

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE
BİLGİSAYAR KONTROLLÜ ÇİZGİ İZLEYEN
MOBİL ROBOTUN GERÇEKLENMESİ**

Nurdane MORTAŞ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Orhan ER**

Yozgat 2013

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE
BİLGİSAYAR KONTROLLÜ ÇİZGİ İZLEYEN
MOBİL ROBOTUN GERÇEKLENMESİ**

Nurdane MORTAŞ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Orhan ER**

Yozgat 2013

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı 70111710018 numaralı öğrencisi Nurdane MORTAŞ'ın hazırladığı **“Görüntü İşleme Tekniği İle Bilgisayar Kontrollü Çizgi İzleyen Mobil Robotun Gerçeklenmesi”** başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca **18 Eylül 2013 Çarşamba** günü saat 14:00'da yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Başkan : Yard. Doç. Dr. Halit ÖZTEKİN

Üye : Yard. Doç. Dr. Orhan ER

Üye : Yard. Doç. Dr. Mustafa YAZ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../20..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../20.....

(Ünvanı, Adı Soyadı)

Müdür

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE BİLGİSAYAR KONTROLLÜ ÇİZGİ İZLEYEN MOBİL ROBOTUN GERÇEKLENMESİ

Nurdane MORTAŞ

**Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2013; Sayfa: 67

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Orhan ER

ÖZET

Teknolojinin hızla geliştiği dünyada robot tasarımları eğitim, sanayi gibi birçok alanda geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Mobil robotlarda, ulaşmak istenen hedef, insanın yerine geçebilecek, insan gibi algılayabilen, karar verebilen ve uygulayan otonom sistemler oluşturmaktır. Bu tez çalışmasında; yön bilgilerini kamera ile gerçek zamanlı algılayan ve hareket eden bilgisayar/operatör kontrollü ve tekerlekli bir mobil robot gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mobil Araba, Yol İzleme/Yörünge Planlaması, Görüntü İşleme, Skid Steering, PIC 18F2550.

LINE FOLLOWING AND REMOTE CONTROLLED MOBILE ROBOT WITH IMAGE PROCESSING

Nurdane MORTAŞ

**Bozok University
Institute of Natural and Applied Sciences
Master of Mechatronics Engineering
Master Thesis**

2013; Page: 67

Thesis Supervisor: Asist. Prof. Dr. Orhan ER

ABSTRACT

With the development in technology, the robotic systems have used in the varied fields such as education, industry and so on. The target is to develop humanoid systems can sense and decide as human. In this thesis, it has studied a mobile robot based on real visualization system controlled by an operator.

Keywords: Mobile Robot, Path Tracking, Image Processing, Skid Steering, PIC 18F2550.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Orhan ER, hocalarım Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAZ ile Doç. Dr. Mustafa BÖYÜKATA'ya ve yurt dışında bulunduğum süre zarfında değerli katkılarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Paulo Nobre Balbis dos REİS'e, ayrıca bana her konuda destek olan babam Halil MORTAŞ' a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1 : Modern Mobil Robotik Tarihçesi	6
Tablo 2.1 : Tekerlekli Araçlar İçin İki Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar	15
Tablo 2.2 : Tekerlekli Araçlar İçin Üç Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar	16
Tablo 2.3 : Tekerlekli Araçlar İçin Dört Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar	17
Tablo 2.4 : Tekerlekli Araçlar İçin Altı Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar	18
Tablo 4.1 : PIC 18F2550 Mikroişlemci Özellikleri	34
Tablo 4.2 : 18F2550 Osilatör Çeşitleri	38
Tablo 4.3 : RS232 Konnektörün Uç Ayrıntıları	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	: Karel Capek Tarafından Oyununda Kullanılan Robot	2
Şekil 2.1	: (a) Standart Tekerlek (b) Castor Tekerlek, (c) Swedish Tekerlek, (d) Top Veya Küre Tekerlek	14
Şekil 3.1	: Standart Tekerlek Tasarımı (a) Yan Görünüm (b) Ön Görünüm (c) Üst Görünüm	20
Şekil 3.2	: Tekerlek Koordinat Sistemi	22
Şekil 3.3	: Skid Steering	23
Şekil 3.4	: Skid Steering Veri Akış-Hareket Diyagramı	24
Şekil 3.5	: Oyuncak Mobil Arabanın Steering Kontrol Şeması	24
Şekil 4.1	: Mobil Sistemin Genel Görünümü	27
Şekil 4.2	: Genel Bir Mikroişlemcinin Şematik Diyagramı	29
Şekil 4.3	: PIC Mikroişlemcilerinin Basitleştirilmiş Blok Diyagramı	29
Şekil 4.4	: 18F2550 Mikroişlemci	30
Şekil 4.5	: 18F2550 Mikroişlemci Pin Yapısı	31
Şekil 4.6	: PIC 18F2550 Entegresinin Bacak Bağlantıları	32
Şekil 4.7	: PIC 18F2550 Mikroişlemci Pin Blok Diyagramı	33
Şekil 4.8	: PIC 18F2550 Mikroişlemci Veri Belleği Haritası	36
Şekil 4.9	: PIC 18F2550 Mikroişlemci Program Belleği Haritası	41
Şekil 4.10	: RX-2B Şematik Diyagramı	42
Şekil 4.11	: Senkron Ve Asenkron İletişim	44
Şekil 4.12	: Senkron Ve Asenkron İletişim	45

Şekil 4.13	:	RS232 Konnektörün (Erkek) Uç Ayrıntıları	46
Şekil 4.14	:	Mobil Robot Kontrol Mimarisi	47
Şekil 4.15	:	Kontrol İşlemi İlişki Şeması	48
Şekil 4.16	:	Diferansiyel Sürüş Mekanizması Üst Görünüm	48
Şekil 4.17	:	Diferansiyel Sürüş Mekanizması Alt Görünüm	49
Şekil 4.18	:	Model Mobil Arabanın Dişli Çark Sistemi	49
Şekil 4.19	:	Genel Bir Görüntü İşleme Sistemi Blok Diyagramı	51
Şekil 5.1	:	PIC 18F2550 Mikroişlemciye Program Yüklenmesi	55
Şekil 5.2	:	Yazılım Sistemi Ara Yüzü	57

KISALTMALAR

ALU	:	Aritmetik Logic Unit
CPU	:	Central Processing Unit
DC	:	Direct Current
EIA	:	Electronics Industries Association
I/O	:	Input/Output
MC	:	Microcontroller
PIC	:	Peripheral Interface Controller
RIA	:	Robot Industry Association
RVAS	:	Robotic Vehicle with Articulated Suspension
WiFi	:	Wireles Fidelity

1. GİRİŞ

Robotları ve robot sistemlerinin çalışmalarını anlamak Fizik, Elektrik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Sistem ve Endüstri Mühendisliği, Bilgisayar Bilimleri, Ekonomi, Kontrol Teorisi, Matematik ve Yapay Zeka gibi disiplin alanlarında bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir. Bir mekatronik sistem olarak robotik sistemler, mobil sistemler gibi sistemler de, sanayide ve günlük hayatta büyük değişimlere yol açan son zamanların en popüler mühendislik sistemlerindendir.

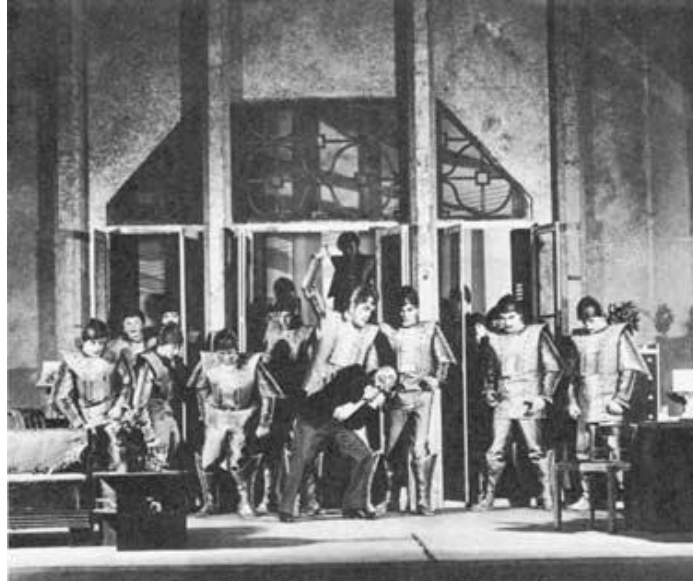
Birçok teknolojik uygulamada olduğu gibi robotik alanında da doğada mevcut hareket yapıları incelenmiş ve taklit edilmeye çalışılmıştır. İnsanoğlunun hayatta kalabilme arzusu ile başlayan doğal düzeni taklit etme isteği, yerini zaman içinde doğal düzeni aşarak kontrol etme isteğine bırakmıştır. Bu durum, çok sayıda teknolojik gelişmenin temelini oluşturmaktadır. Robotik uygulamalarının insanlık tarihindeki gelişimi, insanlığın kendine yardımcı olacak mekanizmalar düşünmesi gerçekte daha çok eski tarihlere uzanmaktadır.

Robot fikri 3000 sene öncesine dayanmaktadır. Homeros'un İlyada adlı eserinde uçayaklı hareketlilerden bahsedilmektedir. Jason ve Argonotlar adlı Eski Yunan efsanesinde de Girit adasını yabancılardan korumak üzere programlanan Talos adlı dev bronz nöbetçilerden bahsedilmektedir. Bir Hint efsanesinde de hareket eden mekanik filler karşımıza çıkmaktadır [1].

Eski Mısır'da tanrılardan ilham aldıklarına inanılan rahipler, kendileri tarafından hareket ettirilen tanrı heykellerine mekanik kollar eklemişlerdir. İlk otomasyon kavramını ise "Eğer her araç kendi işini görebilseydi, insan eline ihtiyaç duymadan mekik kendini dokuyabilseydi, lir kendini çalabilseydi, yöneticilerin elemene ihtiyacı kalmazdı." ifadesiyle Aristo'nun ortaya attığı kabul edilmektedir [1]. M. Ö. 350'lerde, bir Yunan matematikçi, çevresini algılayamayan sadece belirli görevleri yerine getiren ve buhar gücü ile çalışan bir kuş yapmıştır [2]. M.Ö. 250'de İskenderiyeli mucit Ctesibius, ilk nesil robotların başlangıcı olarak sayılan, su ile çalışan bir saat mekanizması yapmıştır. 1350 yılında Strazburg'daki katedralin tepesine her gün öğle saatlerinde öten otomatik bir horoz yerleştirilmişti. 1947'de Venedik'te San Marco meydanındaki büyük saat kulesine iki dev zangoç yapılmıştır.

Aynı dönemde Eb-ül İz-el Cezeri adlı bir Arap otomatlar hakkında bir kitap yazmıştır [1]. 17. yüzyılın ortalarında Jacques de Vaucanson, insan boyunda birçok otomat yapmıştır. Bunlardan biri, lastik dudaklarının ve parmaklarının hareketini kontrol ederek flüte hava üfleyebilen ve tıpkı bir müzisyen gibi flüt çalabilen bir otomattı. Bu otomatın repertuarında 12 melodi bulunmaktaydı [1]. 1774'te Droz tarihteki en karmaşık otomatlardan biri olarak, 40 harf uzunluğundaki bir mesajı kalemle yazabilen otomatik bir sekreter geliştirmiştir. 1801'de Marie Jacquard nümerik olarak kontrol edilebilen ilk makineyi, delikli kartlarla dokunacak desenin kontrol edilebildiği mekanik dokuma tezgahını icat etmiştir. 1876 Dünya Fuarı'nda insan boyunda otomatik ressamlar, iskambil sihirbazları ve üflemeli aletler çalan müzisyenler büyük izleyici kitlelerini eğlenmişlerdir [1].

Çekoslovak oyun yazarı Karel Capek “robot” sözcüğünü literatüre kazandırmıştır. Slav kökenli “robot” sözcüğü Rusça'da “iş gücü” anlamına gelmektedir. Capek (1890-1938), robot sözcüğünü “Rosum’un Evrensel Robotları (Rosum’s Universal Robots, R.U.R)” isimli bir oyunda kullanmıştır (şekil 1.1) [2 - 4]. Birkaç yıl içinde, Thomas Edison “fonograf” adlı icadının küçültülmüş bir halini kullanarak meşhur konuşan bebeği tasarlamıştır. 1890'larda Nikola Tesla ilk uzaktan kumandalı araçları geliştirmiştir [1].



Şekil 1.1. Karel Capek Tarafından Oyununda Kullanılan Robot [27]

Isaac Asimov (Ocak 1920-Nisan 1992, Rusya) yazdığı bilim kurgu romanlarla *robot* fikrinin öncülüğünü yapmıştır. Yazarın kitaplarında belirttiği *Asimov kuralları* olarak bilinen kuralları şunlardır [2, 5]:

1. Bir robot insana zarar vermez ve bir insanın zarar görmesine izin vermez,
2. Bir robot birinci kanuna aykırı olmadığı sürece insanlar tarafından verilen tüm emirlere itaat eder,
3. Bir robot birinci ve ikinci kanuna aykırı bir durum olmadığı sürece kendi varlığını korur.

Robotiğin tarihçesine bakıldığında, özellikle 17. yüzyılın sonlarında, Avrupa’da doğayı taklit eden, genelde eğlence amaçlı ve algılama olmaksızın sadece tek bir görevi yerine getirmek için programlandığı bilinen ilk robotik örnekler kabul edilen mekanik otomatlar yapıldığı görülebilmektedir. Sonrasında, bu mekanik otomatlara algılama özelliğinin eklenmesiyle, bu otomatların robot özelliği kazanmaya başladıklarını söyleyebiliriz. Çünkü bir makineye robot diyebilmek için algılama en önemli şartlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir robot sınırlı da olsa çevresinden bazı algılamalar yapabilmelidir. Bu algılamalar, şekil, boyut, renk gibi fiziksel özelliklerin algılanması ve sıcaklık, nem gibi kimyasal özelliklerin algılanması olarak iki başlık altında ele alınabilir. Robotlar, çeşitli algılamalar vasıtasıyla elde ettiği verileri, otonom olarak yorumlayabilmeli ve algıya ne gibi tepkide bulunacağına karar vermelidir. Robotlar sonraki aşama olarak algıya tepkisini uygulamaya koyabilmelidir. Bu bağlamda robotları genel olarak tanımlayacak olursak, robotların temelde üç ana kısımdan oluştuğunu ifade edebiliriz:

- Çevre hakkında gerçek zamanlı bilgi elde etmek için kullanılan alıcılar,
- Karar vermeyi ve kontrolü sağlayan elektronik beyin,
- Verilen kararların uygulamasını sağlayan eyleyiciler ve hareket sistemleri.

“Robotlar fiziksel dünyada görevlerini icra eden fiziksel unsurlardır. Çevrelerini algılayan sensörlerle donatılmışlardır” [6]. Amerikan Robot Enstitüsü’nün (RIA,

Robot Industry Association), robot kavramını; "Robot; çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesi için, malzeme, parça, takım ya da değişken programlanmış hareketler aracılığıyla, özel parçaları hareket ettirmek amaçlı tasarlanmış, çok fonksiyonlu, yeniden programlanabilir bir manipülatördür.", şeklinde tanımladığını Ventageswaran [7], Spong ve ark. [8] da ifade etmektedir.

Amerikan Robot Enstitüsünün tanımına geri dönecek olursak; burada Ventageswaran [7] ve Spong ve ark. [8] “yeniden programlanabilir” ifadesinin önemli olduğunu ve robotun çok işlevsellik ve daha önemlisi uyum yeteneğini elektronik beyninden aldığını vurgulamaktadırlar.

Literal tanımın ötesinde günümüzde robot terimi, hareketli otonom makineler olarak karşılık bulduğunu söyleyebiliriz.

Robot teriminden genel olarak, insanın yapamadığı uygulamaları yapabilen, insan tarafından çok çeşitli yöntemlerle kontrol ettirilebilen hareketli mekanizmaların anlaşıldığını ifade edebiliriz. Robotların insan gücüne tercih edilmesinin sebeplerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- İş gücünün pahalı olduğu ülkelerde robot sayısının artmasındaki en önemli unsurlardan biri üretim maliyetlerinin robot kullanımıyla düşürülmesidir. Sosyal, sağlık ve emeklilik gibi maliyetlerin göz önüne alınmasıyla ortaya çıkan maliyet robot için harcanan paranın üç-dört katını bulabilmektedir.
- İnsan iş gücü ile karşılaştırıldığında robotlarda yorgunluk, uyku, açlık gibi ihtiyaçlar dolayısıyla dikkat kaybı söz konusu olmadığından hem sürekli ve hızlı çalıştırılabilmekte hem de robotlarla üretimde hatalı imalat sayısının üretim maliyetindeki payı çok düşük kalmaktadır.
- Robotlar, önceden programlanmış hareketleri büyük bir doğrulukla gerçekleştirmekte ve ne yapıldığını da büyük bir doğrulukla kaydedebilmektedirler. Bu kayıtlar proseslerin iyileştirilmesinde geri dönüt olarak kullanılabilirler.

Yukarıda belirtildiği üzere çeşitli alanlarda insan gücüne tercih edilen robotları, en basit şekliyle mobil ve mobil olmayan robotlar olmak üzere iki grup olarak

sınıflandırabiliriz. Robotların hareket alanları içerisindeki noktalar kümesinin birleşimine çalışma uzayı denilmektedir. Koordinat sistemine göre bir robotun uzayı yer değiştirmiyorsa bu robot sabit robot olarak adlandırılmaktadır. Eğer çalışma uzayı, amaçlanan koordinat sistemine göre yer değiştiriyorsa bu robot, mobil robot olarak tanımlanmaktadır.

Teknolojiye paralel olarak, robotik sistemlerin geliştirilme amaçları, kontrol yöntemleri gibi sistem tasarımında göz önüne alınan kısıtlar da her geçen gün artmaktadır. Bu uygulamaların çeşitliliğinin artmasıyla robotların gerçekleştirmesi gereken işlevler ve bu işlevlerin karmaşıklığının da arttığını söyleyebiliriz. Bunun sonucu olarak yarı otonom ve otonom robotlar literatüre dahil olmaya başlamıştır. Yarı otonom robotlar, bazı işlemleri kendi başlarına gerçekleştirirken, bazı işlemler için ise operatör tarafından yönlendirilmektedirler. Yarı otonom robotların bir seviye ilerisi ise insan faktörünün azalmasıyla birlikte tam otonom robotlardır. Tam otonom robotlarda ise operatör bulunmamakta, robotlar çevrelerini algılamakta ve yapacakları işlere kendileri karar vermektedirler. Robotik sistemler, birbiri ile bağlantılı kontrol sistemi, algılama sistemi, enerji sistemleri, mekanik sistem vb. gibi heterojen yapılardan oluşmaktadır Mobil robotik sistemleri, herhangi bir makineden ayıran en önemli özelliklerinden birisi algılamadır. Bu sistemler, çevrelerini algılamak için sensörler, ses/video sistemlerini kullanmakta ve algılama özelliği ile çevreyle iletişim kurabilmektedir. Sensörler, ses/video sistemleri; mobil robotik sistemlerin daha esnek ve kontrol edilebilir manevralarla çalışmasına yardımcı olmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan her bir heterojen yapının, birbirinin çalışmasını destekleyici nitelikte seçilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Çünkü sistemi oluşturan yapıların ve bu alt yapıların işleyişlerinin, sisteme dahil edilmiş diğer yapılara dağıtılacak enerji, güç ya da iletişim girdileri gibi spesifik veriler, sistemden alınması beklenen verimi olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir. Mobil robotik sistemlerde, sistemin donanımsal, yazılımsal ya da çevresel olumsuzluklar karşısında sistemin bütünlüğünü sağlamak için uzaktan kontrol yöntemleri kullanılmaktadır. Mobil robotlar hakkında genel tarihçe aşağıdaki tabloda görülebilmektedir.

