

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnternet Üzeri Robot Kontrolü

Yüksek Lisans Tezi

Aydın Melek

2001

744

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNTERNET ÜZERİNDEN ROBOT KONTROLÜ

Elektronik ve Hab. Müh. Aydın MELEK

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Oruç BİLGİÇ

İSTANBUL, 2001

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Yer No (DDC) : R 152
344 6

Kayıt No : 1175.....

Geldiği Yer : Fen Bilimleri Enst.
.....

Tarih : 26.02.2002
.....

Fiyat : 1.100.000 TL
.....

Fatura No : x
.....

Ayniyat No : 1/1
.....

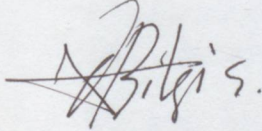
Ek : x
.....

x - 55

İNTERNET ÜZERİNDEN ROBOT KONTROLÜ

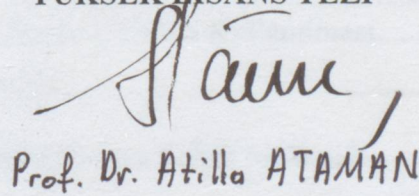
Elektronik ve Hab. Müh. Aydın MELEK

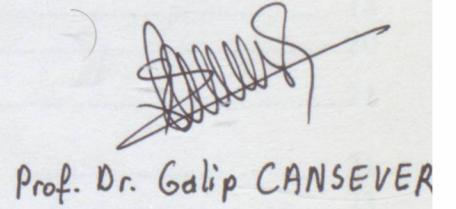
F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan



Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Prof. Dr. Atilla ATAMAN


Prof. Dr. Galip CANSEVER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Oruç BİLGİÇ

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Robotun Tanımı.....	2
1.2 Robotun Uzaktan İşletimi.....	3
1.3 İnternet Üzerinden Robot Kontrolü :.....	6
1.4 Araştırma Sonuçları.....	12
2. İNTERNET YOLUYLA KONTROL YÖNTEMLERİ.....	14
2.1 Sunucu tarafı yazılımlar (CGI) Kullanılması.....	14
2.1.1 Ortak Geçit Arayüzü CGI (Common Gateway Interface).....	14
2.1.2 CGI yazılımının veri alışı.....	15
2.1.3 CGI Yazılımının Çıktısı.....	17
2.1.3.1 Ayrıştırılmış Başlık (Parsed Header).....	17
2.1.3.2 CGI Çıktısını, Sunucuyu Atlayarak Gönderme.....	17
2.1.4 Windows CGI.....	18
2.2 Kullanıcı Tarafı Yazılım, JAVA Kullanılması.....	20
3. ROBOT MEKANİĞİ.....	21
3.1 Diferansiyel Sürürlü Gezgin Robot Mekaniği.....	21
3.2 Servo Motorlar.....	23
3.3 Robot Kol.....	24
3.3.1 Robot Kol Matematiği.....	25
4. GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMA.....	27
4.1 Birinci Uygulama: Gezgin Robot.....	27
4.1.1 Sistemin Mekanik Yapısı.....	27
4.1.2 Sistemin Donanımı.....	28
4.1.3 Sistemin Yazılımı.....	30
4.1.4 Sistemin Performansı Ve Karşılaşılan Problemler.....	34
4.2 Beş Eklemlili Robot Kol Sistemi.....	34
4.2.1 Sistemin Mekanik Yapısı.....	35

4.2.2	Sistemin Donanımı	36
4.2.3	Sistemin Yazılımı	38
4.2.3.1	Robot Kontrol Yazılımı	39
4.2.3.2	CGI Yazılımı	40
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
	KAYNAKLAR.....	45
	EKLER	47
	Ek 1 WEB Sayfasından CGI Yazılımına Veri Gönderme (FORM)	48
	Ek 2 CD4066 Entegresi katalog bilgisi	52
	Ek 3 2N3055 NPN tipi tranzistör katalog bilgisi	53
	ÖZGEÇMİŞ	55

SİMGE LİSTESİ

$\theta_{dönme}$	Diferansiyel sürürlü robotun dönme açısı
$r_{dönme}$	Diferansiyel sürürlü robotun dönme yarıçapı
L_g	Diferansiyel sürürlü robotun sürüş tekerlekleri arasındaki mesafe
IR	Infra Red (Kızıl Ötesi)
PC	Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genişliği Modülasyonu)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol (Ağ iletişim kumuları)

KISALTMA LİSTESİ

CGI	Common Gateway Interface (Ortak Geçit Arayüzü)	3
DC	Direct Current (Doğru Akım)	4
DOF	Degree Of Freedom (Serbest Dönme Eksenleri)	6
HTML	Hypertext Markup Language (İnternet Sayfası İşaret Dili)	7
IR	Infra Red (Kızıl Ötesi)	7
PC	Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)	8
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genişliği Modülasyonu)	9
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol (Ağ İletişim Kuralları)	10
Şekil 2.1	Kullanıcı arayüzü, ağ (web) sunucusu ve CGI programı arasındaki haberleşme	15
Şekil 3.1	Diferansiyel sürüşlü robotta dönme işlemi	21
Şekil 3.2	Üç servo motorun bir yapısı	22
Şekil 3.3	Servo motor blok diyagramı	24
Şekil 3.4	Servo motor kontrol tabiri	24
Şekil 3.5	Robot kol koordinat sistemleri	25
Şekil 4.1	Gezgin robot sisteminin genel yapısı	27
Şekil 4.2	Gezgin robotun mekanik yapısı	28
Şekil 4.3	Tasarlanan gezgin robot sisteminin durumu	28
Şekil 4.4	Motor sürücü devresi	29
Şekil 4.5	Robot kontrol arayüzü	32
Şekil 4.6	Gezgin robot kontrol programı akış diyagramı	32
Şekil 4.7	Robot kol mekanizması	34
Şekil 4.8	Robot kolun mekanik yapısı ve resmi	34
Şekil 4.9	Tasarlanan üçüncü robot sisteminin durum diyagramı	36
Şekil 4.10	Servo kontrol kartı blok diyagramı	37
Şekil 4.11	Servo kontrol kartı	37
Şekil 4.12	Robot kontrol programının internetten kullanılması arayüzü	41
Şekil EK 1.1	HTML form örneği kullanılarak arayüzü	50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Klasik yapıdaki uzaktan işletim sistemi.....	3
Şekil 1.2 Gelişmiş yapıdaki uzaktan işletim sistemi.....	4
Şekil 1.3 İnternet üzerinden robot kontrolü sistemi.....	6
Şekil 1.4 Avusturalya'da yapılan telerobot uygulaması.....	7
Şekil 1.5 Xavier Robotu.....	7
Şekil 1.6 Alice robotu.....	8
Şekil 1.7 Gölge sunucusu isimli minimalist robot çalışması.....	9
Şekil 1.8 The Pumapaint Project kullanıcı arayüzü.....	10
Şekil 2.1 Kullanıcı tarayıcısı, ağ (web) sunucusu ve CGI programı arasındaki haberleşme ...	15
Şekil 3.1 Diferansiyel sürürlü robotta dönme işlemi.....	21
Şekil 3.2 Bir servo motorun iç yapısı.....	23
Şekil 3.3 Servo motor blok diyagramı.....	24
Şekil 3.4 Servo motor kontrol işareti.....	24
Şekil 3.5 Robot kol koordinat sistemleri.....	25
Şekil 4.1 Gezgin robot sisteminin genel yapısı.....	27
Şekil 4.2 Gezgin robotun mekanik yapısı.....	28
Şekil 4.3 Tasarlanan gezgin robot sistemin donanımı.....	28
Şekil 4.4 Motor sürücü devresi.....	29
Şekil 4.5 Robot kontrol sayfası.....	32
Şekil 4.6 Gezgin robot kontrol programı akış diyagramı.....	33
Şekil 4.7 Robot kol sistemi.....	35
Şekil 4.8 Robot kolun mekanik yapısı ve resmi.....	35
Şekil 4.9 Tasarlanan ikinci robot sistemine dair donanım diyagramı.....	36
Şekil 4.10 Servo kontrol kartı blok diyagramı.....	37
Şekil 4.11 Servo kontrol komutu.....	37
Şekil 4.13 Robot kontrol programın internetteki kullanıcı arayüzü.....	41
Şekil Ek 1.1 HTML form örneği kullanıcı arayüzü.....	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 CGI ortam değişkenleri	16
Çizelge 2.2 CGI 1.1 sürümü sunucu komutları	17
Çizelge 2.3 HTTP cevap başlığı değişkenleri	18
Çizelge 2.4 HTTP cevap başlığı değişkenleri	19
Çizelge 3.1 Diferansiyel sürürlü robotun başlıca dönme merkezleri.....	23
Çizelge 4.1 Motor sürücü devrenin kontrol girişleri	30
Çizelge 4.2 Web sunucusu ayarları	31
Çizelge 4.3 Robot kolun mekanik özellikleri.....	36
Çizelge 4.4 Servo kontrol kartının özellikleri	37
Çizelge 4.5 robot kol sistemindeki yazılımların görevleri	38
Çizelge Ek1.1 Form yapısı	48
Çizelge Ek1.2 Form örneği	50

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında basit robot sistemlerinin internete bağlı herhangi bir kullanıcı tarafından kontrol edilebilmesi için kullanılacak yöntemler sunulmuş ve bu yöntemlerle iki ayrı robot için uygulama yapılmıştır. Uygulama olarak olabildiğince temel ve anlaşılır sitemler tasarlanmış olup, kısıtlı çalışma koşullarına rağmen performansları dikkatlice sınanmış ve muhtemel sorunlar üzerine çözüm önerileri getirilmiştir.

Tezi hazırlarken yaptığım çalışmalar sırasında bana güvenini hiç yitirmeyerek destek olan sayın tez danışmanım Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ'e, tezin yazımı aşamasında değerli tavsiyeleriyle yardımcı olan Barış ÇALDAĞ'a; araştırma görevliliğim sırasında desteklerini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Ertuğrul ERİŞ'e ve çalışma arkadaşlarım Seçil ÖZEN'e ve Ekin YILDIZ'a teşekkür eder, daima yanımda olup bana büyük manevi destek olan değerli kız arkadaşım Aysin KİREMİTÇİ'ye minnetlerimi sunarım.

İlk bölümde robotlar ve internet kavramları hakkında genel bilgiler yer almaktadır. İnternet üzerinden robot kontrolüne yönelik olarak diğer üniversitelerde bulunan laboratuvarlar yapılan benzer çalışmalar hakkında bilgi vermektedir. İkinci bölümde internet üzerinden kontrol yöntemleri anlatılmakta, robot kontrolüne yönelik olarak yapılacak uygulamalar, üçüncü bölümde tez kapsamında yapılan çalışmanın detayları anlatılmakta, kullanılan robotların mekanik yapıları ve motorları ve diğer donanımları anlatılmaktadır. Daha sonra, yapılan bütün çalışmalar ve gerçekleştirilen ilk etapta elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Tasarlanan devrelerin simülasyonları ve gerçek ortamda gerçekleştirilen deney sonuçları verilmektedir. Son bölüm sonuçlar ve öneriler kısmında çalışmanın sonuçları ve öneriler yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Robot, İnternet, Kontrol, Uygulama.

ÖZET

İnternet artık günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Bilgiye erişme ve haberleşme amaçlı, çok ucuz bir seçenek olarak büyük bir hızla da büyümeye devam etmektedir. Bu koşullar altında, yapılan çalışmalar da internete yönelik veya internet uyumlu olmak zorunda kalmıştır. Robotik çalışmalarında ise 1994 yılından beri internet üzerinden kontrol uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de benzer uygulamaların yapılmasına öncülük etmek amacıyla yapılan bu tez çalışmasında, uygulamalı olarak internet üzerinden robot kontrolü yöntemleri incelenmiştir. Dünyanın herhangi bir köşesinde internete bağlı bir kullanıcının robotun bağlı olduğu sisteme dahil olarak komutlar göndermesi sağlanmıştır. Fakat ne yazık ki, uygulamaların yapıldığı Yıldız Teknik Üniversitesi'nde bilgi işlem sisteminde kurulu olan güvenlik yazılımları nedeniyle tasarlanan robot sistemleri sadece kampüs içi erişilebilir olarak çalıştırılabilmektedir. Buna rağmen sistemin çalışması pek çok şekilde sınanarak geliştirilmiştir.

İlk bölümde robotlar ve uzaktan işletim konularında genel bilgiler yer almaktadır. İnternet üzerinden robot kontrolünün avantajları açıklanmış, diğer üniversitelerde bugüne kadar yapılan benzer çalışmalardan örnekler verilmiştir. Sonraki bölümde internet üzerinden kontrol yöntemleri anlatılmış, tezde kullanılan CGI yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Üçüncü bölümde tez kapsamında yapılan çalışmalarda kullanılan robotların mekanik yapılarının ayrıntıları ve matematiksel denklemleri verilmiştir. Daha sonra, yapılan bütün çalışmalar ve gerçekleştirilen iki ayrı internet üzerinden robot kontrolü uygulaması açıklanmıştır. Tasarlanan devrelerin şemaları ve gerçekleştirilen yazılımlara dair akış şemaları verilmiştir. Son bölüm sonuçlar ve önerilerin derlenmesinden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Robot, kontrol, internet, uzaktan işletim.

ABSTRACT

Internet has been a part of our daily life. It becomes an inexpensive option to communicate and access the information. In this situation, works has been done, has to be related with Internet. In robotics, control applications via internet has been realized since 1994. In this thesis, robot control methods via internet is investigated by two robot applications. A user connected to internet, can be able to send commands to control a robot anywhere in the world.

The first chapter is an introduction to robots and teleoperated systems. Advantages of teleoperation of a robot via internet and samples to similar applications developed at different universities are given. Following chapter gives methods to robot control through the web, especially using CGI. Third chapter describes mechanical hardware and mathematical equations of designed robots. Next chapter focuses on interface design, hardware and experience of both realized robot systems. Flowcharts of developed softwares are also given in this section. Last chapter is the summary of the work and future studies on this project.

Keywords: Robot, control, internet, teleoperation.

1. GİRİŞ

Ansiklopedilerde robot kelimesi, "insanın yapacağı işleri yapan otomatik kontrollü makine" olarak geçmektedir¹. Çek yazar Karel Capek tarafından 1920 yılında yazılmış olan ve insandan daha becerikli ve güvenilir makine adamların, yani robotların anlatıldığı "Rossum'un evrensel köleleri " (Rossum's Universal Robots) isimli oyunu bu kelimenin tüm dünyada duyulmasını sağlamıştır. Robot kelimesi Çek dilindeki "robota", yani zorunlu işçi kelimesinden gelmekte olup, sonraları pek çok bilimkurgu yazarının bu kelimeyi benimseyerek kullanmasıyla iyice yayılmıştır. Bilimkurgu yazarları, bir dönem boyunca robotları, insanların varlığını tehdit eden "hain" uşaklar olarak canlandırmışlardır. Daha sonra ünlü bilimkurgu yazarları Isaac Asimov ve John W. Campbell, robot kanunlarını belirleyerek yazdıkları roman ve hikayelerde kullanmışlar (Asimov, 1968), (Asimov, 1983); robotların yardımcı ve hatta dost olabileceklerine örnekler vermişlerdir. Akıllı robotların insanlara zarar vermemeleri ve kötü amaçlarla kullanılmamaları için gerekli kurallar şunlardır:

1. Bir robot, kesinlikle bir insana zarar vermez veya hareketsiz kalarak bir insanın zarar görmesine müsaade etmez.
2. İlk kural ile çelişmediği sürece, bir robot kendisine verilen emirleri yerine getirmekle yükümlüdür.
3. Bir robot kendi varlığını ilk iki kuralla çelişmediği sürece korumak zorundadır.

Bu kurallar, günümüz robotları için fazlasıyla karmaşık görünmektedir. Örneğin bir robotun, birinci kural çerçevesinde kimin insan olduğunu algılayabilmesi gereklidir. Diğer yandan artık sözle verilen komutları yerine getiren oyuncaklardan, duygularını ifade eden bir surata sahip robota ve satranç oyununda dünya şampiyonuyla (şimdilik) berabere kalan süper bilgisayarlar kadar gerçekleşen gelişmeler, bu kuralların geçerli olacağı robotların çok uzakta olmadığını göstermektedir.

Robotların zekasının yanında fiziksel özellikleri ve becerileri de bilimkurgu romanlarında günümüzdekinden çok farklı biçimlerde olabilmektedir. Yazarlar gelecekte robotların yarı insan olup (android) çok uzun süreler yaşayabileceklerini hayal etmişlerdir. Bir robotun, insan ergonomisine göre biçimlendirilmiş bir dünyada insana benzemesi bir zorunluluktur. Merdiven çıkmak zorunda kalan bir robot insan benzeri bacaklara, kapıyı açmak için en

¹<http://www.britannica.com>

azından bir ele veya direksiyonu çevirebilmek için kollara, vb. özelliklere sahip olması gerekir. Bununla birlikte günümüz robotları çoğunlukla ya sabittir ya da tekerleklere sahiptir. İki bacaklı veya parmaklara sahip robotlar şimdilik sadece araştırma laboratuvarlarında bulunmaktadır¹. Fakat bu tip robotların da yakın bir zamanda günlük hayatımıza gireceğini tahmin etmek zor değildir.

1.1 Robotun Tanımı

Tarihteki ilk robotlar, saat ustalarının el emeği ile oluşturulan ve önceleri su ile, sonraları sarkaçlarla çalışan saatlerdir. 20.yy'ın ilk yarısında, sanayi toplumuna geçiş sürecinde otomasyon sistemlerinin kullanılmaya başlamasıyla birlikte bugünkü robotların ataları günlük hayatımıza girmiştir. O yıllarda robot, programlanabilir makine olarak tanımlanmaktaydı. Sonradan robot tanımı şu şekilde ifade edilmiştir: Robot, değişik hareketlerden oluşan farklı işleri yapabilmek için tekrar programlanabilen ve cisimleri taşımak veya yönlendirmek için kullanılan çok fonksiyonlu bir cihazdır (Scott, 1984). Bu tanımlar doğrultusunda bir robotun özellikleri aşağıdaki başlıklarda toplanabilir (Clarke, 1993):

1. **Programlanabilirlik;** robotun istenen şekilde hareket etmesi için sıralı komutlar şeklinde programlanabilmesi (bilgisayar özelliği)
2. **Mekanik özellik;** robotun bir sayısal işlemciden farklı olarak çevresini etkileyebilmesi (makine özelliği)
3. **Esneklik;** robotun programlanarak cisimleri çeşitli şekillerde hareket ettirebilme yeteneği.

Kısaca robot, bilgisayar özelliklerine sahip bir makine veya gelişmiş giriş/çıkış birimleri olan bir bilgisayar olarak özetlenebilir.

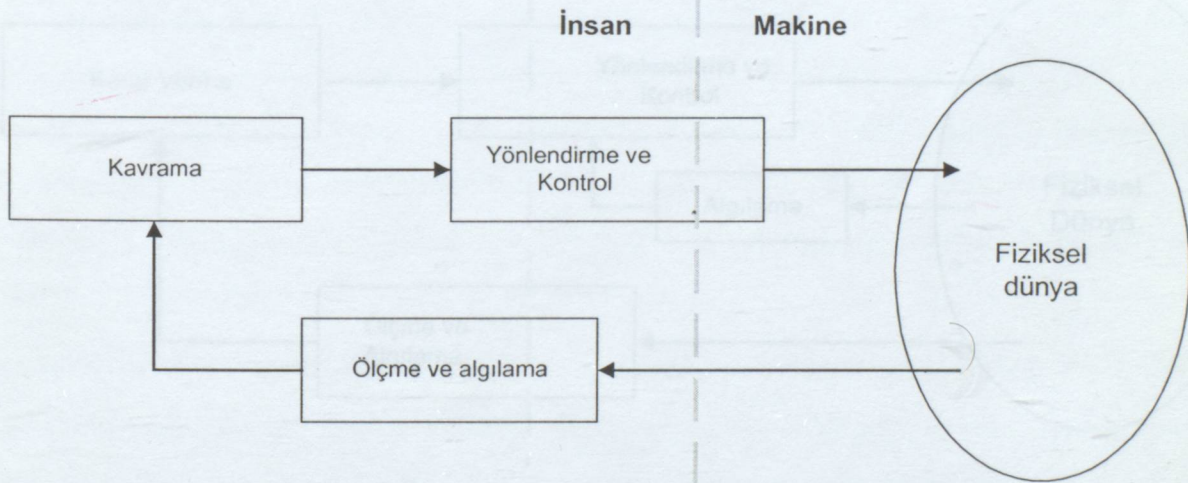
Fabrikalardaki otomasyon sistemlerinde kullanılan robotik kollar genellikle sadece önceden programlanmış hareketleri yapmaktadırlar. Bu tür robotların dış ortamdan algılayabildikleri, üretim bandında sıradaki parçanın gelip gelmediği veya sürecekleri boyanın veya monte edecekleri elemanın bitmiş olmasıyla sınırlıdır. Endüstriyel robotların çoğunluğu sabit bir noktaya monte edilmişlerdir. Son zamanlarda, bilgisayarların hızlanması ve görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesiyle, ürün çeşidini tanıyarak gerekli montajı yapma veya defolu ürünlerin tanınması işlerinde de robotlar kullanılmaya başlanmıştır. Gezgin (mobil) robotlar

¹<http://www.honda.co.jp/robot/about/>

geniş kullanım alanları nedeniyle talep edilmekte, fakat bu tür robotların güç kaynaklarını yanlarında taşıması nedeniyle çalışma süreleri sınırlı olmaktadır. Bacaklı robotlar yüksek güç tüketimi nedeniyle tercih edilmezken, tekerlekli robotlar ise, zemin eğiminin belli limitler dahilinde olduğu mekanlarda çalışabilmektedirler. Askeri ve uzay araştırmaları amacıyla üretilen robotlar ise, çok yüksek maliyetleri nedeniyle kısıtlı bir kullanım alanına sahiptirler. Yerde ilerleyen bir robotun bozulması durumunda durması söz konusu iken, uçabilen bir robotun yere düşerek kendine veya çevresine zarar verme ihtimali yüksektir. Gezgin robotların yeni gittikleri yerde karşılaştıkları durumlar karşısında kendi kararlarını kendileri vermeleri, yani otonom olmaları gereklidir. Gezgin robotların otonom olmayıp, uzaktaki bir insan tarafından yönetilenlerine uzaktan işletilen (teleoperated) robot denir.

