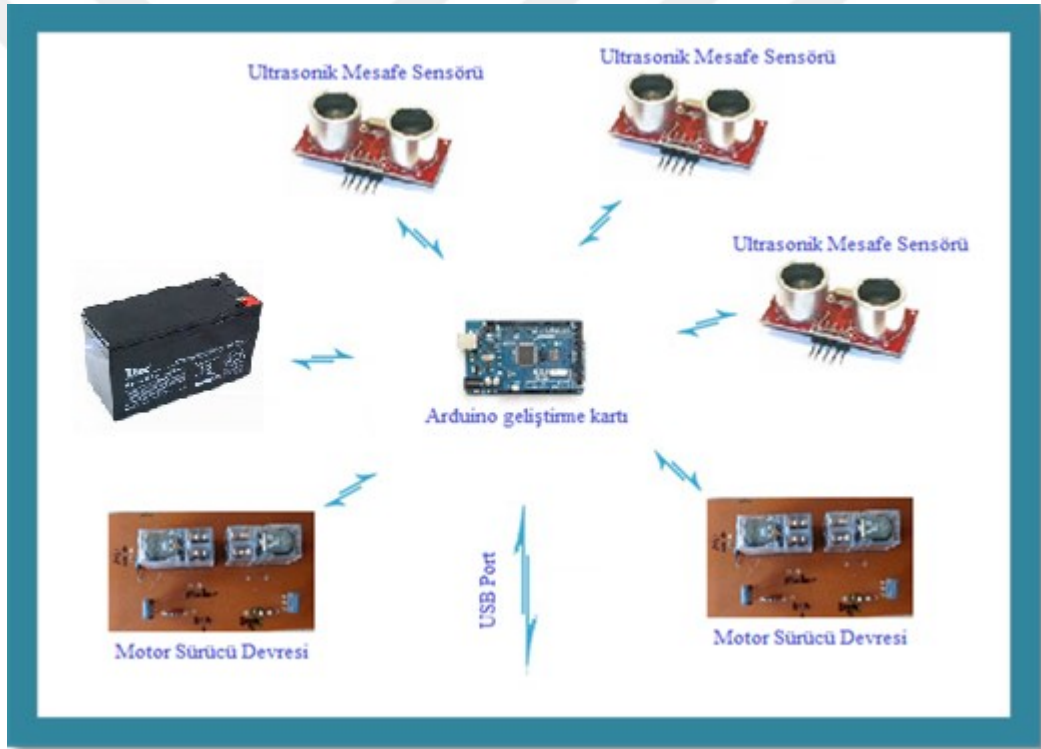
Kullanılacak olan Arduino kartın tanımlandığından da emin olmak gerekmektedir. Araçlar sekmesinde bulunan Kart başlığı altında Arduino Mega 2560 geliştirme kartının seçili olduğu gözlemlenmektedir.

Gerekli port tanımlamaları yapıldıktan sonra Visual Studio programına da “Serial Port” Tool’u eklenir ve port ismi burada da tanımlanır. Sunucu bilgisayara gelen emirler

tanımlanan seri port üzerinden Arduino karta gönderilir. Gelen emirler, Arduino yazılımı ile gerçekleştirilmektedir.

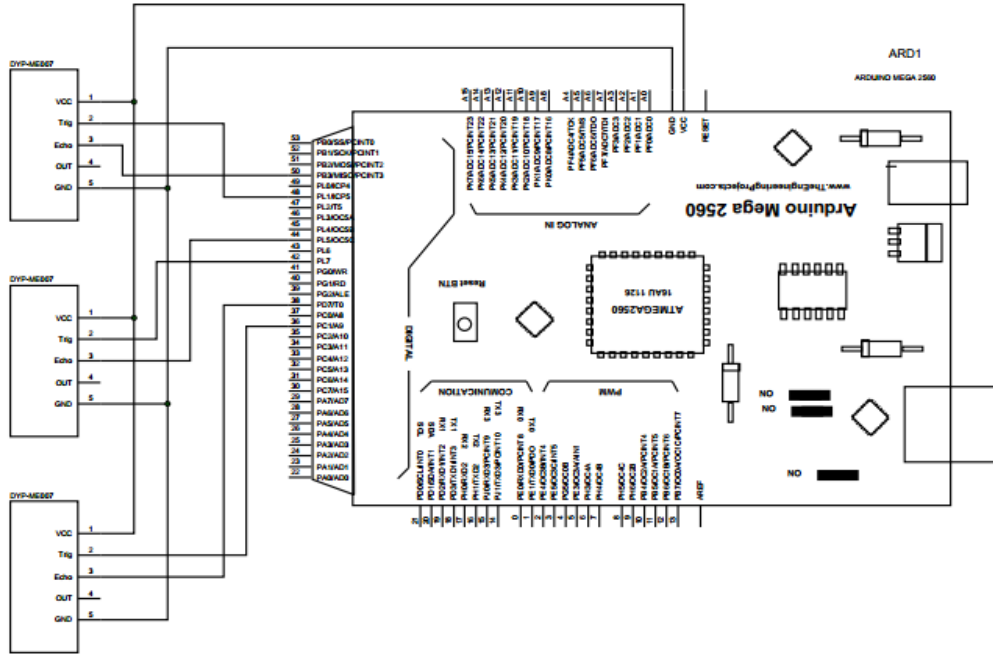
2.3.3. Arduino ve Elektronik Elemanlar

Arduino karta bağlı olan elektronik elemanların genel görüntüsü Şekil 2.12.'de verilmiştir. Arduino karta bağlı olan elemanlar Sunucu bilgisayar, üç adet ultrasonik mesafe sensörü, iki adet motor sürücü devre ve güç kaynağıdır. Sunucu bilgisayarın Arduino karta nasıl bağlantı sağladığı Bölüm 2.3.2.'de detaylı anlatılmıştır.