Tablo 1.1. Modern Mobil Robotik Tarihçesi [5]

1953	Sibernetiğin kurucusu Norbert Wiener'in fikirleri temel alınarak robot kaplumbağa geliştirildi.
1956	Joseph Engelberger ve George Deroe, Unimate isiminde ilk robot şirketini kurdu.
1961	İlk ticari robot Unimate şirketi tarafından yaratıldı.
1968	Stanford Araştırma Enstitüsünde (SRI)'nde Shakey robotu yapıldı.
1970	İsveç firması ASEA (günümüzde ABB Robotik), endüstriyel robotik bölümünü oluşturdu ve 1974 yılında ilk teslimatlarını yaptılar.
1973	KUKA, endüstriyel robot geliştirdi.
1975	Fransa, LAAS'ta video kamera, ultrasonik sensör ve lazer mesafe ölçücü kullanılarak HILARE geliştirildi.
1977	Stanford Cart, görüntü işlemeli robot geliştirdi.
1984	Japonya'da Waseda Üniversitesinde piyano çanal insansı robot geliştirildi.
1990	Carnegie Mellon Enstitüsünde, Navlab 5 ile, yüksek hızda otonom sürüş uygulandı..
1994	Dickmann Grubu, ağır trafik koşullarında ilerleyen otonom sürüş geliştirdi.
1995	No Hands Across America isimli proje geliştirdi.
1996	İsveç Husqvarna firması çim biçme robotu geliştirdi.
1997	Gezici robot Sojourner Mars'ta yürüdü.
1998	HONDA ilk insansı gelişmiş robotu geliştirdi.
1999	Sony AIBO'yu geliştirdi.
2000	Electrolux Trilobite'i geliştirdi.

Mobil robotlar, aşağıdaki yollardan her hangi biri ile kontrol edilebilmektedir [9]:

- Radyo, internet gibi uzaktan kontrol teknolojileri aracılığı ile
- Otomatik kontrol veya program aracılığı ile
- Endüktif veya görsel kanallar aracılığı ile.

Sistemlerin uzaktan kontrolünü gerçekleştirmek için; bluetooth, Zig-Bee, Wi-Fi, GPRS, uydu gibi birçok alternatif uzaktan kontrol teknolojileri kullanılmaktadır. Bu adı geçen her bir uzaktan kontrol yönteminin farklı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bluetooth, Zig-Bee, WiFi teknolojileri için bir servis sağlayıcıya

ücret ödenmesi yapılması gerekmezken, mesafe gibi önemli bir kısıtları bulunmaktadır. GPRS, mesafe kısıtlamasını nispeten ortadan kaldırmakla birlikte düşük bant genişliğine sahiptir. Uydu teknolojisi de mesafe kısıtlamasını ortadan kaldırırken iletişim gecikmesi ve maliyet fazlalığı gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Son zamanlarda, literatürde uzaktan kontrol çalışmalarının gerçek zamanlı ve otonom kontrollü çalışmalar ve uzaktan kontrol uygulamalarının görüntü işleme tabanlı kontrol ile birleştirildiği çalışmalar dikkat çekmektedir.

Mobil robotların bilgisayar aracılığıyla kontrolü üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Önal [10], kablosuz ağ ile haberleşen kameralı mobil robot uygulaması gerçekleştirmiştir. Bu mobil robotun RF aracılığıyla bir bilgisayar tarafından kontrolü sağlanmıştır. Uygulamada kullanıcı ara yüz programında Delphi 10.0, mikroişlemci programlamada ise PIC C programlama dili kullanılmıştır. PIC C’de program derlendikten sonra meydana gelen HEX dosyasını, uygulamada kullanılan mikroişlemciye yüklemek için microchip firmasının ürettiği PIC Kit 2 USB programlayıcısı kullanılmıştır. Gerçeklenen mobil araç ileri, geri, sağ ve sol olmak üzere 4 farklı yönde hareket etmektedir.

Kızılhan ve ark. [11] PIC18F8527 ve mikrodalga sensörü kullanarak yer altı görüntüleme amaçlı paletli tekerlek sistemine sahip bir mobil robot uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Robot üzerine yerleştirilen sensörlerden elde edilen bilgiler, kablosuz haberleşme vasıtasıyla, robot üzerindeki bir bilgisayar ile kullanıcı tarafından kontrol edilebilen uzaktaki bir bilgisayara iletilmektedir. Gezgin robot için, bilgisayarlar arasında haberleşme ve kullanıcı ara yüzleri için gerekli yazılımlar geliştirilmiş ve Mikrodalga sensörü ile görüntü elde edilmesi için TÜBİTAK MAM ME UYTL tarafından geliştirilmiş olan üç boyutlu görüntüleme Tomografi yazılımı kullanılmıştır.

Özen ve ark. [12] PIC16F877 kullanarak bilgisayar kontrollü gezgin robot tasarlamışlar ve bunun için oyuncak araba kullanmışlardır. Bu çalışmada, operatör ile mobil robot arasındaki haberleşmeyi RS232 üzerinden kablo bağlantısı ile gerçekleştirmişlerdir.

Özdemir [13], bir platform üzerine çizilmiş olan çizgiyi sensörlerden alınan veriyi işleyerek, takip eden bir mobil robot uygulaması gerçekleştirmiştir. 16F84 mikroşlemci kullanılmış, robot kontrol programı PIC BASIC PRO programlama dilinde tasarlanmıştır.

Gürel [14], gezgin robot çalışmalarında önemli olan “Ben neredeyim”, “Ben nereye gidiyorum?”, “Oraya nasıl giderim?” gibi yer belirleme odaklı soruların cevaplandırılması odaklı tavana yerleştirilen kamera aracılığı ile görüntü işleme mimarisini kullanan robotik bir uygulama gerçekleştirmiştir.

Parlaktuna ve ark. [15], gezgin robot uygulamalarının geliştirilmesinde kullanılmak amacıyla, Z80 mikroşlemci tabanlı bir mobil robot platformu geliştirmiş ve bu platform üzerine konulan bir kamera ile çizgi takibi uygulaması yapılmıştır.

Çelik ve ark. [16], üzerine kamera monte edilmiş paletli, uzaktan kontrolü, klavye yön tuşları kullanılarak manuel olarak ve sanal bir harita üzerinde çizilen yol üzerinde giden mobil bir robot uygulaması gerçekleştirmişlerdir.

Tozan [17], PIC 18F452 kullanılarak holonomik olmayan ve paletli araç modeline uygun bir mobil robot uygulaması gerçekleştirmiştir. Mobil robot otonom çalışabileceği gibi bilgisayar basındaki bir operatörün de robota müdahale edebileceği şekilde tasarlanmıştır.

Faudzi ve ark. [18], insan robot etkileşiminin söz konusu olduğu robot kontrol uygulamalarında görüntü ön işleme tekniği kullanılarak işaret ve el hareketi tanımlama uygulamalarında da kullanılabilecek senkronize el hareketleri ile kontrol edilebilen otonom mobil robot mekanizması üzerinde çalışmışlardır.

Karkoub ve ark. [19], görüntü işleme tekniği kullandıkları uzaktan kontrollü hareket algılayan mobil servis robotu üzerinde çalışmışlardır. Mobil mekanizmanın hareketlerini kontrol etmek için renk tagları kullanmışlardır. Bu renk tagları CCD kamera yardımıyla algılanmış ve renk taglarının hareketleri ile ilgili işlemler eigenvectors ve renk morfoloji sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Silalahi ve ark. [20] ise uzaktan kontrollü model oyuncak mobil araba kullanarak, çevresini internet aracılığı ile algılamak için kamera kullanan gözetleme robotu uygulaması üzerinde çalışmışlardır.

Victor [21] ise, operatörün robotun ulaşması gereken hedef noktasını tayin ettiği, uzaktan kontrollü ve ortama yerleştirilen bir kamera yardımı ile çevresini algılayan mekatronik bir sistem üzerinde çalışmıştır.

Bu çalışmalara ek olarak, mevcut literatürde, insan-robot iletişimini gerçekleyen çeşitli alanlarda eğitimsel amaçlı çalışmalar da dikkat çekmektedir.

Gerçeklenen her çalışmada, genel olarak, ihtiyaç doğrultusunda mobil kontrol sistemin mekanik tasarımının iyileştirilmesine olanak tanımak için mekanik bileşenlerinin çok iyi seçilmesi ve yerleştirilmesi (minimum sürtünme, minimum boşluk vb.) ve bunun yanında hareketi gerçekleştirecek motorların yüksek hız ve yüksek tork özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir. Kullanılacak bilginin işlenmesi ve karar mekanizmasının çalışması için gerekli işlemsel gücün, elektronik donanımına uygun olması gerekmektedir. Kullanılan kontrol sisteminin operatöre çalışma ile senkron kontrol imkanı sunması, büyük çapta mekaniksel veya yazılımsal problemler oluştuğunda oluşan problemlerin büyümemesi amacı ile insan müdahalesine izin vermesi gerekmektedir. Böylece senkron kontrol çalışmalarında, nesne/yol takibinde veya çeşitli çalışmalarda, çalışma zamanlı hatalar minimuma indirgenebilmektedir.

Robot manipülatörleri güç kaynakları, geometrileri, kinematik yapıları, uygulama alanları veya kontrol mekanizmalarına göre sınıflandırılmaktadır. Tekerlekli mobil robotları bacaklı mobil robotlarla karşılaştırıldığında, tekerlekli mobil robotlar için kendilerine has tasarım kolaylığının bir sonucu olarak günlük hayatta ve endüstrinin her alanında yelpazede uygulama alanı bulunduğunu söyleyebilir [22].

Robotlar kinematik yapıları, kullanılan tekerlek mekanizmaları, tekerlek sayıları gibi özelliklere göre çok çeşitli şekilde sınıflandırılmaktadır. Literatürdeki çalışmaların, mobil robotlar ve sabit robotlar olarak iki bölüme ayrıldığını söyleyebiliriz. Spong ve ark. [8] göre; robot manipülatörleri güç kaynakları, geometrileri, kinematik yapıları, uygulama alanları veya kontrol mekanizmalarına göre

sınıflandırılabilir. Mobil robot uygulaması tasarlanmadan önce, mevcut hareket mekanizmalarının incelenmesi ve uygulamada kullanılması olası hareket mekanizmalarının avantajlarının ve dezavantajlarının karşılaştırılması gerekli bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekerlekli mobil robotları bacaklı mobil robotlarla karşılaştırdığımızda tekerlekli mobil robotlar için kendilerine has tasarım kolaylığı ve bacaklı robotlara nispeten yüksek verim özelliklerinin bir sonucu olarak günlük hayatta ve endüstrinin her alanında daha geniş yelpazede uygulama alanı bulunduğunu söyleyebiliriz. Tekerlekli mobil robot uygulamalarında, bacaklı mobil uygulamalarından farklı olarak, tekerleklerin yere temas etmesi sayesinde denge bir sorun olmaktan çıkmaktadır. Tekerlekli mobil robot uygulamalarında, manevra kabiliyeti, çekiş gücü, stabilite gibi hareket kabiliyetine doğrudan etki eden etmenler ise tekerleklerin verim özellikleri ile doğru orantılıdır. İdeal tekerlekte, zemin ve tekerlek arasında translasyon hareketi gerçekleşmemeli ve rotasyon esnasında zeminde kaymama özelliği bulundurulmalıdır. Mobil robot uygulamalarında en yaygın kullanılan tekerlek tipleri standart tekerlek ve sarhoş tekerlek olarak sıralanabilir. Bu tekerlekler, farklı diferansiyel sürüş sistemlerinde kullanılmaktadır. Mandow ve ark. [23] da ifade ettiği gibi diferansiyel sürüş sistemlerinden skid steering mekanizmaları kendilerine her türlü zorlu arazi şartlarında çalışma özelliklerinden dolayı yük taşıma, tarım, madencilik ve askeri alanlarda uygulama alanları bulabilmektedir. Skid steering diferansiyel sürüş sisteminin kullanımı ticari robotik araştırma platformlarında kullanımının yanı sıra; mayın tarama, keşif, arama-kurtarma gibi off-road otonom mobil robot uygulamalarında da yaygındır [23].

Literatürde skid steering tabanlı otonom sürüş algoritmasının uygulandığı ATRV-2 [24] mobil robot, gerçek zamanlı hareket kontrolünün temele alındığı otonom tekerlekli skid steering uygulaması olan RVAS (Robotic Vehicle with Articulated Suspension) [25], Pioneer P3-AT [23] ve gibi skid steering otonom çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, deneysel sistemler üzerinde skid steering uygulamaları test edilmiştir ve gerçekleştirilmiştir. Söz konusu deneysel uygulamaların yanı sıra, skid steering sisteminin araç lokomasyonu üzerinde etkilerini incelemek amaçlı gerçekleştirilen 4 tekerlekli skid steering mobil robot uygulamasının matematiksel olarak modellendiği [25] çeşitli çalışmaları da açık literatürde sunulmaktadır.

En yaygın otonom mobil robot uygulamaları, çizgi takibi amacıyla gerçekleştirilen basit mobil robot uygulamalarıdır. Bu tip mobil robotların görevi, beyaz bir zemin üzerine keyfi koordinatlarda çizilen siyah çizgiyi takip etmektir. Robotlar bir yerden başka bir yere belli bir yolu izleyerek gitmek için ortamdan ayırt edilebilir işaretlere ve bu işaretleri algılayan algılayıcılara ihtiyaç duyarlar. Bu işaretleme için renk farkı (optik), mıknatıslanma (manyetik) ve iletkenlik (elektriksel) kullanılabilir. Robotun renk farkı tekniğini kullanarak bir yerden başka bir yere gidilebilmesi için en basit ve pratik olan yol beyaz bir zemin üzerine siyah bir bant çekip renk farkı oluşturmaktır. Bu robotların gelişmiş versiyonları çok çeşitli ve önemli alanlarda kendilerine uygulama alanları bulabilmektedir. Bir çizgi izleyen robot yapımı kasa yapımı, motorları ve tekerleri yerleştirme gibi işlerden oluşan mekanik kısım; kontrol kartı, algılayıcıların ve motorların kontrolü gibi işlerden oluşan elektronik kısım ve mikroişlemci programlama olarak üçe ayrılabilir. Literatürde belirli araştırmaların hareket kontrolü ve çizgi takibine odaklanmış olmasıyla birlikte skid steering odaklı hareket kontrolü ve çizgi takibi çalışma sayısı oldukça azdır.

Literatürde, çizgi izleyen otonom mobil robot uygulamaları, sensör yardımıyla ve kamera yardımıyla alınan bilgileri işleyerek harekete karar veren çalışmalar olarak iki ayrı kategoride incelenmiştir. Çizgi izleyen mobil robotik sistem uygulamalarında, her iki uygulamada da renk farkından faydalanılarak robotun hareketi gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra, tez kapsamında gerçekleştirilen sistem kapsamında öncelikli olarak oyuncak mobil arabanın üzerine monte edilen bir kamera ile çizgi hakkında gerçek zamanlı koordinat bilgileri algılanmıştır. Ardından bu veriler senkron olarak, operatöre iletilmiş ve sistemin lokomasyonu gerçekleştirilmiştir.

Ağır sanayi de dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel alanlarda insan gücünün yerine robotların kullanılmasının günden güne artış göstermesi; robotik uygulamaların her geçen gün daha fazla önem kazanmasını sağlamıştır. Çünkü insan işgücü ile kıyaslandığında robotların güç, hız, emniyet ve maliyet açılarından avantajları nedeniyle, sanayide insan gücünden faydalanmak yerine, robotların kullanımları süratle yaygınlaşmaktadır.

Robotik sistemler günlük hayatta kullanım alanlarını uzaktan kontrol teknoloji ile birlikte sürekli olarak gelişen ve değışen alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Bugün uzaktan kontrol teknolojileri ile birlikte kullanılan belirgin robotik uygulamalardan bazıları; savunma sanayisinde kullanılan çeşitli bomba imha veya keşif amaçlı kullanılan robotlar, arama kurtarma amacı ile kullanılan robotlar, uzay araştırmalarında kullanılan insansız araçları olarak sıralanabilmektedir.

Günlük hayatımızın ayrılmaz parçası olan kontrol ve otomasyon teknolojileri, öncelikle ihtiyaç doğrultusunda geniş yelpazede cihazların geliştirilmesi ve geliştirilen mekanizmanın uzaktan kumanda ya da çeşitli zamanlayıcılar kullanılması gibi alternatif seçenekler eşliğinde programlanması aşamaları ile gerçeklenmektedir. Bu tez çalışmasında, bir platform üzerine çizilmiş olan çizgiyi takip eden uzaktan kontrollü bir mobil robot uygulaması yapılmıştır.

Tez kitabının ilk bölümünde daha önceki çalışmalara genel bir bakış yapılmış ve tezin amacı ifade edilmiştir. İkinci bölümde, robot ve mobil robot kavramlarından bahsedilmiştir. nc bölümünde, hareket sistemi incelenmiş ve gerçeklenen uygulamanın kinematik özellikleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde gerçeklenen sistemin donanım ve görüntü işleme boyutu incelenmiştir. Beşinci bölümde sistemin yazılım boyutuna değinilmiş ve sistemin yazılım boyutu incelenmiştir. Son bölümde ise tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, kullanılan yöntemler ve sistem hakkında genel bir zet bulunmakta ve sonraki muhtemel çalışmalar hakkında nerlere yer verilmiştir.

2. ROBOT KAVRAMI

Robotlar operatör kontrollü, programlanabilir, fonksiyonel sistemlerdir. Günümüzde kullanılan robotlar, hassaslık veya güç gerektiren işleri, büyük bir süratle ve hatasız olarak yerine getirebildiklerinden dolayı endüstriden başka, okyanusların derinlikleri, volkanların kraterleri gibi insanların çalışamayacağı yerlerden sıklıkla kullanılmaktadır. Tezin ilk bölümünde de ifade edildiği üzere, çok çeşitli sınıflandırmaların yanı sıra, robotların mobil ve mobil olamayan robotlar olmak üzere sınıflandırıldığını söyleyebiliriz.

2.1. Mobil Robotlar

Mobil robotlar, sürekli bir insan müdahalesi olmadan otonom olarak çalışma ortamlarına giderek istenilen görevleri gerçekleştiren robotlardır. Mobil robotlar sürekli bir insan güdümü olmaksızın otomatik olarak çalışabilen, istenilen görevleri fiziksel bir konuma sabitlenmeden hareket ederek gerçekleştiren robotlardır. Mobil robotlar istenilen yere gidebilmeleri, istenilen yörünge boyunca hareket edebilmeleri, bir hedefi takip edebilmeleri, bulundukları ortamı algılayabilmeleri ve hareket tarzlarını ortam bilgisine göre güncelleyebilmeleri gibi özellikleri sonucunda birçok alanında kullanılabilmektedir [5, 26].