1.2 Robotun Uzaktan İşletimi

Uzaktan işletilen robotlar, özellikle radyasyon tehlikesi taşıyan santraller, çok derin deniz dipleri, aktif yanardağ çevresi veya uzay ortamı gibi insan yaşamı için uygun olmayan koşullardaki bölgelerde tercih edilirler. Bu tip robotlar, çevreye ait bilgileri kullanıcıya aktarır, onun verdiği tepkileri de harekete dönüştürürler.

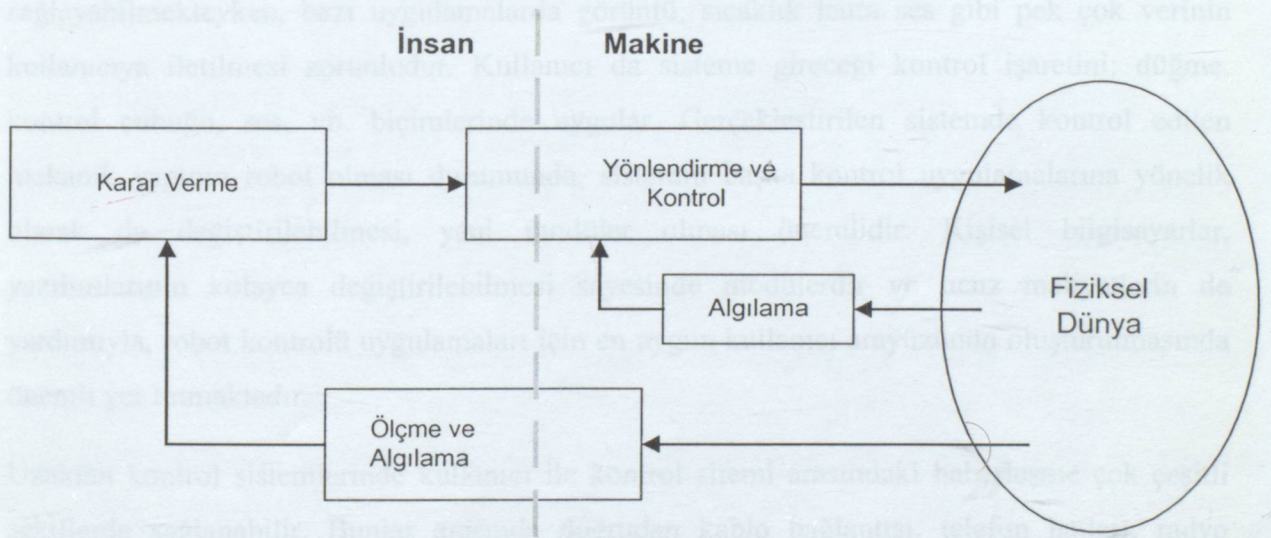


Şekil 1.1 Klasik yapıdaki uzaktan işletim sistemi

Şekil 1.1'de klasik yapıdaki bir kontrol sistemi gösterilmiştir. Bu sistemde uzaktaki robot sisteminde algılanan ortam özellikleri (robot konumu, sıcaklık, hız, vb), herhangi bir işlemden geçirilmeden uzaktaki kullanıcı birimine yani insana ulaştırılır. Verileri yorumlama ve karar verme işleri insan tarafından yapılmaktadır. İnsan, yapılması gerekene karar verdikten sonra hareket bilgilerini girer (tuş takımı, oyun çubuğu, pedal vb) ve bu bilgiler robot sistemine

ulaştırılır. Böylece kapalı çevrim kontrol gerçekleşmiş olur. Fakat bu yöntem, uzay araştırmaları gibi yavaş ve tekdüze uygulamalarda işlevsel olmamaktadır.

Uzaktan işletim sisteminin, monoton ve basit işlerin robot sistemi içinde otomatik olarak yapılmasını sağlayacak şekilde geliştirilmesi sonucu Şekil 1.2'de gösterilen yapı ortaya çıkmaktadır. Robot, fiziksel dünyadan gelen bilgilere göre kendini yönlendirecek, insanın zekasına sadece görevin genel hedefinin belirlenmesinde veya alışılmadık durumlarda ihtiyaç duyacaktır. Özellikle insan ve yönetilen robot arasındaki bilgilerin iletilmesinde düşük band genişliği veya mesafe fazlalığı gibi nedenlerle güçlükler ve gecikmeler olması durumlarında bu sistemin önemli dezavantajlarından biri ortaya çıkmaktadır. Geleneksel yapıda, fiziksel ortamla ilgili tüm bilgilerin kullanıcıya iletilmesi gerekmektedir. Verilerin karşılıklı olarak iletilmesinde meydana gelebilecek gecikmeler, sistemin kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Robot sisteminin ani olarak karşılaştığı bir durumun kullanıcıya iletilip, onun tepkisinin de robot sistemine ulaştırılması, özellikle uzay çalışmaları gibi uygulamalarda çok tehlikeli sonuçlar verebilecek gecikmelere neden olabilmektedir.



Şekil 1.2 Gelişmiş yapıdaki uzaktan işletim sistemi

Kullanıcı ile kontrol edilen robot sistemi arasındaki iletişimin gerçek zamanlı yapılamaması nedeniyle oluşacak sorunların çözümü, kendi kendine karar verebilme özelliğine sahip bir robot tasarımından (otonom robot) geçmektedir. Robotlar, otonomluk derecelerine göre sınıflandırıldığında aşağıdaki dizilim ortaya çıkmaktadır (Sheridan, 1984).

1. Bilgisayar desteksiz, doğrudan kontrol;
2. Bilgisayar ile az destekli doğrudan kontrol;

3. Kontrolün çoğunluğunun insan tarafından yapıldığı kontrol;
4. Kontrolün çoğunluğunun bilgisayar tarafından yapıldığı kullanıcı destekli kontrol;
5. Kullanıcının sadece gözlem yaptığı tam otomatik kontrol.

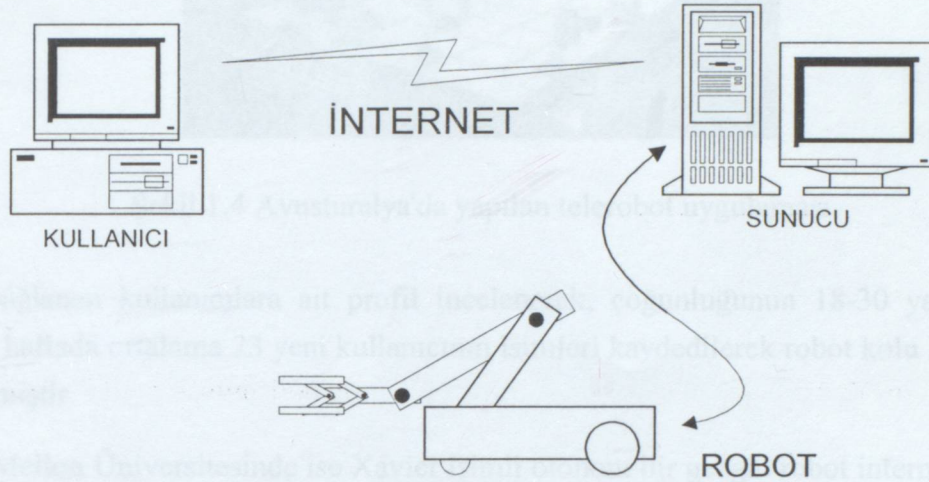
Geleneksel yapıdaki uzaktan kontrol sistemi en zayıf otonom robotlar sınıfını oluşturmaktadır. Gelişmiş yapıdaki uzaktan kontrol, ikinci ile üçüncü seviyelerde yer almaktadır. Birkaç üniversitede dördüncü ile beşinci seviye arasına kadar yükselmiş, kendi kendine karar verebilen robotlar geliştirilmiştir.

Uzaktan kontrol sistemlerinde, kullanıcı arayüzü sistemin yapacağı işe göre değişmektedir. Sistemin arzulanan işi doğru yapabilmesi için ortam bilgilerinin kullanıcıya iletilmesi, buna karşılık, kontrol sisteminin de uygun girişleri kullanıcıdan alması gereklidir. Bütün bunları kullanıcı tarafında sağlayan yapı, kullanıcı arayüzüdür. Belirli bir uygulama için sadece birkaç değişkeni gözlemlemek kullanıcıya, robotun bulunduğu ortamla ilgili yeterli bilgi sağlayabilmekteyken, bazı uygulamalarda görüntü, sıcaklık hatta ses gibi pek çok verinin kullanıcıya iletilmesi zorunludur. Kullanıcı da sisteme gireceği kontrol işaretini; düğme, kontrol çubuğu, ses, vb. biçimlerinde uygular. Gerçekleştirilen sistemde kontrol edilen mekanik yapının robot olması durumunda, sistemin başka kontrol uygulamalarına yönelik olarak da değiştirilebilmesi, yani modüler olması önemlidir. Kişisel bilgisayarlar, yazılımlarının kolayca değiştirilebilmesi sayesinde modülerdir ve ucuz maliyetlerin de yardımıyla, robot kontrolü uygulamaları için en uygun kullanıcı arayüzünün oluşturulmasında önemli yer tutmaktadır.

Uzaktan kontrol sistemlerinde kullanıcı ile kontrol sistemi arasındaki haberleşme çok çeşitli şekillerde sağlanabilir. Bunlar arasında doğrudan kablo bağlantısı, telefon hatları, radyo dalgaları, kızıl ötesi alıcı ve vericiler sayılabilir. Haberleşmede, farklı yöntemlerin de bir arada kullanılması mümkündür. Yapılacak kontrole özgün haberleşme biçiminin seçilmesi nedeniyle kontrol sistemin geliştirilmesi veya değiştirilmesi durumunda band genişliği bakımından yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca, telefon hatları gibi kullanım süresine ve bağlantı kurulan noktalar arası mesafeye göre ücret ödenen sistemlerde kullanıcı ile kontrol sistemi arasındaki mesafenin arttırılması, işletim maliyetlerini arttırmaktadır. Buna karşılık ucuz, etki alanı geniş, yüksek hızlı ve gürültü dayanıklılığı yüksek bir haberleşme ortamı olan internet çok cazip bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, robotun uzaktan işletimi çalışması yapılması halinde bu kontrolün internet üzerinden yapılması ve kullanıcı arayüzünün de internet arayüzlerinin temeli olan HTML ile yapılması tercih edilmelidir.

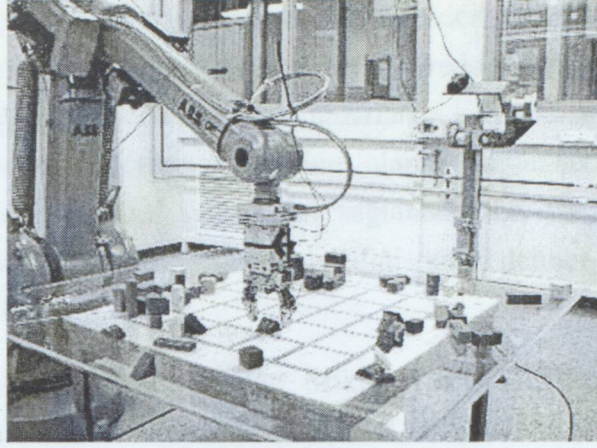
1.3 İnternet Üzerinden Robot Kontrolü :



Şekil 1.3 İnternet üzerinden robot kontrolü sistemi

İnternet üzerinden robot kontrolü için gerekli sistemin genel yapısı Şekil 1.3 de gösterilmiştir. İnternete bağlı kullanıcılar, robot sistemine HTTP protokolü ile bağlanırlar ve web sayfaları yardımıyla çeşitli komutlar vererek robotu hareket ettirirler. İnternet üzerinden robot kontrolü uygulamaları 1994 yılından beri çeşitli üniversitelerde yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir:

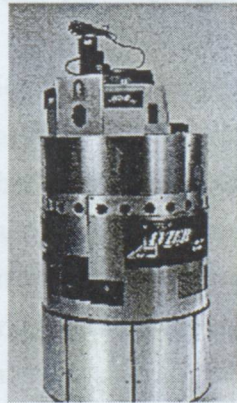
İnternet üzerinden ilk robot kontrolü uygulaması Avustralya Ulusal Üniversitesi'nde (Australia National University) gerçekleştirilmiştir (Taylor, Dalton 1997). Bu çalışmada CGI programları yoluyla, internet üzerinden kontrol edilebilen bir robot kol ve bu kolun bulunduğu ortamdan kullanıcıya görüntü gönderen üç adet kameradan oluşan bir sistem kurulmuştur. İnternet kullanıcıları, SCARA modeli endüstriyel robot kolun erişebildiği hacim içinde bulunan prizmalarla çeşitli yapılar inşa edebilmektedirler(Şekil 1.4). Windows işletim sistemi olan bir PC ve kamera ile görüntü yakalama, robot kontrolü ve web sunucusu işlevleri gerçekleştirilmiştir (Taylor, Trevelyan, 1995). İşletim sisteminin kararsızlığı ve eşzamanlı çalışma (multitasking) özelliğinin zayıf olması nedeniyle projenin geliştirilmesi aşamasında güçlükler yaşanmıştır. Robot kontrol programı CGI yazılımı olarak oluşturulmuş ve robot kol ile olan haberleşme seri RS232 kablosu ile sağlanmıştır. Kamera görüntüleri kullanıcıya gönderilirken .GIF sıkıştırması kullanılmıştır. Farklı kullanıcılardan gelen eşzamanlı kontrol isteklerinin problemlere neden olmaması için, robotu sadece bir kullanıcının kontrol edebileceği, diğer kullanıcıların ise robotu sadece izleyebileceği bir şekilde sistem yenilenmiştir.



Şekil 1.4 Avusturalya'da yapılan telerobot uygulaması

Sisteme bağlanan kullanıcılara ait profil incelenerek, çoğunluğunun 18-30 yaş aralığında olduğu ve haftada ortalama 23 yeni kullanıcının isimleri kaydedilerek robot kolu kullandıkları tespit edilmiştir.

Carnegie Mellon Üniversitesinde ise Xavier isimli otonom bir gezgin robot internet üzerinden kontrol edilebilir şekilde getirilmiştir (Simmons, 1997). Xavier robotu, onüçden fazla öğretim üyesi ve doktora öğrencisinin, robot navigasyonuna yönelik çalışmalarını yoğunlaştırdıkları, NASA tarafından desteklenen ve 1994'ten bu yana süren bir projede geliştirilmiştir (Şekil 1.5). Robot, 24 adet sonar mesafe ölçücüye, lazer uzaklık algılayıcısı devresine, hareketli bir kafa üzerinde video kamera, hoparlöre ve ses metin dönüştürme kitine, merkezi işlem birimi olarak da iki adet Pentium işlemcili bilgisayara sahiptir (Haigh, Veloso, 1997).

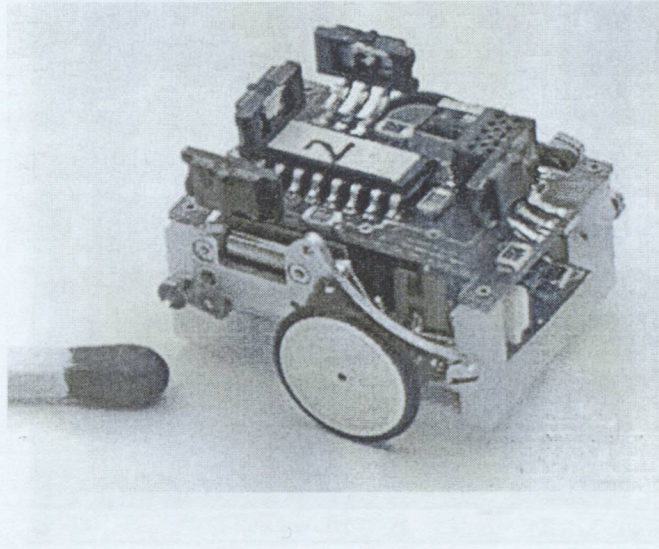


Şekil 1.5 Xavier Robotu

Xavier robotu, internet üzerinden gönderilen komutlar doğrultusunda bölüm katında dolaşabilmekte ve ziyaret ettiği yerlerin fotoğraflarını komutu gönderen kullanıcıya göndermektedir. Robot, internette erişilebilir olarak 3 yıl boyunca toplam 340 saat çalışmış ve bu sürede verilen 30.000 komut uyarınca 210 km mesafe kat etmiştir. Robotun navigasyon (gezinim) sitemini oluşturan katmanlar sırasıyla şunlardır: Servo kontrol katı, engellerden

sakınma, yönlendirme, ve optimum yol bulma katı. Xavier, bu gelişmiş navigasyon sistemi sayesinde hareketli insanların da bulunduğu bir çevrede ortalama 45cm/sn'lik bir hıza erişebilmektedir. İnternet üzerinden erişim için hazırlanan kullanıcı arayüzü, robotun kullanıcı tarafından belirlenen sabit noktalara gitmesine olanak sağlamaktadır. Robot sisteminin internet üzerinden kontrolünü CGI yazılımları sağlamaktadır. Projenin en son safhasında robota insanlarla birlikte asansöre binerek istediği kata gelince inmesini sağlayan bir algoritma oluşturulmuştur.

İnternet üzerinden kontrol uygulaması olan Mikro robot ALICE, 2 adet saat motoruyla hareket eden, 2x2x2 cm boyutlarında bir robot olup, 4 adet uzaklık algılayıcısına, IR ve radyo haberleşme birimlerine sahiptir(Caprari, 1998) (Şekil 1.6).

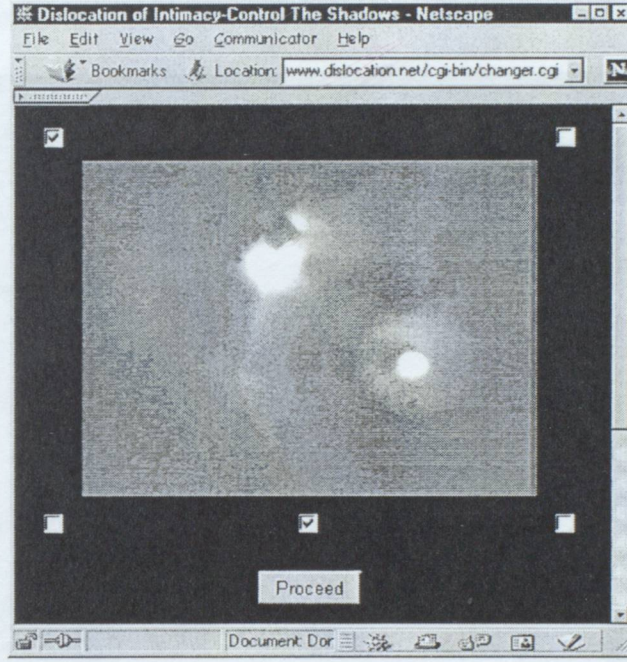


Şekil 1.6 Alice robotu

Güç tüketimi 10 mW'dan az olan Alice Robotu, bu sayede üzerindeki üç adet saat pili ile on saat süresince otonom bir şekilde hareket edebilmektedir. IR haberleşme birimi, robotun yakınındaki aynı model robotlarla haberleşebilmesi için de kullanılmaktadır. Robotun hareket stratejisi, engellerden sakınma, duvar takibi, koridor geçişleri ve diğer robotların algılanmasından oluşmaktadır. İnternet üzerinden kontrol uygulaması olarak, birden fazla robotun 1 m² alana sahip karmaşık bir 3 boyutlu labirent üzerinde farklı kullanıcılar tarafından kontrol süreci gerçekleştirilmiştir. İnternet sitesine bağlanan kullanıcı, ortamda halihazırda serbest bulunan robota kumanda etme hakkına sahip olmaktadır. Sistemde diğer robotları kontrol eden şahıslarla yazılı olarak haberleşilmesi ve labirentin renkli resimlerinden faydalanılması suretiyle birkaç robotun birlikte yapabileceği zor işlerin gerçekleştirilmesi de mümkün olmaktadır.