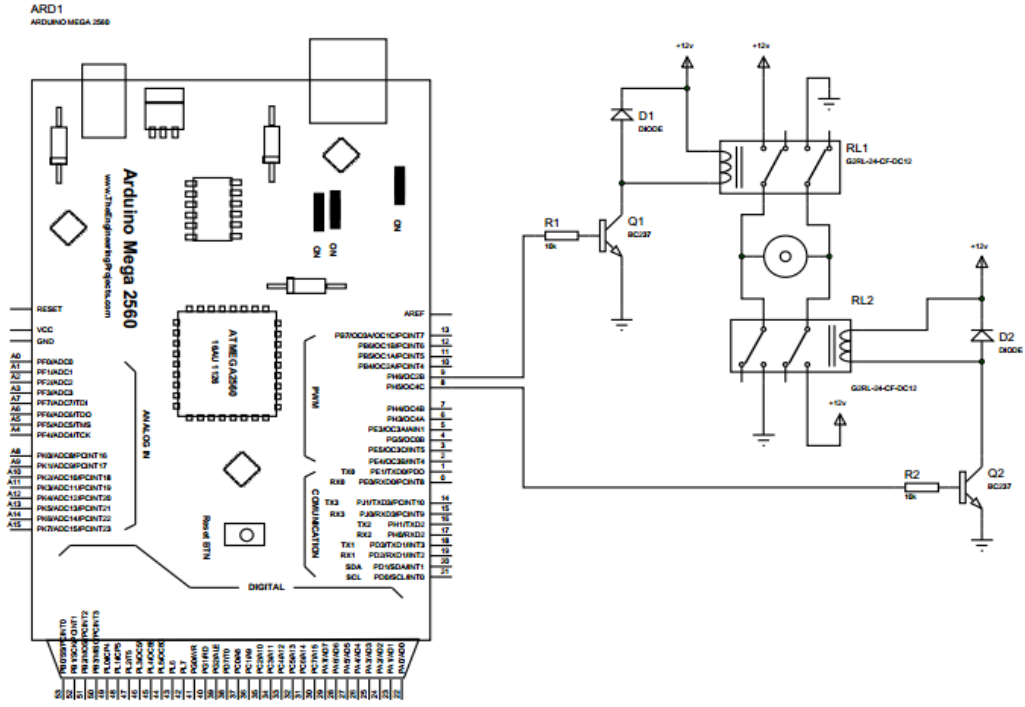
Şekil 2.12. Arduino ile elektronik elemanlar genel yapısı

Ultrasonik mesafe sensörleri Arduino kartın dijital I/O pinlerini kullanmaktadırlar. Dijital pinler `pinMode()`, `digitalWrite()` ve `digitalRead()` fonksiyonlarını kullanarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. Her pin 5V ile çalışır ve max. 40mA I/O sağlar. Her bir ultrasonik mesafe sensörü 2 adet dijital pin kullanmaktadır. Arduino kart ile arasında olan bağlantı Şekil 2.13.'te verilmektedir.



Şekil 2.13. Arduino ile DYP-ME007 arasındaki bağlantı

Arduino Mega 2560’ta 54 adet dijital I/O pini mevcuttur ve bunların 14 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Motor sürücü devreleri Arduino kartın PWM çıkışlarını kullanmaktadır. PWM çıkış istediğimiz kadar gücün bize sağlanmasından sorumludur. Yani hız ayarını kontrollü bir şekilde sağlamış oluruz. Her bir motor sürücü devre 2 adet PWM pini kullanmaktadır. Arduino kart ile arasında olan bağlantı Şekil 2.14.’te verilmektedir.



Şekil 2.14. Arduino ile motor sürücü devre arasındaki bağlantı

2.4. Konum Tespiti

Uzabulunum robotun konum tespiti yapabilmesi; kullanıcı, robotu daha önceden bilmediği bir ortamda uzaktan kontrol ederken avantaj sağlamaktadır. Konum tespiti üç adımdan oluşmaktadır.

- 1- Alan araştırması
- 2- Konumlandırma sistemi kararı
- 3- Trilaterasyon yöntemi seçimi

Çalışmanın yapıldığı alan Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde sınıfların ve bölüm sekreterliklerinin bulunduğu birinci kat koridorudur. Uygulamanın yapılabilmesi için minimum üç adet modeme ihtiyaç duyulmaktadır. Bölümde konumları sabit üç adet modem kullanılmıştır. Kullanılan bölgenin alan haritası ve modemlerin yerleri Şekil 2.15.'te gösterilmektedir.

edilmektedir. RSSI ile ilgili değerlerin hesaplanabilmesi için Visual Studio programına NativeWifi kütüphanesi eklenmiştir.

Çalışmada kullanılan ve konumları sabit olan modemler, koridorda toplantı salonu önü, Derslik 5 önü ve Derslik 6 önünde bulunmaktadır. Çalışmamızda RSSI değerlerinin doğru hesaplanabilmesi için modemlerin MAC adreslerinden faydalanılmıştır. Böylece gelen RSSI değerleri içerisinde eleme yapılmaktadır. Yani sadece kullanılan üç modemin RSSI değeri hesaplanmaktadır. RSSI değerlerinin tespiti için MAC adreslerinin kullanımı gösteren pseudo kod bloğu Şekil 2.16.'da verilmiştir.

```

if (Mac_adresi == " Toplantı Salonu Önü Modem MAC Adresi ")
    rss1 = rss_değeri;

else if (Mac_adresi == " Derslik 5 Önü Modem MAC Adresi ")
    rss2 = rss_değeri;

else if (Mac_adresi == " Derslik 6 Önü Modem MAC Adresi ")
    rss3 = rss_değeri;

```

Şekil 2.16. RSSI pseudo kod

Uzaklık denklemine bağlı olarak uzabulunum robotun, üç modeme olan uzaklıkları hesaplanmaktadır. Hesaplanan uzaklık değerleri kullanılarak trilaterasyon teknikleriyle konum belirlenir. Trilaterasyon tekniği olarak Cramer-Rao yöntemi seçilmiştir. Cramer-Rao yöntemine bağlı olarak x ve y değerleri sırasıyla (2.2) ve (2.3) ile ifade edilmektedir.