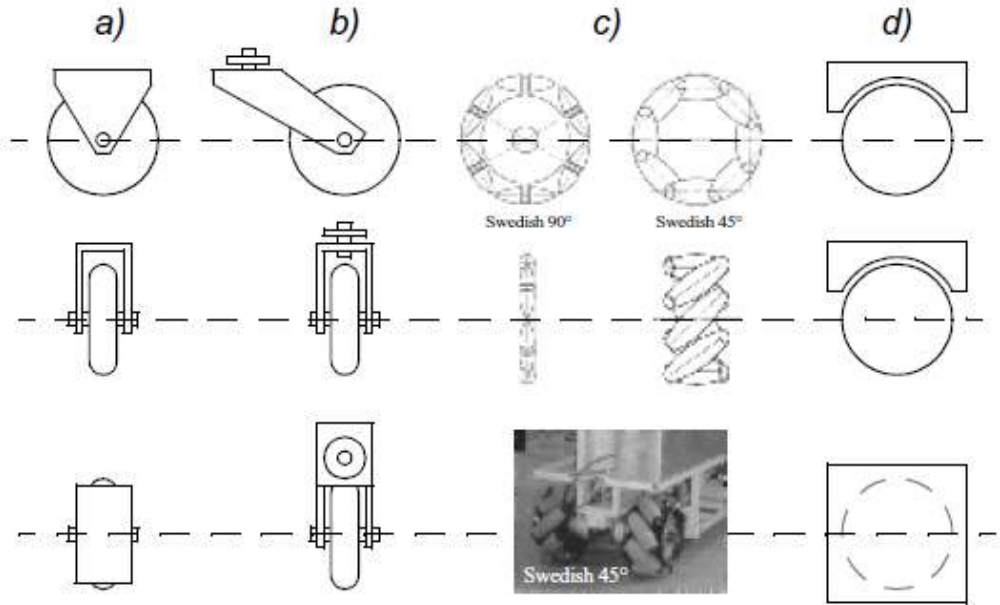
Mobil robotlar hareket sistemlerine göre en genel anlamda üç gruba ayrılabilirler:

1. Tekerlekli Hareket Sistemleri,
2. Paletli Hareket Sistemleri,
3. Bacaklı Hareket Sistemleri.

Tekerlekli mobil robotlar, kendine kullanım alanı olarak en geniş kullanım alanı buluyor olmakla birlikte bu robotların bir yola veya düz bir çalışma alanına ihtiyaç duymaları gibi bir dezavantajları vardır. Tekerlekli robotların paletli robotlarla karşılaştırıldığında daha iyi manevra yeteneği sunduğunu ve bacaklı mobil robotlarla karşılaştırıldığında ise mekanik olarak daha sade olmasını ve tekerlekli mobil robotlarda denge problemi sorunu olmadığını dile getirebiliriz [27].

Hareket sistemlerinde kullanılan tekerlek tiplerini de temel olarak dört grupta ifade edebiliriz [27]:

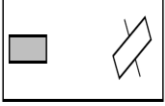
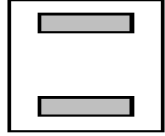
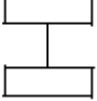
1. *Standart Tekerlek*: İki serbestlik derecesine sahip, bilinen standart genel tekerlektir.
2. *Castor Tekerlek*: İki serbestlik derecesine sahip, kendi merkezi etrafında dönmektedir ve montajlandığı nokta etrafında da dönebilen tekerlek tipidir.
3. *Swedish Tekerlek*: Üç serbestlik derecesine sahip özel bir tekerlektir. Araç döndürülmeksizin çok yönlü hareketler yapılabilmesine olanak sağlayan tekerlektir.
4. *Top veya Küre Tekerlek*: Özellikle aracın hareket yönünde kayması istendiğinde kullanılan serbest tekerlektir.



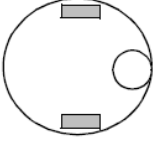
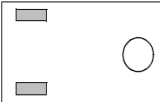
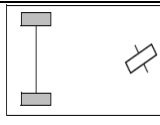
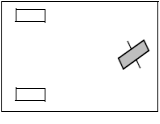
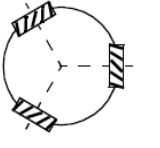
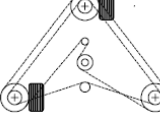
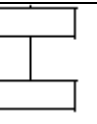
Şekil 2.1. (a) Standart Tekerlek (b) Castor Tekerlek, (c) Swedish Tekerlek, (d) Top Veya Küre Tekerlek [3]

Tekerlekli mobil robotlarda ve bazı araçlarda kullanılan tekerlek konfigürasyonları ise tablo 2.1, tablo 2.2. ve tablo 2.3 ve tablo 2.4’te gösterilmiştir [27].

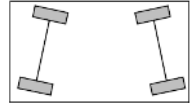
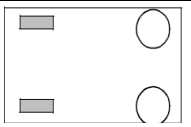
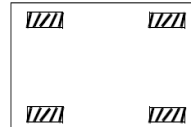
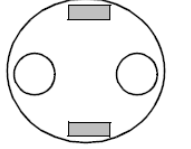
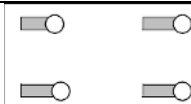
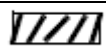
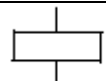
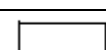
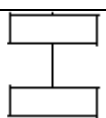
Tablo 2.1. Tekerlekli Araçlar İçin İki Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar [27]

Tekerlek Sayısı	Tekerlek Konfigürasyonu	Açıklama	Tipik Örnekleri
2		Önde yönlendirilebilir bir tekerlek, arkada tahrikli tek tekerlek bulunur	Bisiklet, motorsiklet
		Aks altında diferansiyel sürürlü iki tekerlek bulunur	Cye kişisel robot
Her bir tekerlek için kullanılan simge ve açıklaması:			
	Tahriksiz çok yönlü tekerlek (küresel, castor, Swedish)		Tahrikli yönlendirilebilir tekerlek
	Tahrikli Swedish tekerlek (Stanford tekerlek)		Yönlendirilebilir standart tekerlek
	Tahriksiz standart tekerlek		Bağlantılı tekerlek
	Tahrikli standart tekerlek		

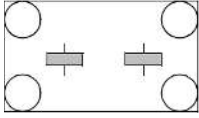
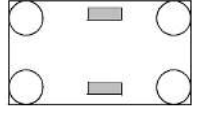
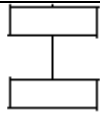
Tablo 2.2. Tekerlekli Araçlar İçin Üç Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar [27]

Tekerlek Sayısı	Tekerlek Konfigürasyonu	Açıklama	Tipik Örnekleri
3		İki tekerlekli diferansiyel sürüş sistemi (üçüncü bir destek noktası ile)	Nomad Scout, smartRob, EPFL
		Arkada/önde bağımsız tahrikli iki tekerlek ve önde/arkada serbest bir çok yönlü tekerlek	Birçok iç-ortam robotu, EPFL robotları, Pygmalion ve Alice
		Bağlantılı ve tahrikli iki tekerlek ve önde yönlendirilebilir bir serbest tekerlek	Piaggio mini kamyonları
		Arkada iki standart tekerlek, önde yönlendirilebilir ve tahrikli bir tekerlek	Neptune (Carnegie Mellon Üniversitesi), Hero-1
		Üç tane tahrikli Swedish tekerlek (çok yönlü hareket mümkün)	Stanford tekerlek Tribolo EPFL, Palm Pilot Robot Kiti (CMU)
		Senkronize olarak tahrik edilen ve yönlendirilebilen üç tekerlek (oryantasyon kontrolü yok)	“Senkron sürüş” Denning MRV-2, Georgia Institute of Technology, I-Robot B24, Nomad 200
Her bir tekerlek için kullanılan simge ve açıklaması:			
	Tahriksiz çok yönlü tekerlek (küresel, castor, Swedish)		Tahrikli yönlendirilebilir tekerlek
	Tahrikli Swedish tekerlek (Stanford tekerlek)		Yönlendirilebilir standart tekerlek
	Tahriksiz standart tekerlek		Bağlantılı tekerlek
	Tahrikli standart tekerlek		

Tablo 2.3. Tekerlekli Araçlar İçin Dört Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar [27]

Tekerlek Sayısı	Tekerlek Konfigürasyonu	Açıklama	Tipik Örnekleri
4		Arkada bağlantılı ve tahrikli iki tekerlek, önde yönlendirilebilir iki tekerlek	Arkadan çekişli araba
		Önde bağlantılı ve tahrikli iki tekerlek, arkada standart iki tekerlek	Önden çekişli araba
		Dört yönlendirilebilir ve tahrikli tekerlek	Dört tekerlek sürüş Hyperion (CMU)
		Önde/arkada iki çekiş tekerleği, arkada/önde iki çok yönlü tekerlek	Charlie (DMT-EPFL)
		Dört Swedish tekerlek	Carnegie Mellon Uranus
		İki tekerlekli diferansiyel sürüş ve iki destek noktası veya tekerleği	EPFL Khepera, Hyperbot Chip
		Dört tahrikli ve yönlendirilebilir tekerlek	Nomad XR4000
Her bir tekerlek için kullanılan simge ve açıklaması:			
	Tahriksiz çok yönlü tekerlek (küresel, castor, Swedish)		Tahrikli yönlendirilebilir tekerlek
	Tahrikli Swedish tekerlek (Stanford tekerlek)		Yönlendirilebilir standart tekerlek
	Tahriksiz standart tekerlek		Bağlantılı tekerlek
	Tahrikli standart tekerlek		

Tablo 2.4. Tekerlekli Araçlar İçin Altı Tekerlek Sayılı Konfigürasyonlar [27]

Tekerlek Sayısı	Tekerlek Konfigürasyonu	Açıklama	Tipik Örnekleri
6		Merkezde iki tahrikli ve yönlendirilebilir tekerlek, her köşede çok yönlü bir tekerlek	
		Merkezde iki çekiş tekerleği, her köşede bir tane çok yönlü tekerlek	Terregator (Carnegie Mellon University)
Her bir tekerlek için kullanılan simge ve açıklaması:			
	Tahriksiz çok yönlü tekerlek (Küresel, Castor, Swedish)		Tahrikli yönlendirilebilir tekerlek
	Tahrikli Swedish tekerlek (Stanford tekerlek)		Yönlendirilebilir standart tekerlek
	Tahriksiz standart tekerlek		Bağlantılı tekerlek
	Tahrikli standart tekerlek		

3. HAREKET SİSTEMİ

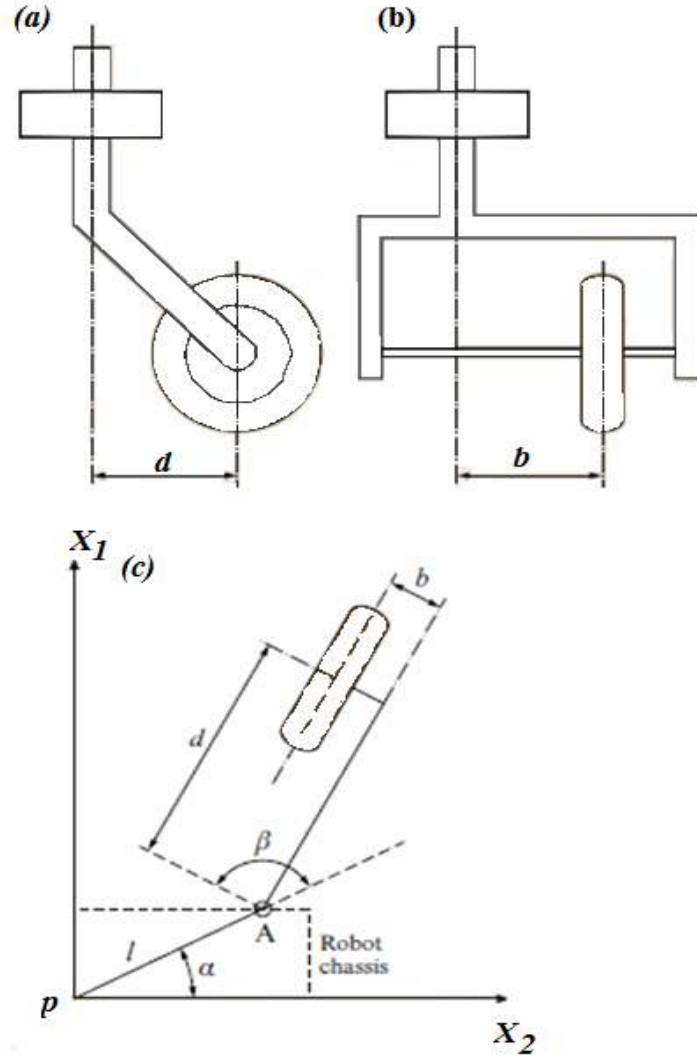
Robotik sistem tasarımında, boyutların küçülmesi sistem davranışını belirleyen temel etkenlerin değişmesine yol açmaktadır. Mobil robotlar, mikro-robotlar, nano-robotlar gibi çok eklemlili hareket sistemleri, yapay uzuvlar, savunma platformları gibi ileri teknoloji sistemleri, bu sistemlerin hafifleştirilerek daha hızlı çalışmalarının temini gibi konularda kinematik ve dinamik ilkeleri konularındaki uygulamalar, ileri teknoloji ürünü çok yeni uygulamalara yol açmaktadır. Akıllıca belirlenmiş ve iyileştirilmiş kinematik yapı ve dinamik davranışlar, uygulama ve ürünün başarımını doğrudan etkilemektedir. Daha hafif, daha hızlı, daha ucuz robotik sistem geliştirirken sistem kinematiği ve dinamiği göz ardı edilmemelidir.

Robotik sistem hareketleri yer değiştirme ve nesneleri tutma olarak temel olarak iki sınıftan oluşmaktadır. Bu iki hareket türü iki farklı çalışma sahası açmıştır. Böylece Robotik uygulamalarda lokomasyon sistemlerinde farklı davranışsal sistem yaklaşımları kullanılmaktadır. Robotlarda hareket sisteminin gerçekleşmesinde farklı sistemler uygulamaya konulmaktadır. Doğada mevcut öznelere sürünme, tırmanma gibi hareketlerinden esinlenerek gerçekleştirilen lokomasyon sistemi ise, araç ve çevre arasında oluşan interaksiyon görevlerinin gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu görevlerin bir bölümü kontrol sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Hareket sistemi robotiğin, algılayıcıların ve kameranın hareketinden sorumludur [28, 29].

3.1. Tekerlekli Mobil Robotların Genel Özellikleri:

Tekerlekli mobil robotlar için birçok tasarım alternatifi bulunmaktadır. Tekerlek seçimi, tekerleklerin yerleştirilmesi ve kinematik parametreler tekerlekli mobil robot tasarımında önemli rol oynamaktadır [28-30]. Mobil robot tasarımlarında yaygın olarak kullanılan standart tekerlek tasarımında üç farklı koşul tanımlanmaktadır [30]:

1. d ve b uzaklıklarının tanımlanması (şekil. 3.1.). Steering hareketinde, d uzaklığı kinematik modellemede önemli rol oynamaktadır,
2. steering hareketine izin veren mekanik tasarım gerekmektedir,
3. steering ve sürüş tahriklerinin tanımlanması gerekmektedir.



Şekil 3.1. Standart Tekerlek Tasarımı (a) Yan Görünüm (b) Ön Görünüm (c) Üst Görünüm [30]

Steering ve sürüş tahriklerinin tanımlanması ve steering hareketine izin veren mekanik tasarımın uygulaması standart tekerlek tasarımında dikkate alınması gereken koşullardan olduğu söylenebilir [30]. Genellikle nadiren uygulanan birinci durumda, tek tekerlek için kinematik parametre tasarım problemi bulunmaktadır. d ve 0 veya bazı pozitif sabitler parametre olarak ele alınabilmektedir. b tekerleğin lateral yakınlığını ifade eder ve genellikle sıfıra eşittir. Özel olarak b rotasyonel kayma olmaksızın zemin ve tekerlek arasında dönüş noktasalını elde etmek için, sıfırdan farklı seçilebilir.

İkinci durumda, tekerlek oryantasyonunun değiştirilebilir olup olmadığına dair çözüm arandığı tasarım problemidir. Steering eksenini sabit olduğunda, tekerlekler sisteme sürüş yönünde sabit velosite sağlarlar.

Üçüncü durumda, steering veya sürüşün aktüatörler tarafından pasif olarak sürölüp sürölmediğine dair tasarım problemidir.

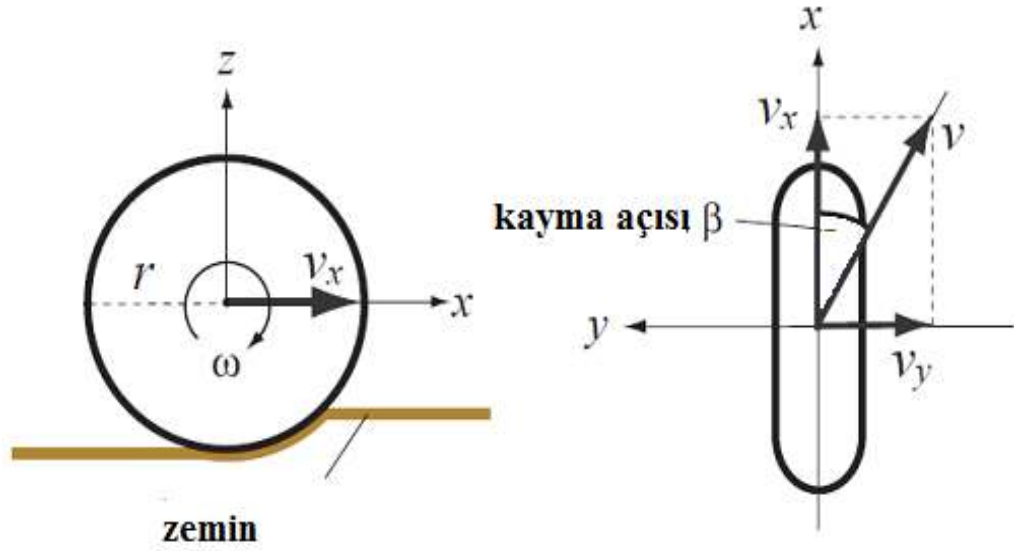
Tekerlekli mobil robotlarda steering lokomasyon sistemi davranışları, paletli sistemin davranışına benzemektedir. Birçok mobil tekerlekli robot mekanizması, her tahrik tekerleğinin yönünün sabitlenen ve dönüşün yanlardaki tekerleklerin hızının değişmesiyle yapılan skid steering mekanizmasını kullanmaktadır. Steering sağ ve sol tahrikli tekerleklerin ilgili velositelerinin kontrolüne dayanmaktadır. Bütün tekerlekler, aracın uzunlamasına eksenine sıralanmakta ve rotasyon tekerlek kayması eşliğinde gerçekteşmektedir. [23, 31]. Skid steering robotun tahrik mekanizması üzerinde özellikle uzay araçlarında oldukça etkili ve özel bir yöntemdir [31]. Mobil robotları hedeflere ulaştırabilmek için bulundukları koordinatları doğru şekilde tanımlamak gereklidir. Bunun için mobil robotun pozisyonu hakkında robotun düzlemle yapmış olduğu açılarının bilinmesi gerekmektedir. [32]. Skid steering, hafif, kompakt ve daha az mekanik olarak daha az malzeme kullanımının yanı sıra ve düz navigasyon için gerekli süpürme hacmi, rotasyon esnasında esnek hareket özelliği sunmaktadır. Skid steering sisteminin asıl kullanım amacı ise manevra kabiliyeti ve araç stabilitesidir. Skid steering; tek aks steering, çift aks steering ve mafsallı yapı steering olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada temel etmenler olarak manevra kabiliyeti, stabilite, çekiş gücü ve tasarım kompleksliği ele alınmaktadır [33].

Gerçek zamanlı hareket kontrolünde, skid steering modelinin dinamik modellenmesi pahalı bir uygulamadır. Bu nedenle, tez kitapçığının bu bölümünde Skid steering modellemesi için, dinamik modelleme yerine kullanılabilecek geometrik ilişkilerden bahsedilecektir.

3.2. Tekerlekli Mobil Robotlarda Önemli Steering Kavramları

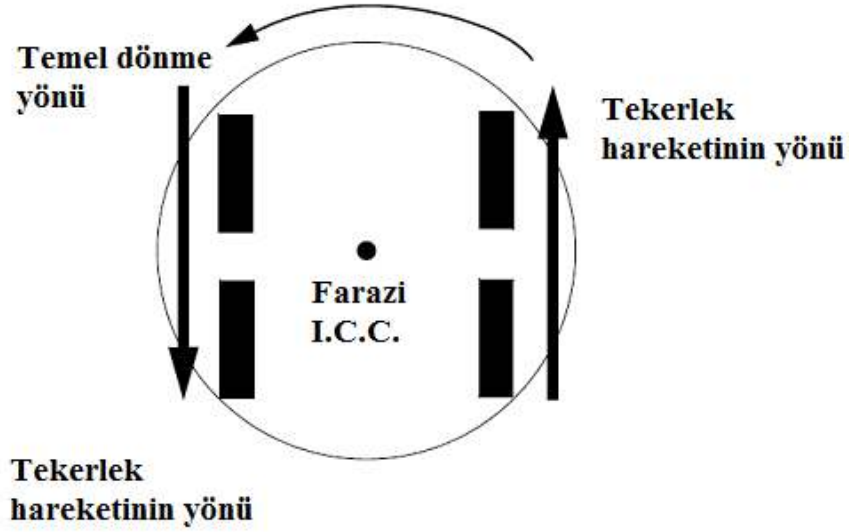
Kayma oranı ve kayma açısı; Tekerlekli mobil robotlarda kayma, zemin üzerinde, steering, rotasyon, tırmanma gibi hareketler esnasında lateral yönlendirmede gözlenen hareket ve açıdır (şekil 3.2) [32].