Gölge Sunucusu (Shadow Server) isimli bir başka uygulama, internetten erişilerek kontrol edilebilen en basit robotlara bir örnek teşkil etmektedir. Robot, kapalı bir kutu içindeki renkli bir perde çevresinde dizilmiş beş adet lambadan ibarettir (Farzin, 1999). İnternet yoluyla

sisteme bağlanan kullanıcılar, herhangi bir fiziksel hareket yerine sadece bu lambaların istediklerini yakıp söndürme olanağına sahiptirler. Kullanıcı talebine göre lambaların yakılmasının ardından, kutu içindeki görünümün kamera ile fotoğrafı çekilmekte ve elde edilen resim web sayfası üzerinde gösterilmektedir. Gölge sunucusu isimli çalışmanın kullanıcı arayüzü Şekil 1.7'da gösterilmiştir. Beş adet lambaya sahip bulunan sistemde 32 farklı durum kombinasyonu söz konusudur. Böylece sistemin tüm işlevi, önceden kayıtlı 32 resim dosyasını isteğe uygun olarak kullanıcıya gönderen bir web sunucusunun yaptığı işle aynı olmaktadır.



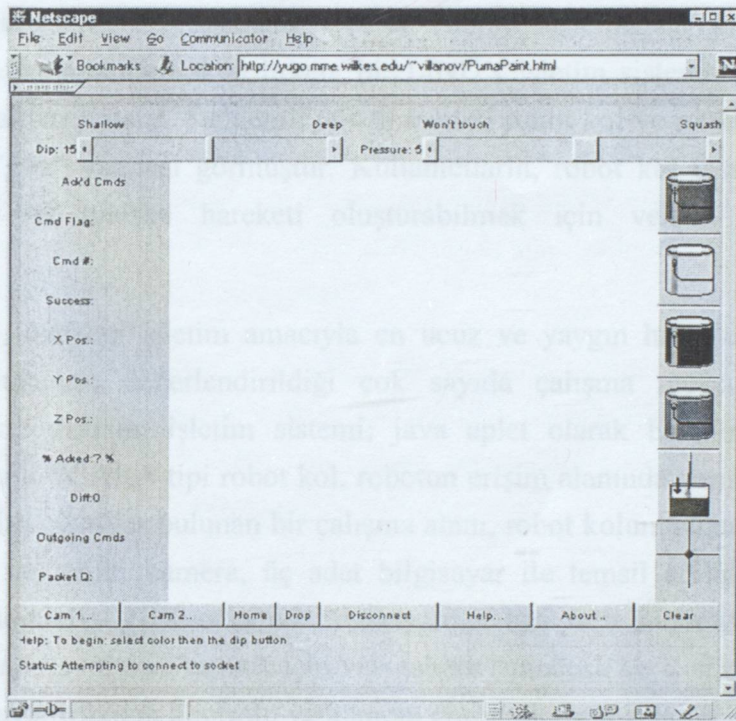
Şekil 1.7 Gölge sunucusu isimli minimalist robot çalışması

Yapılan uygulamada, biri web sunucusu görevini gerçekleştirmek ve CGI yazılımlarını çalıştırmak, diğeri de lambaları kontrol ederek kameradan alınan görüntüyü kat etmek için olmak üzere UNIX işletim sistemine sahip iki adet kişisel bilgisayar kullanılmıştır. Bu sistemin kullanıcıların erişimine açık olduğu bir yıl boyunca 30 bin kişi tarafından, toplam 350 bin adet komut sisteme göndermiştir.

İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsünde gerçekleştirilen internet üzerinden robot kontrolü çalışmasında, iki motorlu, 8 IR uzaklık algılayıcılı ve renkli kameralı bir gezgin robot internet kullanıcılarının kontrolüne sunulmuştur (Saucy, Mondada, 1998). Robotu ve robotun içinde bulunduğu özel labirenti gören bir kamera da sisteme dahildir. web sunucusu işlevi, CGI komutların çalıştırılması, kameraların kontrolü ve görüntülerin sayısallaştırılması görevlerini Win95 işletim sistemine sahip tek bir kişisel bilgisayar üstlenmiştir. Bir yıl boyunca robot sunucusuna erişen toplam 27 bin ziyaretçiye ait istatistikler de ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma sonunda, internet kullanıcılarının yüksek gezinme hızlarına eleştiride bulunmuş ve

Win95 işletim sisteminin internet uygulamaları için performansının düşüklüğü vurgulanmıştır.

Puma Boyama Projesi, internet kullanıcılarının gerçek kağıt üzerine, boyalarla resim yapmalarına olanak veren bir uygulamadır (Stein,1998). Sistemin donanımı, web sunucusu olarak Sparc20 Workstation'dan, 1 adet Sun 4/110 Workstation'dan (robot yönlendirici olarak), iki adet renkli kameradan, 180 cm yüksekliğe erişebilen ve 11 Kg'ye kadar ağırlık kaldıracak olan Puma 750 tipi endüstriyel robot koldan, dört boya kabı ve fırçadan ve kağıt tuvalden oluşmaktadır. Java ile geliştirilmiş olan kullanıcı arayüzünde, sanal tuval, farklı renkte boyalar, fırça ayar düğmeleri ve robot sisteminin kamera görüntüsü bulunmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 The Pumapaint Project kullanıcı arayüzü

Kullanıcı, bu arayüz sayesinde fare ile sanal fırçayı tuval üzerinde hareket ettirerek resim çizmekte ve bu hareket bilgileri sunucu bilgisayara, dolayısıyla da robot sistemine iletilmektedir. Puma 760 tipi robot kol, aynı hareketi gerçekleştirirken, üzerine bağlanmış olan fırça ile tuval üzerinde kullanıcının istediği çizgileri oluşturmaktadır. Kullanıcının robotun hareketlerinin yavaşlığından etkilenmemesi amacıyla, robotun yapacağı hareketleri düzenleyen bir görev kuyruğu yapısı oluşturulmuştur. Kullanıcı tarafından verilen komutlar söz konusu yapı içinde, daha önce verilen komutların tamamlanmasını beklemektedir. Puma boyama projesine ait siteyi ziyaret eden kullanıcıların çoğunluğunun birkaç basit fırça darbesinin ardından siteyi terk ettiği, az sayıda kullanıcının ise emek isteyen ayrıntılı grafikler çizdiği ve yazı yazdığı gözlemlenmiştir.

Başka bir çalışmada, dağıtılmış bir kullanıcı grubu tarafından yönlendirilen robot kol tasarımı

gerçekleştirilmiştir (Goldberg, 2000). Robot kolun hareket vektörünün doğrultu ve büyüklüğü, internet üzerinden bağlanan kullanıcıların verdikleri komutların bileşkesini temsil eden bir hareket vektörü vasıtasıyla hesaplanmaktadır. Sistemde her kullanıcının eşit etkisi olmaktadır ve en fazla 30 kullanıcı aynı anda komut verebilmektedir. Konuyla ilgili ortaya çıkabilecek çeşitli ihtiyaçlara yanıt verilmesi amacı, araştırmacıları bu tip bir çalışmayı gerçekleştirmeye itmiştir. Örneğin uzay veya sualtı çalışmaları gibi çok sayıda farklı etken içeren ortamlarda, robotu yönetirken dikkat edilecek noktalar da bir kişinin tek başına üstesinden gelebileceğinden fazla olmaktadır. Bu durumda robotun çok sayıda kontrolörün kumandası altında hareket ettirilmesi en uygun çözüm olmaktadır. Bu bağlamda uygulamanın amacı, kontrolörlerin uyguladıkları komutların en uygun şekilde birleştirilmesi için gerekli yöntemin geliştirilmesidir. Uygulamada WinNT işletim sistemli bir kişisel bilgisayar ile kamera görüntüsü kullanıcılara aktarılırken, bir LINUX işletim sistemli bilgisayar ile robot kontrol yazılımı çalıştırılmıştır. 5 eklemlili 604-S modeli robot kol ve renkli kamera, sistemde sırasıyla "el" ve "göz" vazifesi görmüştür. Kullanıcıların, robot kol üzerindeki kontrolünü mümkün kılmak ve bileşke hareketi oluşturabilmek için vektör ortalama yöntemi kullanılmıştır.

İnternet ortamının, uzaktan işletim amacıyla en ucuz ve yaygın haberleşme ortamı olarak kullanıma uygunluğunun değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur. Söz konusu çalışmaların birinde uzaktan işletim sistemi; java aplet olarak hazırlanmış bir kullanıcı arayüzü, dört eklemlili SCARA tipi robot kol, robotun erişim alanında yarım daire şeklinde ve içinde kum ve çeşitli cisimler bulunan bir çalışma alanı, robot kolun ucuna monte edilmiş bir hava kompresörü ve renkli kamera, üç adet bilgisayar ile temsil edilmektedir (Goldberg, 1995). İşletim sistemleri UNIX olan iki bilgisayardan biri web sunucusu, diğeri bağlanan kullanıcı ve ziyaretçi kayıtlarını tutmak için veri tabanı sunucusu ve işletim sistemi MS-DOS olan üçüncü bilgisayar robotun kontrolü ve kamera görüntülerinin kaydı için kullanılmaktadır. Kullanıcılar web arayüzü yardımıyla, robot kolu hareket ettirerek çeşitli noktalara basınçlı hava püskürterek, robotun bulunduğu deney ortamını etkileyebilmektedirler. MS-DOS işletim sistemi, gerçekleştirilen sistemin performansını düşüren bir unsur olmuştur. Oluşturulan sistem, internet kullanıcılarına açık olduğu altı ay boyunca toplam iki milyon ziyaretçi sayısına ulaşmıştır.

Telerobotik uygulamaları sayesinde kullanıcıların, araştırma, iletişim, kontrol, bilgiye ulaşım, ve uzaktaki insanlarla iletişimi mümkün olacaktır. Bu amaca yönelik bir çalışma da, ziyaretçileri gezdirecek şekilde tasarlanmış olan bir "rehber" robotun iki müzede gerçekleştirilen uygulamalardır (Schulz,1999). Araştırmacılara göre, web tabanlı uzaktan kontrolün, geleneksel yapıdaki uzaktan kontrolden farkları şunlardır:

- İnternet ortamında haberleşmede düşük band genişliği nedeniyle telerobotik sistemin daha yüksek otonomluk düzeyine sahip olması gerekmektedir.

- İnternet kullanıcılarının düşük eğitim düzeyi ve sınırlı robotik bilgileri nedeniyle kullanıcı arayüzün görsel ve basit olması gerekir.
- Aynı anda pek çok kullanıcının robota komut vermesi durumunda, sistemin doğru çalışması gerekmektedir (Böyle durumlarda kullanıcı isteklerinin sıraya yapılması, vs.).

Yukarıda belirtilen gereklerin sağlanması amacıyla biri robot üzerinde faaliyet gösteren, iki tanesi de web ortamında çalışan üç farklı arayüz tasarlanmıştır. Robot üzerindeki donanım; lazer, sonar, video kamera, motorlar, hoparlör, dokunma hassasiyetli ekran ve web sunucusundan oluşmaktadır. Robotun otonom gezinimini sağlayan yazılım; haritalama, konumlandırma, çarpışma engelleme ve güzergah belirleme katmanlarını içermektedir. Bu sayede robot dinamik bir ortamda dahi koordinatları verilen bir noktaya başarı ile varmaktadır. Robotu yönlendirmek için kullanılacak arayüzler şunlardır:

- Doğrudan Web Arayüzü: Bu arayüz, müzenin haritasını içeren JAVA yazılımı sayesinde robotun yönlendirilmesini sağlamaktadır. Robot çevresinin gerçek zamanlı görüntüleri de aynı yazılım ile kullanıcıya iletilir. Robot, aynı anda pek çok kullanıcının koordinat girmesi durumunda en çok talep edilen konuma gider.
- İzleme Web Arayüzü: Bu arayüz daha fazla kullanıcının erişimine olanak tanırken, robot hareketlerinin hassas kontrolüne izin vermemektedir. Kullanıcılardan CGI yöntemiyle alınan hedef bilgisi, robotun gideceği bölgeyi belirlerken, periyodik aralıklarla robot ve çevresi ile ilgili görüntüler de kullanıcıya iletilmektedir.
- Müze ve Web ziyaretçileri ortak kullanım arayüzü: Bu arayüz, robotun üzerinde bulunan dokunma hassasiyetli ekranda ve internet kullanıcılarında aynı şekilde işlev görmektedir. Kullanıcılar, birkaç değişik müze turu içinden seçim yapabilmektedir. Robot müze gezintisi esnasında belirli noktalarda, eserler hakkında bilgi sunmaktadır.

Bu son örnekteki çalışmalarda elde edilen tecrübelerle göre kullanıcı isteklerinin sıra ile yapılması, oy çokluğu yöntemine göre daha verimli olmaktadır. İnternet kullanıcılarının bağlantı hızları farklılık gösterebileceği için, iletilecek veri miktarının düşük olması uygundur. Web kullanım arayüzünün ise basit ve mümkünse tek sayfadan oluşması gerekir.

1.4 Araştırma Sonuçları

İnternet üzerinden robot kontrolü uygulamaları 1997-2000 yıllarında hızla artan bir ilgiyle birlikte yaygınlaşmıştır. Üniversiteler bu konuda öncü olarak gitmektedirler. İnternet üzerinden robot kontrolü çalışmalarının amaçları şu başlıklarda toplanabilir:

1. Robot sistemleri yüksek maliyetleri nedeniyle sınırlı bir araştırmacı kitlesine hizmet etmektedir. İnternet üzerinden kontrol uygulamaları herkesin robotlarla çalışmasına

olanak vermiş olur. Özellikle ileri veya küçük yaştaki internet kullanıcılarının ilk defa robotlarla tanışmaları sağlanmış, onlardan çok olumlu tepkiler alınmıştır.

2. Fabrikalarda uzaktan işletilen robotlar kurulması ile kullanıcıların evlerinden, hatta başka ülke veya kıtalardan üretime katkıları sağlanabilir. Özellikle yaşlı veya özürülülere uzaktan işletim yoluyla iş imkanı sağlanabilir.
3. İnternet üzerinden kontrol uygulamalarında en önemli sorunlardan biri olarak gözlemlenen web ortamının dinamik oluşu ve haberleşme band genişliğinin değişken olması, uzay çalışmalarında karşılaşılan sorunlarla büyük benzerlik göstermektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalar, ufak değişikliklerle uzay çalışmalarına fayda sağlayacaktır.
4. İnternet üzerinden robot kontrolü çalışmalarında CGI yöntemi daha temel ve basit uygulamalar için uygunken, JAVA diliyle yazılmış arayüz yapılması, neredeyse gerçek zamanlı veri iletimini sağlamaktadır.
5. Üzerinde çalışılan otonom robotun, performansının denenmesi işlemi uzunca bir zaman ve büyük emek istemektedir. Bu testi yapmak için robotun internet kullanıcılarının erişimine açılması, çok yoğun ve sıkı bir test anlamına gelmektedir.
6. Geniş kullanıcı kitlesine hizmet etmesi bakımından, tasarlanacak robot sisteminin kullanıcı arayüzünün işlevsel fakat basit olması gereklidir.

2. İNTERNET YOLUYLA KONTROL YÖNTEMLERİ

İnternete bağlı bir kişi, "sörf" yaparken statik web sayfalarının yanı sıra dinamik web sayfalarını da izlemektedir. Bu sayfaların bir kısmında, kullanıcının etkileşimli şekilde çeşitli bilgileri girmesi ve ilgili bazı bilgilere ulaşması sağlanmaktadır. İnternet üzerinden robot kontrolü uygulamaları da genel olarak benzer bir yapıya sahiptirler. Burada, girilen bilgi, robota verilen görev veya iş olmaktadır. Sonuçta ise robotun bu görevi yerine getirmesi sonucu elde edilenler gözlenmektedir. Bir robot kolun girdisi x,y,z, eksenlerinde kolun ucunun konumu olurken, çıktı ise robot kolun o konumdaki görüntüsü, veya ortamdaki değişiklikler olabilir. Kullanıcının verileri girmek ve çıktıları gözlemlemek için kullandığı arayüz web sayfaları olmaktadır. Bir web sayfasından kullanıcının girdiği verilerin değerlendirilmesi için iki farklı yöntem kullanılabilir :

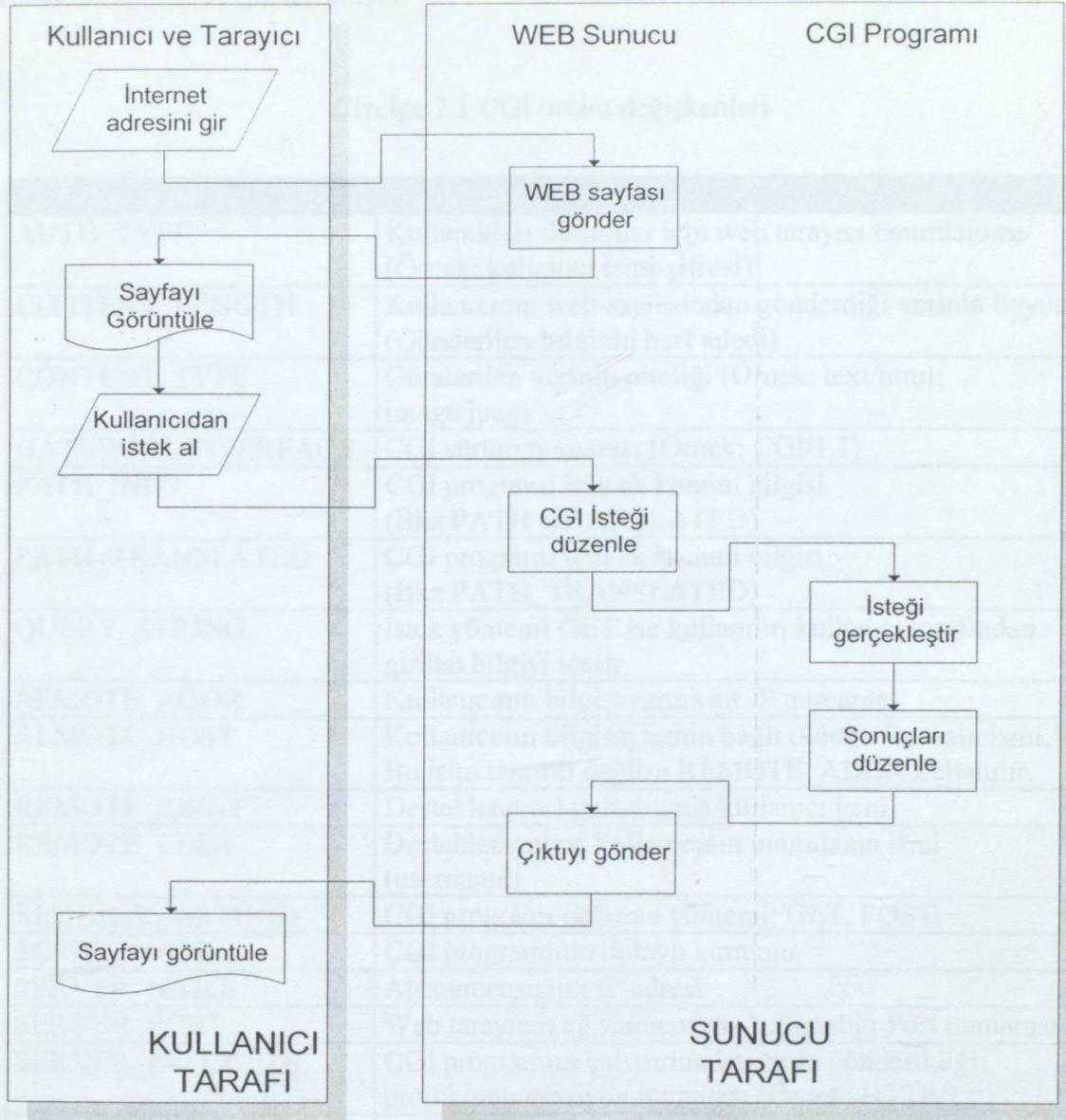
2.1 Sunucu tarafı yazılımlar (CGI) Kullanılması

İnternet üzerinden robot kontrolü uygulamalarının, sunucu tarafı yazılımlarını CGI protokolüne uygun olarak çalıştırarak gerçekleştirmek mümkündür.