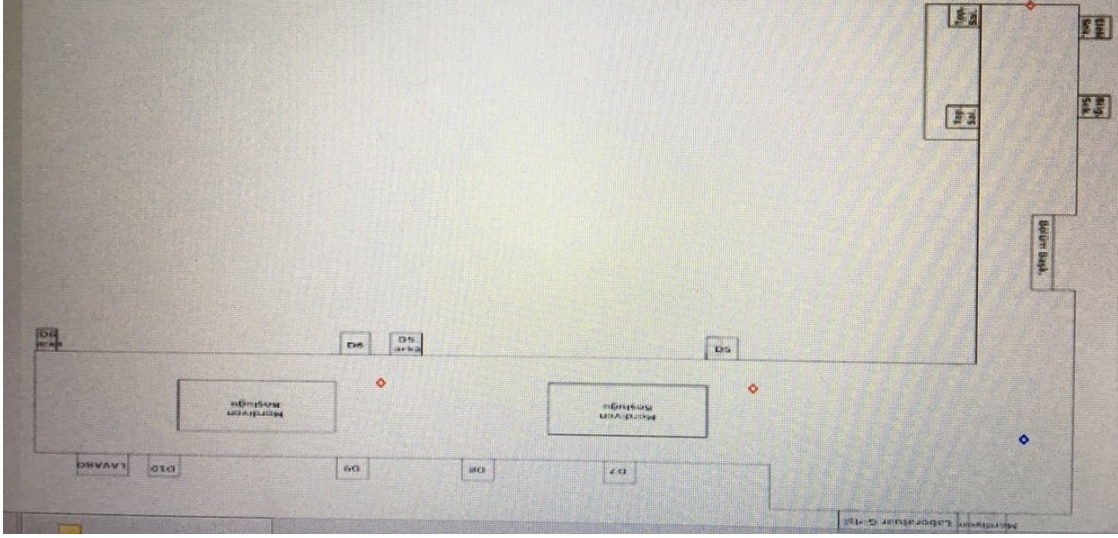
$$x = \frac{\begin{vmatrix} (d_a^2 - d_c^2) - (x_a^2 - x_c^2) - (y_a^2 - y_c^2) & (y_c - y_a) * 2 \\ (d_b^2 - d_c^2) - (x_b^2 - x_c^2) - (y_b^2 - y_c^2) & (y_c - y_b) * 2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (x_c - x_a) * 2 & (y_c - y_a) * 2 \\ (x_c - x_b) * 2 & (y_c - y_b) * 2 \end{vmatrix}} \quad (2.2)$$

$$y = \frac{\begin{vmatrix} (x_c - x_a) * 2 & (d_a^2 - d_c^2) - (x_a^2 - x_c^2) - (y_a^2 - y_c^2) \\ (x_c - x_b) * 2 & (d_b^2 - d_c^2) - (x_b^2 - x_c^2) - (y_b^2 - y_c^2) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (x_c - x_a) * 2 & (y_c - y_a) * 2 \\ (x_c - x_b) * 2 & (y_c - y_b) * 2 \end{vmatrix}} \quad (2.3)$$

Konum tespiti ile ilgili örnek görüntü Şekil 2.17.'de ve Şekil 2.18.'de verilmektedir. Uzabulunum robotun gerçek konumu Şekil 2.17. ile, haritada işaretlenmiş konumu ise Şekil 2.18.'de mavi nokta ile gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Uzabulunum robotun gerçek konumu



Şekil 2.18. Haritada işaretlenmiş konum

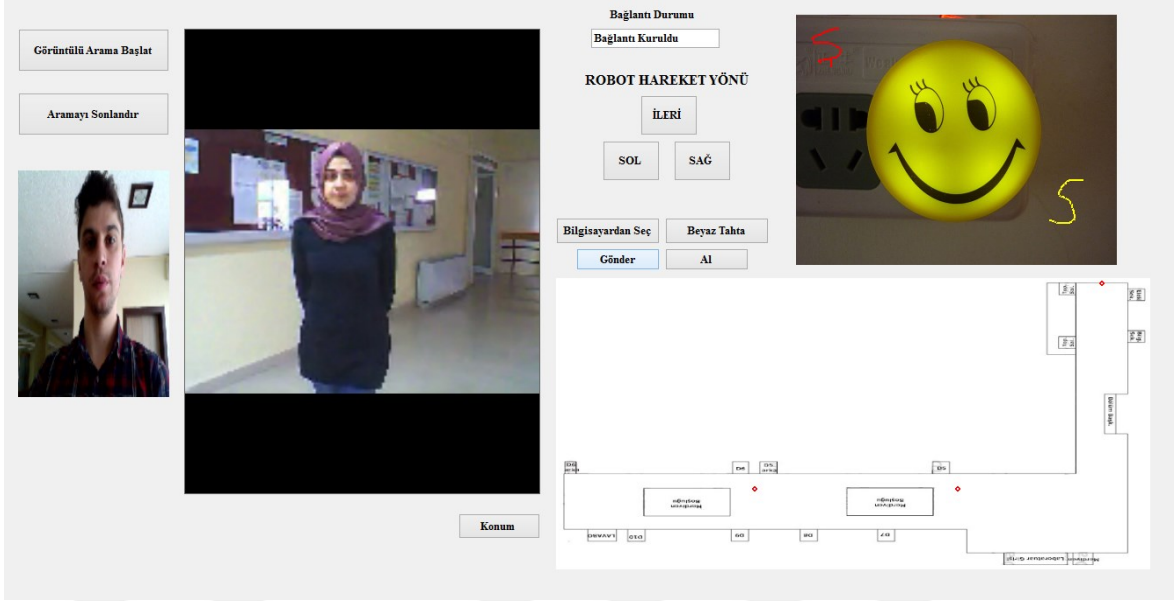
2.5. Uzaktan Denetim Arayüzleri

Çalışmamızda tasarlanan uzabulunum robot, uzaktaki kullanıcı ile internet bağlantısı üzerinden haberleşmektedir. Aynı zamanda uzakta bulunan kullanıcı, robot sayesinde iletişim kuran kullanıcıyı veya robotun bulunduğu ortamı gözlemleyebilmektedir. Bu sebeple her iki bilgisayarda da internet bağlantısı ve kamera özelliği bulunmaktadır. Kullanıcı, robot manipülatörü üzerindeki bilgisayar kamerası sayesinde uzak ortamı görebilmekte ve robotu istediği yöne hareket ettirmektedir. Benzer şekilde robot tarafında bulunan kullanıcı da robotu yönlendiren kullanıcıyı görebilmektedir.

Uzabulunum robotta karşılıklı veri aktarımı esas olduğu için kullanıcı ve robot tarafında ayrı iki arayüz mevcuttur.

2.5.1. İstemci Arayüzü

Kullanıcının bulunduğu bilgisayara daha önceden kurulu olan Şekil 2.19.'daki arayüz, internet bağlantısı ile robot manipülatörü üzerindeki bilgisayara erişmektedir.