Çekiş kuvveti ve yanal kuvvetler; Zemin üzerinde standart bir tekerlek için çekiş kuvveti ve yanal kuvvetler, tekerlekli mobil robotun, mekanizma steering manevrası yaptığıında, lateral yön boyunca hareket etmesini sağlamaktadır [32].



Şekil 3.2. Tekerlek Koordinat Sistemi [32]

Rotasyon; Tekerlekli mobil aracın merkezi kütlesi ICR'nin konumunu ve araç kaymalarını belirgin olarak etkilemektedir (şekil 3.3, ICR tam olarak bilinmemektedir) [32]. Buna ek olarak tekerlek basıncının da ICR'nin konumunu etkilediğini söyleyebiliriz.



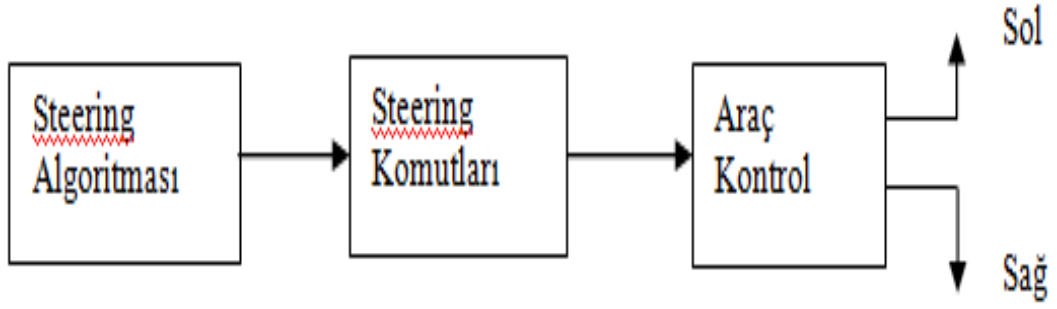
Şekil 3.3. Skid Steering [31]

Skid steering sisteminin avantajları genel olarak şu şekilde sıralanabilir [23, 29]:

- Skid steering sistemli araçlar, etkili ve kıvrak manevra yeteneği sergilemektedir,
- Skid steering sistemli araçlar, mekanik açıdan basit ve sağlam olmalarının yanı sıra gezindikleri yüzeye daha fazla çekiş gücü uygularlar ve bu yüzden kötü yol koşullarında mümkün olan en iyi performansı sunmaktadır,
- Skid steering sistemi aks, eklem gibi araçların yönlendirilmesi ile ilgili parçalar üzerinde hatırı sayılır bir etkiye sahip olmaktadır. Doğrusal hareket için sadece gerekli bileşenleri kullanarak, sıfır yarıçapı dönüm dahil olmak üzere, daha iyi manevra yeteneği sunulmaktadır.

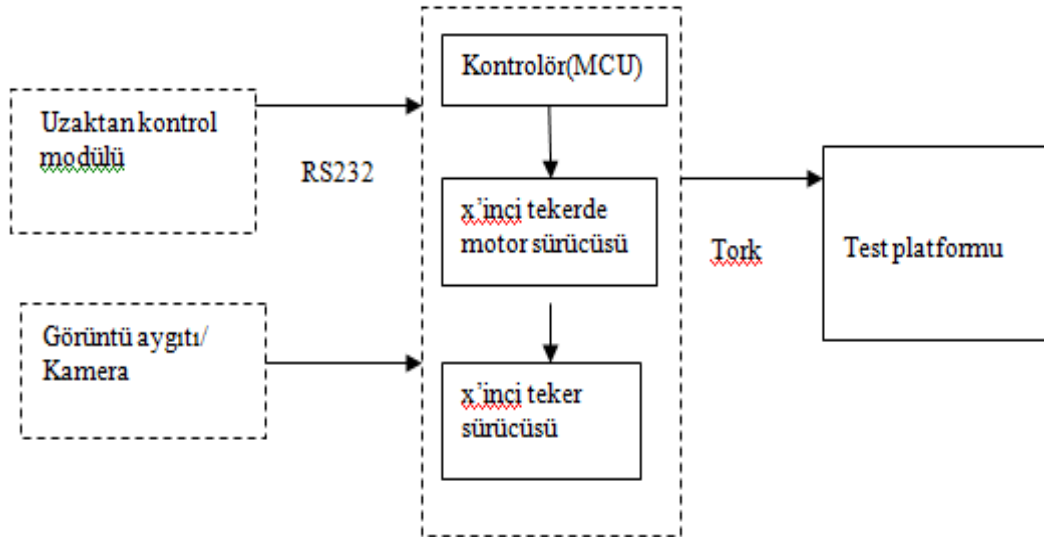
Skid steering sistemi dezavantajları da şu şekilde sıralanabilir [29]:

- Skid steering sistemi ile yönlendirilen bir aracın performansı aracın yerle temas ettiği yüzeye ve aracın hızına bağlı bulunmaktadır,
- Skid steering sisteminin davranışını matematiksel olarak modellemek gerekmektedir,
- Skid steering sistemli araçlar yerde kayarak manevra yapmaktadırlar. Kayma arazi yüzeyine ve aracın hızına bağlı olup karmaşık bir iştir.



Şekil 3.4. Skid Steering Veri Akış-Hareket Diyagramı

Skid steering sistemi veri akış-hareket şeması ise şekil 3.4’te gösterilmektedir. Araç kontrol stratejisi, robotik mobil uygulamanın, istenen pozisyona hareketini gerçekleştirmesi için yol takibini sağlamaktadır. Robotik uygulamanın direkt olarak istenen koordinatlara ulaşmasını hedefleyen ve bu esnada ulaşması istenen koordinatlar ile ulaştığı koordinatlar arasında hata oranını hesaplayan “Follow the carrot” modeli olarak bilinen havuç modeli ve düz çizgi takibinin gerçekleştiği “way point” modeli olarak bilinen yol takibi olarak iki farklı araç kontrol stratejisi uygulanmaktadır [29].



Şekil 3.5. Oyuncak Mobil Arabanın Steering Kontrol Şeması

Görüldüğü gibi seçilen mobil araç mekanizmasında her iki yanda bulunan DC motorlar arasında bir hız farkı yaratılarak dönme hareketi sağlanmaktadır. Skid steering diferansiyel sürüş tekniğinde, dönüş sırasında düşük dönme hızı sayesinde aracın kendi eksenini etrafında dönerek yoldan çıkması önlenmiş, skid steering sisteminin asıl geliştirilme alanına paralel yüksek tork ile de aracın herhangi bir zorlanma karşısında(aşırı eğim) ilerlemesi sağlanmıştır. Gerçeklenen sistemde mobil aracın kontrol şeması, şekil 3.5'te gösterilmektedir.

4. SİSTEMİN GENEL YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Tez çalışmamız iki temel uygulamadan oluşmaktadır:

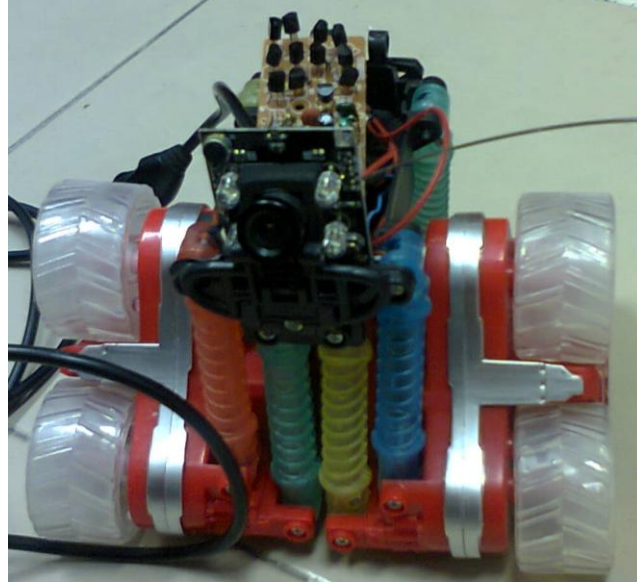
- Öncelikli olarak oyuncak mobil arabanın üzerindeki kameradan alınan görüntü üzerinde çizgi tespitinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.
- İkinci olarak da oyuncak mobil arabanın çizgi doğrultusunda operatör kontrolü altında ilerlemesi sağlanmıştır.

Mekanizma gerçekleştirirken sırasıyla şu aşamalar takip edilmiştir:

- Mobil robotik sistemin hangi özelliklere sahip olacağının ve hangi işlemleri yapacağının kararlaştırılması,
- Mekanizmanın gerçekleştirilmesi için gerekli donanım ve yazılım belirlenmesi,
- Donanım ihtiyaçlarının araştırılması ve temin edilmesi,
- Elektronik kartın tasarımı ve sisteme monte edilmesi,
- Gerekli iletişim yazılımların tasarlanmasından sonra yazılıp mikrokontrolöre yüklenmesi,
- Görüntü işleme yazılımının da tasarlanarak sistemin kontrolünün gerçekleştirilmesi.

4.1. Kullanılan Teknolojiler

Sistemin donanımı; bilgisayar, paralel port, PIC entegre devresi, pil, kamera ve temin edilen mobil oyuncak arabadan oluşmaktadır. Operatör ile kumanda arasında bağlantı kurulmakta ve kumandanın mobil oyuncak araç ile RX-2B remote kontroller aracılığı ile haberleşmesi sağlanmaktadır. Kontrol kartı için ise, transistör, direnç, DC motor gibi elektronik devre elemanları temin edilmiştir.



Şekil 4.1. Mobil Sistemin Genel Görünümü

4.1.1. Mikroişlemci

Mobil robotlarda kullanılan işlem üniteleri, bu robotların yapabilecekleri işlem karmaşıklığı ile doğrudan ilişkilidir. Mobil robotlarda, sadece karşılaştırmacılardan oluşan basit kontrol kartları da dahil olmak üzere bilgisayar sistemleri gibi çok çeşitli karar verme üniteleri kullanılabilir. Bu kartlarda, bir mikroişlemci, (EPROM, EEPROM, SRAM) hafıza birimleri, giriş-çıkış birimleri, motor kontrolü için sürücüler, haberleşmeyi gerçekleştirmek için haberleşme üniteleri gibi birimler bulunmaktadır. Mobil robotlarda, genelde mikroişlemciler kullanılmaktadır. Mikroişlemciler, mikroişlemcilerin bir alt sınıfı olarak bilinmektedir. Bir mikroişlemci, küçük boyutlu, düşük enerji tüketimi, ucuz bir mikroişlemciyle yeterli derecede sinyal işleyebilen ayırık devrelerin birleşiminden oluşmaktadır. Mikroişlemciler, kullanıcıya, seri haberleşme, zamanlayıcılar, analog-dijital

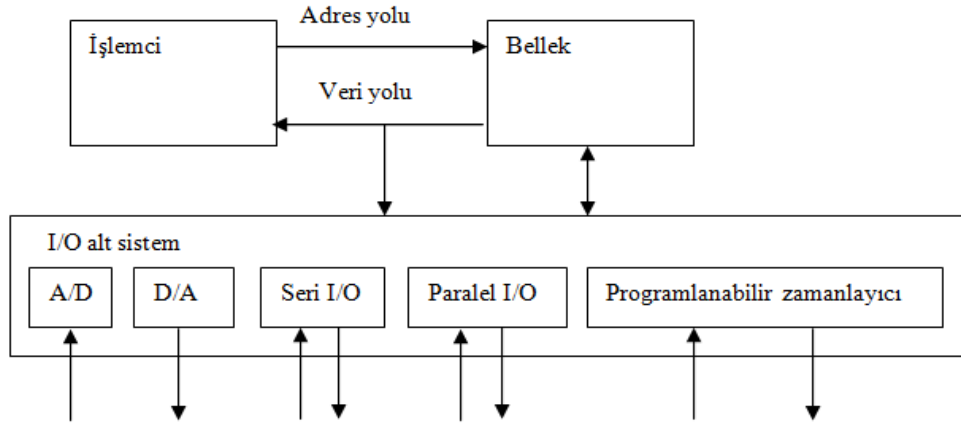
çeviriciler ve darbe sayıcıları gibi bir çok fonksiyonu gerçekleştirme gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır.

Mikroişlemciler üzerindeki I/O (input/output) sistemi genelde üzerinde şu sistemleri bulundurmaktadır [34]:

- Analogdan dijitale dönüştürme sistemi,
- Dijitalden analoğa dönüştürme sistemi,
- Seri iletişim sistemi,
- Paralel iletişim sistemi,
- Programlanabilir zamanlayıcı.

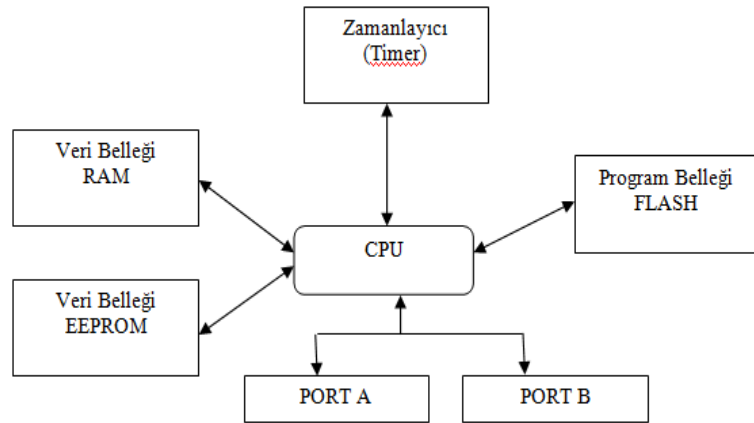
Mikroişlemciler terimi genel bir terim olarak kullanılmaktadır. Aslında, mikroişlemciler bir bilgisayar ya da bir işlemci değil, özel amaçlı bir bilgisayardır [24].

Mikroişlemciler, mikroişlemcilerin RAM, I/O gibi üniteleri tek bir yonga üzerinde barındırmaktadır. Mikroişlemciler; çok fonksiyonlu mantıksal uygulamaların hızlı ve ucuz bir mikroişlemci ile yazılım yoluyla karşılanmasını sağlamaktadır. Genelde mikroişlemciler kullanımında dışarıdan klavye, ışık sensörü gibi ilaveler aracılığıyla kullanım amacına ulaşılmaktadır. Günümüzde mikroişlemciler kendilerine, kameralar, cep telefonları, oyuncaklar gibi sistemler de dahil olmak üzere geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadır. Sonuç olarak, mikroişlemciler, tek başlarına bir mekanizmayı gerçekleştirmek için kullanılabilmesinin yanı sıra başka bir sistemi yönetmek amacıyla da kullanılabilirler. Genel bir mikroişlemcinin şematik diyagramı şekil 4.2’de gösterildiği gibidir [34].



Şekil 4.2. Genel Bir Mikroişlemcinin Şematik Diyagramı [34]

Mikroişlemcilerin genel basitleştirilmiş bir blok diyagramı ise şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. PIC Mikroişlemcilerinin Basitleştirilmiş Blok Diyagramı

Sonuç olarak mikroişlemci kullanımının getirdiği avantajları [35]:

- Mikroişlemci ile yapılacak devrenin gerektirdiği RAM, ROM, I/O, ADC, DAC gibi dış bileşenleri kendinde barındırarak yer, zaman ve emek tasarrufu sağlaması,
- Assembly, C, Basic, Pascal gibi birçok programlama dili ile kodlama kolaylığı sunmaları yanında, 100000 sefere kadar tekrar programlanabilmeleri,

- Boyut olarak çok yer kaplamamaları ve maliyet olarak ucuz, temin edilmelerinin kolay olması,

4.1.2. PIC 18F2550 Mikroişlemcisi

PIC 18 ailesinin bütün çeşitleri yüksek mukavemet ve artırılmış hafıza kapasitesi sunmaktadır. 18F ailesi, uygulama süresince güç tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır [17].

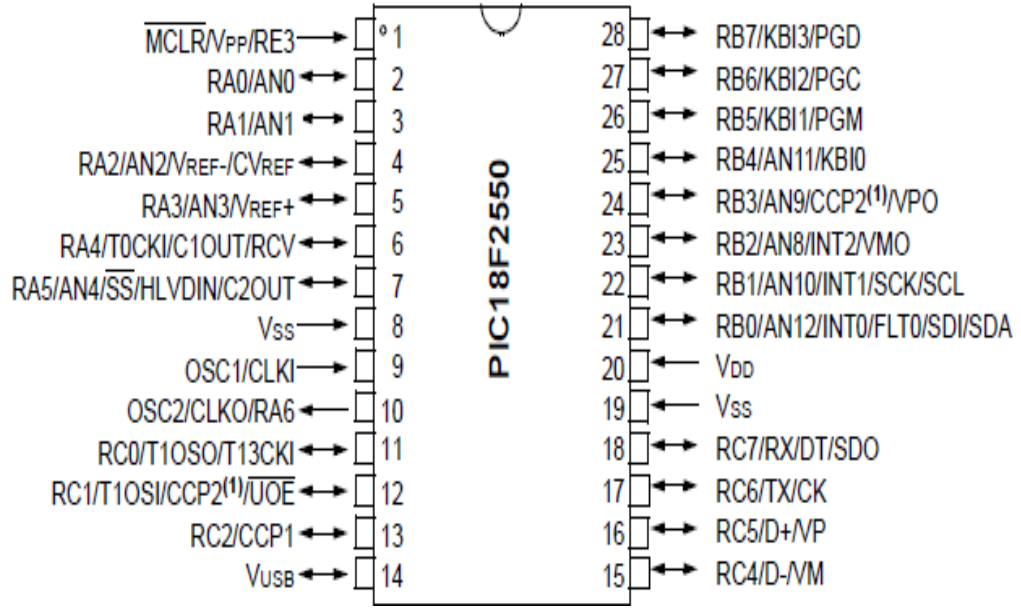
PIC 18F ailesi, USB 2.0 özelliği de dahil olmak üzere bütün USB iletişim modülü içermektedir. Modül, düşük ve yüksek hızda olmak üzere desteklenen bütün veri transfer hızlarında, veri iletişimini desteklemektedir. 3.3 volt regülatör ve çip üzerinde alıcı-verici bulunduran 18F, harici alıcı-verici ve voltaj regülatörü kullanımını desteklemektedir [17].

18F ailesinin çoklu osilatör özelliği de bulunmaktadır. İç osilatör bloğu, 18F ailesine uygulamanın daha sağlıklı yapılabilmesini sağlayan stabil referans kaynağı sağlamaktadır [17]. 18F2550 mikrokontrolörünün (şekil 4.4.), sayısal veya analog genel amaçlı input/output, analog/sayısal converter, yakalama-karşılaştırma input/output, haberleşme protokolleri input/output gibi pin yerleşim detayları şekil 4.4'de gösterilmektedir [17].