2.1.1 Ortak Geçit Arayüzü CGI (Common Gateway Interface)

Sunucuda çalışan programlara sunucu tarafı (Server Side) yazılım denir. CGI (Common Gateway Interface), sunucu tarafı programların uzaktaki kullanıcı ile karşılıklı veri alışverişini sağlayan kurallar içeren bir protokoldür. Ağ sunucusu, CGI programlarını kullanıcının gönderdiği verilerle çalıştırırken bu protokole yer alan kurallara uygun davranır. Bu kurallar çerçevesinde, kullanıcının sunucudaki koşturulabilir bir programı çeşitli parametreler ile çalıştırıp çıktı alma imkanı vardır. Sunucu tarafı koşturulabilir programlar PERL, C/C++ gibi yüksek seviyeli dillerde yazılmış olabileceği gibi, sunucunun işletim sistemindeki SHELL komutları veya koşturulabilir herhangi bir program da aynı işlevi görebilir (DOS/WINDOWS işletim sistemi için: .bat, .com, .exe). Programın kendisine gönderilen verilerle çalışması sonucu elde ettiği çıktılar, web sayfası şeklinde kullanıcıya geri gönderilir. CGI programları, internette etkileşimli siteler hazırlanırken kullanılmaktadır. YTU deki etkileşimli kayıt sistemi de, PERL dilinde yazılmış CGI programlarından oluşmaktadır. Öğrencilerin not ve ders kayıt bilgilerini tutmak için sistemde SQL veri tabanı sunucusu da bulunmaktadır. Öğrenciler kimlik bilgilerini girerek CGI programcığını çalıştırlar, bu program da veri tabanından ilgili şifreleri kontrol eder; şifrelerin doğrulanması durumunda, gene aynı veri tabanından notları alır ve web sayfası haline getirerek öğrencilere gönderir. CGI ile haberleşme sırasında

gönderilen bilgilerin geçtiği aşamalar Şekil 2.1'de gösterilmiştir



Şekil 2.1 Kullanıcı tarayıcısı, ağ (web) sunucusu ve CGI programı arasındaki haberleşme

2.1.2 CGI yazılımının veri alışı

Kullanıcı kendi tarayıcısındaki uygun yerlere verileri girdikten sonra "gönder" düğmesine basar ve CGI programına istekte bulunur. Tarayıcı, girilen verileri düzenleyerek paket haline getirir ve internet üzerinden ağ sunucusuna gönderir. Ağ sunucusu ise bu verileri, kullanıcıya ait bilgilerle birlikte CGI kurallarına uygun şekilde istekte bulunulan programa aktarır. Her CGI programı kendi girişleri altında, kendi ortamında diğer unsurlardan bağımsız çalışmaktadır. Bu sayede internetteki farklı kullanıcılar aynı anda aynı CGI programını birbirlerini etkilemeden çalıştırabilmektedir. Bu nedenle ağ sunucusu tarafından kullanıcıya

ait verilerin doğru olarak düzenlenmesi önem kazanmaktadır. CGI programına aktarılan veriler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 CGI ortam değişkenleri

Değişkenin ismi	Açıklama
AUTH_TYPE	Kullanıldığı durumlar için web tarayıcı tanımlaması (Örnek: kullanıcı ismi-şifresi)
CONTENT_LENGTH	Kullanıcının web sayfasından gönderdiği verinin boyutu (Gönderilen bilginin harf adedi)
CONTENT_TYPE	Gönderilen verinin niteliği (Örnek: text/html; image/jpeg)
GATEWAY_INTERFACE	CGI sürüm numarası (Örnek: CGI/1.1)
PATH_INFO	CGI programı için ek konum bilgisi (Bkz PATH_TRANSLATED)
PATH_TRANSLATED	CGI programı için ek konum bilgisi (Bkz PATH_TRANSLATED)
QUERY_STRING	İstek yöntemi GET ise kullanılır, kullanıcı tarafından girilen bilgiyi içerir.
REMOTE_ADDR	Kullanıcının bilgisayarına ait IP numarası
REMOTE_HOST	Kullanıcının bilgisayarının bağlı olduğu Domain ismi. Bu isim tanımlı değilse REMOTE_ADDR kullanılır.
REMOTE_IDENT	Desteklenmesi durumunda kullanıcı ismi
REMOTE_USER	Destekleniyorsa, kullanıcının tanımlama ismi (username)
REQUEST_METHOD	CGI programı çağırma yöntemi: GET, POST.
SCRIPT_NAME	CGI programının dolaylı konumu
SERVER_NAME	Ağ sunucusunun IP adresi
SERVER_PORT	Web tarayıcın ağ sunucusuna bağlandığı Port numarası
SERVER_PROTOCOL	CGI programını çalıştırma isteğinin gönderildiği protokolün versiyon numarası (Örnek: HTTP/1.0)
SERVER_SOFTWARE	SEB sunucu yazılımının versiyon numarası

CGI yazılımının ihtiyaç duyduğu bütün girdiler, genellikle CGI ortam değişkenlerinde bulunur ve program içinde bu değişkenleri kullanmak için değişken isimlerini yazmak yeterlidir. Fakat ağ sunucusu bazı durumlarda verilerin bir kısmını standart girdiyle gönderir. POST yöntemi ile ağ sunucusuna gönderilen veriler, CGI yazılımına standart girdiyle aktarılır. Bu durumda CGI ortam değişkenleri, kendi değerlerini alırlar. Standart girdideki veri işlenmeden önce CONTENT_LENGTH değişkeni (gönderilen veri boyutu) kontrol edilmelidir; çünkü ağ sunucusu, aktardığı verinin sonuna belirteç (EOF) koymaz.

Kullanıcının göndermiş olduğu veri, ağ sunucusundan CGI programına URL şeklinde kodlanmış olarak nakledilir. Bu kodlamada, değişkenler ve değişken değerleri çiftler oluşturacak şekilde ve aralarında = işareti olacak şekilde sıralanırlar. Her çift arasında ise &

işareti bulunur. Söz konusu kodlama yönteminde boşluk karakteri + ile temsil edilirken, diğer tüm özel karakterler ise onaltılık düzende kodlanmıştır.

2.1.3 CGI Yazılımının Çıktısı

CGI yazılımı hangi kullanım amacıyla çalıştırılmış olursa olsun, yazılımın ağ sunucusu yoluyla uzaktaki kullanıcıya gönderilecek bir çıktı üretmesi gerekir. CGI yazılımı ağ sunucusunu devre dışı bırakarak, çıktıyı doğrudan doğruya kullanıcıya gönderebilme özelliğine de sahiptir. Her iki durumda da CGI yazılımının çıktısının geçerli bir başlığı olmalıdır. CGI programı, çalışmasını tamamladığında, genellikle standart çıktı yolunu kullanarak ağ sunucusuna çıktısını iletir. Daha sonra ağ sunucusu bu çıktıya uygun HTTP cevap başlığını üreterek sonuçları kullanıcının tarayıcısına gönderir. CGI yazılımının ürettiği çıktının ağ sunucusu tarafından doğru olarak algılanması için, yazılımın ayrıştırılmış bir başlığa sahip olması gereklidir.

2.1.3.1 Ayrıştırılmış Başlık (Parsed Header)

Ayrıştırılmış başlık, CGI yazılımının çıktısının ağ sunucusu tarafından doğru olarak değerlendirilmesini sağlayan satırların isimdir. Bu bölümdeki sunucu komutları, Çizelge 2.2'de gösterilmiştir. Başlığın sonu, boş bir satır ile belirtilmekte ve bunu CGI programının asıl çıktısı izlemektedir.

Çizelge 2.2 CGI 1.1 sürümü sunucu komutları

Komut	Anlamı
Content-type	Çıktının hangi MIME sınıfına girdiğini açıklar
Location	CGI yazılımının çıktısı olan dökümanın sanal konumu veya URL'si
Status	Kullanıcı tarayıcısına iletilecek durum bilgisi. Hata kodu olabilir.

2.1.3.2 CGI Çıktısını, Sunucuyu Atlayarak Gönderme

Pek çok ağ sunucusu yazılımı, CGI yazılım çıktısının doğrudan kullanıcı tarayıcısına gönderilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak bu durumda CGI çıktısının HTTP cevap başlığına sahip olması gerekir. Başlıkta yer alabilecek değişkenler Çizelge 2.3'de gösterilmiştir. Bu başlığın ilk satırında, HTTP cevap başlığını tanımlayan "HTTP/1.1 200 OK" dizisi bulunmalı, başlık sonunda ise tıpkı ayrıştırılmış başlıkta olduğu gibi boş bir satır olmalıdır.

Çizelge 2.3 HTTP cevap başlığı değişkenleri

Değişken	Açıklama
ALLOWED	Kullanıcı tarayıcısının izin verdiği istek yöntemlerini (GET, PUT,..)
CONTENT-ENCODING	Kullanılan şifreleme yöntemi (x-zip,..)
CONTENT-LANGUAGE	Cevap dokümanının dili (en, tr,..)
CONTENT-LENGTH	Gönderilecek verinin byte cinsinden uzunluğu
CONTENT-TRANSFER-ENCODING	Ağ sunucu ile tarayıcı arasındaki veri kodlama yöntemi (binary)
CONTENT-TYPE	Gönderilecek verinin tipini (text/html,..)
COST	İstenmiş olan bilginin ücreti
DATE	CGI yazılımının oluşturulma tarihi
DERIVED-FROM	CGI yazılımının sürüm numarası
EXPIRES	İstenmiş olan bilginin son geçerlilik tarihi
LAST-MODIFIED	CGI yazılımının son güncellenme tarihi
LINK	
MESSAGE-ID	HTTP mesajının tanımlaması
PUBLIC	Kullanılabilecek istek yöntemleri (GET, POST,..)
TITLE	Cevap dokümanının başlığı, HTML'de <TITILE>..</TITILE> ayrıçlarının aynısı
URI	İstenmiş olan bilginin bulunabileceği URL adresi
VERSION	CGI yazılımının sürüm numarası

2.1.4 Windows CGI

Ağ sunucusu ile CGI programları arasındaki veri iletimi UNIX veya MS-DOS işletim sistemlerinde standart girdi ve çıktıyla gerçekleşmektedir. Çalıştırılan CGI uygulamasının sonlanması ile birlikte bütün standart çıkışlar uzaktaki kullanıcıya iletilir. Fakat bir Win32 uygulaması, işletim sisteminin yapısından dolayı standart girdi veya çıktı kullanmaz. Bu nedenle CGI uygulamasına gönderilecek bilgiler bir dosyaya kaydedilir. Bu dosyanın adı CGI programı çalıştırılırken parametre olarak gönderilir. CGI uygulaması, birinci parametreden faydalanarak dosyaya ve CGI ortam değişkenlerine erişir. Ağ sunucusundan standart girdiyle aktarılması gereken diğer bir parametre de POST metodu ile gönderilen verilerdir. CGI yazılımına ikinci parametre olarak aktarılan dosyada ise POST metodu ile gelen veriler bulunur. CGI programının tarayıcıya gönderilecek olan cevabı da standart çıktı yerine bir dosyaya kaydedilir. Ağ sunucusu CGI programını çalıştırmadan önce yukarıda bahsi geçen iki dosyayı hazırlarken bir tanede boş bir dosya yaratır. Bu dosyanın ismi 3.parametre olarak CGI programına aktarılır. Uygulama, programın sunucu komutlarını ve bütün çıktısını bu dosyaya kaydeder. Program çalışmaya son verince, çıktıların kaydedildiği dosya ağ sunucusu tarafından okunarak istekte bulunmuş olan tarayıcıya iletir. WIN CGI kullanarak ortam

değişkenlerinin iletildiği dosyaya bir örnek Çizelge 2.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 HTTP cevap başlığı değişkenleri

Açıklama
[CGI]
Request Protocol=HTTP/1.0
Request Method=POST
Executable Path=C:\TOOLS\HTTPD\CGI-WIN\CGI5dof.exe
Document Root=C:\tools\httpd\Htdocs
Query String=
Referer=http://194.27.94.171/Cgi-Win/CGI5dof.exe
User Agent=Mozilla/4.75 [en] (Win98; U)
Content Type=application/x-www-form-urlencoded
Content Length=22
Content File=C:\WINDOWS\TEMP\OMN1331.TMP
Server Software=OmniHTTPd/1.01 (Win32; i386)
Server Name=194.27.94.171
Server Port=80
Server Admin=melek@yildiz.edu.tr
CGI Version=CGI/1.3a (Win)
Remote Host=
Remote Address=194.27.94.171
Authentication Method=
Authentication Realm=
Authenticated Username=
Authenticated Password=
[Accept]
image/gif=Yes
image/x-xbitmap=Yes
image/jpeg=Yes
image/pjpeg=Yes
image/png=Yes
/=Yes
[System]
GMT Offset=10800
Output File=C:\WINDOWS\TEMP\OMN1334.TMP
Content File=C:\WINDOWS\TEMP\OMN1331.TMP
[Extra Headers]
Accept-Language=tr,en
[Form Literal]
dof1=1
dof2=2
dof3=4

2.2 Kullanıcı Tarafı Yazılım, JAVA Kullanılması

Robot ile kullanıcı arasındaki veri akışını sağlamanın diğer bir yolu da kullanıcı arayüzünün JAVA programlama dili vasıtasıyla tasarlanmasıdır. JAVA, günümüzde etkileşimli ağ sayfalarının vazgeçilmez bir ögesi olup, kullanıcı tarafı programlar arasında en yaygın tabana sahip olanıdır. JAVA programlama dili ile hazırlanan yazılımların en önemli avantajı, bunların işletim sisteminden bağımsız olarak çalışmasıdır. Buna karşın son zamanlarda, farklı tarayıcı yazılımlarının kendi JAVA komutlarını oluşturmaları nedeniyle, yazılacak programın farklı tarayıcılarda denenmesi ve gerektiğinde belirli program kısımlarının tekrar yazılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

CGI yönteminde, verileri robot sistemine ulaştırmak için gönder düğmesine basılması gerekmektedir. JAVA dili ile yapılacak etkileşimli bir web sayfasında ise robot sistemindeki sunucu ile web tarayıcı üzerindeki JAVA programı, özel bir port ile birbirlerine bağlanmaktadır. TCP/IP protokolü kullanılarak kurulan bu bağlantıda, karşılıklı olarak veri paketlerinin gönderilmesi sağlanır. Bu sayede, kullanıcı arayüzünde yapılan her değişiklik internet bağlantısının elverdiği hızda robot sistemine iletilir. Aynı şekilde robot sistemindeki durum da eşzamanlı olarak kullanıcı ekranında izlenebilir.

JAVA sayesinde kullanıcı ile robot sisteminin bağlanması, iki bilgisayardan birinin firewall yazılımına sahip bir ağda bulunması durumunda mümkün olmamaktadır. Firewall yazılımı, güvenlik amacıyla bir yerel ağ yapısının internete bağlantısının kontrol altına alınması amacıyla hizmet etmektedir. Firewall tipi yazılımlar, robot kontrolü için yapılacak bağlantıya izin vermemektedir. YTÜ'de de söz konusu olan bu sorun nedeniyle kampüs içindeki herhangi bir bilgisayardan, internetteki JAVA destekli robotlar ile veri bağlantısı kurulamamaktadır.

3. ROBOT MEKANİĞİ

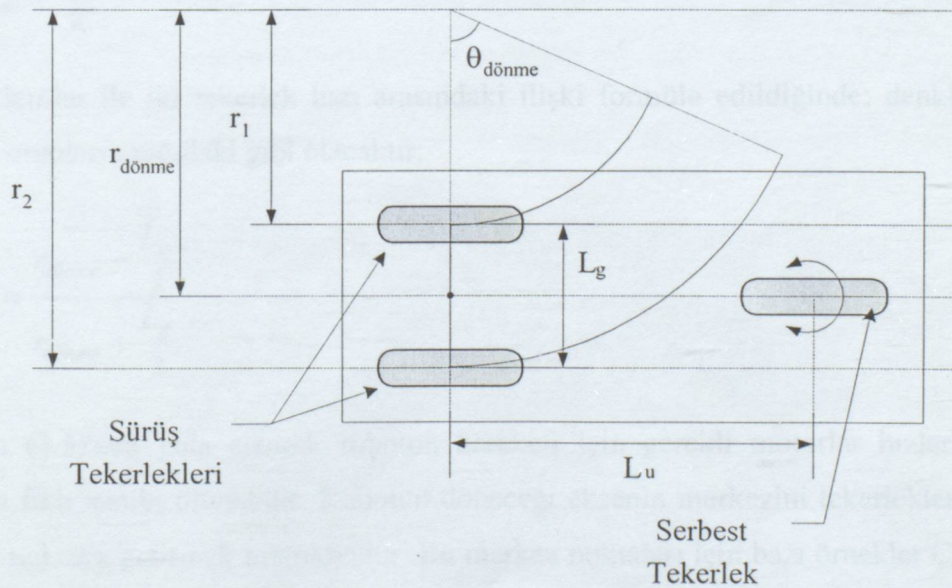
Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen sistemlerle ilgili olarak, iki farklı robot ele alınmıştır. Bunlar:

- Gezgin robot,
- Beş eklemlili robot koldur.

Araştırmada öncelikle mobil robotlarda kullanılan diferansiyel sürüş algoritması üzerinde durulmuştur. Bunun ardından robot kolun eklemlerinde kullanılan servo motorlar ele alınmıştır. Son olarak beş eklemlili robot kolun yapısı ve hareket denklemleri verilmiştir.

3.1 Diferansiyel Sürüslü Gezgin Robot Mekaniği

Gezgin robot geliştirme çalışmalarında diferansiyel sürüş yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, robot iki sürüş tekerleğine ve dengeyi sağlamak üzere yerleştirilmiş en az bir serbest tekerleğe sahiptir. İki tekerleğin ayrı ayrı sürülmesi nedeniyle, robot tekerlek ekseninin orta noktası üzerinde sıfır yarıçapla dönme kabiliyetine sahip olmaktadır (Everet, 1995). Bu özellik, robota dar alanlarda hareket serbestliği vermektedir. Üçüncü tekerleğin, gerek düz ilerleme durumunda ve gerekse manevra esnasında robotun hareketine engel olmayacak bir yapısı vardır. Tek bir milled robotun alt tabanına sabitlenen üçüncü tekerlek, itiş yönünde doğrultu alacak serbestliğe sahiptir.



Şekil 3.1 Diferansiyel sürüslü robotta dönme işlemi.

Diferansiyel sürürlü robotta hareket, özdeş olan sürüş motorlarının hızlarının ve dönüş yönlerinin kontrol edilmesi ile sağlanır. Bu nedenle DC motorların her iki yönde ve farklı hızlarda çalışmasına izin verecek şekilde sürülmeleri gerekmektedir.

Robot hareketini sağlayan sistemin pratik işleyişi ve gerekli kinematik denklemler aşağıda verilmiştir.

Her iki tekerlek ayrı motorlara bağlanmıştır. Böylece iki tekerlek farklı yön ve hızlarda hareket edebilme kabiliyetine sahip olmaktadır. Sol tekerlek 1, sağ tekerleği ise 2 ile numaralandırıldığında, sol tekerleğin $\theta_{dönme}$ kadar yönlenme için çizdiği yayın uzunluğu, tekerleğin çizgisel hızı V_1 ve hareket süresi t cinsinden belirlenebilir (Yildiz, 2000).

$$V_1 \cdot t = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \frac{\theta_{dönme}}{360} \quad (3.1)$$

Sağ tekerleğin $\theta_{dönme}$ kadar yönlenme için çizdiği yay uzunluğu da benzer şekilde yazılabilir:

$$V_2 \cdot t = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot \frac{\theta_{dönme}}{360} \quad (3.2)$$

Robotun mekanik yapısı nedeniyle bu yarıçaplar arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır:

$$r_1 = r_{dönme} - \frac{L_g}{2} \quad (3.3)$$

$$r_2 = r_{dönme} + \frac{L_g}{2} \quad (3.4)$$

Bu denklemler ile iki tekerlek hızı arasındaki ilişki formüle edildiğinde; denklem (3.1) ve (3.2)'nin oranları aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_{dönme} - \frac{L_g}{2}}{r_{dönme} + \frac{L_g}{2}} \quad (3.5)$$

Denklem (3.5)'den yola çıkarak robotun hareketi için gerekli motorlar hızları ve yönleri hakkında fikir sahibi olunabilir. Robotun döneceği eksenin merkezini tekerleklerin hizasında istenilen noktaya getirmek mümkündür. Bu merkez noktaları için bazı örnekler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Gerçekleştirilen gezgin robot, yalnızca tekerlek ekseninin orta noktası üzerinde dönecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle her iki sürüş motoru da dönüş esnasında hareket

halinde olacaktır. Motorlar aynı hızda fakat ters yönde hareket edecektir. (3.6).

$$r_{dönme} = 0 \text{ için } \frac{V_1}{V_2} = -1 \quad V_1 = -V_2 \quad (3.6)$$

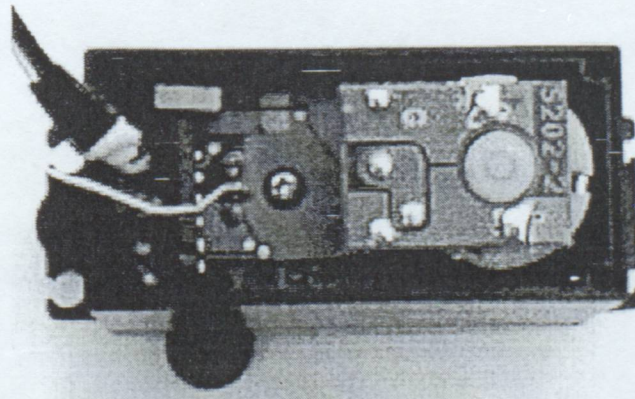
Çizelge 3.1 Diferansiyel sürürlü robotun başlıca dönme merkezleri

V_1 (Sol)	V_2 (Sağ)	Dönme yönü	Dönme eksenini
V	V	Düz git	-
V	<V	Sağa	Sağ dışta
V	0	Sağa	Sağ tekerlek
V	-V	Sağa	Merkez
<V	V	Sola	Sol dışta
0	V	Sola	Sağ tekerlek
-V	V	Sola	Merkez

3.2 Servo Motorlar

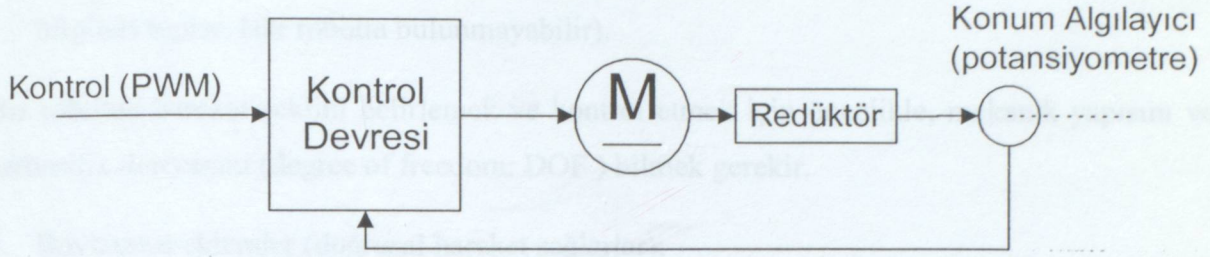
Servo motorlar; bir motor, redüktör dişlileri, konum algılayıcısı ve elektronik kontrol kartından oluşmaktadır. Kontrol girişi ile istenilen konum açısı belirlenir. Motorun kontrolü, elektronik kontrol kartı tarafından yapılır.

