

EDAR G2 – 2. Jenerasyon Taşıyıcı Robot Tasarım ve Gerçekleme

Muharrem Aksu, EEM 2006
Kemal Kıraç, EEM 2006
Mustafa Bedri Şen, EEM 2006
Yavuz Ayhan, MM 2006
Mehmet Can, MM 2006
Deniz Dalyanoğlu, MM 2006
Okan Şen, MM 2006

Akıllı Sistemler Laboratuvarı
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Boğaziçi Üniversitesi
Bebek 34342 İstanbul

Proje Danışmanları:
Prof.Dr. H. Işıl Bozma, Elektrik-Elektronik Müh.
Yard. Doç.Dr. Emre Aksan, Makina Müh.
Murat Karadeniz, Elektrik-Elektronik Müh.

Haziran 2006

©ISL, Boğaziçi Üniversitesi, 2006.
Yazarların izni olmadan kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

İçindekiler

1	Giriş.....	2
2	Taşıyıcı Robotlar.....	2
3	Mekanik Tasarım.....	3
3.1	Doğrusal Ve Dönme Hareketleri.....	4
3.2	Kol Mekanizması.....	4
3.3	Tutma Mekanizması.....	6
4	Elektronik Tasarım.....	7
5	Motor Sürücü Kartları.....	7
6	İletişim yapısı.....	8
7	Alt Seviye Denetleme.....	9
8	Üst Seviye Denetleme – Yapay Gizilgüç İşlevleri.....	9
9	Kullanıcı Arabirimi.....	11
10	Görsel Algılama.....	12
11	Sonuç.....	12
12	Teşekkürler.....	12
13	Kaynakça.....	12

Şekiller

Şekil 1:	Doğrusal ve dönme mekanizmaları.....	4
Şekil 2:	Kolun dönme mekanizması.....	5
Şekil 3:	-Kol mekanizmasının aşağı yukarı hareketi.....	5
Şekil 4:	Sol: Solidworks'te yapılan tasarım; Sağ: Gerçekleşen mekanizma.....	6
Şekil 5:	Tutma mekanizması.....	6
Şekil 6:	Elektronik aksamın bütünü (bilgisayar+motor kartları).....	7
Şekil 7:	Motor kartının üstten ve alttan görünümü.....	8
Şekil 8:	Ana Grafik Arayüzü.....	10
Şekil 9:	Tek motor hareket ettirme menüsü.....	11
Şekil 10:	Parça taşıma işi tanımlama arayüzü.....	11

1 Giriş

Bu projede Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Akıllı Sistemler laboratuvarında geliştirmiş olduğumuz EDAR isimli robotumuzun 2. jenerasyon tasarımı yapılmış ve gerçekleştirilmiştir. EDAR parçaları herhangi bir başlangıç konumundan istenilen son konuma götürme amaçlı tasarılanmış bir robottur. Robotun herhangi bir anda hangi parçayı hareket ettirmesi gerektiğine karar veren, bu parçaya yaklaşmasını sağlayan, parçayı hareket ettiren ve sürekli bir döngü içinde değişen modları bulunmaktadır. Robotu benzerlerinden farklı kılan özelliği, hareketlerini tamamı ile *yapay potansiyel işlevlerine* dayalı bir yöntemle parça taşıma işlemini başarıyla yapmasıdır. Ancak bu robotun aşağıda sıralanan nedenler ile 2.jenerasyon bir tasarımına gereksinim duyulmuş ve bu projeye başlanmıştır:

1. Mekanik tasarımı itibari ile hayli ağır olması (yaklaşık 100kg) nedeni ile tamamı ile mobil hale geçememesi.
2. Zaman içinde, kısmen ağırlığın da etkisiyle, kullanılan mekanik parçaların aşınmaları nedeni ile hareket duyarlılığını yitirmesi ve neredeyse kullanılamaz hale gelmesi.

Proje çerçevesinde, EDAR G2 robotunun tasarım ve gerçekleştirilmesinin tamamı, Akıllı Sistemler Laboratuvarı'ndaki bir grup tarafından EE492 Bitirme Projesi çerçevesinde, Prof. Dr. Işıl Bozma ve Yard.Doç. Dr. Emre Aksan'ın danışmanlığında yapılmıştır. Robotta kullanılan tüm elektronik kartların tasarımı ve gerçekleştirilme kısmı, yine laboratuvarımızdan yüksek lisans öğrencisi Murat Karadeniz liderliğinde, öğrencilerimiz tarafından yapılmıştır.