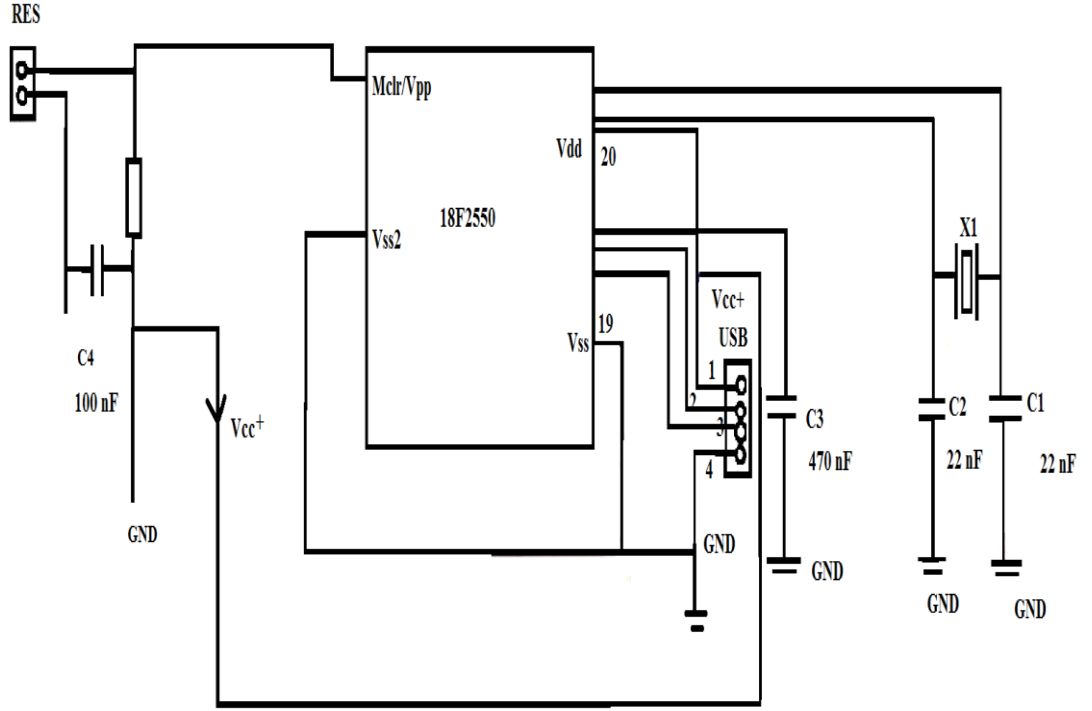
Şekil 4.4. 18F2550 Mikroişlemci

Sistemde kullanılan entegre devrenin pin diyagramı ile ilgili detaylar şekil 4.5. ve uygulanan kontrol sisteminde mikroişlemcinin bacak bağlantıları şekil 4.6.'da gösterilmektedir. PIC18F2550 için daha detaylı pin bağlantıları bilgisi ise şekil 4.7.'de bulunabilir. PIC18F2550 mikroişlemcinin özellikleri tablo 4.1'de gösterilmektedir [37].

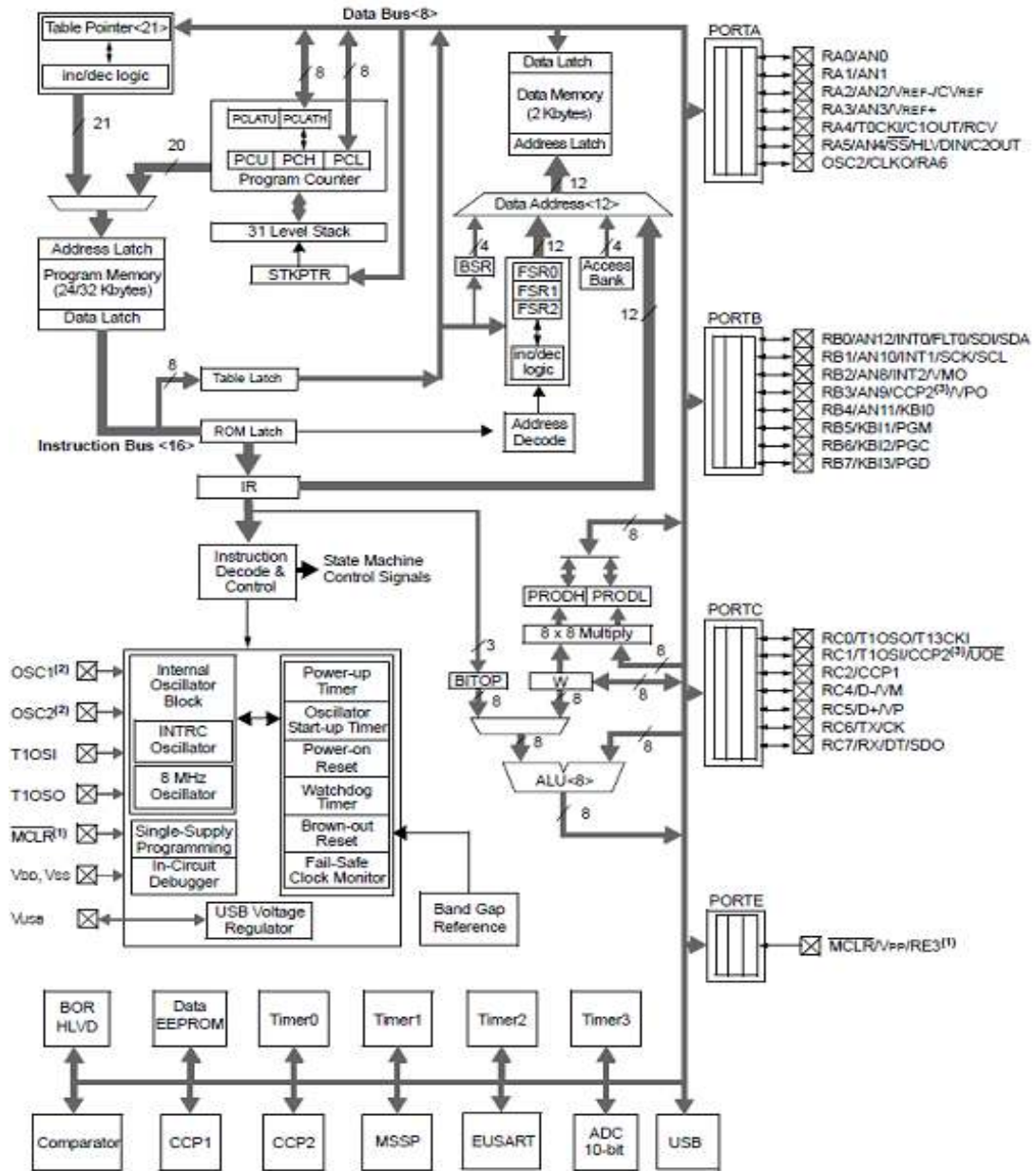


Şekil 4.5. 18F2550 Mikroişlemci Pin Yapısı [37]

Mobil robotun kontrol devresi üzerinde, kondansatör, transistör, direnç gibi elemanların kullanılmasının yanı sıra sistemin kontrol kartı üzerinde bulunan mikroişlemci sayesinde haberleşme kartından alınan veriler, oluşturulan yazılım ile işlenerek mikroişlemciye bağlı entegreler kontrol edilmekte ve mobil aracın ilerlemesi sağlanmaktadır.



Şekil 4.6. PIC 18F2550 Entegresinin Bacak Bağlantıları



Şekil 4.7. PIC 18F2550 Mikroişlemci Pin Blok Diyagramı [37]

Tablo 4.1. PIC 18F2550 Mikroişlemci Özellikleri [37]

Özellik	PIC 18F2550
Operating Frequency	DC – 48 MHz
Program Memory (Bytes)	32768
Program Memory (Instructions)	16384
Data Memory (Bytes)	2048
Data EEPROM Memory (Bytes)	256
Interrupt Sources	19
I/O Ports	Ports A, B, C, (E)
Timers	4
Capture/Compare/PWM Modules	2
Enhanced Capture/ Compare/PWM Modules	0
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART
Universal Serial Bus (USB) Module	1
Streaming Parallel Port (SPP)	No
10-bit Analog-to-Digital Module	10 Input Channels
Comparators	2
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC

CPU: İçerisinde PC (Program Counter), ALU (Aritmetic Logic Unit) bulunduran, diğer birimler arasındaki çalışmayı organize eden ve flash bellekteki kullanıcı programını çalıştıran kısımdır.

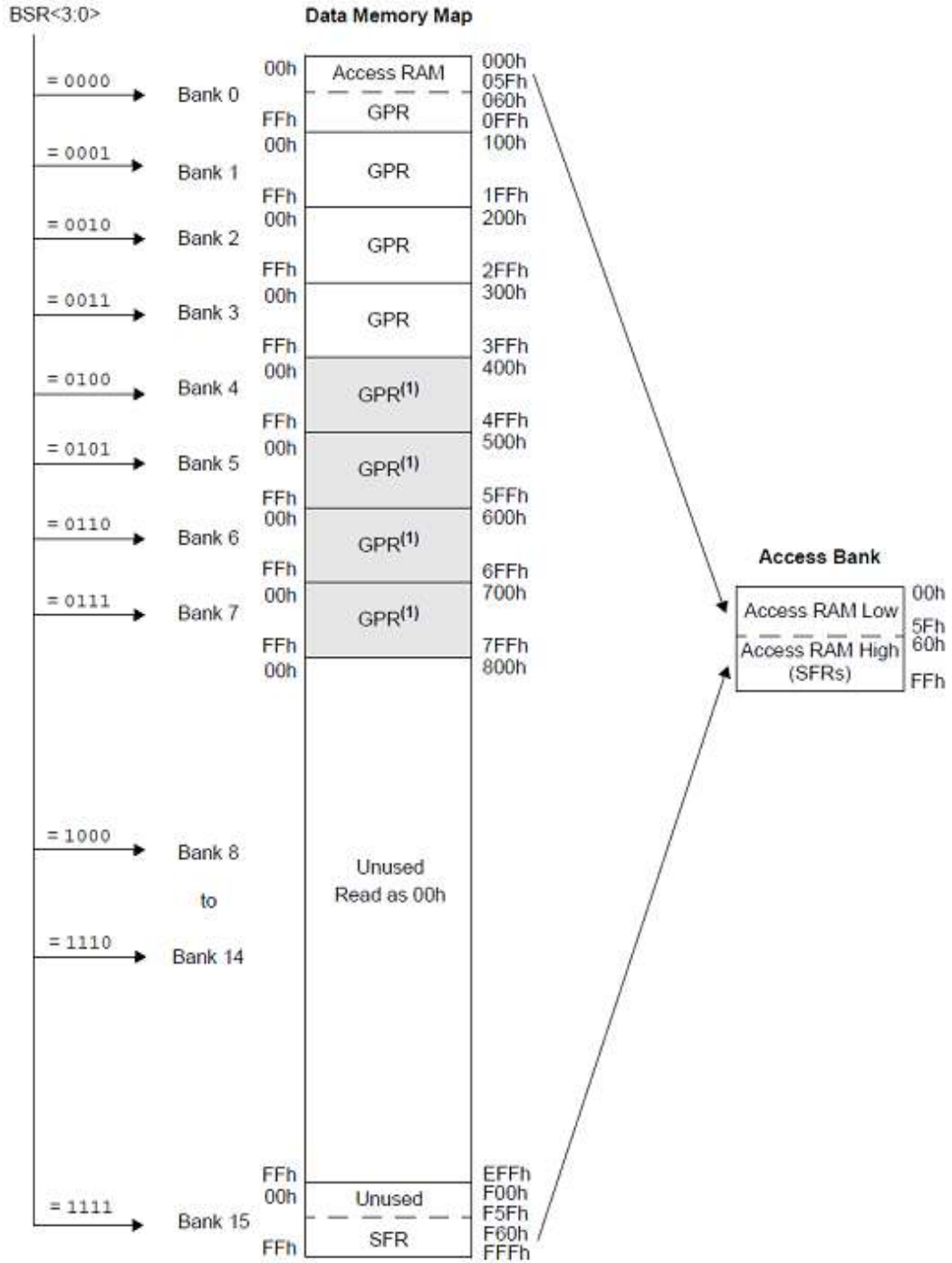
Program (Flash) Belleği: Programların saklandığı ve defalarca yazılıp silinebilen bellektir.

Bellek: Gelişmiş bir mikroişlemcide iç bellek çeşidi bulunmaktadır [36]:

- Kullanıcı tarafından kullanılan program belleği,
- Dinamik olarak yenilenen RAM belleği,
- Elektrik kesintilerinden etkilenmeyen EEPROM belleği.

Veri ve program belleği için ayrı veri yolu kullanılması bu belleklere senkron erişimi sağlamaktadır.

Veri (EEPROM) Belleği: PIC üzerindeki gerilim kesilse bile kaybolması istenmeyen verilerin saklandığı bellektir. Bu bellek üzerinde de flash bellekte olduğu gibi defalarca yazma/silme işlemi yapılabilir. PIC18F2550 mikroişlemcinin veri(data) belleği haritası şekil 4.8’de gösterildiği gibidir [37].



Şekil 4.8. PIC 18F2550 Mikroişlemci Veri Belleği Haritası [37]

Veri (RAM) Belleği: Programın çalışması esnasında geçici olarak saklanması gereken veriler için kullanılır. Genel amaçlı yazmaç (General Purpose Register) olarak da adlandırılan bu bellekte programın yazılması esnasında değişkenler içerisine atanacak veriler bu alanda saklanır. Bu bellekte ayrıca özel amaçlı yazmaç (Special Function Register) adı verilen saklayıcılar bulunmaktadır.

PORT A VE PORT B: Mikroişlemcinin dışarıya açılan elektronik kapısıdır. PIC'e girilecek ve PIC'ten dışarıya aktarılacak tüm veriler bu bloklar içerisinde elektronik devreler aracılığı ile yapılır.

Zamanlayıcılar: Programın çalışmasından bağımsız saklayıcılardır. Her 4 harici saat sinyalinde bir defa içerisindeki sayı bir defa artarak 255'e ulaştığında tekrar 0'dan başlayarak saymaya devam eder [37].

Bir mikroişlemcinin çalışmasını şu şekilde özetleyebiliriz: Program belleğinden CPU tarafından alınan komutun kodu çözülerek işlenir. Verilerin komut tarafından yapılacak işleme göre diğer ünitelerden okunur veya bu ünitelere gönderilir. Aynı zamanda program komutları gerektiğinde zamanlayıcıdan da veri alabilmektedir. Sonuç olarak dış ortama elektronik olarak bağlantısı bulunan PORTA/PORTB' den gönderilen lojik veri mikroişlemcinin kontrol ettiği üniteye veri girişi olur. Bu veri lojik "1" veya "0" olduğu gibi bazı mikroişlemcilerde analog bir gerilim değeri de olabilmektedir. PIC'in dış ortama lojik"1" olarak verdiği 5 Voltluk gerilim altında 25mA'lık akım birçok elektronik devreyi sürmek için yeterli olmayabilir [37].

Besleme Gerilimi: PIC'in çalışması için gerekli olan gerilim 5 ve 14 numaralı pinlerden uygulanır. 14 numaralı V_{dd} ucu +5V'a, 5 numaralı V_{ss} ucu da toprağa bağlanır. PIC'e gerilim uygulandığında devredeki fazla akım çeken elemanların devreye girmesiyle yâda şubedeki gerilim dalgalanmaları nedeniyle PIC'in resetlenmesini önlemek ve stabil gerilim elde etmek amacıyla V_{dd} ile V_{ss} arasına 0.1uF'lik bir dekuplaj kondansatörü bağlamak gerekir. Bu durumda kararlı gerilim elde edilmiş olur. PIC18F2550 besleme geriliminin değeri normal şartlarda 4.2– 5.5 V arasında seçilebilir [37].

Osilatör Uçları ve Çeşitleri: PIC belleğinde bulunan program konutlarının çalıştırılması için bir kare dalga sinyaline gereksinim vardır. Bu sinyallere saat (clock) sinyali denir. Saat sinyalinin hızı komutların işleniş hızını da artırır [37].

PIC18F255, önceki 18F ailesindeki diğer mikroişlemciler karşılaştırıldığında farklı osilatör ve mikroişlemci saat sistemi sunmaktadır.

PIC18F2550 mikroşlemci osilatör işlemleri yapılandırma kaydedicileri ve kontrol kaydedicileri aracılığı ile kontrol edilebilir. CONFIG1L ve CONFIG1H yapılandırma kaydedicileri olmak üzere, bu kaydediciler ile osilatör ve USB prescaler/postscaler modları ayarlanmaktadır. Yapılandırma bitleri, aygıt yeniden programlanıncaya kadar değiştirilmemektedir. PIC18F2550 48Mhz saat hızında çalışma özelliği sunmakta ve giriş için OSC1 ve OSC2 olmak üzere iki ucu bulunmaktadır. PIC 18F2550 mikroşlemcisi için mevcut osilatör tipleri Tablo 4.2.'de gösterilmektedir [37].

Tablo 4.2. 18F2550 Osilatör Çeşitleri [37]

XT	Crystal/Resonator
XTPLL	Crystal/Resonator with PLL enabled
HS	High-Speed Crystal/Resonator
HSPLL	High-Speed Crystal/Resonator with PLL enabled
EC	External Clock with FOSC/4 output
ECIO	External Clock with I/O on RA6
ECPLL	External Clock with PLL enabled and FOSC/4 output on RA6
ECPIO	External Clock with PLL enabled, I/O on RA6
INTHS	Internal Oscillator used as microcontroller clock source, HS Oscillator used as USB clock source
INTXT	Internal Oscillator used as microcontroller clock source, XT Oscillator used as USB clock source
INTIO	Internal Oscillator used as microcontroller clock source, EC Oscillator used as USB clock source, digital I/O on RA6
INTCKO	Internal Oscillator used as microcontroller clock source, EC Oscillator used as USB clock source, FOSC/4 output on RA6

I/O(Giriş/Çıkış) Portları: Bu portlardan girilen sayısal sinyaller vasıtasıyla PIC içerisinde çalışan programa veri girilmiş olur. Program verileri değerlendirerek portları kullanmak suretiyle dış ortama sayısal işaretler gönderir. Sayısal işaretlerin gerilim değeri ya 5V ya da 0V'dur. PIC18F2550'nin dış ortama verebileceği

maksimum akım 25 mA'dır. 25 mA'lık akım motor, güçlü lamba gibi fazla akım çekmesi gereken alıcıları çalıştırmak için yeterli değildir [37].

Dış ortama gönderilen bu sinyallerin akımı yeterli olmadığı durumda yükselteç devreleri, transistörler vasıtasıyla yükseltilerek kumanda edilecek cihaza uygulanır.

Port A ve Özellikleri: Port A'nın özelliklerini verebilmek için yapısındaki elektronik detaylara girmeden blok olarak düşünülürse, özellikleri aşağıdaki gibidir:

- A portu içerisinde 8-bit uzunluğunda adına PORTA yazmacı denilen bir veri tutucu (latch) vardır.
- PORTA yazmacına bir veri gönderildiğinde içerisindeki silinmedikçe veya yeni bir veri yazılmadıkça aynen saklanır. Bu kaydedicide dışarı gönderilen veya dışarıdan alınan veriler tutulur.
- A portunun yapılandırılmasını sağlayan ikinci bir yazmaç da TRISA yazmacıdır. Bu yazmaç RAM belleği içerisinde özel amaçlı bir yazmaçtır.
- TRISA saklayıcısı içerisinde yazılan veri bit'leriyle ("1" ya da "0") PORTA'nın uçlarının yönlendirilmesi (giriş ya da çıkış) yapılır.