Elektronik kontrol kartları genel olarak örneksel PI kontrolü ile çıkış konumunu denetlemektedir. Bu özellik sayesinde motor için tekrar bir kapalı çevrim kontrol sistemi kurulması ihtiyacı ortadan kalkmaktadır.(Özen, 2000) Motor, kendi denetçisi sayesinde istenen konuma gelecektir. Bu noktada servo motora fazla yük verilmemesine dikkat etmek gerekir; zira servo motorun iç denetim kartı ancak belirli yükler için tasarlanmıştır ve kontrol parametrelerinin dışarıdan değiştirilebilmeleri mümkün değildir. Motorun aşırı yük çekmesi durumunda bu denetim sistemi iş görmeyecektir.



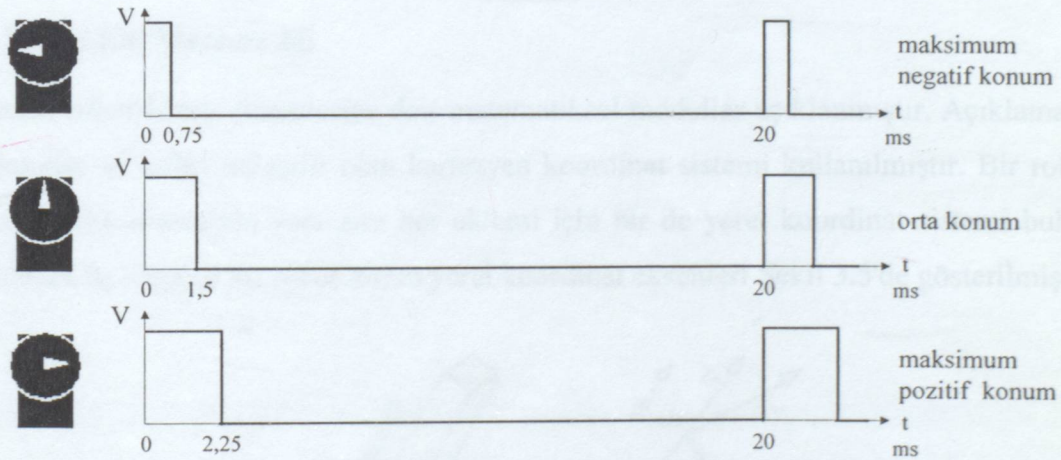
Şekil 3.2 Bir servo motorun iç yapısı

Robot kol mekanizmasında HITEC şirketinin HS300 model servo motorları kullanılmıştır. Bu model servo motorların içinde, bir DC motor, redüktör dişliler, konum algılamak için potansiyometre ve elektronik kontrol kartı bulunmaktadır. Servo motorun blok diyagramı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Servo motor blok diyagramı

Motorun konumunu belirten kontrol işareti, dalga genişlik modülasyonu (PWM) biçiminde kodlanmıştır. İstenilen konum açısı, darbe genişliği ile lineer bir ölçekle belirlenmektedir. Servo motorun sürülmesi için gerekli PWM işareti, Şekil 3.4'de gösterilmiştir. İşaretin periyodu 20 ms'dir ve işaret 0.75 ms ile 2.25 ms arasında değişen darbe uzunluğuna sahiptir.



Şekil 3.4 Servo motor kontrol işareti

3.3 Robot Kol

Robot kol genel olarak aşağıda açıklanan beş kısımdan oluşur:

1. Mekanik Kol;
2. El ucu elemanı (robot kolun bir iş yapmasını sağlayan kısımdır, kaynak makinesi, boya spreyi veya kısıkaç gibi);

3. Motorlar (el ucu elemanını ve robot kolu hareket ettirmek için gereklidir. Hidrolik veya elektrikli motorlar olabilir);
4. Kontrol birimi (girdileri alarak robotun istenen işi yapmasını sağlar);
5. Algılayıcılar (robotun doğru çalışmasını sağlamak için kontrol biriminin ihtiyaç duyduğu bilgileri toplar. Her robotta bulunmayabilir).

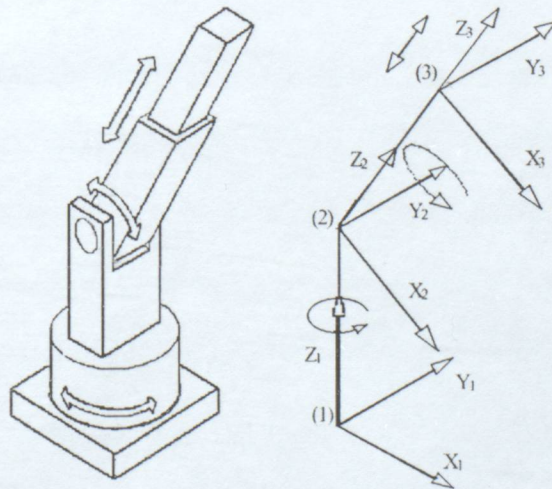
Bir robotun hareket şeklini belirlemek ve kontrol etmek için öncelikle, mekanik yapısını ve serbestlik derecesini (degree of freedom: DOF) bilmek gerekir.

1. Boylamsal eklemler (doğrusal hareket sağlarlar);
2. Dönmeli eklemler (mafsal şeklinde olup eksen etrafında dönme sağlarlar);

Robotun eklemleri yoluyla hareket ettirebildiği el ucu elemanının bulunabileceği konumların tümüne, robotun erişim bölgesi denmektedir. Bir robot koldaki DOF sayısı, kolun karmaşıklığıyla doğrudan ilişkilidir. Üçten fazla DOF'lu robotlarda erişim bölgesindeki bir noktaya ulaşmanın birden fazla yolu vardır.

3.3.1 Robot Kol Matematiği

Bu kısımda robot kolun eklemlerine dair matematiksel modeller açıklanmıştır. Açıklamalarda sık kullanılan ve kolay anlaşılır olan kartezyen koordinat sistemi kullanılmıştır. Bir robotun genel koordinat sisteminin yanı sıra her eklemini için bir de yerel koordinat sistemi bulunur. Örnek olarak üç eklemlili bir robot kolun yerel koordinat eksenleri Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Robot kol koordinat sistemleri

Robot kolun eklem sayısı kadar yerel koordinat sistemi bulunmaktadır. Bir eklem koordinat sisteminde, bir sonraki eklem koordinat sisteminin merkez noktasının koordinatları p olmak üzere

$$p = [i, j, k] \quad (3.7)$$

Benzer şekilde, bir sonraki eklem koordinat eksenlerini belirleyen birim vektörler, önceki koordinat sistemi birim vektörleri cinsinden ifade edilirse:

$$\begin{aligned} x &= [x_1, x_2, x_3] \\ y &= [y_1, y_2, y_3] \\ z &= [z_1, z_2, z_3] \end{aligned} \quad (3.8)$$

denklem (3.7) ve (3.8) den hareketle her bir eklem el ucu elemanının konumu (eğer varsa bir sonraki eklem koordinat sisteminin merkez noktası), bir önceki eklem koordinat sisteminin cinsinden ifade eden denklem (3.9)'da gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} \bar{x} & \bar{y} & \bar{z} & \bar{p} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & i \\ x_2 & y_2 & z_2 & j \\ x_3 & y_3 & z_3 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Şekil 3.5'de gösterilen üç eklemli robot kolun el ucu elemanının, ana koordinat sistemindeki konumu $M(AC)$ her eklem koordinat dönüşüm matrislerinin çarpımı olmaktadır.

$$M(AC) = A * B * C = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & i \\ x_2 & y_2 & z_2 & j \\ x_3 & y_3 & z_3 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

A: Birinci eklem koordinat sisteminin genel koordinat sistemi cinsinden ifadesi.

B: İkinci eklem koordinat sisteminin birinci eklem koordinat sistemi cinsinden ifadesi.

C: Üçüncü eklem koordinat sisteminin ikinci eklem koordinat sistemi cinsinden ifadesi.

x: Üçüncü eklem yerel x koordinat ekseninin genel koordinat eksen cinsinden ifadesi.

y: Üçüncü eklem yerel y koordinat ekseninin genel koordinat eksen cinsinden ifadesi.

z: Üçüncü eklem yerel z koordinat ekseninin genel koordinat eksen cinsinden ifadesi.

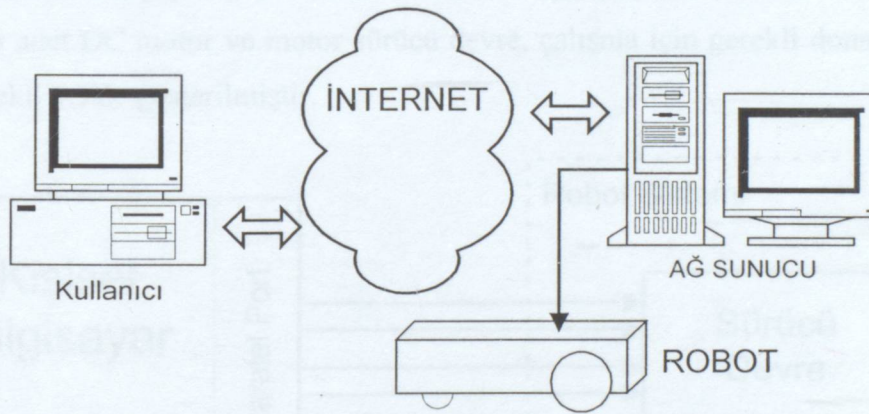
i,j,k: Üçüncü eklem el ucu elemanının ana koordinat sistemi cinsinden ifadesi.

4. GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMA

Bu bölümde internet üzerinden robot kontrolü uygulaması gerçekleştirirken izlenen yol ve geçilen aşamalar ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Robot donanımının, tasarım sırasında son haline varıncaya kadar geçirdiği aşamalar ve bu robot donanımlarını internetten kontrol etmek için gerekli arayüzler zamana göre takip edilecek şekilde sunulmuştur.

4.1 Birinci Uygulama: Gezgin Robot

İnternet üzerinden robot kontrolü çalışmasında başlangıcında Windows 95 işletim sistemi için hazırlanmış bir ağ sunucusu yazılımı temin edilmiştir. Bir sonraki aşamada, redüktörlü motorlara aç/kapa kontrolü sağlayacak bir sürücü devrenin tasarlanmış ve bu devreden iki adet üretilmiştir. En son aşamada ise, internet kullanıcılarının verdikleri komutlar doğrultusunda, bu devre yardımıyla robotu hareket ettirecek CGI yazılımı PASCAL dilinde yazılmıştır. Sistem internete bağlı bir ağ sunucusu ve paralel port üzerinden ona bağlı bir gezgin robot sisteminden oluşmaktadır (Şekil 4.1).

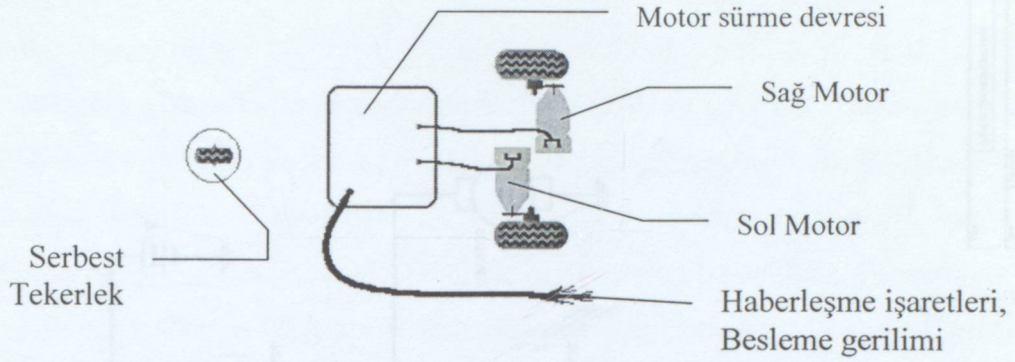


Şekil 4.1 Gezgin robot sisteminin genel yapısı

4.1.1 Sistemin Mekanik Yapısı

Mobil sistemin yönlendirilmesinde diferansiyel sürüş yöntemi uygulanmıştır. Bir taşıtın dönmesi sırasında iç tarafta kalan tekerlek, dış tarafta kalan tekerleğe oranla daha küçük yarıçaplı bir yay üzerinde ilerlemektedir (Ayrıntılı açıklama için bkz Bölüm 3). Taşıtın dengede durabilmesi için ihtiyaç duyulan üçüncü tekerlek, dönme işlemi sırasında sürüklenmek zorunda kalacaktır. Bu nedenle üçüncü tekerleğin her yöne serbestçe dönebilme özelliğine sahip olması gereklidir. Çalışmadaki robot mekaniğinde üçüncü tekerlek yerine,

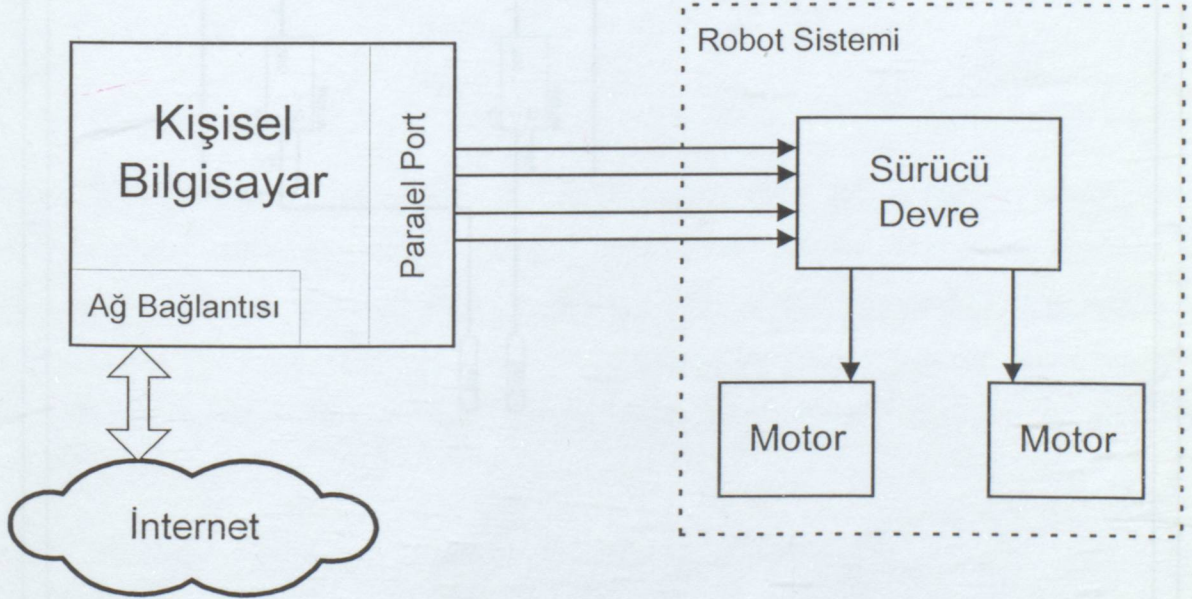
sabit bir ayak yerleştirilmiştir. Robotun ilerleme veya dönme hareketlerinin hepsinde yere sürtünecek olan bu ayağın, düşük dirençli olması gerekmektedir. Robot sisteminin mekanik yapısı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Gezgin robotun mekanik yapısı

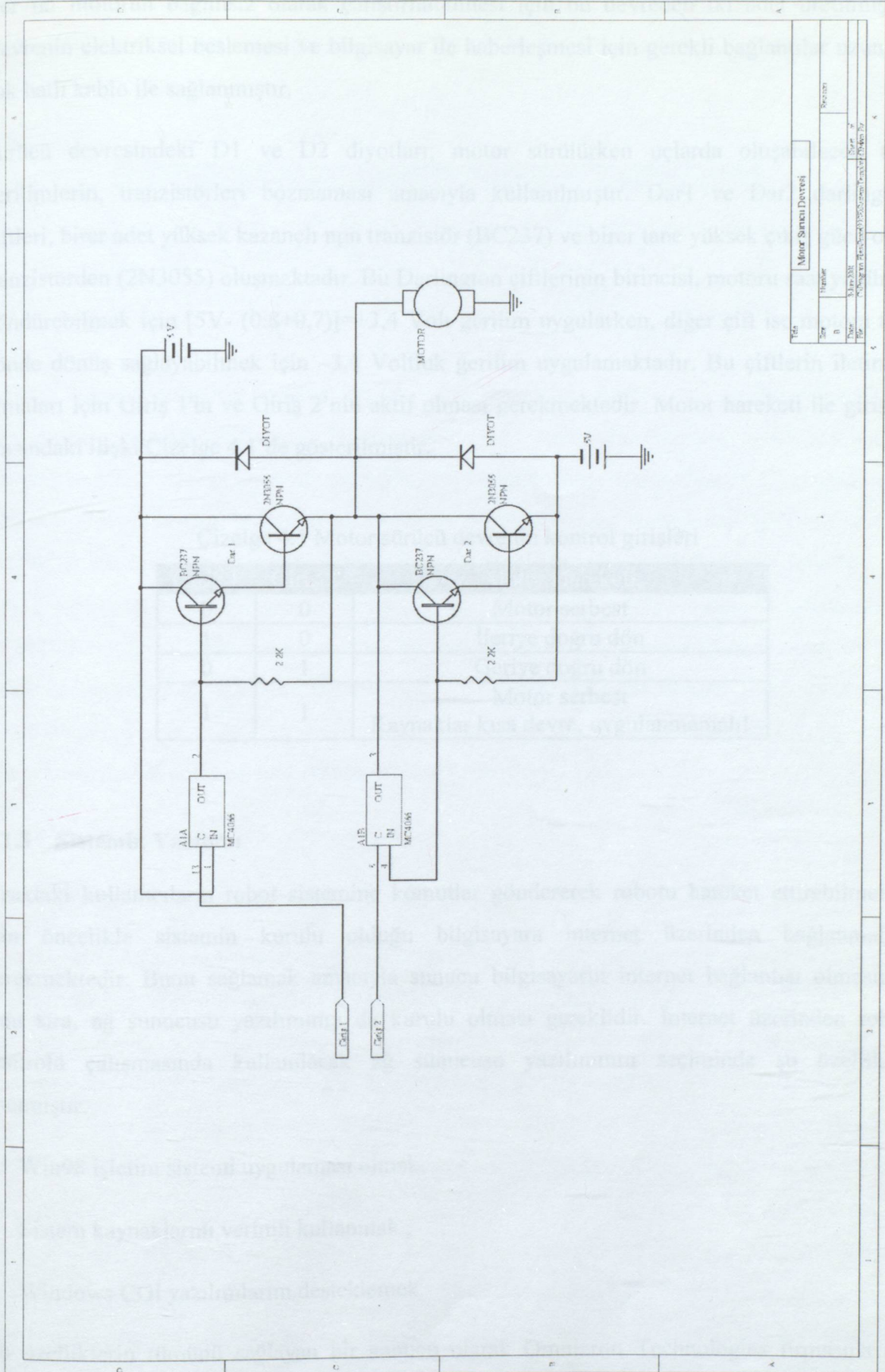
4.1.2 Sistemin Donanımı

Sisteme ait donanımın yapısı gayet basittir. İnternet bağlantısı olan bir kişisel bilgisayara (PC) ek olarak iki adet DC motor ve motor sürücü devre, çalışma için gerekli donanımı oluşturur. Donanım, Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Tasarlanan gezgin robot sistemin donanımı

Motor sürücü devresi ile PC'nin bağlantısı paralel port üzerinden kablo ile sağlanmıştır. Sürücü devre için gerekli iki farklı besleme gerilimi, kablo ile gerilim kaynağından robota ulaştırılmıştır. Sürücü devresinin şeması Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Motor sürücü devresi

Her iki motorun bağımsız olarak çalıştırılabilmesi için bu devreden iki adet üretilmiştir. Devrenin elektriksel beslemesi ve bilgisayar ile haberleşmesi için gerekli bağlantılar uzun ve çok hatlı kablo ile sağlanmıştır.