Şekil 2.19. İstemci arayüzü

Kullanıcı tarafındaki arayüzde görüntü aktarımı, soket bağlantı durumu, Beyaz Tahta uygulaması, motor hareketleri ve konum belirleme ile ilgili alanlar mevcuttur. Arayüzle ilgili özellikler detaylı incelenirse;

Görüntülü Arama Başlat: Kullanıcı görüntülü konuşma isteğini robot tarafına bu butonla aktarır. Aynı zamanda kendi kamerası da aktif hale gelir. Bu butona tıklandığı zaman kullanıcı robot tarafındaki alanı görüntülerken, robot tarafındaki arayüzden de kullanıcının görüntüsü izlenebilmektedir. Şekil 2.19.'da gösterilen alanda sol tarafta bulunan görüntü kullanıcıya aittir, orta kısımda bulunan görüntü ise robot tarafından alınan görüntüdür. Kullanıcı, robot tarafından aktarılan görüntü sayesinde robotun hareketine karar vermektedir. Bu buton aynı zamanda seslerin de karşılıklı iletimini sağlamaktadır. Ses iletiminin doğru gerçekleşebilmesi için mikrofon ve hoparlör ayarlarının doğru olarak tanımlanması gerekmektedir.

Aramayı Sonlandır: Kullanıcı bu buton sayesinde her iki tarafta aktif olan kamerayı kapatır. Yani görüntülü konuşmayı ve karşılıklı ses aktarımını sonlandırmaktadır.

Bağlantı Durumu: Kullanıcı bilgisayar ile robot tarafındaki bilgisayar arasındaki bağlantı soket haberleşme tekniğiyle sağlanmaktadır. İstemci ile sunucu arasındaki veri alışverişinin sağlıklı olabilmesi için bağlantı durumunun kontrol edilmesi gereklidir. Bu yüzden soket bağlantı durumu arayüzde gösterilmektedir. Bağlantı durumunun olumlu

olması durumunda "Bağlantı Kuruldu", tam tersi ihtimalde ise "Bağlantı Hatası!" mesajları arayüzde gözlemlenmektedir.

Motor Hareket Yönü: Motorların hareket yönleri bu alanda belirlenmektedir. İleri, sol ve sağ olmak üzere üç adet hareket seçeneği mevcuttur. Kullanıcı, robotun gitmesini istediği yönü bu seçeneklerle bildirmektedir. Engel algılama özelliğine sahip olan uzabulunum robotun, kullanıcının seçtiği yönde herhangi bir engele rastlarsa o yöne hareketi engellenmektedir. Fakat hareketli bir engelle karşılaşırsa ve kullanıcı hala seçtiği yönde hareketini devam ettirmek isterse, engel robotun hareket yönünden kalktığı zaman robot hareketine devam etmektedir. Engel algılamadaki asıl amaç robotun ve çevresindeki insanların zarar görmesini engellemektir. İleri: Robotun ileri doğru hareketini sağlamaktadır. Sol: Robotun sola doğru hareketini gerçekleştirmektedir. Sağ: Robotun sağa doğru hareketini gerçekleştirmektedir. Uzabulunum robotun geri hareketi motor sürücü devrelerle desteklenmektedir. Fakat robotun insana benzer şekilde hareketler sergilemesi istenildiğinden, geri yöne hareket seçeneği bulunmamaktadır.

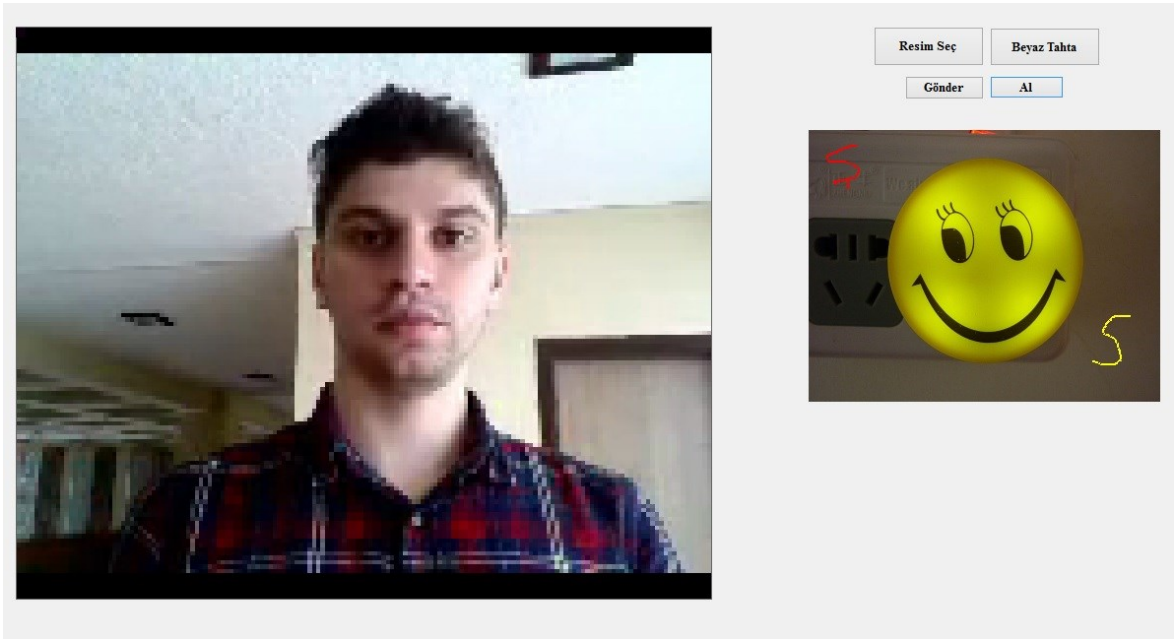
Beyaz Tahta Özelliği: Uzabulunum robotun bu özelliği, kullanıcıların ortak bir resim veya beyaz alanda karşılıklı tartışabilmelerine imkan sağlamaktadır. Bilgisayardan Seç: Tartışılmak istenilen görüntü, bilgisayarda kayıtlı herhangi bir görüntü ise; bu görüntünün bilgisayardan seçilerek arayüze aktarımı sağlanmaktadır. Beyaz Tahta: Tartışılmak istenilen alan beyaz bir ekransa, beyaz bir alanın varlığı sağlanmaktadır. Seçilen her iki alan da, arayüzde sağ üst kısımda gösterilen görüntünün bulunduğu alana denk gelmektedir. Gönder: Sunucu bilgisayara görüntünün aktarımını gerçekleştirmektedir. Al: Sunucu bilgisayardan gönderilen görüntünün istemci arayüzünde görüntülenmesini sağlamaktadır. Arayüzde örnek olarak gösterilen görüntü üzerinden anlatılırsa; bilgisayardan seçilen görüntü üzerinde sarı kalem kullanılarak şekiller çizilmiştir. Gönder seçeneği ile sunucu bilgisayara gönderilmiştir. Sunucu tarafındaki kullanıcı, kırmızı kalem yardımıyla şekiller çizmiştir. Son olarak sunucunun çizdiği şekiller, görüntünün son hali, Al seçeneği yardımıyla istemci arayüzünde gösterilmiştir.