Port B ve Özellikleri: B port'unun çıkışında FET kullanılmayıp normal kapı devreleri ile sürülmüştür. Bu nedenle PORTB dijital giriş/çıkış port'u olarak kullanıldığında TTL yapıya sahip olmasıyla PORTA'dan farklıdır. PORTB'nin tüm çıkışları bir FET ile pull up yapılmıştır. Pull up, giriş ucunu V_{dd} potansiyeline çekmek demektir. Normal olarak bir giriş ucunu V_{dd} seviyesine çekmek için bir direnç kullanılır. Aynı görevi PIC18F2550 içerisinde port uçlarına bağlı bir FET yapmaktadır. FET iletimde değilken yüksek drainsource direnci vasıtasıyla port uçlarını zayıf pull up yapmaktadır. PORTB'nin bir ucu giriş olarak yönlendirildiğinde zayıf pull up direncinin etkisi chip tarafından otomatik olarak aktif yapılır. PORTB'nin bu özelliğinden dolayı çoğu uygulamalarda harici olarak bağlanan pull up direncine gerek duyulmaz. PIC'e enerji verildiğinde (Power on reset) ise tüm dahili pull up dirençleri iptal eder [37].

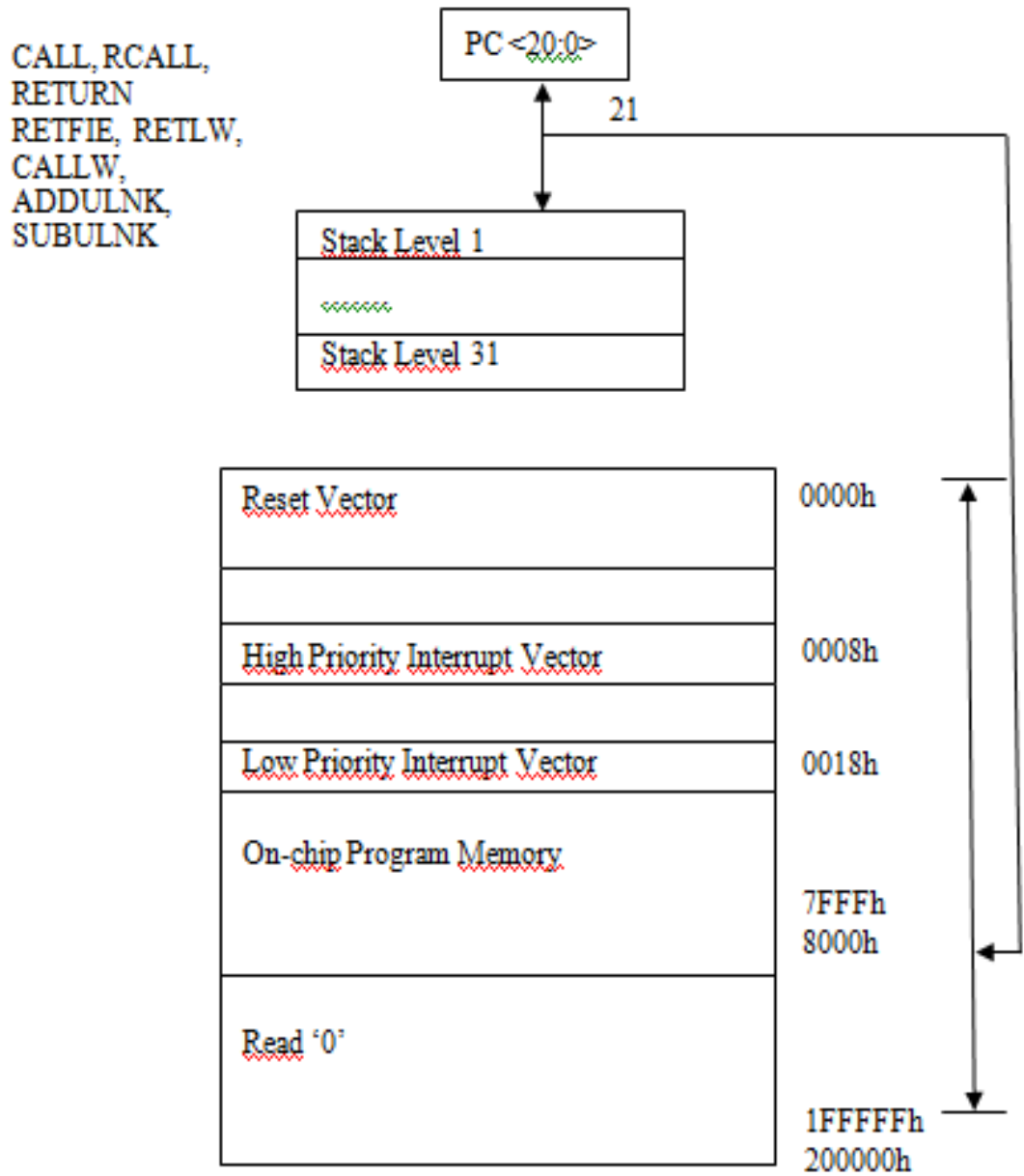
USART Birimi (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter): PIC18F550'nin içerisinde donanımsal olarak senkron ve asenkron haberleşme yapabilmeyi sağlayan USART birimi bulunmaktadır [37].

USART biriminin çalışma modu düzenlenerek PC ile iletişim, D/A çevirici veya A/D çevirici entegrelerle iletişim, EEPROM ile iletişim sağlanmaktadır. USART birimi aşağıdaki iletişim modlarında çalıştırılabilir [36]:

- Asenkron (Full duplex- Tam çift yönlü veri iletimi)
- Senkron master (half duplex – yarı çift yönlü)
- Senkron slave (half duplex – yarı çift yönlü)

PIC18F2550'nin Belleği: Harvard mimarisine sahip olan PIC'ler program ve Ram belleği olmak üzere iki ayrı bellek bloğundan oluşmaktadır. PIC18F2550, 2K'lık Flash program belleğine sahiptir. Bu belleğin hücrelerine erişmek için adreslerini saklayan ve PIC'e uygulanan her 4 saat sinyalinde bir defa içerisindeki sayı bir artan program sayıcısı (PC-Program Counter) bulunmaktadır [37].

Program Belleği: PIC18F2550'nin 2 Kbyte'lık program belleğinin içerisinde 14 bit uzunluğundaki program komutları saklanır. Bütün PIC18 mikroişlemci çeşitleri, 2 Mbyte program belleği adresleyebilen 21 bitlik program sayacı bulundurmaktadır. 32 Kbyte flash belleği olan PIC18F2550, 16.384 komut saklayabilmektedir. Bunun yanında PIC18F2550, iki adet kesme vektörü sunmaktadır. Reset vektör adresi 0000h ve kesme vektör adresleri ise 0008h ve 0018h'tır. PIC18F2550'nin program belleği haritası şekil 4.9'da gösterildiği gibidir [37].



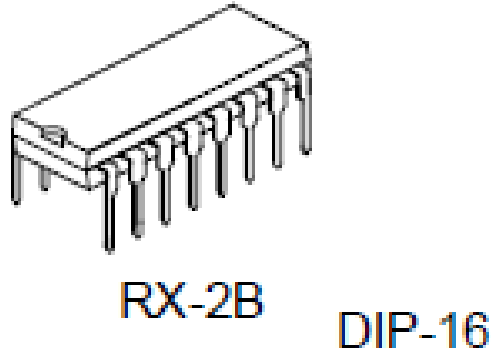
Şekil 4.9. PIC 18F2550 Mikroişlemci Program Belleği Haritası [37]

Veri (RAM) Belleği: PIC18F2550'nin 000h-1ffh aralığındaki veri belleği 4 parçaya ayrılmıştır. Bu parçaların her biri BANK olarak adlandırılır. Veri belleği içerisinde 8-bitlik özel amaçlı saklayıcılar (SFR-Special Function Registers) ve genel amaçlı saklayıcılar (GPR-General Purpose Registers) bulunmaktadır [37].

Özel Amaçlı Saklayıcılar: PIC'in CPU'sunun ve çevresel arabirimlerin(PORTA, PORTB, USART gibi) istenilen biçimde çalışmasını sağlamak amacıyla bazı yönlendirme veri bitlerinin yazıldığı saklayıcılardır. Her BANK'ın ilk 32 adresi bu saklayıcılara ayrılmıştır. Statik RAM (SRAM) yapısındadır.

4.1.3. RX-DB Denetleyici

Bir sistem içinde çok sayıda kontrol birimi bulunabilir. Bu kontrol birimlerinin birçoğu karşılıklı etkileşim içindedir. Sistemde meydana gelen herhangi bir değişim birçok farklı ayarının değişmesine neden olabilir. Denetleyici sistemler, bilgisayarın kayıtlarla birlikte denetleme elemanı olarak kullanıldığı ve değişikliklerin kontrol edilip, izlendiği sistemlerdir [39].



Şekil 4.10. RX-2B Şematik Diyagramı [39]

4.1.4. Seri Port İle Haberleşme

18F ailesinin güçlü özelliklerinden birisi de yapısında bulundurduğu seri haberleşme birimidir (USART). Bu özellik 18F2550 mikroişlemci özel fonksiyon kayıtcısına (register) veri gönderilip alınmasıyla RS-232 seri haberleşmesi kullanılarak, seri haberleşme gerçekleştirilmektedir

4.1.5. RS 232 İletişiminin Temel Kavramları

Bilgisayarlar ile iletişim kurabilmenin çeşitli yöntemleri bulunmaktadır; seri haberleşme ve paralel haberleşme gibi. Bilgisayar dışındaki cihazların bilgisayar ile haberleşmelerinde en çok kullanılan iletişim standartı RS-232 iletişim standartıdır. RS-232 temel olarak bir seri iletişim birimi olarak bilinmektedir. Seri iletişimde karakterler bir hat üzerinden bit bit yollanır.

Seri haberleşmede, gönderici kısımda 8-bit veri, paralelden seriye çevrilir ve daha sonra tek bir hattın karşısına gönderilir. Alıcı, seri veriyi paralele çevirerek 8-bit veriyi oluşturur. Bir linkteki veri akışının kontrolü için gerekli sinyallerden biri saat(clock)

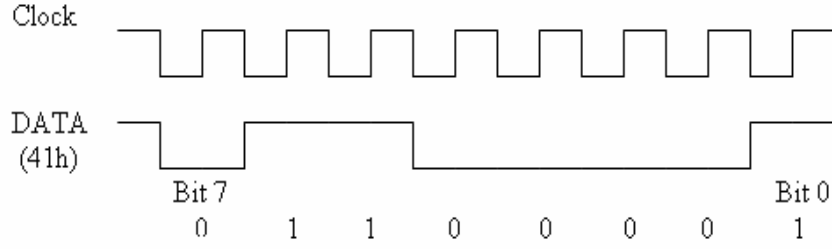
sinyalidir. Hem gönderici hem de alıcı cihazda, bir bitin ne zaman gönderileceğine veya alınacağına karar verilirken bir saat sinyali kullanılır. Veri gönderen ve alan uçların belli kurallar çerçevesinde haberleşmesi gerekir. Verinin nasıl paketleneceği, bir karakterdeki bit sayısını, verinin ne zaman başlayıp biteceği gibi bilgileri bu kurallar belirler [28].

Seri iletimi kendi arasında senkron ve asenkron olmak üzere iki çeşit iletişim mümkündür (şekil 4.11.).

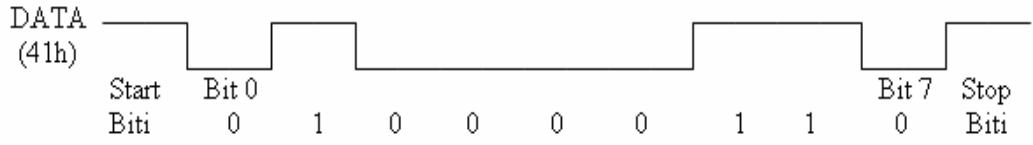
Senkron gönderimde, her cihaz, kendisi veya dışarıdan bir cihaz tarafından üretilen aynı saat sinyali darbelerini kullanır. Saatin frekansı sabit yâda düzensiz aralıklarda değişken de olabilir. Senkron formatlar, iletimi başlatırken yâda bitirirken, çok çeşitli formatlar kullanırlar. Bunlara start-stop bitleri denir. Fakat uzun mesafeli linklerde senkron format uygun değildir.

Asenkron iletişimlerde, linkte saat hattı bulunmaz. Her uç kendi sinyalini sunmaktadır. Bu iletişimde de, uçların saat frekansında anlaşmaları gerekir. Bu nedenle iletilen her byte'da saatleri eşitlemek üzere bir saat biti ve iletimin bittiğini bildirmek üzere bir stop biti bulunur. Seri iletişimde veri aktarım hızı, saniyedeki bit sayısı (bps-bits per second) olarak belirtilir. Veri aktarım hızını belirlemede yaygın olarak kullanılan diğer terim ise baud rate'dir.

1.SENKRON İLETİŞİM



2.ASENKRON İLETİŞİM



Şekil 4.11. Senkron Ve Asenkron İletişim

Veri iletişimi sayısal sistemlerin anlayabileceği biçimde kodlanmış olan verilerin iki sistem arasında iletilmesidir. Veri iletişimi yapılırken, aktarılan verinin bozulmaksızın aktarılmasına dikkat etmek gerekmektedir. Verinin hatasız aktarımını kontrol eden, zamanlama, hata ve akış denetimi, kontrol bitleri bilgileri söz konusudur. Veri iletimi gerçekleşirken, alıcı ve verici sistem arasında veri iletişimi için kullanılan iletim organının hızı ve verinin türü, uzunluğu, biçimi gibi birçok parametre burada belirleyici etken olarak göze çarpmaktadır [36].

Seri port üzerinde bitler yani “lojik 1” ya da “lojik 0” değerleri 8-bit olarak tek bir kablo aracılığı ile peşi sıra iletilmektedir. Seri port, lojik değerleri -3 V ile + 25 V arasında iletebilmektedir. Yani seri port 50 V maksimum voltaj değişim aralığına sahiptir. Bunun sonucu olarak da seri portta oluşan kayıp önemli değildir. Seri iletişimde, bir bilgisayardan cihaza karakter yollamak için bir hat, cihazdan gelen karakterleri okumak üzere bir hat ve bir toprak hattı olmak üzere toplam üç hat kullanılarak iletişim gerçekleştirilebilir.

Seri haberleşmede, gönderici kısımda 8-bit veri, paralelden seriye çevrilmekte ve daha sonra tek bir hattın karşısına gönderilmektedir. Alıcı, seri veriyi paralele çevirerek 8-bit veriyi oluşturmaktadır. Bir linkteki veri akışının kontrolü için gerekli sinyallerden biri saat sinylidir. Hem gönderici hem de alıcı cihazda, bir bitin ne zaman gönderileceğine veya alınacağına karar verilirken bir saat sinyali

kullanılmaktadır. Veri gönderen ve alan uçların belli kurallar çerçevesinde haberleşmesi gerekmektedir. Verinin nasıl paketleneyeceği, bir karakterdeki bit sayısını, verinin ne zaman başlayıp biteceği gibi bilgileri bu kurallar belirlemektedir [36].

Senkron gönderimde, her cihaz, kendisi veya dışarıdan bir cihaz tarafından üretilen aynı saat sinyali darbelerini kullanmaktadır. Saatin frekansı sabit yâda düzensiz aralıklarda değişken de olabilmektedir. Senkron formatlar, iletimi başlatırken ya da bitirirken, çok çeşitli start-stop bitleri kullanmaktadır. Seri iletişimde veri aktarım hızı, saniyedeki bit sayısı (bps) olarak belirtilmektedir. Veri aktarım hızını belirlemede yaygın olarak kullanılan diğer terim ise baud rate'dir. Değişik üreticiler tarafından yapılmış veri haberleşme cihazlarının uyumluluğunu sağlamak amacıyla, EIA (Electronics Industries Association) tarafından 1960 yılında, RS232 olarak adlandırılan standart belirlenmiştir. Günümüzde RS232 (Recommended Standart 232) en yaygın kullanılan seri I/O arabirim standartıdır [36].

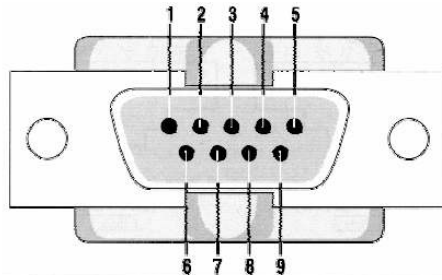


Şekil 4.12. RS232 DB-9P Konektörün Fiziksel Görünüşü

RS232 için, ilk olarak DB-25 ile erişilen toplam 25 uç tanımlanmıştır. Modern bilgisayarlarda bu 25 uca gerek olmadığı için IBM, DB-9 seri I/O standartını getirmiştir. RS-232 Veri uçbirim elamanı ile veri haberleşme elemanı arasında seri veri iletimi gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. RS-232 seri portlarını kullanan aygıtlarda 9 pinli DB-9 (şekil 4.12.) veya 25 pinli DB 25 (şekil 4.13.) konektörleri kullanılmaktadır. Bu konektörleri adaptörler yardımıyla biri birlerine dönüştürmek de mümkündür. RS- 232 konektörünün uç ayrıntıları tablo 4.2.'de gösterilmektedir.

Mikroişlemcilerde bilgisayarların iletişiminde temel olarak TxD (Transmit Data), RxD (Receive Data) ve GND (Ground) hatları kullanılır. Pek çok mikroişlemcilerde, bilgisayarla haberleşmek üzere TxD ve RxD hatları bulunur. Mikroişlemcilerde bu hatların sinyalleri 0 volt ve 5 voltur. Bilgisayarla haberleşmede gereken RS-232 sinyalleri ise +12 volt ve -12 voltur. Genelde mikrodenetleyici tarafında

kullanılacak RS232 konnektörü dişi yapılır. Dolayısı ile mikrodnetleyici ile bilgisayarı bağlayacak ara kablonun bir ucuna 9 pin erkek konnektör, bir ucuna da 9 pin dişi konnektör bağlanır. Konnektörlerin 5 nolu uçları (GND) direkt olarak birbirine bağlanır. 2 (TxD) ve 3 (RxD) uçları ise birbirine çarpraz bağlanır. Böylece mikrodnetleyicinin TxD ucunun bilgisayarın RxD ucuna bağlanmasıyla aralarındaki iletişim sağlanmış olur.



Şekil 4.13. RS232 Konnektörün (Erkek) Uç Ayrıntıları

Tablo 4.3. RS232 Konnektörün Uç Ayrıntıları

Pin	Açıklama
1	Taşıyıcı Tespiti (Data Carrier Detect)
2	Alınan Veri (Received Data)
3	İletilen Veri (Transmitted Data)
4	Veri Uç Birimi Hazır (Data Terminal Ready)
5	İşaret Toprağı (Signal Ground)
6	Veri Kümesi Hazır (Data Set Ready)
7	Gönderme Talebi (Request to Send)
8	Gönderme İçin Hazır (Clear to Send)
9	Ring Tespitçisi (Ring Detector)

Bu standardın önemli bir dezavantajı, haberleşme hızı arttıkça bilgi kaybına yol açmamak için kablo uzunluğunun da kısılması gerekliliğidir. Standard RS-232 19200 haberleşme hızında en fazla 20m kablo uzunluğuna izin vermektedir. Yeni seri iletişim standartlarından RS-422, RS-449 çok daha yüksek haberleşme hızlarında çok daha uzun kablolarıma imkan sunmaktadır [38].

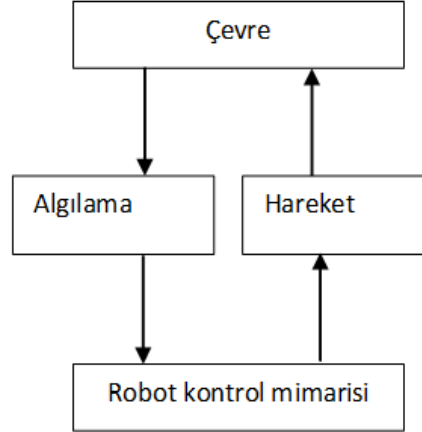
4.2. Donanım Yapısı

Robotun donanım yapısı kontrol kartları, algılayıcılar ve elektro-mekanik sistemlerden oluşmaktadır. Robotun donanım yapısı; kontrol sistemi, hareket sistemi, haberleşme sistemi, algılama sistemi olmak üzere 4 ayrı sistemden oluşmaktadır.