Sürücü devresindeki D1 ve D2 diyotları; motor sürülürken uçlarda oluşabilecek ters gerilimlerin, tranzistörleri bozmaması amacıyla kullanılmıştır. Dar1 ve Dar2 darlington çiftleri, birer adet yüksek kazançlı npn tranzistör (BC237) ve birer tane yüksek çıkış gücü olan tranzistörden (2N3055) oluşmaktadır. Bu Darlington çiftlerinin birincisi, motoru saat yönünde döndürebilmek için $[5V - (0.8+0,7)] = +3,4$ Volt gerilim uygularken, diğer çift ise motora ters yönde dönüş sağlayabilmek için $-3,4$ Voltluk gerilim uygulamaktadır. Bu çiftlerin iletimde olmaları için Giriş 1'in ve Giriş 2'nin aktif olması gerekmektedir. Motor hareketi ile girişler arasındaki ilişki Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Motor sürücü devrenin kontrol girişleri

Giriş 1	Giriş 2	Motor Hareketi
0	0	Motor serbest
1	0	İleriye doğru dön
0	1	Geriye doğru dön
1	1	Motor serbest Kaynaklar kısa devre, uygulanmamalı!

4.1.3 Sistemin Yazılımı

Uzaktaki kullanıcıların robot sistemine komutlar göndererek robotu hareket ettirebilmeleri için öncelikle sistemin kurulu olduğu bilgisayara internet üzerinden bağlanmaları gerekmektedir. Bunu sağlamak amacıyla sunucu bilgisayarın internet bağlantısı olmasının yanı sıra, ağ sunucusu yazılımının da kurulu olması gereklidir. İnternet üzerinden robot kontrolü çalışmasında kullanılacak ağ sunucusu yazılımının seçiminde şu özellikler aranmıştır:

- Win98 işletim sistemi uygulaması olmak,
- Sistem kaynaklarını verimli kullanmak ,
- Windows CGI yazılımlarını desteklemek.

Bu özelliklerin tümünü sağlayan bir sunucu olarak Omnicron Technologies firmasına ait OmniHTTpd v1.01 ağ sunucusu seçilmiştir. 127 adet eşzamanlı kullanıcı desteği verebilen bu

yazılım, her CGI programı için 45 KB artı yazılımın gerektirdiği kadar bir bellek bölgesi ayırmaktadır. Ağ sunucusunun bazı ayarları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Ağ sunucusu ayarları

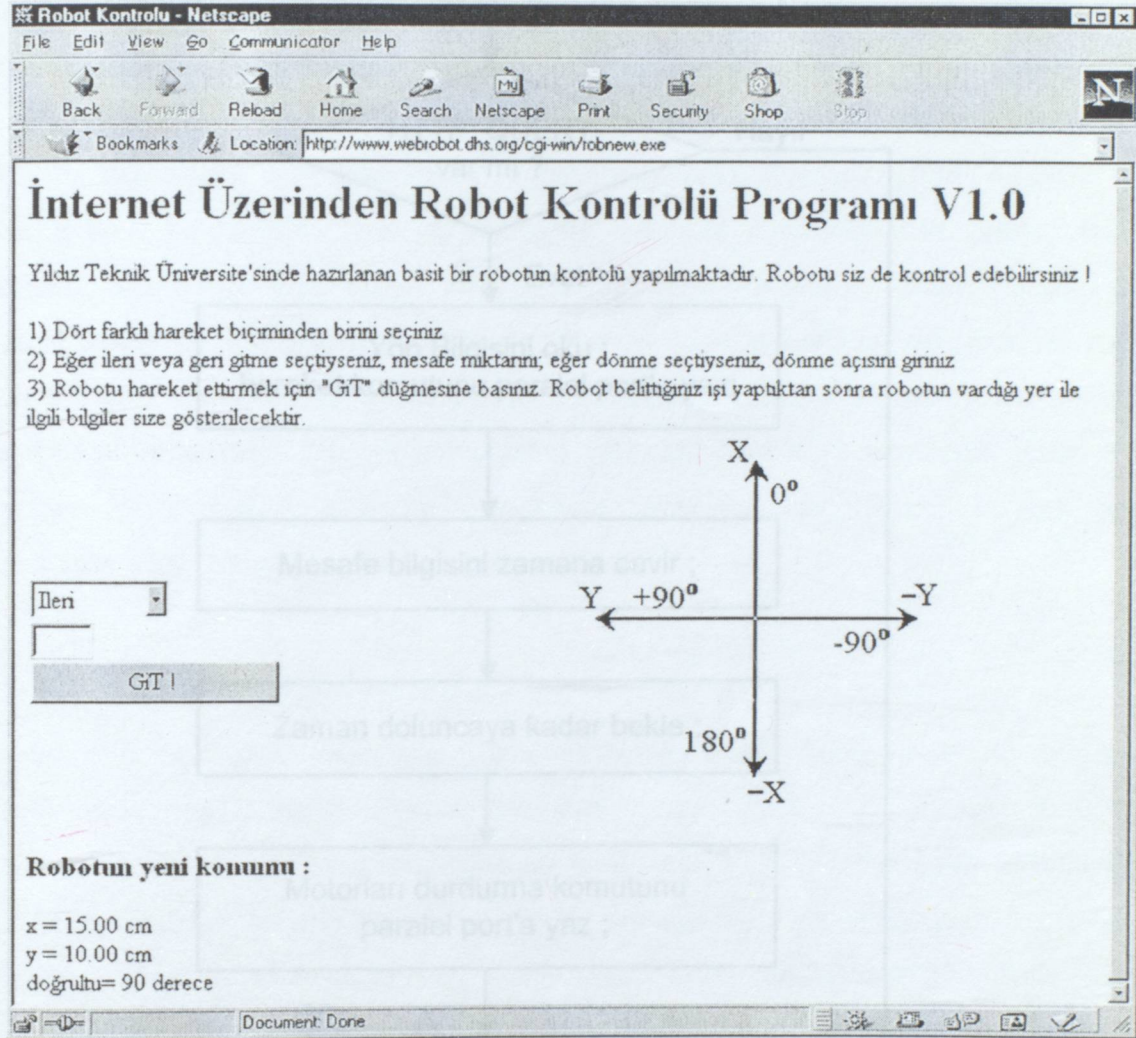
Özellik	Değeri
Port no	80
Sunucu adresi	<u>www.webrobot.dhs.org</u> (194.27.94.171)
CGI Çalışma süresi	Sonsuz (0)

İnternet bağlantısına sahip herhangi bir bilgisayar kullanıcısı, sunucunun adresini (veya IP no) tarayıcısına girerek sunucuya bağlanmakta ve sunucuda kayıtlı web sayfalarını izleyebilmektedir. Robot kontrolü amacıyla hazırlanan arayüz (web sayfası), CGI programının çıktısıdır. Robot kontrol programı olan robnew.exe uygulaması, tarayıcıdan GET metodu ile çağırıldığında arayüzü oluşturacak web sayfasını hazırlar. Bu sayfa üzerinde robotla ilgili birkaç açıklama, robot hareketinin girileceği giriş bölgeleri, robotun o andaki koordinatları gözükmektedir. Kullanıcı tarayıcısındaki bu arayüze gerekli bilgileri girdikten sonra verileri göndermeye yarayan "Git" düğmesine basar. Sayfadaki robotun dönme yönü ve miktarı bilgileri robnew.exe programa post metoduyla gönderilir. Arayüzün bir örneği Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Robotun yapabileceği hareketler şunlardır:

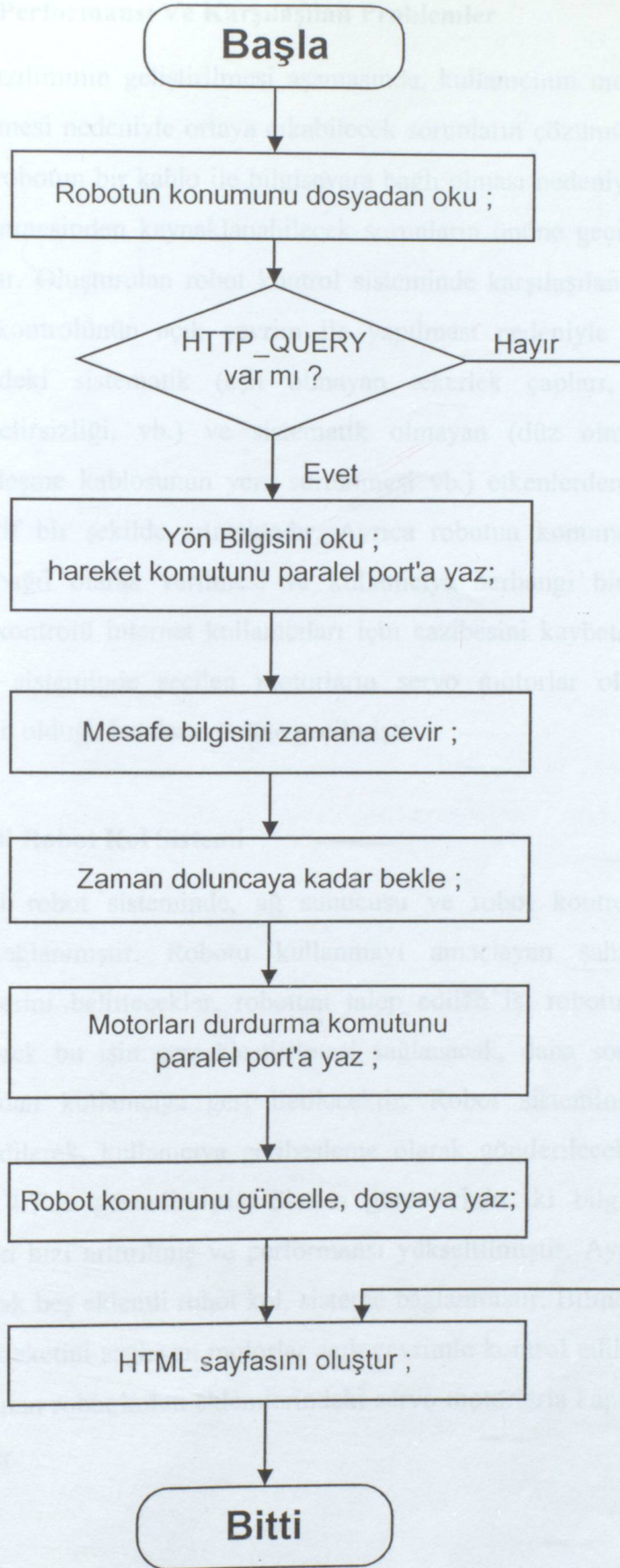
- Verilen miktar kadar ileri veya geri gitmek;
- Verilen miktar kadar sağa veya sola doğru dönmek.

Arayüzü oluşturan web sayfasının alt kısmında robotun, o anda bulunduğu konum ve doğrultu belirtilmektedir. Robotun hareketi sonrasında yeni oluşturulan arayüz sayfasında konum ve doğrultu değerleri güncellenmektedir. Bu değerler, sonraki hareketlerde kullanılmak üzere dosyaya kaydedilirler. Arayüzün sağ kısmında robotun hareketinde referans olarak alınan koordinat sistemi görünmektedir. Robotu hareket ettiren robnew.exe programı Borland PASCAL 7.0 programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Bu program kullanıcının gönderdiği verileri QUERY_STRING yöntemi ile alır, hareketin yönünü algılar, verilen komuta uygun şekilde robotu hareket ettirir, robotun yeni konumunu hesaplar ve arayüzü bu güncellenmiş konum bilgileri ile web sayfası şeklinde tekrar hazırlayarak kullanıcıya gönderir. Eğer kullanıcı sayfaya sadece bağlandıysa, veya tarayıcısından tekrar yükleme seçeneğini seçtiyse, kullanıcıdan herhangi bir hareket komutu gönderilmediğinden QUERY_STRING boş olacaktır. Bu durumda, robot hareket ettirilmeden sadece kullanıcı arayüzü oluşturulur ve

robot konumu sayfa altında belirtilir. Fakat eğer bir hareket komutu geldiyse, robot hareketi sonucu, geldiği konum; "Robotun yeni konumu" cümlesiyle açıklanır. Kullanıcı böylece kendi verdiği komutun yerine getirildiğini anlar. CGI programı robnew.exe'nin akış şeması Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Robot kontrol sayfası.



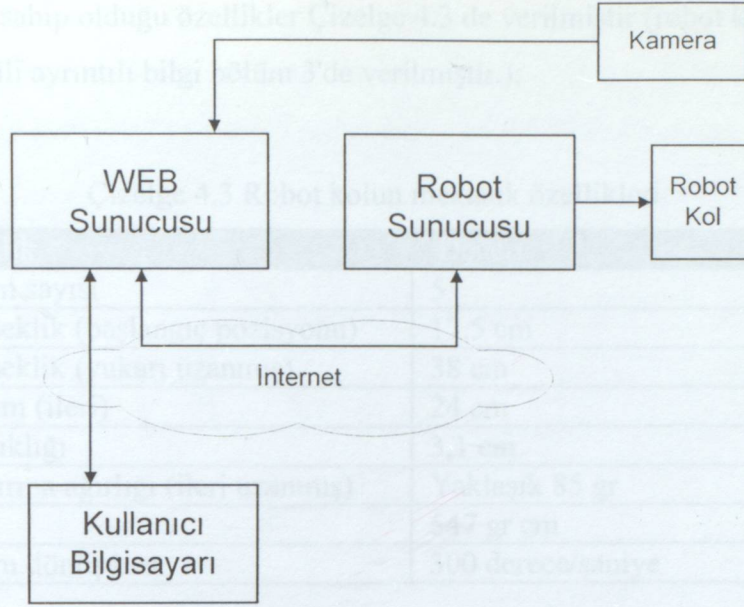
Şekil 4.6 Gezgin robot kontrol programı akış diyagramı

4.1.4 Sistemin Performansı Ve Karşılaşılan Problemler

Robot kontrol yazılımının geliştirilmesi aşamasında, kullanıcının mesafe bilgisi olarak çok büyük sayılar girmesi nedeniyle ortaya çıkabilecek sorunların çözümü üzerinde durulmuştur. Bunun yanı sıra robotun bir kablo ile bilgisayara bağlı olması nedeniyle kendi çevresinde iki defadan fazla dönmesinden kaynaklanabilecek sorunların önüne geçilmesi amacıyla dönme açısı kısıtlanmıştır. Oluşturulan robot kontrol sisteminde karşılaşılan önemli problemlerden biri de, motor kontrolünün açık çevrim ile yapılması nedeniyle meydana gelmektedir. Mekanik sistemdeki sistematik (eşit olmayan tekerlek çapları, etkin tekerlek alanı büyüklüğünün belirsizliği, vb.) ve sistematik olmayan (düz olmayan zemin, tekerlek kaymaları, haberleşme kablosunun yere sürtünmesi vb.) etkenlerden dolayı oluşan konum hataları, kümülatif bir şekilde artmaktadır. Ayrıca robotun konumunun belli bir merkez noktasına göre bağlı olarak verilmesi ve kullanıcıya herhangi bir harita sunulmaması nedeniyle robot kontrolü internet kullanıcıları için cazibesini kaybetmektedir. İkinci olarak tasarlanan robot sisteminde seçilen motorların servo motorlar olması ile açık çevrim kontrolünün neden olduğu hataların önüne geçilmiştir.

4.2 Beş Eklemlili Robot Kol Sistemi

Tasarlanan ikinci robot sisteminde, ağ sunucusu ve robot kontrolünün iki bilgisayara paylaşılması sağlanmıştır. Robotu kullanmayı amaçlayan şahıslar, ağ sunucusuna bağlanarak isteklerini belirtecekler, robottan talep edilen iş, robotun bağlı olduğu ikinci bilgisayara iletilerek bu işin gerçekleştirilmesi sağlanacak, daha sonra gerekli çıktılar ağ sunucusu tarafından kullanıcıya geri iletilecektir. Robot sisteminin görüntüsü, kamera vasıtasıyla kaydedilerek, kullanıcıya geribesleme olarak gönderilecektir. Bu sistemin blok diyagramı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Sistem görevlerinin iki bilgisayara paylaşılması sayesinde sistemin hızı artırılmış ve performansı yükseltilmiştir. Ayrıca robot üzerinde de geliştirme yapılarak beş eklemlili robot kol, sisteme bağlanmıştır. Bilindiği gibi, tasarlanan ilk sistemde robot hareketini sağlayan motorlar açık çevrimle kontrol edilmekte idi. İkinci robot sisteminde kullanılan robot kolun eklemlilerindeki servo motorlarla kapalı çevrim açı kontrolü gerçekleştirilmiştir.



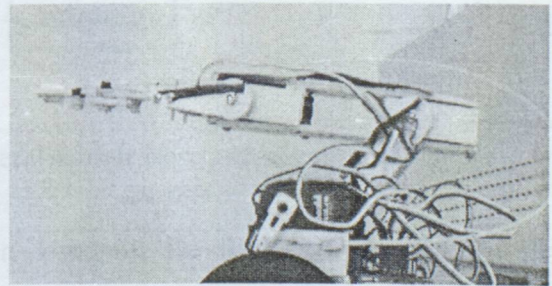
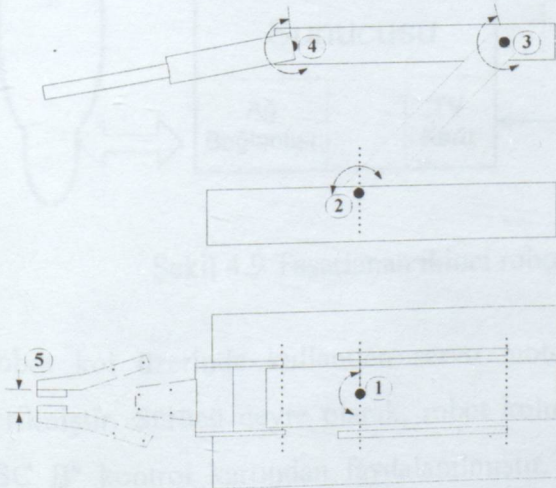
Şekil 4.7 Robot kol sistemi.

4.2.1 Sistemin Mekanik Yapısı

Robot kol, beş eklemlilik bir yapıya sahiptir. Kolun eklem yapısı Şekil 4.8'de gösterilmiştir. İnsan kolu ile özdeşleştirme yapılacak olduğunda, eklemlere sıra ile şu isimleri vermek mümkündür:

1 ve 2: Omuz eklemleri; 3: Dirsek; 4: Bilek; 5: Parmak;

Yatay doğrultudaki omuz eklemine gücün artırılması amacıyla, paralel bağlanmış iki adet servo motor kullanılmıştır. Robot kolun hareketi sırasında, her iki motorun da aynı açıda olması gerekmektedir. Robot kolda kullanılan toplam servo motor sayısı 6 olmaktadır.



Şekil 4.8 Robot kolun mekanik yapısı ve resmi .

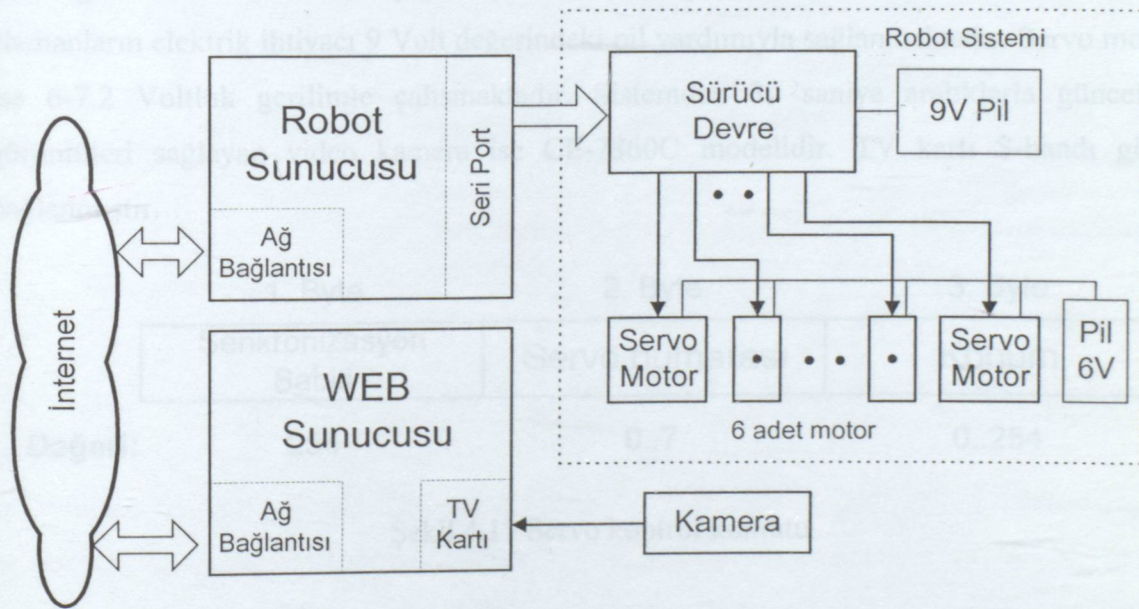
Mekanik sistemin sahip olduğu özellikler Çizelge 4.3 de verilmiştir (robot kolun matematiksel denklemleriyle ilgili ayrıntılı bilgi bölüm 3'de verilmiştir.).