Konum: Tasarlanan uzabulunum robot konum belirleme özelliğine sahiptir. Arayüzde sağ alt kısımda bulunan harita üzerinde konum belirlenmektedir. Haritada kırmızı renk ile ifade edilen üç nokta konumları sabit olan modemlere aittir. Uzabulunum robotun konumu ise mavi nokta ile gösterilmektedir. Konum butonuna tıklandığı zaman robotun konumu haritada belirlemektedir.

Arayüz tasarımı, Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

2.5.2. Sunucu Arayüzü

Robot manipulatörü üzerindeki bilgisayara daha önceden kurulu olan Şekil 2.20.'deki arayüz, internet bağlantısı ile kullanıcı tarafındaki bilgisayara erişmektedir.



Şekil 2.20. Sunucu arayüzü

Uzabulunum robot tarafındaki arayüzde görüntü aktarımı ve beyaz tahta uygulaması ile ilgili alanlar mevcuttur. Arayüzle ilgili özellikler detaylı incelenirse;

Arayüzde sol tarafta bulunan görüntü kullanıcı tarafından aktarılan görüntüdür. Görüntünün büyük ebatla olması, robotun kafasının uzaktaki kullanıcı ile temsil edilmek istenmesindedir. Robotun kamerasındaki görüntü arayüzde gösterilmemektedir. Çünkü genelde hareket ettiği alanı çekmektedir.

Beyaz Tahta Özelliği: Uzabulunum robotun bu özelliği, kullanıcıların ortak bir resim veya beyaz alanda karşılıklı tartışabilmelerine imkan sağlamaktadır. Resim Seç: Tartışılmak istenilen görüntü, bilgisayarda kayıtlı herhangi bir görüntü ise; bu görüntünün

bilgisayardan seçilerek arayüze aktarımı sağlanmaktadır. Beyaz Tahta: Tartışılmak istenilen alan beyaz bir ekransa, beyaz bir alanın varlığı sağlanmaktadır. Seçilen her iki alan da, arayüzde sağ kısımda gösterilen görüntünün bulunduğu alana denk gelmektedir. Gönder: İstemci bilgisayara görüntü aktarımını gerçekleştirmektedir. Al: İstemci bilgisayardan gönderilen görüntünün sunucu arayüzünde görüntülenmesini sağlamaktadır. Arayüzde örnek olarak gösterilen görüntü üzerinden anlatılırsa; istemci tarafından gönderilen ve sarı kalem kullanılarak şekiller çizilmiş görüntü, Al seçeneği ile sunucu arayüzünde gösterilmiştir. Görüntü üzerine kırmızı kalem yardımıyla şekiller çizilmiş, görüntünün son hali, Gönder seçeneği ile istemci bilgisayara gönderilmiştir.

Arayüz tasarımı, Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

2.6. Deneysel Sonuçlar ve Karşılaştırmalar

Tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robotta uzaktan kontrol edilebilme, karşılıklı ses ve görüntü aktarımı sağlayabilme, engel algılama ve konum algılama gibi özellikler bulunmaktadır.

Uzaktan kontrol edilebilme, karşılıklı ses ve görüntü aktarımı sağlayabilme gibi veri alış verişleri soket haberleşme tekniğiyle sağlanmıştır. Engel algılama özelliği için ultrasonik mesafe sensörleri kullanılmıştır. Konum tespiti için trilaterasyon yöntemlerinden Cramer-Rao metodu denenmiştir. Uzabulunum robotun bulunduğu konum ve Cramer-Rao yöntemine bağlı olarak hesaplanan kestirilmiş konumlardan bazıları Tablo 2.1.'de gösterilmektedir.


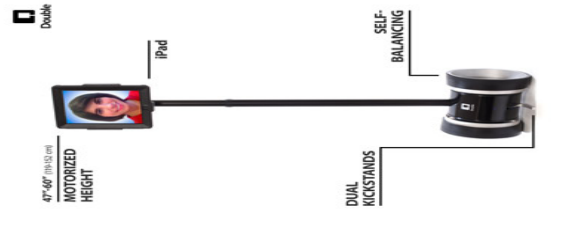

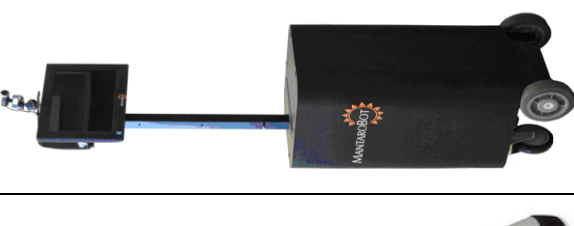
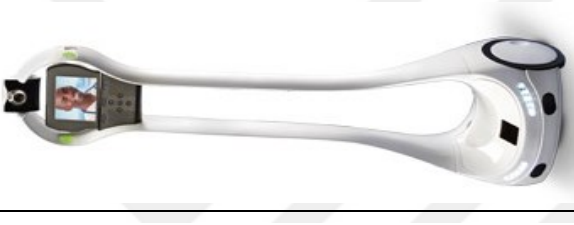


Tablo 2.1. Cramer-Rao metoduna göre kestirilmiş konumlar

x		y	
Gerçek Konum (m)	Kestirilmiş Konum (m)	Gerçek Konum (m)	Kestirilmiş Konum (m)
56.4	56.4	1.8	0
53.4	53.4	19.8	15
56.4	53.4	28.8	30
54	57	28.8	31.8
45.6	51	30	31.2
37.2	34.2	29.4	29.4
29.4	29.4	36	30
18.6	24	36.6	36
9	15	36.6	36

Testlerin yapıldığı alanda x uzaklığı 58.8 m, y uzaklığı ise 40.8 m'dir. Cramer-Rao metoduna göre sonuçlar yorumlandığında; x yönünde bulunan ortalama hata oranı %5.1, y yönünde bulunan ortalama hata oranı ise %5.5'dir. Uzabulunum robotun bulunduğu gerçek konum ile Cramer-Rao metoduna göre kestirilmiş konum arasındaki toplam hata oranı ise %5.3 olarak hesaplanmıştır.

Tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robotumuzun, piyasada mevcut diğer uzabulunum robotlarla karşılaştırılması Tablo 2.2.'de verilmiştir [42].