Kontrol sistemi tüm donanım sistemlerinin kontrolünü yapmaktadır. Hareket sistemi bilgisayardan işlemciye gelen hareket komutlarının yerine getirilmesinden sorumludur. Motor kontrol kartlarından ve motorlardan oluşmaktadır. Tüm sistemlerin birbiri arasında haberleşmesini de haberleşme sistemi gerçekleştirmektedir.

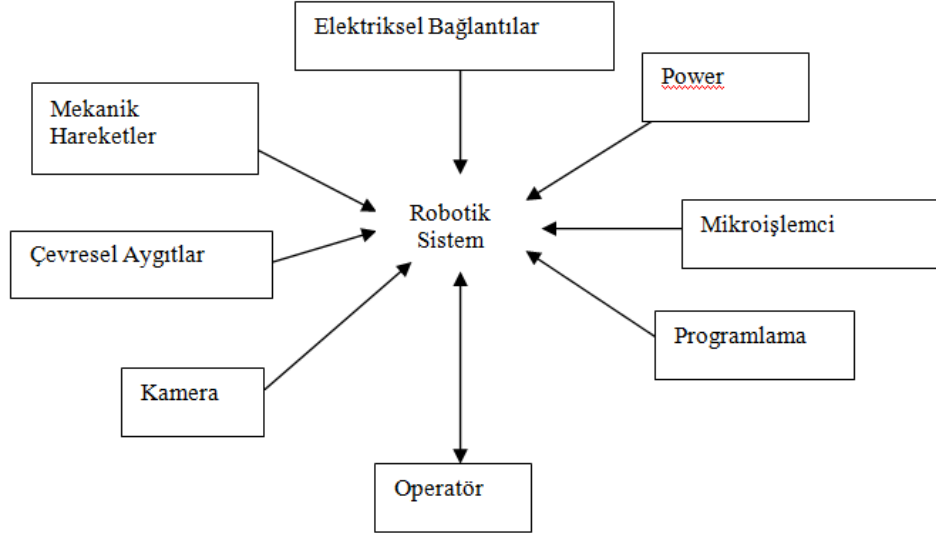
4.3. Kontrol Sistemi

Kontrol sistemi tekerlekli mobil robotun tüm donanım işlevlerinin yönetilmesi ve yazılım bölümü tarafından verilen karar ve komutların yerine getirilmesi görevini üstlenmektedir. Genel bir robot kontrol mimarisi şekil 4.14’ te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.14. Mobil Robot Kontrol Mimarisi

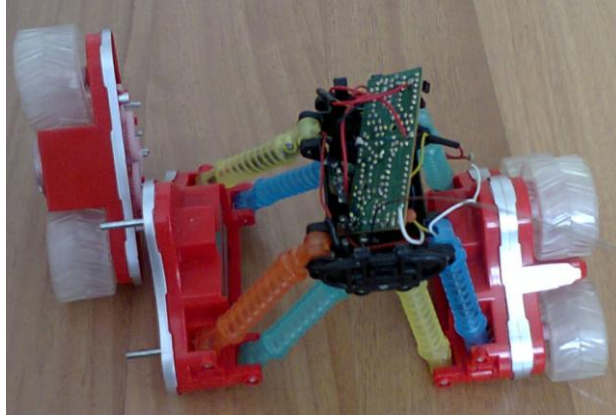
Genel bir kontrol sistemi, bilgisayar ve kontrol kartından oluşmaktadır. Bilgisayar üzerinde çalışan yazılımın tarafından iletilen tüm komutlar haberleşme sistemi aracılığıyla işlemciye aktarıldıktan sonra tekerlekli mobil robot hareket ettirilmektedir. Genel bir robot kontrol mimarisi şekil 4.15’te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.15. Kontrol İşlemi İlişki Şeması

4.4. Hareket Sistemi

Hareket sistemi robotun, algılayıcıların ve kameranın hareketinden sorumlu sistemdir. Kontrol kartları, motorlar ve mekanik sistemlerden oluşmaktadır. Bu sistemi robotun hareketini sağlayan ve algılayıcıların hareketini sağlayan sistemler olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Robotun hareketi dc motor kontrol kartı, motorlar ve diferansiyel sürüş sistemi tarafından sağlanmaktadır.



Şekil 4.16. Diferansiyel Sürüş Mekanizması Üst Görünüm



Şekil 4.17. Diferansiyel Sürüş Mekanizması Alt Görünüm

Tez kapsamında kullanılan model mobil araç modelinde, skid steering diferansiyel sürüş mekanizması ile kontrol edilmektedir. Model mobil arabada, her iki tarafta hareket halinde iken, çeşitli dengeleme kazalarına karşı daha kontrollü hareket etmesini sağlayacak biçimde yerleştirilmiş 6 adet tekerlekten oluşmaktadır. Bu tekerlekler aşağıdaki şekildeki dişli çarklarla tahrik edilmektedir. Sağ ve sol tekerlekler, birbirinden bağımsız tahrik edilmektedir.



Şekil 4.18. Model Mobil Arabanın Dişli Çark Sistemi

4.5. Algılama Sistemi

Mobil robotik sistemler, bir yerden diğer yere başarılı bir şekilde ilerleyebilmek için etrafındaki engeller hakkında bir takım bilgileri edinmek zorundadırlar. Bu bilgiler uygun sensörlerin yardımıyla elde edilebilmektedir. Gerçek zamanlı engelden sakınmada, mobil robotik sistemlerin başarılı uygulamaları için önemli rol oynamaktadırlar. Bütün mobil robotlar, engelleri tespit eden ve robotu durduran basit algoritmalarından, engelleri aşabilen karmaşık algoritmalara kadar geniş yelpazede

değişebilen bir takım özellikler içerir. Bütün bu işlemlerin mobil robot sistemleri tarafından yapılabilmesi için basit özellikli sensörlerden karmaşık sensörlere kadar çok farklı sensörler kullanılabilmektedir.

Mobil robotlar genelde dış dünyayı algılamak için sensörlerini kullanırlar. Sensörler bir dış uyarıyı işlenebilen, ölçülebilen elektrik sinyallerine dönüştürürler. Dijital görüntü işleme, çevreyle fiziksel etkileşim olmaksızın, optik araçlar kullanarak cisimlerin algılanması doğrultusunda bilgilerin toplanması olarak tanımlanabilir. Gelişen teknolojiler eşliğinde yine doğal canlılardan esinlenerek görme özelliği kablolu ve/veya kablosuz görüntü algılama sistemleri ile genişleyen yelpazede çok çeşitli uygulamalarla gerçeklenmeye çalışılmaktadır. Bu çerçevede, bu teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması, uygulandığı alanlarda elde edilmek istenilen verimliliğe ulaşılmasını ve maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır. Sayısal görüntü algılama ve işleme uygulamalarında hangi tekniklerin kullanılacağı konusunda insanın görsel algılaması önemli bir rol oynamaktadır. Görsel algılama, robotik sistemlerde, canlıların en çok taklit edilmeye çalışılan algılama metotlarından biridir.

Görme eylemini başlatan ışığın, ortamı dolduran, birbirleri ile etkileşim içerisinde bulunan enerji seviyesindeki fotonlardan oluştuğu bilinmektedir. Bir foton, bir referanstan diğerine yol alarak değil, ortamdaki diğer fotonlarla çarpışarak bir doğrusal enerji ışıınımı oluşturmaktadır. Işıının yönü ise ışık kaynağından fırlatılan elektronun kuvvet yönü ile paraleldir ve enerjisi elektronun hızı ile doğru orantılıdır. Dalga boyu ve derinliği ise çarpışmanın şiddeti ile dolayısı ile yine fırlatılan elektronun hızı ile sınırlıdır. İnsan beyni, ışığın sahip olduğu tüm parametreleri kullanarak nesnenin iki boyutlu görüntüsünü ve renklerini oluşturur. Nesneler, göz tarafından iki boyutlu algılanmaktadır, ancak beyin fotoğrafın üzerindeki açık ve koyu bölgeleri yorumlayarak nesnenin diğer koordinatlarının da algılanmasını sağlar.

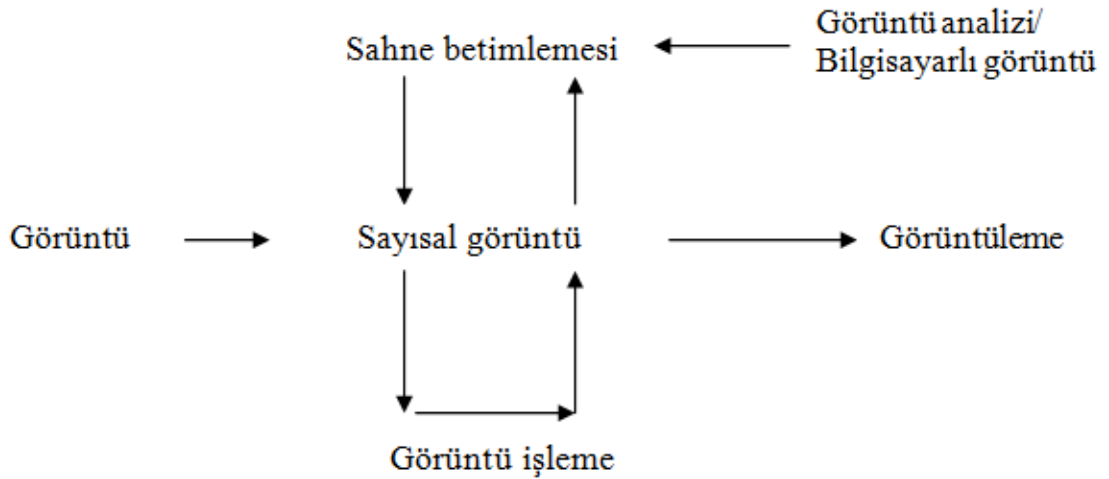
4.5.1. Kamera ve Görüntü Sistemi

Kötü kamera yerleşimleri, yetersiz görüş açısı gibi etmenler de gerçek zamanlı algılama üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu gibi olumsuz sonuçlar, farklı tasarım konfigürasyonları ile azaltılabilmekte ya da yumuşatılabilmektedir. Görüntü işleme temelde; görme eylemini, görüntüleme cihazları ve akıllı yazılımlar kullanan makinelere yaptırılmasını amaçlamaktadır.

Sayısal görüntü işleme yöntemleri iki ana kullanım alanı doğrultusunda önem kazanmaktadır:

- Yorum yapılabilmesi için gerekli görüntü bilgisi sağlanması ve
- Görüntülerin algılama işlemleri aracılığıyla anlamlandırılması.

Sayısal görüntü işleme, sayısal görüntülerin bilgisayar aracılığı ile işlenmesidir. Sayısal görüntü işleme yöntemi kullanılarak aşağıda bahsi geçen birçok başlık, direk ve/veya dolaylı yollarla kontrol edilebilir. Görüntü işleme sistemlerinin dizayn ve analizinde işlem görecektir görüntü, uygun ve gerekli ölçüde matematiksel olarak anlamlandırılması için; görüntülerin noktasal özelliklerini kullanan belirleyici yöntem olarak ve görüntünün ortalama özelliklerinin kullanıldığı istatistiksel yöntem olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Bilgisayar görüşüne göre ise görüntü, video görüntüsü, sayısal görüntü veya resim gibi kaydedilmiş görüntülerdir. Bu çerçevede elde edilen temel görüntüler üzerinde, bilgisayar yazılımı ve sayısal görüntü işleme teknikleri görüntü anlamlandırılmaktadır.



Şekil 4.19. Genel Bir Görüntü İşleme Sistemi Blok Diyagramı

Görüntü işleme; video, kamera, tarayıcı gibi aygıtlar aracılığı ile kaydedilmiş, mevcut görüntüleri işlemek, mevcut resim ve grafikleri, değiştirmek, yabancılaştırmak, iyileştirmek için elde edilen sayısal (dijital) görüntülerin anlamlandırılması için kullanılmaktadır. Genel bir görüntü işleme sistemi şekil

4.19’da gösterildiği gibi sisteme gelen görüntünün bilgisayara aktarılıp üzerinde herhangi bir işlem yapılması ve ardından çıkışa iletilmesi olayıdır.

Görüntü işleme sistemi ile görüntüsü alınan nesneye ait renk, yansıma ve ışık geçirgenliği gibi optik; uzunluk, genişlik, çap, açı, çevre ve alan gibi geometrik özellikler ile görelî ve mutlak konum gibi yerleşim özellikleri bilgisayar ortamında incelenmektedir. Bu nedenle son yıllarda bilgisayar ve elektronik alanındaki hızlı gelişmeler sonucunda görüntü işleme sistemlerin havacılık, savunma, tıp gibi çok çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Görüntü işleme ve makine görmesi; özellikle insanlar için daha zor ve tehlikeli, tekrar ve süreklilik gerektiren uygulamalarda yoğun olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle bir görüntü işleme sisteminin donanım mevcudiyeti hedeflenen amaç ve kullanım alanına göre çeşitlilik göstermektedir. İhtiyaca göre değişmekle birlikte bir görüntüleme sistemi, sağlıklı bir görüntünün elde edilmesinde her biri önemli birer role sahip görüntü yakalama araçları (bir veya daha çok kamera), ışıklandırma ve bilgisayar donanım ve yazılım olmak üzere sistem verimini önemli derecede etkileyen temel bileşenlerden oluşur. Görüntü işleme sistemi elemanları seçiminde yapılması muhtemel herhangi bir hata sistemin verimini büyük ölçüde negatif yönde etkileyecekken; her bir parçanın kalitesi, çalışma oranında etkin başarımları sağlayacaktır.

Hareketli/sabit nesnelerin takibinde kullanılan video görüntüsü içerisindeki beklenmedik gölgeler nesnelerin pozisyonlarının yanlış belirlenmesine, bölümlendirilmesinde, ölçümünde takibinde hatalara yol açmaktadır. Gerçek zamanlı kontrol yöntemleri ile bu hata ile karşılaşma olasılığı minimuma indirgenebilmektedir. Tez kapsamında çizgi takibini gerçekleştirmek alınan çizgi bilgisinin bilgisayar tarafından görülerek operatör tarafından kontrolü amaçlı kamera kullanılmıştır. Kameradan alınan görüntüler direkt olarak bilgisayara takılmış olan alıcıya gönderilmektedir. Sistemde kullanılan USB bağlantılı kameradan alınan bilgilerle mikroişlemciye yapılan geri besleme sonucu operatör aracılığı ile mekanizmayı kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Aracın hangi yöne gittiğinin kullanıcı tarafından görülebilmesi için kablolu kamera monte edilmiştir. Araç üzerinde bulunan kamerada görüntü kablo bağlantısı üzerinden gönderilmektedir. USB portu aracılığı ile bilgisayara bağlanarak görüntü elde edilmektedir.

5. YAZILIM SİSTEMİ

Robotların kullanım alanlarının artması yazılım teknolojisinin gelişmesi ile belli bir amaç için yapılmış robotların o amaç doğrultusunda programlanması ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, değişik firmalar, ürettikleri robotlar için farklı yazılımlar geliştirmiş ve piyasaya sunmuşlardır.

Robot sistemlere program yazılarak aynı robot sistemin farklı zamanlarda farklı işlemler yapması sağlanabilir. Program paketi ile robotik sisteme ait her bir hareketin ne zaman ve nasıl hareket edeceği program içerisinde belirtilir.

5.1. Mikroişlemci Yazılımı

USB iletişim için gerekli tüm kodlar doğruca kullanılmış bir yazılıma sahip aygıt, kişisel bilgisayar arasında bağlantı ilk kez kurulduğunda, kişisel bilgisayar sanal COM Port yaratabilmek için bir sürücünün yüklenmesine ihtiyaç duymaktadır. USB iletişimin yazılıma kolaylıkla adapte edilebilmesi için “*USB Communication Device Class*” kütüphanesi kullanılmıştır. Bu sayede, PC’de USB portu üzerinden sanal bir COM port oluşturulmaktadır. Her bir mikroişlemci çeşidinin farklı VID ve PID değerlerine sahip olduğun için, 18F2550 kullandığımız için PIC programımızda, VID ve PID değerleri sırasıyla 97 ve 33 olarak ayarlanmıştır. Aygıt ile kişisel bilgisayar arasında bootloader modunda bağlantı gerçekleştirilir. USB CDC ile bilgi alışverişini gerçekleştirmek için kullanılan komutlar, standart USART alışveriş için kullanılan komutlara oldukça benzer olduğu söylenebilir.

Aşağıda, bu tez kapsamında kullanılan bazı kod ve açıklamalarına yer verilmiştir:

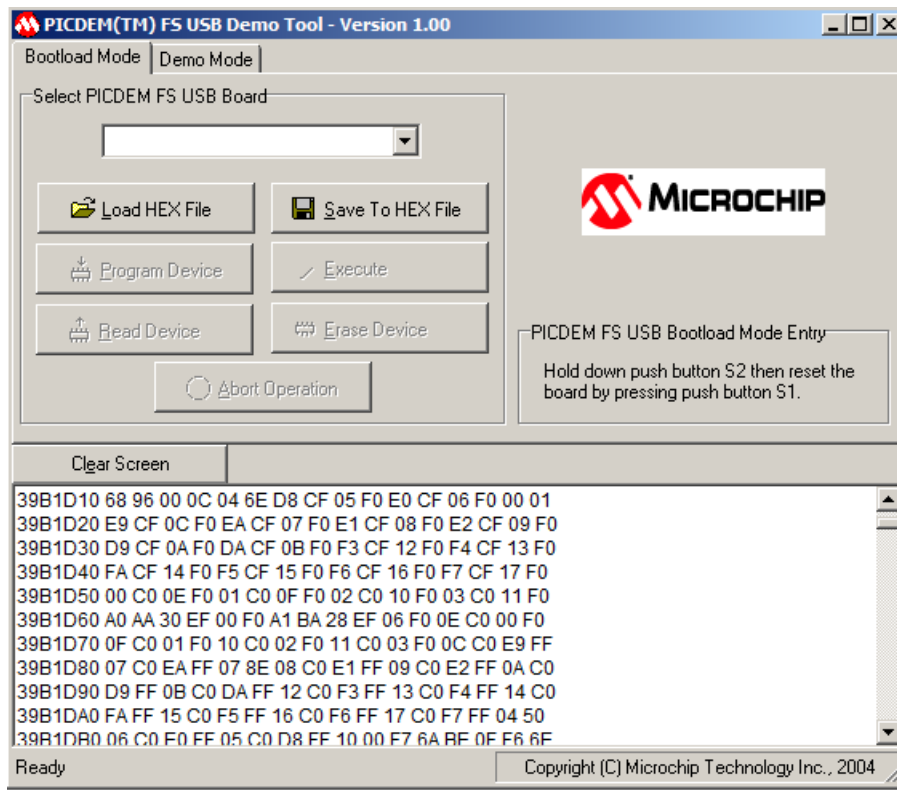
usb_init(); USB donanımını hazırlar. USB aygıt PC’ye takılana kadar sonsuz bir döngü içinde yazılım bekler. Bunun için USB kesmesini aktif eder ve kullanır. Bu fonksiyonu USB kodlarını kullanmadan önce çağırmak gerekir.

usb_enumerated(); Herhangi bir USB aygıt bilgisayara bağlandığında, USB alt sistemi tarafından aygıt numaralandırılır. 1-127 arası bir aygıt numarası verilir ve aygıt tanımlayıcısı okunur. Tanımlayıcı (descriptor), aygıt ve özelliklerini barındıran bir data yapısıdır. Bu fonksiyon, aygıt PC tarafından numaralandırıldığında 1 verir.

Eğer aygıt, PC tarafından numaralandırılmışsa aygıt normal operasyon modundadır ve paket alışverişi yapılabilir durumdadır.

usb_get_packet(); Kullanıcıdan 8 bitlik bir sayı okur.