Çizelge 4.3 Robot kolun mekanik özellikleri

Özellik	Değeri
Eklem sayısı	5
Yükseklik (başlangıç pozisyonu)	17,5 cm
Yükseklik (yukarı uzanmış)	38 cm
Ulaşım (ileri)	24 cm
El açıklığı	3,1 cm
Kaldırma ağırlığı (ileri uzanmış)	Yaklaşık 85 gr
Tork	547 gr cm
Eklem dönüş hızı	300 derece/saniye

4.2.2 Sistemin Donanımı

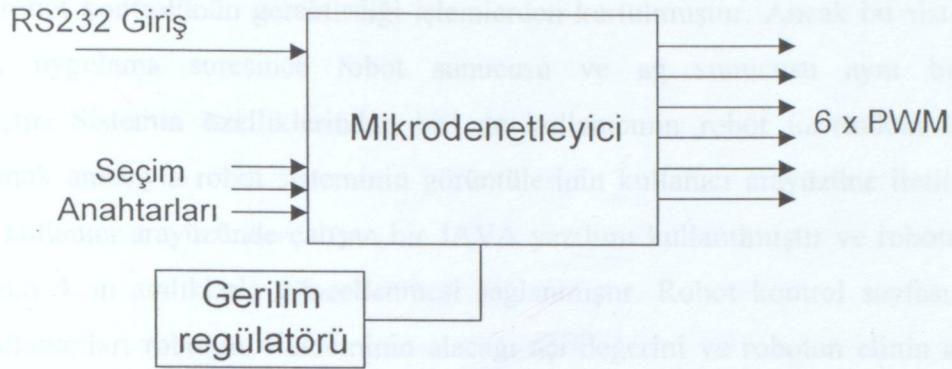
Robot kol kontrol sistemi, iki adet kişisel bilgisayardan ve robot kol sisteminden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Donanımın blok şeması Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Tasarlanan ikinci robot sistemine dair donanım diyagramı

Robot kol üzerinde kullanılan servo motorların kontrolü ile ilgili bilgiler Bölüm 2'de verilmiştir. Sürücü devre olarak, robot kolun üreticisi tarafından ücretsiz gönderilen "mini SSC II" kontrol kartından faydalanılmıştır. Kontrol kartı, RS232 standardında gönderilen komutlara göre 8 adet servo motorun bir derece hassasiyetli kontrolünü gerçekleştirmektedir. Kontrol kartı üzerinde gerilim regülâtörü, PIC16C621 SM mikrodenetleyici, seçim anahtarları

ve sekiz adet servo motor kontrol çıkışı bulunmaktadır. Bu kartın blok diyagramı Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Üç adet seçim anahtarı ile haberleşme frekansı (2400 baud-9600 baud), servo kontrol aralığı (90° - 180°) ve servo motor adresleri (0..7 - 8..15) ayarı yapılmaktadır.



Şekil 4.10 Servo kontrol kartı blok diyagramı

Bilgisayarın seri portundan RS232 standardında gönderilen komutlarla, sekiz servo motorun ayrı ayrı kontrol edilmesi mümkündür. Haberleşme, 9600 veya 2400 baud rate'de 8 bit veri, 1 start, 1 stop bit ve eşlik olmadan gerçekleştirilmektedir. Servo motor kontrol komutu 3 byte uzunluğundadır ve komutun yapısı Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kontrol kartı üzerindeki elemanların elektrik ihtiyacı 9 Volt değerindeki pil yardımıyla sağlanmaktadır. Servo motorlar ise 6-7.2 Voltluk gerilimle çalışmaktadır. Sistemden 30 saniye aralıklarla güncellenen görüntüleri sağlayan video kamera ise CE-7860C modelidir. TV kartı S-bandı girişine bağlanmıştır.

	1. Byte	2. Byte	3. Byte
	Senkronizasyon Sabiti	Servo numarası	Konum
Değeri:	255	0..7	0..254

Şekil 4.11 Servo kontrol komutu

Çizelge 4.4 Servo kontrol kartının özellikleri

Özellik	Değeri
Açı hassasiyeti	0.36° veya 0.72°
Servo gerilimi	6-7.2 Volt
Servo akımı (bekleme)	10mA
Servo akımı (hareket)	130mA
SSC besleme akımı	4.7mA

4.2.3 Sistemin Yazılımı

Robot kol sistemindeki internet üzerinden kontrol yazılımında, önemli yenilikler yapılmıştır. Robot kontrol yazılımının, internet üzerinden çalıştırılabilir CGI yazılımından ayrılmasıyla ağ sunucusu, robot kontrolünün gerektirdiği işlemlerden kurtulmuştur. Ancak bu sistem sadece denemiştir, uygulama suresince robot sunucusu ve ağ sunucusu aynı bilgisayarda çalıştırılmıştır. Sistemin özelliklerinden biri de kullanıcının robot üzerindeki kontrolünü kolaylaştırmak amacıyla robot sisteminin görüntülerinin kullanıcı arayüzüne iletilmiştir. Bu işlem için kullanıcı arayüzünde çalışan bir JAVA yazılımı kullanılmıştır ve robotun kamera görüntüsünün 4 sn aralıklarla güncellenmesi sağlanmıştır. Robot kontrol sayfası üzerinde, internet kullanıcıları robotun 4 eklemesinin alacağı açı değerini ve robotun elinin açık/kapalı olmasını belirtmektedirler. Kullanıcı arayüzünün görünüşü Şekil 4.13'de verilmiştir. Sistemde tasarlanarak oluşturulan yazılımların temel görevleri Çizelge 4.5 'de açıklanmıştır:

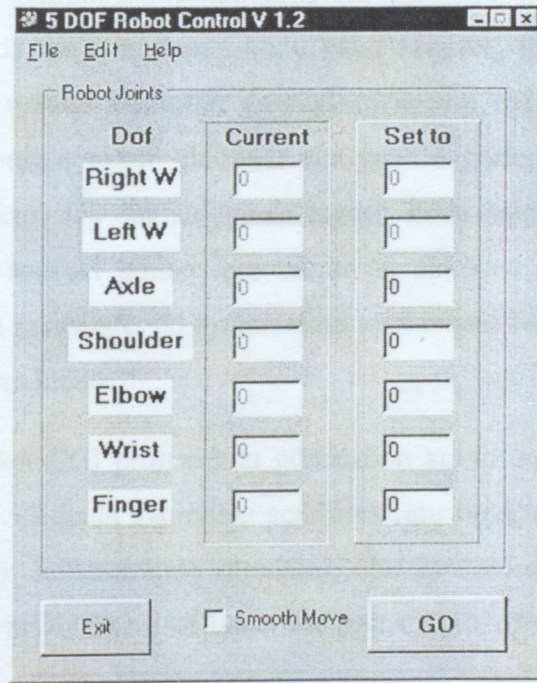
Çizelge 4.5 Robot kol sistemindeki yazılımların görevleri

Program	Görevi
CGI yazılımı (CGI5dof.exe)	Uzaktaki kullanıcının gönderdiği komutları kurallar çerçevesinde robot kontrol yazılımının çalıştırıldığı bilgisayara göndermek ve buradan gelen cevapları düzenleyerek web sayfası biçiminde kullanıcıya göndermek.
Robot kontrol yazılımı (robo5dp.exe)	Ağ sunucusundan gelen komutlara uygun şekilde robotu hareket ettirmek ve robotun vardığı son durumu CGI programına iletmek; Yetkiliye sistemin durumunu izleme ve kontrol etme imkanı sağlamak

Robot sisteminin görüntüsünü kamera ile yakalayarak sabit diske kaydeden program için internette pek çok farklı biçimde bulunan webcam yazılımlarında biri kullanılmıştır. Sistemde zaten bir ağ sunucusu olduğundan, bu programın işlevi sadece kameradan 4 sn aralıklarla bir resim yakalayarak, ağ sunucusunun internet erişimine için verdiği klasörlerden birine kaydetmektir. ConquerWare firması tarafından hazırlanan ConquerCam yazılımı diğer yazılımlardan daha kararlı olması bakımından tercih edilmiştir. Kullanıcı arayüzünde robot kontrol sayfası ve JAVA ile otomatik olarak yenilenen kamera görüntüsü sayfası iki ayrı çerçeveye yerleştirilerek tarayıcı sayfasında bulunmaktadır. Kamera görüntüsünün farklı çerçevede olması, robot kontrol yazılımının çalıştığı durumda da kamera görüntüsünün durmayarak yenilenmeye devam etmesi sağlanmıştır.

4.2.3.1 Robot Kontrol Yazılımı

Robot kontrol yazılımını, basit olarak, seri port üzerinden robotu kontrol eden yazılımdır. Bu yazılım internet kullanıcılarınıninkine benzer bir kullanıcı arayüzüne sahiptir.(Şekil 4.12) Bu arayüz ile robot sisteminin yanında bulunan yetkili kişinin robot kolun her açısının sayısal değerlerini izleyebilir, herhangi bir anda, robotu istediği yere getirerek sisteme müdahale edebilir. Bu kişinin robotun bağlı olduğu seri port numarasını ayarlama ve robot eklemlerinin açısal hızlarını sınırlama imkanı bulunmaktadır. Eklem açısal hızının sınırlaması, eklem alacağı açı değerinin servo kontrol kartına bir seferde gönderilmesi yerine, açı değerinin küçük aralıklarla, yavaş bir şekilde arttırılması ile sağlanmaktadır. Kullanıcı arayüzündeki ilk iki ayar satırı Right W (Sağ tekerlek) ve Left W (Sol tekerlek) LYNX Motion firmasının robot kolunda bulunan iki adet tekerleğin kontrolü amacıyla konulmuştur. Ancak bu iki ayar değiştirilemeyecek şekilde sabitlenmiştir ve tez kapsamına alınmamıştır.



Şekil 4.12 Robot kontrol yazılımının yetkili için kullanıcı arayüzü

Robot kontrol yazılımı, asıl amacı internet kullanıcılarının robotu kontrol etmesini sağlamaktır. Yazılım TCP/IP protokolü uyarınca 7700 no'lu portu dinleyerek, ağ sunucusu üzerinde çalışan CGI programının göndereceği komut paketini beklemektedir. Aynı komut paketi biçimi, robot hareketi sonunda, elde edilen sonuçların kullanıcıya geri iletilmesi için de kullanılmaktadır. Her iki duruma ait komut tipi kodları farklı anlamlar taşımaktadır. Komut paketi olduğu bölümler aşağıda açıklanmıştır:

Tcommandword=record

```

typ:char;           { Komut tipi }
dof: array[1..5] of integer; { Eklem aç ı değerleri }
RT:string[8];      { Rastlantısal kullanıcı kodu }

end;
```

Komut tipi olarak tanımlanan kısım, kullanıcının robota bir komut göndermesi veya sadece robot konumunu okumak istemesi durumlarını ayırıştırmak için kullanılmaktadır. Eğer kullanıcı sayfaya ilk defa bağlanıyorsa, konum okuması yapacaktır ve kullanıcı kodu tanımlı olmayacaktır. Bu durumda, Robot kontrol yazılımı Bu kullanıcıya sekiz harften oluşan rastlantısal bir kullanıcı kodu oluşturacak, ve bu kod kullanıcı arayüzü üzerinde gizli bir bölgede saklanarak, daha sonraki komutlarında tekrar kullanılacaktır. Bir kullanıcının robota komut vermesi durumunda, onun kullanıcı kodu kayıt edilerek, üç dakika boyunca sadece o koda sahip kullanıcının verdiği komutlar gerçekleştirilecek, diğer kullanıcıların komutları çalıştırılmayacak, ama onlara robot eklemlerinin yeni değerleri gönderilerek bilgilerinin güncellenmesi sağlanacaktır. Üç dakika içinde kayıtlı koda sahip kullanıcının yeni komut vermesi durumunda, bir sonraki komut için tekrar üç dakikası olacaktır. Sekiz basamaklı rastlantısal kullanıcı kodu sayesinde, iki kullanıcının rastlantısal kodlarının aynı olma olasılığı $26^8 = 209$ milyarda bir olmaktadır.

Robot kontrol yazılımından CGI programına gönderilen komutun komut tipi ise üç çeşittir. Bu kod çözülerek, şekil 4.13 de alt kısımdaki açıklama satırına dönüştürülür. Bunlar "robotun serbest olması "(kimsenin kullanımında olmama); "bu rastlantısal koda sahip kullanıcının kontrolünde olma" ve "şu an başka bir kullanıcının kontrolünde olma" durumlarıdır.

4.2.3.2 CGI Yazılımı

CGI yazılımı internet sayfası şeklindeki kullanıcı arayüzünden gelen verileri düzenleyerek, robot komutunu oluşturur ve bunu robot sunucusunun internet adresine 7700 nolu porttan gönderir. Robot sunucusu da bu uygulama için aynı bilgisayar olduğu için internet adresi olarak 127.0.0.1 tanımlanmıştır. Bu adresin değiştirilmesi ile robot sunucusunun aę sunucusundan ayrılması mümkün olmaktadır. Bu CGI yazılımının Aę sunucusunda görünen sadece yetkili kişinin kullanımına açık bir arayüzü bulunmaktadır. Bu arayüzden Robota erişmek isteyen kişinin internet adresi görülür ve robot sunucusuyla olan haberleşmesindeki

aşamayı izlemek mümkündür. Ayrıca yetkili kişinin bu arayüz üzerindeki düğme vasıtasıyla kullanıcının verdiği komutu iptal etmek hakkı vardır. CGI yazılımı robot sunucusunun verdiği cevaba göre kullanıcı arayüzü web sayfasını oluşturur, robotun durumuna dair açıklama satırını oluşturur ve kullanıcıya iletir. CGI5dof.exe programa dair akış şeması Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

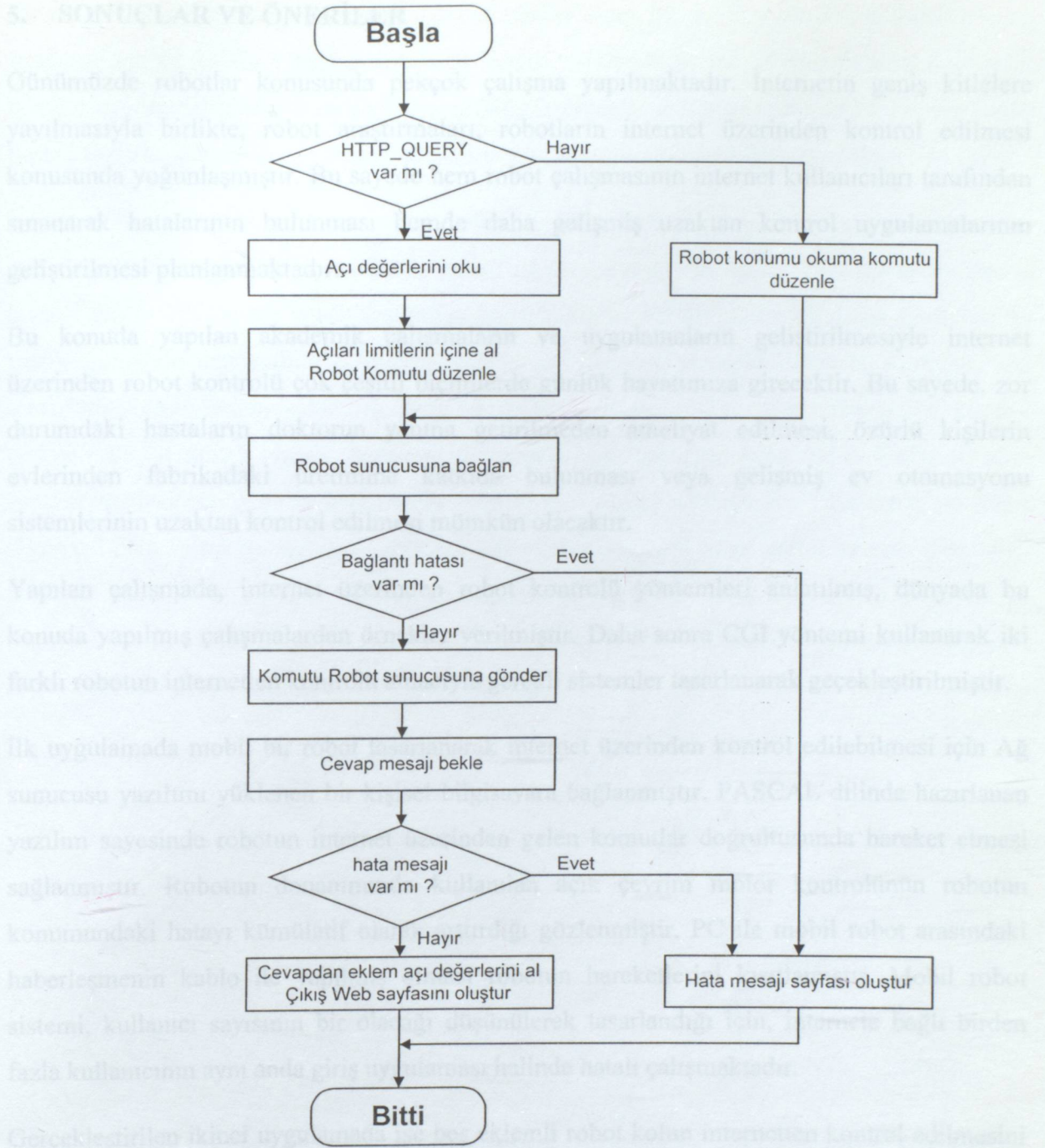
WEBROBOT Kontrol Sayfası Video image

EKLEM	ŞİMDİKİ DEĞER	SONRAKİ DEĞER	ARALIK
Ana Eksen	0	<input type="text" value="0"/>	-90..+90
Omuz	20	<input type="text" value="20"/>	-90..+45
Dirsek	50	<input type="text" value="50"/>	-50..+90
Bilek	0	<input type="text" value="0"/>	-90..+90
EL	Açık	<input type="text" value="Açık"/>	Açık/kapalı

Robot sizin kontrolünüzde.

Tam 02, 2007 08:36

Şekil 4.13 Robot kontrol programının internetteki kullanıcı arayüzü



Şekil 4.14 Robot kol sistemindeki CGI yazılımının akış şeması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde robotlar konusunda pekçok çalışma yapılmaktadır. İnternetin geniş kitlelere yayılmasıyla birlikte, robot araştırmaları, robotların internet üzerinden kontrol edilmesi konusunda yoğunlaşmıştır. Bu sayede hem robot çalışmasının internet kullanıcıları tarafından sınanarak hatalarının bulunması hemde daha gelişmiş uzaktan kontrol uygulamalarının geliştirilmesi planlanmaktadır.

Bu konuda yapılan akademik çalışmaların ve uygulamaların geliştirilmesiyle internet üzerinden robot kontrolü çok çeşitli biçimlerde günlük hayatımıza girecektir. Bu sayede, zor durumdaki hastaların doktorun yanına getirilmeden ameliyat edilmesi, özürlü kişilerin evlerinden fabrikadaki üretimine katkıda bulunması veya gelişmiş ev otomasyonu sistemlerinin uzaktan kontrol edilmesi mümkün olacaktır.

Yapılan çalışmada, internet üzerinden robot kontrolü yöntemleri anlatılmış, dünyada bu konuda yapılmış çalışmalardan örnekler verilmiştir. Daha sonra CGI yöntemi kullanarak iki farklı robotun internetten kontrolü amacıyla gerekli sistemler tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.

İlk uygulamada mobil bir robot tasarlanarak internet üzerinden kontrol edilebilmesi için Ağ sunucusu yazılımı yüklenen bir kişisel bilgisayara bağlanmıştır. PASCAL dilinde hazırlanan yazılım sayesinde robotun internet üzerinden gelen komutlar doğrultusunda hareket etmesi sağlanmıştır. Robotun donanımında kullanılan açık çevrim motor kontrolünün robotun konumundaki hatayı kümülatif olarak arttırdığı gözlenmiştir. PC ile mobil robot arasındaki haberleşmenin kablo ile yapılmış olması robotun hareketlerini kısıtlamıştır. Mobil robot sistemi, kullanıcı sayısının bir olacağı düşünülerek tasarlandığı için, internete bağlı birden fazla kullanıcının aynı anda giriş uygulaması halinde hatalı çalışmaktadır.