Tablo 2.2. Uzabulunum robotların karşılaştırılması

	Görünüş	Boyut	Yükseklik Ayarlanabilme
The QB Avatar		Ortalama bir insan boyu kadar yer kaplar ve sadece 14,5 kg ağırlığındadır.	VAR
The Double		8 kg ağırlığındadır.	YOK
The RP-VITA		----	YOK
The MantaroBot Classic 2		----	VAR
The VGO		120 cm uzunluğundadır.	YOK
The Beam Pro		Ortalama bir insan boyu kadar yer kaplar.	YOK
Tasarlanan Uzabulunum Robot		Ortalama bir insan boyu kadar yer kaplar.	YOK

Tablo 2.2.'nin devamı

	The QB Avatar	The Double	The RP-VITA	The MantaroBot Classic 2	The VGO	The Beam Pro	Tasarlanan Uzabulumum Robot
Bağlantı	Kullanıcılar sistem web kameralarını kullanarak Wi-Fi yoluyla video konferansa katılabilirlerdir.	Kullanıcı bir uygulama indirip iPad'ine ekler ve sonra iPad, iPhone, iPod touch veya masatüstü Web tarayıcısından kullanabilir.	Ek olarak satılan Kontrol İstasyonu Uygulamasıyla uzaktan kumanda edilebilir, iPad ve iPad mini ile uyumludur ancak kendisinde Windows 7 işletim sistemi mevcuttur.	Apple ya da Android tabletlerle skype ya da herhangi bir video konferans uygulamasıyla iş arkadaşlarına bağlanabilirler. Uzaktan kullanıcıların robotu yönetmek için internet bağlantısına ve Windows işletim sistemi bir PC'ye sahip olmaları gerekmektedir.	Uzaktaki kullanıcılar bu robota Mac ya da PC yazılım uygulamalarıyla bağlanarak kontrol edebilirler.	Mac ve Windows kullanıcılarına; aygıtla bağlanma, sesi kontrol etme ve arayüzü kullanma imkanı verir.	Kullanıcılar bilgisayar ile kablosuz ağ ya da 3G üzerinden internet bağlantısıyla robotun arayüzüne erişmektedir.
Donanım	----	Minimalist tasarım, Dokunmatik ekran kontrolleri.	----	Dahili Mikrofon, Hoparlör, Ekran, Kamera.	6 inç LCD ekran, Kamera, Mikrofon, Video ekranı.	17 inçlik ekran, 5,2 inçlik insan yüzü boyutunda çerçeve, Geniş açılı HD kamerası (biri öne, biri aşağı doğru bakan), 6 mikrofon dizisi.	Kamera ve mikrofon özelliğine sahip bilgisayar, Arduino kart, Ultrasonik mesafe sensörleri, Doğru akım motorları, Motor sürücü devreler.

Tablo 2.2.'nin devamı

	The QB Avatar	The Double	The RP-VITA	The MantaroBot Classic 2	The VGO	The Beam Pro	Tasarlanan Uzabulumum Robot
Ek	İki adet büyük tekerlek, Dik durmasını sağlayan dengeleme sistemi.	Geniş açılı Görüş.	Hastalarla etkileşime girmek için uzakta bulunan doktorun sadece ekranda görünen hastanın görüntüsüne tıklaması, Robotun yuvarlanan tabanı sayesinde her yere hareket edebilmesi.	Tableti sağa-sola oynatarak odanın farklı kısımlarını görüntüleyebilme.	20 kişiye kadar VGO sistemine dahil olabilmek, Aynı anda sadece tek bir kullanıcının robotu idare edebilmesi.	Ses azaltma, Yankı engelleme özelliği.	Engel algılama, Konum tespiti, Kullanım kolaylığı sağlayan arayüzler, Uygun maliyet.
Kullanım Alanları	Küçük/orta boy işletmeler ve kişisel kullanımlar için uygundur.	Ofisler, kampüsler, mağazalar, üretim tesisleri, aileler, müzeler gibi çeşitli yerlerde kullanılabileceği için belirli bir hedef kitlesine sahip değildir.	----	Özellikle uzaktaki ofis çalışanları için tasarlanmıştır, fakat en çok eğitim sektöründe kendine alıcı bulmuştur.	Özellikle sağlık ve eğitim sektörü için tasarlanmıştır.	----	Ofislerde, eğitim kurumlarında, sağlık kurumlarında, evlerde kullanılabilir.
Fiyat	9,700.00\$	2,499.00\$	Aylık 6,000.00\$	3,700.00\$	Yıllık 1,195.00\$, üç yıllık 2,495.00\$	16,000.00\$	600.00\$

Uzabulunum robotun kullanımına ait örnek bir görüntü Şekil 2.21.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Uzabulunum robot kullanımına örnek

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında uzaktan kontrol edilebilen, karşılıklı ses ve görüntü aktarımı sağlayan, engel algılama ve konum tespiti özelliklerine sahip bir uzabulunum robot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uzabulunum robot tarafında ve kullanıcı tarafında olmak üzere iki ayrı arayüze sahiptir. Arayüzler kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Uzabulunum robot ile kullanıcı arasındaki veri alış verişi socket haberleşme yöntemi ile sağlanmaktadır. Uzabulunum robot karşılıklı görüntü aktarımını sağlayabildiği için kullanıcı gözlemlerine bağlı olarak ve arayüz programı eşliğinde robotu istediği yöne yönlendirebilmektedir. Robotun sağ, sol ve ön kısmında olmak üzere üç adet ultrasonik mesafe sensörü vardır. Sensörler yardımıyla robotun engelle arasındaki mesafe bilgisi ölçülmektedir. Belirlenen kritik mesafeye ulaşılması durumunda, motorun o yöne hareketi engellenmektedir. Eğer engel hareketli ve kullanıcı o yöne hareketini devam ettirmek isterse, engel kalktığı an uzabulunum robot hareketine devam etmektedir. Uzabulunum robot Beyaz Tahta uygulaması içermektedir, böylece terminalden yüklenen bir görüntü veya beyaz ekran üzerinde kullanıcıların, karşılıklı tartışma yapabilmesine olanak sağlanmaktadır. Uzabulunum robot ayrıca RSSI yöntemi ile mesafe ölçümü yapmaktadır. Ve bu mesafe ölçümüne dayanarak trilaterasyon yöntemlerinden Cramer-Rao metodu ile konum belirleme yapabilmektedir. Böylece kullanıcı, uzabulunum robotun konumunu arayüzde bulunan haritada görebilmektedir.

Arayüz tasarımları, socket haberleşmesi, seri haberleşme, RSSI ve Cramer-Rao yöntemleri Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Arduino yazılımları Arduino IDE programı kullanılarak C programla dili ile yazılmıştır.