Diğer yapılacak aşamalardan önce mikro işlemci komut dosyanın derlenmesi gerekir. “hex” dosya uzantısı olarak mikroişlemciye programlayıcı yardımıyla yüklenmelidir. Devre bootloader modunda iken artık herhangi bir terminal kullanılarak USB aracılığıyla “.hex” dosyası söz konusu mikroişlemciye atılabilir (şekil 5.1).



Şekil 5.1. PIC 18F2550 Mikroişlemciye Program Yüklenmesi

#include <usb_cdc.h> satırının hemen üzerinde include edilmesi gerekir. Bu dosya sayesinde yazılan kodlar ROM’da, PIC’e daha önce yüklenmiş olan **ex_usb_bootloader.hex** in ROM’da kullandığı son adresten hemen sonra yer alır. Böylece bootloader ile mikroişlemci içerisine Hex dosyası atılırken, bootloader üzerine yazılım yazılması engellenmiş olur.

Kumanda yön hareket algoritması aşağıdaki gibidir:

```
while (TRUE) {
```

```

usb_task();

usb_debug_task();

if (usb_enumerated())
{
    for (sayac=0; sayac <DEST2550_Gid_Pak; sayac ++)
    {
        Giden_Veri[sayac]=0;

        Gelen_Veri[sayac]=0;
    }

    if (usb_kbhit(1))
    {
        usb_get_packet(1, Gelen_Veri, 8);

        switch(Gelen_Veri[0])
        {
            case .....

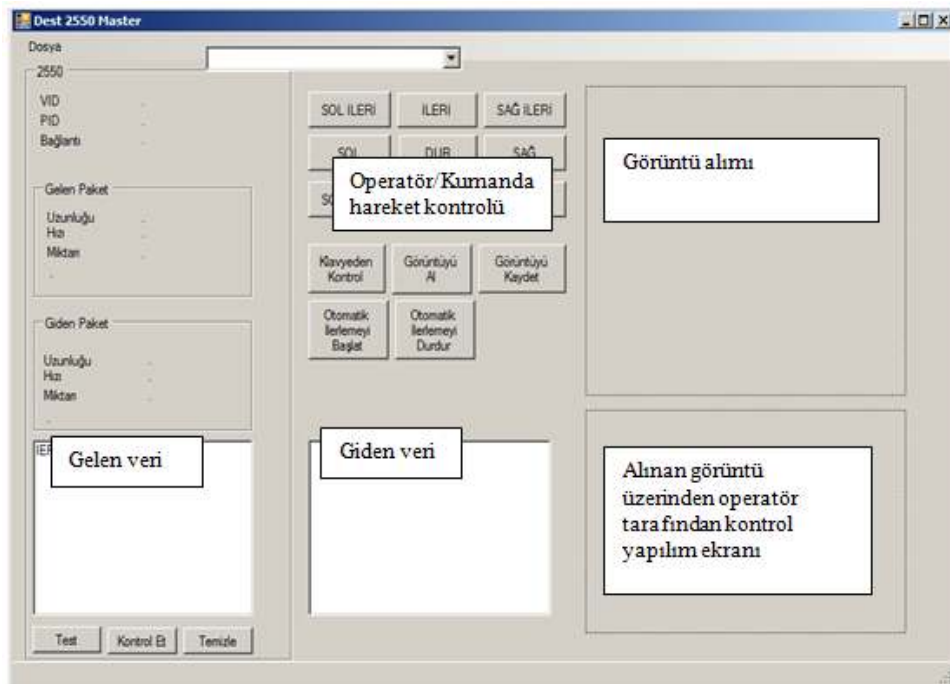
            default: break;
        }
    }
}

```

5.2. Bilgisayar Yazılım Sistemi

Mobil keşif robotu, yazılım aracılığıyla kontrol edilen elektronik bir donanım olacak şekilde tasarlanmıştır. Projenin önemli bir bölümünü de yazılım oluşturmaktadır.

Mobil robot sistemi üzerinde tüm kontrolleri operatör aracılığıyla yapabilmek için Microsoft Visual Studio.Net yazılımı kullanılarak bir ara yüz kontrol programı tasarlanmıştır (şekil 5.2). Yol takibi için gerekli işlemlerin hesaplanması ve bu işlemlerin uygulanması bu bölümde gerçekleştirilmektedir. İlk etapta beyaz zemin üzerine keyfi koordinatlarda siyah çizgi çizilmiştir. Kameradan alınan görüntü işlenerek hedef noktalar tespit edilerek robotun hareket etmesi sağlanmıştır. Program görüntü izleme ve operatör kontrolü amaçlı olarak kullanılmıştır. Görüntüleme sistemi ile ilgili olarak görüntü yakalama, görüntü kayıt işlemleri yapılabilmektedir.



Şekil 5.2. Yazılım Sistemi Ara Yüzü

Görüntü işlemede dikkat edilmesi gereken nokta ulaşılmak istenen renktir. Bu uygulamada takip edilmesi gereken çizginin rengi siyah olduğu için siyah filtresi uygulanmıştır.

Görüntü işlenirken her pikselinin işlenmesi gerekmektedir. Burada, görüntü işleme algoritması 50 salise olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu sayede, mobil robotun performansı istenen seviyeye yaklaştırılmıştır.

```
public double fark2(Color pColor)
```

```
{
```

```

int pR = pColor.R;

int pG = pColor.G;

int pB = pColor.B;

int qR = Renkler[0];

int qG = Renkler[1];

int qB = Renkler[2];

int dR = Math.Abs(pR - qR);

int dG = Math.Abs(pG - qG);

int dB = Math.Abs(pB - qB);

double kokuc = Math.Sqrt(3);

double dist = (double)((double)((double)Math.Sqrt(Math.Pow(dR, 2) +
Math.Pow(dG, 2) + Math.Pow(dB, 2))) / kokuc);

return dist;

}

public void benzesim2(Bitmap bmp, Bitmap bmp2)

{

for (int i = 0; i < 256; i++) histogram[i] = 0;

double dist = 0;

int[] dizi = new int[9];

double kokuc = Math.Sqrt(3);

for (int i = 0; i < bmp.Height; i++)

```

```

{
    for (int j = 0; j < bmp.Width; j++)
    {
        Color pixelColor = bmp.GetPixel(j, i);

        dist = fark2(pixelColor);

        byte deger = 0;

        if (dist < 56) deger = 255;

        else deger = 0;

        bmp2.SetPixel(j, i, Color.FromArgb(deger, deger, deger));

        histogram[deger]++;

    }
}

}

public void benzesim(Bitmap bmp, Bitmap bmp2)
{
    for (int i = 0; i < 256; i++) histogram[i] = 0;

    double dist = 0;

    int[] dizi = new int[9];

    double kokuc = Math.Sqrt(3);

    for (int bsay = 0; bsay < 5; bsay++)
    {

```

```
for (int i = bolgearalik[bsay, 0]; i <= bolgearalik[bsay, 1]; i++)  
  
    {  
  
        for (int j = bolgearalik[bsay, 2]; j <= bolgearalik[bsay, 3]; j++)  
  
            {  
  
                bmp2.SetPixel(i, j, Color.FromArgb(255, 0, 0));  
  
            }  
  
        }  
  
    }  
  
}
```

6. TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstride insan güvenliğini daha üst seviyelere çıkartmak için uzaktan kontrollü mobil robot prototipi üzerinde çalışılmıştır. Tezimizde otonom çalışan mobil bir robot gerçekleştirilmiştir. Mobil robot bilgisayar basındaki bir operatörün de robota müdahale edebileceği şekilde tasarlanmıştır. Mobil robotun hareket kabiliyetini artırmak için diferansiyel sürüş özellikleri de göz önüne alınarak tekerlekli bir prototip uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerekli donanımlar araştırılmış, karar verilmiş, tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Sunucu tarafa yüklü uzaktan kontrol programıyla, sunucu bilgisayara bağlantı sağlanarak, seri porta bağlı haberleşme kartından mobil robot üzerindeki kontrol kartına bilgi aktarılmıştır. Seri porttan gönderilen bilgi, haberleşme kartında değiştirilip yorumlanmadan, kontrol kartına aktarılmıştır. Gelen bilginin, ne amaçla gönderildiğinin yorumlanıp değerlendirilmesi, kontrol kartı üzerindeki mikroişlemci tarafından yapılmaktadır. Seçilen mevcut diferansiyel sürüş sistemi sayesinde mekanizmanın her bir arka tekeri ile her bir ön tekeri dişli sistem ile birbirine bağlıdır. Hareket esnasında sağ ve sol gerek öndeki gerek arkadaki tekerlekler arasında bağlantı bulunmamaktadır. Bu sayede ileri ve geri hareket esnasında sadece yön ile paralel tekerlekler hareket etmektedir. Kontrol kartı üzerindeki mikroişlemci ile iletişim sonucunda kişisel bilgisayar operatörü aracılığı ile kendisine gelen bilgiye bağlı olarak, mobil robot mekanizma sekiz değişik yönde hareket etmektedir.

Sonuç olarak beyaz platform üzerine siyah çizgi keyfi olarak çizilmiş, gerekli yazılım ve kontrol algoritmaları mikroişlemciye yüklenmiş ve mobil robot üzerine yerleştirilen kamera ile elde edilen görüntünün kişisel bilgisayar aracılığı ile işlenerek gerekli kontrol verilerinin üretilmesinin ardından bilgisayar üzerinden mobil mekanizmaya iletilmiş ve sistem operatör tarafından uzaktan kontrol yolu ile çizgi takibini gerçekleştirmiştir. Takip edilmesi arzulanan çizgi özellikleri reel zamanlı olarak elde edilmiş, operatör tarafından değerlendirilmiş ve mobil robot tarafından uygulanmıştır.

Maliyeti minimum düzeyde tutabilmek için projenin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan mikroişlemcinin sahip olduğu özelliklere iyi bir şekilde hakim olmak

gerekmektedir. Tezimizde devrenin maliyeti; PIC18F2550, kamera ve mevcut mobil oyuncak araba kullanılarak minimum seviyede tutulmaya çalışılmıştır.

Gerçeklenen oyuncak mobil robot uygulamasının sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Mekanik malzeme olarak temini ucuz ve kolay, sistem olarak verimli çıktılar elde edilmiştir.
- Lokomasyon ve navigasyon olarak amacına uygun olarak esnek ve geliştirilmeye açık bir prototip oluşturulmuştur.
- Bilgisayar kontrollü bir platform gerçekleştirilerek, uzaktan kontrol teknolojilerinin avantajları kullanılmaya çalışılmıştır.
- Sistemin lokomasyon ve algılama sistemlerinin uygun yazılımlarda kontrolünün yanı sıra, ulaşılması kolay sürücü yazılımları ve standart donanım kaynakları verimli şekilde kullanılmıştır.

Uygulamada geliştirmeye açık bir tasarım prototipi seçilmiş olup, mobil robota ileride enkoder yerleştirilerek konum kontrolü ve mapping algoritmaları gerçekleştirilebilir.

Robotik uygulamalarda en önemli görüntü sistemi kamera sistemi olduğu için, yine eklenecek daha iyi özellikler sunan dijital bir kamera ile belirlenen hedeflere ulaşma, en kısa yol (shortest path) gibi uygulamalar yapılabilir. Yazılım aracılığıyla işlenen kamera görüntüleri bilgileri bir wi-fi ya da radyo modem aracılığıyla aktarılabilir. Aktarılan ekrandan kontroller geliştirilir. Görüntü işleme robotun ana kontrolöründe sistem kaynaklarını çok tükettiği için mekanizmaya dahil edilebilecek ısı, nem ya da çevresel etmenleri algılamak için kullanılan çeşitli sensörler aracılığı ile ortamla ilgili fiziksel bilgiler alınarak uygulama alanları çeşitlenebilir.

Robotik uygulamalarda, motor sayısına göre kullanılan pilin de güçlü olması gerektiği için, son zamanlarda popüler olan güneş enerji pilleri hem ekonomik, sınırsız ve çevre dostu bir enerji sağlamaktadır.

Haberleşme sistemi olarak bluetooth ya da internet tabanlı haberleşme tekniği gibi kablosuz haberleşme sistemleri kullanılabilir.

Diferansiyel sürüş sistemi ile ilgili çeşitli kinematik hesaplamalar yapılarak arama kurtarma, keşif, mayın tarama gibi alanlarda sistem iyileştirmesine gidilebilir. Robotik sistemin kinematik yapısı hakkında çeşitli bulanık mantık uygulamaları ve simülasyonlar aracılığıyla karşılaştırmalar yapılarak sistemde iyileştirmeye gidilerek, prototip, yük taşıma alanında, çeşitli risklerin tahmini için deneysel uygulamalara kaynaklık yapabilir.

Robotik uygulamanın yüzeyinin kaplama sistemleri için engebeli, kısıtlı ve zorlayıcı çevresel etmenlere karşı sürdürülebilir enerji sistemleri dahilinde aliminyum, çelik, fiber gibi malzemeler kullanılması sağlam ve dayanıklı bir yapıda olmasını sağlayacaktır.

Yukarıda sıralanan önerilere ek olarak, robotik sistem uygulaması mühendislik eğitiminde insan bilgisayar etkileşimi konularında eğitim amaçlı deneysel sistem olarak da geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Barutçuoğlu, E. I.; BÜ, <http://robot.cmpe.boun.edu.tr/593/history.pdf>, Haziran 2001.
2. Cassidy, R., Cote-Dumphy, B., Lee, J. S., Mitchell-Evans, W.; Why Do People Imagine Robots, Lisans proje raporu, Worcester Polytechnic Institute, LES RBE3, 2009.
3. Shircliff, D. R.; Build A Remote Controlled Robot, McGraw Hill C., New York, 2002.
4. Lumelsky, V. J.; Sensing, Intelligence, Motion How Robots And Humans Move In An Unstructured World, John Wiley & Sons, Kanada, 2006.
5. Örebäck, A.; A Component Framework for Autonomous Mobile Robots, KTH Numerical Analysis and Computer Science, Doktora Tezi, İsviçre, 2004.
6. Kang, J., Kim, W., Lee, J., Yi, K.; Design, Implementation and Vehicle Test of Skid Steering Based Autonomous Driving Controller For a Robotic Vehicle with Articulated Suspension, Journal of Mechanical Science and Technology 24 (3), 793-800, 2010.
7. Ventageswaran, JR.; Robotics, Resonance, 76-82, 1999.
8. Spong, M. W., Hutchinson, S., Vidyasagar, M.; Robot Modeling and Control, New York, 2005.
9. Sandler, B., Z.; Robotics Designing The Mechanisms for Automated Machinery, Academic Press, USA, 1999.
10. Önal, Ö.; Seri Porttan Kablosuz Ağ İle Haberleşebilen Kameralı Araç Kontrolü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
11. Kızıllhan, A., Bingül, Z., Vertiy, A.; Yer Altı Üç Boyutlu Görüntüleme Amaçlı Gezgin Robot Tasarımı ve İmalatı, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Kocaeli, 508-513, 21-23 Eylül 2010.
12. Özen, S., Yıldız, E., Uzun, T.; Bilgisayar Kontrollü Gezgin Robot Uygulaması, ELECO 2000, Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 325-330, 8-12 Kasım 2000.
13. Özdemir, Y.; Çizgi İzleyen Gezgin Bir Robotun İncelenmesi ve Gerçeklenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
14. Gürel, U.; Gezgin Robotlar için Seyrüsefer ve Kamera Takip Sistemi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006

15. Parlaktuna, O., Özkan, M., Yazıcı, A.; Kamera Yardımı İle Gezgin Robotun Çizgi Takibi Uygulaması, Yedinci Ulusal Mekatronik Tasarım ve Modellleme Kongresi, Ankara, 941-946, 30 Ağustos-1 Eylül 2004.
16. Çelik, O., Yiğiter, E., Sedef, H.; Kablosuz Ağ Tabanlı Gezgin Keşif Robotu: Kaşif, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi ve Fuarı, Ankara, 23-26 Aralık, 2009.
17. Tozan, A.; Otonom Mobil Robot, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007.
18. Faudzi, A. A. M., Ali M. H. K. M., Azman A., Ismail Z. H.; Real-time Hand Gestures System for Mobile Robots Control, Procedia Engineering 41, 798 – 804, 2012.
19. Karkoub, M., Her, M.-G., Huang, C.-C., Lin, C.-C., Lin, C.-H.; Design of A Wireless Remote Monitoring and Object Tracking Robot, Robotics and Autonomous Systems 60, 133–142, 2012.
20. Silalahi, U. A. P., Hedwig, R.; Web-Based Open Loop Remote Control Robot, Procedia Engineering 50, 52 – 58, 2012.
21. Victor, J. S.; Vision-based Remote Control of Cellular Robots, Robotics and Autonomous Systems 23, 221-234, 1998.
22. Kurfess, T. R.; Robotic and Automation Handbook, CRC Press LLC, New York, 2005.
23. Mandow, A., Martinez, J. L., Morales, J., Blanco, J.L., Alfonso, Garcia-Cerezo A., Gonzalez, J.; Experimental Kinematics For Wheeled Skid Steer Mobile Robot, Intelligent Robots and Systems, 1222 – 1227, 2007.
24. Kang, J., Kim, W., Jung, S., Lee, J., Yi, K.; Design, Implementation and Vehicle Test of Autonomous Driving Controller For a Skid Steering based 6 Wheel Vehicle, FISITA, 2010.
25. Kozłowski, K., Pazderski, D.; Modeling and Control of a 4-wheel Skid-Steering Mobile Robot, Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., Vol. 14, No. 4, 477–496, 2004.
26. Holland, J.; Designing Autonomous Mobile Robots, Elsevier, USA, 2004.
27. Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R.; Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT, Londra, İngiltere, 2004.
28. Golconda, S.; Steering Control for a Skid Steering Autonomous Ground Vehicle at Varying Speeds, Yüksek Lisans Tezi, University of Louisiana, Lafayette, 2005.
29. Fahimi, F.; Autonomous Robots Modeling, Path Planning and Control, Springer, Kanada, 2009.

30. Siciliano, B., Khatib, O.; Handbook of Robotics, Springer, USA, 2008.
31. Nortman, S. D.; Design, Construction And Control Of An Autonomous Humanoid Robot, Yüksek Lisans Tezi, University of Florida, 2002.
32. Ishigami, G., Miwa, A., Nagatani, K., Yoshida, K.; Terramechanics-based Model for Steering Maneuver of Planetary Exploration Rovers on Loose Soil, Journal of Field Robotics, Special Issue on Space Robotics, Part I Vol.24, Issue 3, 233–250, Mart 2007.
33. Shamah, B.; Experimental Comparison of Skid Steering Vs. Explicit Steering for a Wheeled Mobile Robot, Yüksek Lisans Tezi, Carnegie Mellon University, 1999.
34. Xie, M.; Fundamentals of Robotics Linking Perception to Action, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapur, 2003
35. Cable, R.; Microprocessor Design, Global Media, Delhi, 2009.
36. Reese, R. B.; Microprocessors From Assembly Language To C Using The PIC18FXX2, Da Vinci Engineering Press, Massachusetts, 2005.
37. Microchip, PIC18F2455/2550/4455/4550 Datasheet, 7-9, 2004.
38. Taşkaya, H. O., Özgür, D., Özyılmaz, L.; Bilgisayar Kontrollü Kameralı Robot Kolu Tasarımı, Otomasyon Elektrik Elektronik Makina ve Bilgisayar Dergisi, 142-145, Mart 2007.
39. Hangzhou Silan Microelectronics Joint-Stock Co. Ltd, Datasheet, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Nurdane MORTAŞ, 08.11.1983 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimi Süleyman Tarman İÖO ve Atatürk Anadolu Meslek Lisesi-Bilgisayar bölümünde tamamladı. Üniversite eğitimine 2003 yılında Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Bilgisayar Eğitimi bölümünde başladı. 2008 yılında Gazi Üniversitesinden mezun oldu. İngilizce, Almanca ve Portekizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres : Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

66100 YOZGAT

Telefon : (354) 242 10 42

Faks : (354) 242 10 44

E-posta : nurmortas@gmail.com