Gerçekleştirilen ikinci uygulamada ise beş eklemlili robot kolun internetten kontrol edilmesini sağlayan sistem gerçekleştirilmiştir. Dünyanın herhangi bir yerinde bulunan, internete bağlı bir kullanıcı, robot kolun eklemlerini açısal olarak kontrol edebilmekte, robotun hareketini kamera görüntüleri sayesinde izleyebilmektedir. Robot sistemi, aynı anda sadece bir kişinin kontrolüne olanak tanımaktadır. Diğer kullanıcılar sadece robotun hareketini gözlemleyebilmektedir. Robot sistemine eklenen modülerlik özelliği sayesinde internetten kontrol edilen robotun ağ sunucusundan farklı bir bilgisayara bağlanabilmesi sağlanmıştır.

İnternet üzerinden robot kontrolü sağlayan sistemin kullanıcı arayüzünü internet sayfası oluşturmaktadır. Bu sayfanın bütün internet kullanıcılarına hitap edebilmesi amacıyla görsel ama basit bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Kullanıcıların robotu kontrol ederken uzun

sürelerle beklememeleri ve kamera görüntüsünün akıcı bir şekilde aktarılabilmesi için ağ sunucu görevini üstlenen bilgisayarın hızlı olması tercih edilmelidir. Ayrıca internet üzerinden kontrol uygulamalarında, tasarlanan sistemlerin kullanıcı hatalarına karşı dayanıklı olması ve birden fazla kullanıcının eş zamanlı girdiği komutlara mantıklı tepkiler vermesidir.

İnternet üzerinden kontrol çalışmasının geliştirilmesi amacıyla ileride yapılacak çalışmalar için, uzaktan kontrol algoritmasının geliştirilerek otonom bir robot tasarımına gidilmesi tavsiye edilir. Bu sayede robot sisteminin basit işlere ek olarak çeşitli karmaşık görevleri de yerine getirmesi sağlanabilir (Örneğin belli bir cismi alma, yuvarlak cisimleri toplama, yeri temizleme, engellerden sakınarak belli bir noktaya gitme vb.). İnternet üzerinden kontrol edilen robotun mobil olması durumunda, robotla olan haberleşmenin kablo kullanılmadan sağlanması robotun daha serbest hareket etmesi için gerekli olmaktadır. Tasarlanan iki robot sistemini olan robot kol ile mobil robotun birleştirilerek mobil robot kolun internet üzerinden kontrolü sağlanabilir. İnternet kullanıcı arayüzünün de JAVA veya FLASH destekli olarak tasarlanması ile daha görsel ve becerikli bir kullanıcı arayüzü oluşturmak ve gerçek zamanlı robot kontrolü gerçekleştirmek mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

Asimov, I., (1968), "I, Robot", (1940 - 1950 yılları arasında yayınlanan kısa hikayelerini biraraya getirdiği kitap), Grafton Books, Londra.

Asimov, I., Warrick, P.S., Greenberg, M.H., (1983) "Machines That Think", Holt, Rinehart. and Wilson, Londra.

Caprari, G., Balmer, P., Piguet, R., Siegart, R., (1998), "The Autonomous Micro Robot "Alice": a platform for scientific and commercial applications", MHS'98, 9.Int. Symposium on Micromechatronics and Human Science, Nagonya, Japonya, Kasım 25-28

Clarke, R., (1993), "Asimov's Laws of Robotics Implications for Information Technology" Bölüm 1, IEEE Computer 26,12 aralık 1993,53-61.

Everet, H. R.,(1995), Sensors fir Mobile Robots: Theory and Application, A K Peters LTD

Farzin, B., Goldberg, K., Jacobs, A., (1999)," A Minimalist Telerobotic Installation on the Internet "International Conference on Robotics and Automation, Detroit Michigan, Mayıs 15

Goldberg, K., Chen, B., Solomon, R., Bui, S., Farzin, B., Heitler, J., Poon, D., Smith, G., (2000)," Collaborative Teleoperation via the Internet ",IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, CA,Nisan 2000

Goldberg, K., Mascha, M., Gentner, S., Rothenberg, N., Sutter, C., Wiegley, J., (1995), "Desktop Teleoperation via the World Wide Web ", IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nagoya, Mayıs 19-26

Haigh, K., Veloso, M.,(1997) "High-Level Planning and Low-Level Execution: Towards a Complete Robotic Agent," in Autonomous Agents 1997. February. Pages363-370.

Mikkelsen, J. (1998) "A Machine Vision System Controlling a Lynxarm Robot along a Path", Yüksek Lisans Tezi, Aalborg Üniversitesi, Danimarka.

Özen, S., (2000), "Bir Gezgin Robot İçin Elektronik Denetim Donanımının Tasarımı ve Uygulaması" Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi

Saucy, P., Mondada, F., (1998), "KhepOnTheWeb : One Year of Access to a Mobile Robot on the Internet", Workshop ,Robots on The Web, IROS'98, Victoria, Canada, ekim 13-17.

Schulz, D., Burgard, W., Cremers, A.B., Fox, D., Thrun, S., (1999) "Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places" IEEE Magazine on Robotics and Automation

Scott.,P.B.,(1984), "The Robotics Revolution: The Complete Guide" Blackwell, Oxford.

Simmons, R., Goodwin, R., Haigh,K.Z., Koenig, S., O'Sullivan, J.,(1997), "A Modular Architecturefor Office Delivery Robots," in Autonomous Agents 1997. February 1997. ACM. Pages 245-252.

Stein, M.,(1998), "Painting on the World Wide Web: The PumaPaint Project", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Victoria, Canada, kasım 12-16

Taylor, K., Dalton, B., (1997), "Issues in Internet Telerobotics ", FSR'97 International Conference on Field and Service Robotics at The Australian National University, Canberra, Australia 8-10 Aralık.

Taylor, K., Trevelyan, J.,(1995), " Australia's Telerobot on the Web ", 26th International Symposium On Industrial Robots Singapore 4-6 Ekim.

Yildiz, E., (2000), "Bir Gezgin Robot İçin Elektronik Denetim Yazılımının Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldiz.Teknik Üniversitesi.

URL: <http://www.britannica.com>

URL: <http://www.honda.co.jp/robot/about/>

EKLER

- Ek 1 WEB Sayfasından CGI Yazılımına Veri Gönderme (FORM)
 Ek 2 CD4066 Entegresi katalog bilgisi
 Ek 3 2N3055 NPN tipi tranzistör katalog bilgisi

Form, kutu, girilecek değerler, menüler, seçim kutuları gibi bölümler bulunan bir arayüzdür. Kullanıcı bu kısma dokunduktan sonra "gönderme" düğmesini basar ve formdaki bilgiler CGI programına gitmek üzere sunucuya gönderilir.

<FORM>...</FORM> Bölgesi

Yukarıdaki anlamısızdır bu veri seçti kısım oluşturulmuş. Bunun veri girileri bu bölgede yapılır (bkz Şekil Ek 1.1)

Şekil Ek 1.1 Form yapısı

```
<FORM METHOD="POST" ACTION="/cgi-bin/web-etc">

```

Ek 1 WEB Sayfasından CGI Yazılımına Veri Gönderme (FORM)

Bir web sayfası, aralarında çeşitli bağlantılar bulunan Hyper Text Markup Language (HTML) sayfa formatı diliyle oluşturulmaktadır. Bu bölümde bir web sayfasından CGI yazılımına gönderilecek bilgilerin alınması için gerekli komut ve kısaltmalar verilecektir.

Form, içinde metin bölgeleri, düğmeler, menüler, seçim kutuları gibi bölümler bulunan bir arayüzdür. Kullanıcı bu formu doldurduktan sonra "gönderme" düğmesine basar ve formdaki bilgiler CGI programıyla işlenmek üzere sunucuya gönderilir.

<FORM>...</FORM> Bölgesi

Yukarıdaki tanımlamalar ile veri isteği formu oluşturulur. Bütün veri girdileri bu bölgede yapılır. (bkz Şekil Ek 1.1)

Çizelge Ek1.1 Form yapısı

Form örneği

```
<FORM METHOD="POST" ACTION="/cgi-bin/web-exe">
...
... Form elemanları veya diğer HTML komutları
...
</FORM>
```

FORM bölgesinin alt tanımlamaları şunlardır:

METHOD REQUEST_METHOD değişkenine de atanacak istek yöntemini içerir. Alabileceği değerler GET veya POST'dur. Bu gönderme yöntemlerine bağlı olarak alınan cevaplar farklı şekillerde olmaktadır:

GET: Bu yöntemle gönderilen bilgiler hedefteki URL'nin sonuna eklenir. CGI program ise bu verileri QUERY_STRING değişkeni yoluyla alır.

POST: Bu yöntemde ise gönderilecek bilgiler URL'den ayrı olarak gönderilir. CGI program ise bilgileri standart giriş yoluyla alır. Ancak sunucu verilerin sonunu belirten karakteri kullanmadığı için okunması gereken bilginin boyutu CONTENT_LENGTH ile öğrenilir. Diğer yönteme oranla daha sık kullanılır.

ACTION Form içinde bulunan gönderme düğmesine basıldığında yapılacak işlemi belirtir. CGI programın adresini içerir. Fakat genel anlamı ile bu işlem, Javascript dilinde yazılmış bir programı da çalıştırmak olabilir.

NAME Aynı sayfada bulunan formları birbirinden ayırabilmek için isimlendirmede kullanılır.

TARGET Form bilgilerinin gönderilmesi ve CGI programının çalıştırılması durumunda, programın göndereceği cevap bir web sayfası olarak gelecektir. Bu yönden bakınca CGI programı yeni bir web sayfası olmaktadır. Bu durumda normal linklerde (<a> ..) gibi bu yeni sayfanın ne şekilde açılacağı belirtilebilir. Alabileceği değerler: _blank, _parent, _self, _top

<INPUT> ... </INPUT> Bölgesi

Bilgi girişi için kullanılan kısımları içerir. Varsayılan olarak, 20 karakterlik tek satırlık bilgi girişi için kullanılır. Özellikleri:

NAME Bilgi giriş bölgesini adlandırır.

VALUE Girdi kutusunda başlangıç değeri atamasında kullanılır.

SIZE Bilgi girişi yazı kutularından biri ise, bu kutunun tarayıcı ekranındaki boyutunu harf sayısı olarak tanımlar. Buraya yazılan karakter sayısı daha büyük olması durumunda, metin sağa doğru kayacaktır.

MAXLENGTH Bilgi girişi yazı kutularından biri ise, bu kutuya yazılabilecek en uzun metnin harf sayısını kısıtlar. Aşılması durumunda hata sesi ile kullanıcı uyarılır.

TYPE Bilgi girişinin ne şekilde yapılacağını belirler. Her tipin kendi özellikleri ayrı ayrı ayarlanabilir:

text : Yazı kutusu açarak, harf olarak bilgi almak için kullanılır

hidden : Web sayfasında gözükmeyen girdiler için, genellikle kullanıcının daha önce girdiği bilgileri aktarmak amacıyla kullanılır.

checkbox : Onay kutusu açmak için kullanılır.

file : Dosya göndermek için kullanılır.

image : Resim üzerinde basıldığında o noktanın koordinatlarını gönderen giriş çeşididir.

password : Yazılan harflerin gizlendiği yazı kutusu.

radio : Çoktan seçmeli kutular eklemek için kullanılır.

reset : Form'daki girilmiş verileri silme düğmesi ekler.

submit : Form'u gönderme düğmesi ekler (ACTION ile tanımlanan işlem gerçekleştirilir)

Çizelge Ek1.2'de bir kullanıcı anketi örneği verilmiştir. Bu örneğin oluşturacağı arayüzün görünüşü ise Şekil Ek 1.1'de gösterilmiştir.

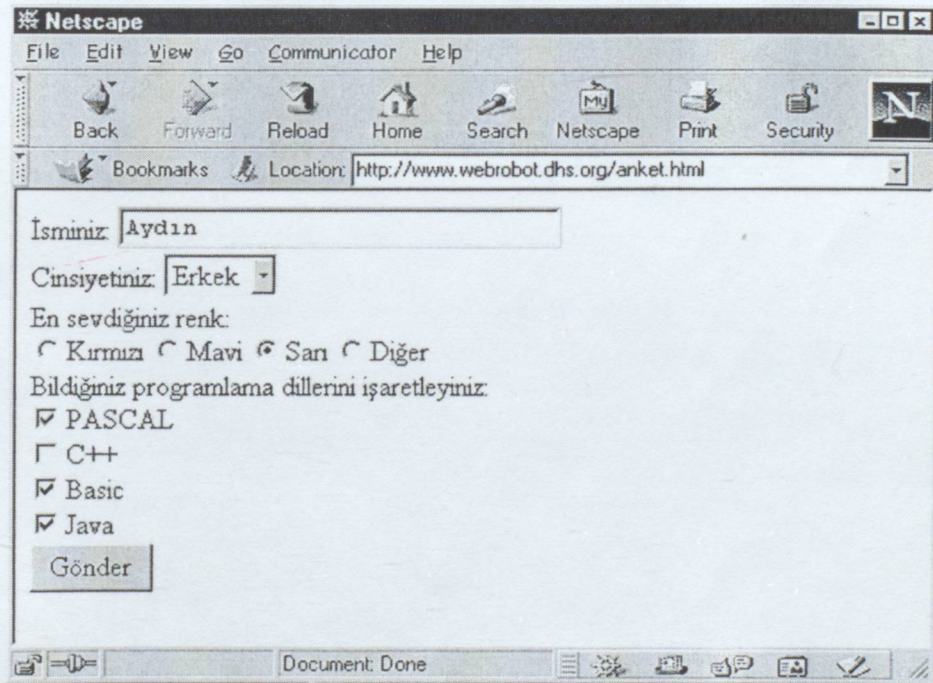
Çizelge Ek1.2 Form örneği

Form örneği

```

<form name="form1" method="get" action="/cgi-bin/anket.pl">
İsminiz: <input type="text" name="name" size="30"><br>
Cinsiyetiniz: <select name="gender">
  <option value="male">Erkek
  <option value="female">Bayan
</select><br>
En sevdiğiniz renk: <br>
  <input type="radio" name="color" value="red">Kırmızı
  <input type="radio" name="color" value="blue">Mavi
  <input type="radio" name="color" value="yellow">Sarı
  <input type="radio" name="color" value="other">Diğer<br>
Bildığınız programlama dillerini işaretleyiniz: <br>
  <input type="checkbox" name="pascal">PASCAL<br>
  <input type="checkbox" name="c++">C++<br>
  <input type="checkbox" name="basic">Basic<br>
  <input type="checkbox" name="java">Java<br>
<input type="submit" value="Gönder">
</form>

```



Şekil Ek 1.1 HTML form örneği kullanıcı arayüzü

Web sayfasındaki form yukarıdaki gibi doldurulduktan sonra, gönder düğmesine basıldığında, tarayıcı aşağıdaki adrese yönlendirilir. Gönderme yöntemi GET olduğu için form bilgileri, istenilen adresin sonuna QUERY_STRING olarak eklenmiştir. "ı" harfi ise standart bir harf olmadığı için URL kodlu olarak gönderilmiştir (Çizelge Ek1.3).

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

November 1983
Revised August 2000

CD4066BC Quad Bilateral Switch

General Description

The CD4066BC is a quad bilateral switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with CD4016BC, but has a much lower "ON" resistance, and "ON" resistance is relatively constant over the input-signal range.

Features

- Wide supply voltage range 3V to 15V
- High noise immunity 0.45 V_{DD} (typ.)
- Wide range of digital and analog switching $\pm 7.5 V_{PEAK}$
- "ON" resistance for 15V operation 80 Ω
- Matched "ON" resistance $\Delta R_{ON} = 5 \Omega$ (typ.) over 15V signal input
- "ON" resistance flat over peak-to-peak signal range
- High "ON"/"OFF" 65 dB (typ.) output voltage ratio @ $f_{is} = 10$ kHz, $R_L = 10$ k Ω

- High degree linearity 0.1% distortion (typ.)
- High degree linearity @ $f_{is} = 1$ kHz, $V_{is} = 5V_{p-p}$
- High degree linearity $V_{DD} - V_{SS} = 10V$, $R_L = 10$ k Ω
- Extremely low "OFF" 0.1 nA (typ.) switch leakage: @ $V_{DD} - V_{SS} = 10V$, $T_A = 25^\circ C$
- Extremely high control input impedance $10^{12} \Omega$ (typ.)
- Low crosstalk -50 dB (typ.) between switches @ $f_{is} = 0.9$ MHz, $R_L = 1$ k Ω
- Frequency response, switch "ON" 40 MHz (typ.)

Applications

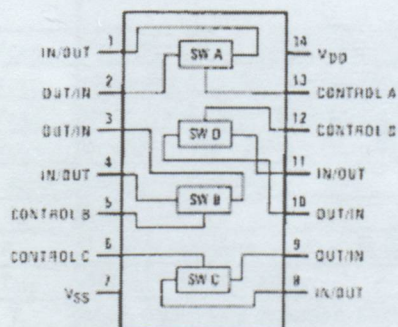
- Analog signal switching/multiplexing
 - Signal gating
 - Squelch control
 - Chopper
 - Modulator/Demodulator
 - Commutating switch
- Digital signal switching/multiplexing
- CMOS logic implementation
- Analog-to-digital/digital-to-analog conversion
- Digital control of frequency, impedance, phase, and analog-signal-gain

Ordering Code:

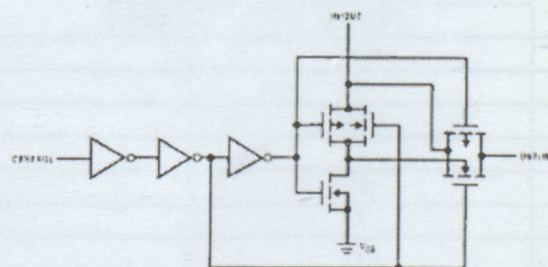
Order Number	Package Number	Package Description
CD4066BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
CD4066BCSJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
CD4066BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Schematic Diagram





2N3055
MJ2955

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

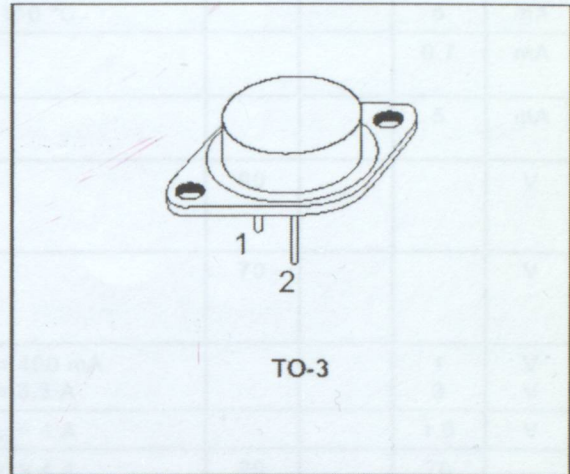
- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

DESCRIPTION

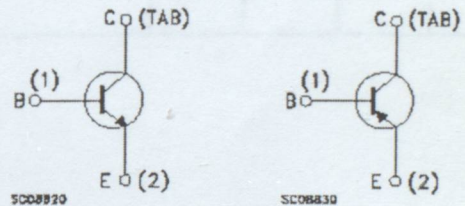
The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit	
		NPN	PNP		
V_{CB0}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	2N3055	MJ2955	100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($R_{BE} \leq 100\Omega$)			70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)			60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)			7	V
I_C	Collector Current			15	A
I_B	Base Current			7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$			115	W
T_{stg}	Storage Temperature			-65 to 200	$^\circ\text{C}$
T_j	Max. Operating Junction Temperature			200	$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current values are negative.

2N3055 / MJ2955

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
----------------	----------------------------------	-----	-----	-----------------------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -1.5\text{V}$)	$V_{CE} = 100\text{V}$			1	mA
		$V_{CE} = 100\text{V}$ $T_J = 150^{\circ}\text{C}$			5	mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 30\text{V}$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 7\text{V}$			5	mA
$V_{CEO(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 200\text{mA}$	60			V
$V_{CER(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($R_{BE} = 100\ \Omega$)	$I_C = 200\text{mA}$	70			V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4\text{A}$ $I_B = 400\text{mA}$			1	V
		$I_C = 10\text{A}$ $I_B = 3.3\text{A}$			3	V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{A}$			1.8	V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = 4\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{A}$	20		70	
		$I_C = 10\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{A}$	5			
f_T	Transition frequency	$I_C = 0.5\text{A}$ $V_{CE} = 10\text{V}$	3			MHz
$I_{s/b*}$	Second Breakdown Collector Current	$V_{CE} = 40\text{V}$	2.87			A

* Pulsed; Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %
For PNP types voltage and current values are negative.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	23.6.1975	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1986-1993	İstanbul Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı, Elektronik Programı

Çalıştığı kurum

1998-Devam ediyor	Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Devreler ve Sistemler Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi
-------------------	--