Çalışmamızda gerçekleştirilen uzabulunum robotun engel algılaması, kullanım kolaylığı sağlayan arayüzlere sahip olması, uygun maliyetli olması, konum belirleyebilmesi gibi ek avantajları bulunmaktadır. Ayrıca uzabulunum robotta Arduino geliştirme kartı kullanıldığından, ileride sisteme eklenmesi planlanan cihazlar uzabulunum robota rahatlıkla uyarlanabilecektir.

Tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robot, yöneticilerin ofislerinde bulunmadığı zamanlarda çalışanlarını uzaktan yönlendirebilmeleri için, eğitim kurumlarında öğretmenlerin uzaktan eğitim verilebilmeleri için, sağlık kurumlarında branşında uzmanlaşmış uzaktaki doktorların hastalarını yüz yüze tedavi edebilmeleri için ve benzer

örneklerde kullanılması amaçlanmaktadır. Kullanım alanına bağılı olarak ara personele ihtiyacı azaltmak, insanlara yardımcı olmak, uzman kişilerin görüşlerinden daha fazla insanın yararlanmasını sağlamak gibi avantajları da bulunmaktadır.

Çalışma sırasında tasarlanan uzabulunum robot ile ilgili 1 adet bildiri Mühendislikte Yeni Teknolojiler Sempozyumu (MYT 2015)'nda sözlü olarak sunulmuş ve bildiri kitapçığında basılmıştır [43].



4. ÖNERİLER

Çalışmamızda tasarımı gerçekleştirilen uzabulunum robotun hareketleri, herhangi bir engelle karşılaştığı an kısıtlanmaktadır. Eğer karşılaşılan engel hareketli ise ve kullanıcı harekete devam etmek isterse, engel kalktığı an hareketine devam etmektedir. Fakat ileride yapılacak çalışmalarda eklenmesi planlanan robot kolu ile birçok engelde hareket kısıtlamasının önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin tekerlekli masa, açılır-kapanır kapı,... gibi engellerde uzabulunum robot, kolunu kullanarak engelleri aşabilecektir.

Ayrıca başka bir çalışma olarak sayısal tıbbi cihazlar uzabulunum robota eklenerek yetenekleri artırılabilir. Böylece tıbbi alanda kullanılan uzabulunum robotlar hekimin hastalığa karar vermesinde daha belirleyici rol oynayabilir. Fakat bu cihazların kullanılabilmesi - hastaya konumlandırılabilmesi – için uzabulunum robot tek başına yeterli olmayabilir ve bir hemşire yardımına ihtiyaç duyulabilir. Eklenebilecek cihazlar için dijital steteskop, dijital oftalmoskop,.. örnek verilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Çamoğlu, D., Bilgisayar Kontrollü Robotik, 1. Baskı, Dikeyksen Yayın Dağıtım Yazılım ve Eğitim Hizmetleri, İstanbul, 2011.
2. Desai, M., Tsui, K. M., Yanco, H. A. ve Uhlik, C., Essential Features of Telepresence Robots, 2011 IEEE Conference on Technologies for Practical Robot Applications, April 2011, Woburn, Massachusetts, 15-20.
3. González-Jiménez, J., Galindo, C. ve Ruiz-Sarmiento, J.R., Technical Improvements of the Giraff Telepresence Robot based on Users' Evaluation, 2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, September 2012, Paris, France, 827-832.
4. Do, H. M., Mouser, C. J., Gu, Y., Sheng, W., Honarvar, S. ve Chen, T., An Open Platform Telepresence Robot with Natural Human Interface, Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems (CYBER), 2013 IEEE 3rd Annual International Conference on, May 2013, Nanjing, China, 81-86.
5. Cosgun, A., Florencio, D. A. ve Christensen, H. I., Autonomous Person Following for Telepresence Robots, Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on, May 2013, Karlsruhe, Germany, 4335-4342.
6. Tsui, K. M., Flynn, K., McHugh, A., Yanco, H. A. ve Kontak, D., Designing Speech-Based Interfaces for Telepresence Robots for People with Disabilities, Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on, June 2013, Seattle, Washington USA, 1-8.
7. Rezeck, P. A. F., Vieira, M. A. M., Chaimowicz, L. ve Campos, M. F. M., On the Development of A Robotic System for Telepresence, Robotics Symposium and Competition (LARS/LARC), 2013 Latin American, October 2013, Arequipa, 8-13.
8. Ghribi, N., Ammar, B. ve Alimi, A. M., Architectural Proposal for a Mobile Telepresence Robot, REGIMTEL, Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR), 2014 6th International Conference of, August 2014, Tunis, Africa, 359-364.
9. https://vsee.com/blog/vsee-telemedicine-kit-inafrica/?utm_source=VSee+Monthly+Newsletter&utm_campaign=81854bd45cJuly_Newsletter_Active_7_28_2013&utm_medium=email&utm_term=0_debaf02f21-81854bd45c-306987441&ct=tJuly_Newsletter_Nobel_7_28_2013, Uzabulum Robot Kullanımı, 01.09.2013.

10. <http://video.mit.edu/watch/neonatal-care-through-mobile-medical-telepresence-12086/>, Uzabulunum Robot Kullanımı, 01.09.2013.
11. Augestad, K. M. ve Lindsetmo, R.O., Overcoming Distance: Video-Conferencing as a Clinical and Educational Tool Among Surgeons, World J Surg, 33,7 (2009) 1356-1365.
12. Tsai, T. C., Hsu, Y. L., Ma, A. I., King, T. ve Wu, C. H., Developing a Telepresence Robot for Interpersonal Communication with the Elderly in a Home Environment, Telemedicine and e-Health, 13,4 (2007) 407-424.
13. Latifi, R., Weinstein, R. S., Porter, J. M., Ziemba, M., Judkins, D., Ridings, D., Nassi, R., Valenzuela, T., Holcomb, M. ve Leyva, F., Telemedicine and Telepresence for Trauma and Emergency Care Management, Scandinavian Journal of Surgery, 96,4 (2007) 281-289.
14. Rincon, F., Vibbert, M., Childs, V., Fry, R., Caliguri, D., Urtecho, J., Rosenwasser, W. ve Jallo, J., Implementation of a Model of Robotic Tele-Presence (RTP) in The Neuro-ICU: Effect on Critical Care Nursing Team Satisfaction, Neurocritical Care, 17,1 (2012) 97-101.
15. Zawada, E. T., Herr, P., Larson, D., Fromm, R., Kapaska, D. ve Erickson, D., Impact of an Intensive Care Unit Telemedicine Program on a Rural Health Care System, Postgrad Med, 121,3 (2009) 160-170.
16. Vespa, P. M., Miller, C., Hu, X., Nenov, V., Buxey, F. ve Martin, N. A., Intensive Care Unit Robotic Telepresence Facilitates Rapid Physician Response to Unstable Patients and Decreased Cost in Neurointensive Care, Surgical Neurology, 67,4 (2007) 331-337.
17. Sucher, J. F., Todd, S. R., Jones, S. L., Throckmorton, T., Turner, K. L. ve Moore, F. A., Robotic Telepresence: A Helpful Adjunct That Is Viewed Favorably By Critically Ill Surgical Patients, The American Journal of Surgery, 202,6 (2011) 843-847.
18. Ellison, L. M., Pinto, P. A., Kim, F., Ong, A. M., Patriciu, A., Stoianovici, D., Rubin, H., Jarrett, T. ve Kavoussi, L. R., Telerounding and Patient Satisfaction after Surgery, J Am Coll Surg, 199,4 (2004) 523-530.
19. Tsui, K. M., Norton, A., Brooks, D. J., McCann, E., Medvedev, M. S. ve Yanco, H. A., Design and Development of Two Generations of Semi-Autonomous Social Telepresence Robots, Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), 2013 IEEE International Conference on, April 2013, Woburn, Massachusetts, 1-6.

20. Evrard, P., Mansard, N., Stasse, O., Kheddar, A., Schauss, T., Weber, C., Peer, A. ve Buss, M., Intercontinental, Multimodal, Wide-Range Tele-Cooperation Using A Humanoid Robot, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 2009, St. Louis, USA, 5635-5640.
21. Tiberio, L., Cesta, A., Cortellessa, G., Padua, L. ve Pellegrino, A. R., Assessing Affective Response of Older Users to A Telepresence Robot Using a Combination of Psychophysiological Measures, 2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, September 2012, Paris, Fransa, 833-838.
22. Boissy, P., Corriveau, H., Michaud, F., Labonte, D., ve Royer, M. P., A Qualitative Study of in-Home Robotic Telepresence for Home Care of Community-Living Elderly Subjects, Journal of Telemedicine and Telecare, 13,2 (2007) 79-84.
23. Gandsas, A., Parekh, M., Bleech, M. M. ve Tong, D. A., Robotic Telepresence: Profit Analysis in Reducing Length of Stay after Laparoscopic Gastric Bypass, Journal of the American College of Surgeons, 205,1 (2007) 72-77.
24. <http://www.tuaw.com/2012/11/19/irobots-mobile-medical-telepresence-robot-controlledby-ipad-ap/>, 01.09.2013.
25. Yamamoto, A., Kim, K. Y. ve Higuchi, T., Tactile Telepresence System Using PVDF Sensors and Electrostatic Stimulator, 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, August 2005, Canada, 1766-1771.
26. Luo, R. C., Chou, Y. T., Liao, C. T., Lai, C. C. ve Tsai, A. C., NCCU Security Warrior: An Intelligent Security Robot System, Industrial Electronics Society (IECON 2007, 33rd Annual Conference of the IEEE), November 2007, Taipei, 2960-2965.
27. Wong, H. T., Poon, W. S., Jacobs, P., Goh, K. Y., Leung, C. H., Lau, F. L., Kwok, S., Ng, S. ve Chow, L., The Comparative Impact of Video Consultation on Emergency Neurosurgical Referrals, Neurosurgery, 59,3 (2006) 607-613.
28. <http://telepresencerobots.com/comparison>, Uzabulunum Robotlar, 24.4.2016.
29. <http://arduinoturkiye.com/arduino-nedir-ve-ne-degildir/>, Arduino, 14.12.2015.
30. <http://arduinoturkiye.com/arduino-mega-2560-nedir/>, Arduino Mega 2560, 14.12.2015.
31. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Doğru Akım Motorları, Ankara, 2011.

32. http://www.robotiksistem.com/sensor_cesitleri_engel_mesafe_sensorleri.html, Mesafe Sensörü, 15.12.2015.
33. Tuğay, G., Elektronik Hobi, 7. Baskı, ALFA Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2006.
34. [http://ceng2.ktu.edu.tr/~cakir/files/sistemlab/foyer/\[5\]bs_surec_haberlesme.pdf](http://ceng2.ktu.edu.tr/~cakir/files/sistemlab/foyer/[5]bs_surec_haberlesme.pdf), Süreçler Arası Haberleşme, 16.09.2015.
35. Turgut, H., Ağ Teknolojilerine Giriş, Pusula Yayıncılık, İstanbul, 2005.
36. Kolodziej, K. W. ve Hjelm, J., Local Positioning Systems LBS Applications and Services, CRC Press, 2006.
37. Özsoy, K., GPS ile İç Mekan Konumlandırma Sistemi: Tasarım, Uygulama ve Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
38. Demiral, E., Üç Boyutlu (3B) Coğrafi Bilgi Sistemleri Kapsamında İç Mekanlara Yönelik RFID Tabanlı Konum Belirleme Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2014.
39. Güvenç, İ. ve Chong, C. C., A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation Techniques, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 11, 3 (2009).
40. Oguejiofor, O. S., Aniedu, A. N., Ejiofor, H. C. ve Okolibe, A. U., Trilateration Based Localization Algorithm for Wireless Sensor Network, International Journal Of Science And Modern Engineering, 1, 10 (2013) 21-27.
41. Larsson, E. G., Cramer-Rao Bound Analysis of Distributed Positioning in Sensor Networks, Signal Processing Letters, IEEE , 11, 3 (2004) 334-337.
42. <http://blog.laptopmag.com/6-telepresence-robots-that-bring-the-office-to-you?slide=1>, Uzabulunum Robotlar, 14.10.2015.
43. Çavdar, T. ve Aymaz, Ş., Bir Uzabulunum (Telepresence) Robotun Tasarımı ve Geçeklenmesi, Mühendislikte Yeni Teknolojiler Sempozyumu (MYT 2015), Ekim 2015, Bayburt, 220-226.

ÖZGEÇMİŞ

Şeyma AYMAZ, 1990 Gümüşhane doğumludur. İlkokulu ve ortaokulu Gazipaşa İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Gümüşhane Fen Lisesi'nde tamamlamıştır. Lisans öğrenimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılında tamamlamıştır. 2013-2014 eğitim-öğretim yılının güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına, güz döneminde de aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Halen Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.