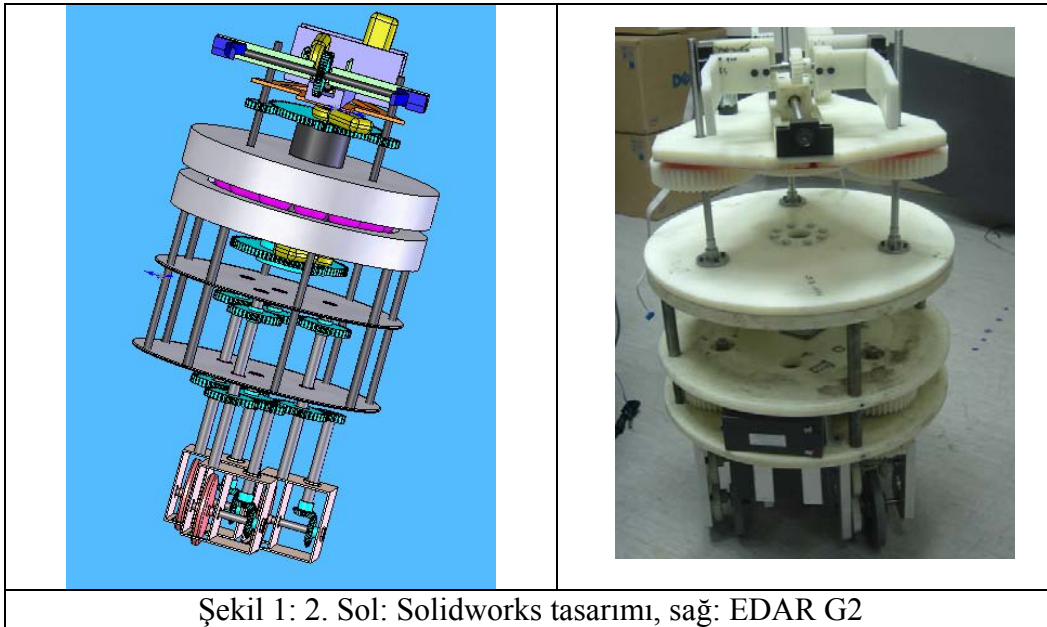
- Mekanik tasarım ve gerçekleştirme, Makina Müh. Bölümü öğrencileri tarafından yapılmıştır.
- Elektronik tasarım ve gerçekleştirme, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü öğrencileri tarafından yapılmıştır.
- Mikroişlemci bazlı motor sürücü kartların dizilmesi ve test edilmesi Elektrik Elektronik Müh. Bölümü öğrencileri tarafından yapılmıştır.
- Mikroişlemcilerde koşturan yazılımlar, modüller ve ana bilgisayar arası iletişimi sağlayan yazılımlar, kullanıcı arabirimi sağlayan yazılımlar Elektrik Elektronik Müh. Bölümü öğrencileri tarafından yapılmıştır.

Bir not olarak, bu projeye bir ön çalışma olarak, Elektrik Elektronik Mühendisliği öğrencisi Mehmet Akgül tarafından yapılan "RboT: İçsel 2-Boyutlu Dairesel Robot Benzetim Paketi" isimli proje, 2005 EMO Proje yarışmasına katılmış ve mansiyon ödülü kazanmıştır. Bu raporun bundan sonraki bölümde, EDAR G2 robotunun tasarım ve gerçekleştirilmesi ile ilgili bilgiler ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

2 Taşıyıcı Robotlar

Taşıyıcı robotların yöngüdümüne yönelik ilgili literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu algoritmalar genel olarak iki ana grup altında toplanabilir: Hesaplamalı geometriye dayalı (Computational Geometric) klasik yöntemler ve potansiyel işlevlere dayalı yöntemler. Klasik yöntemler, temel olarak robotun serbest konfigürasyon uzayının (Free Configuration Space)

geometrik olarak parçalanması ve bu parçalardan engellere çarpmadan ilerleyebileceği bir yol bulunmasına dayanmaktadır [1,2]. Serbest bir yol bulunduktan sonra yapılan işlemler; robotun gideceği yol eğer parçalı olarak sürekli ise (piecewise continuous) C^2 -süreklilik şartlarına uygun olarak tekrar şekillendirilmesi (sınırlı ivme zorunluluğundan dolayı), ters-kinematik işlemlerle robotun eklem uzayındaki değişkenlerin (joint Space Variables) zamana göre değişimlerinin hesaplanması ve son olarak da yolun izlenmesi için uygun bir kontrol kuralının (örneğin PID) uygulanması şeklinde özetlenebilir. Klasik yöntemlerin tıkandığı nokta, serbest konfigürasyon uzayının hesaplanmasının karmaşıklığının robotun hareket serbestlik derecesi (DOF) ile üs-fonksiyonu derecesinde (exponential olarak) artmasıdır. Bu artış, robotun hareket ettiği ortam değişken olduğunda, serbest yolun robot hareket ederken güncelleştirilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Her ne kadar son zamanlarda klasik yöntemleri kullanan olasılığa dayalı yol planlama yöntemleri (Probabilistic Roadmap Methods [3]) bu zorlukları azaltmış olsa da, bu yöntemlerin her durumda işlerliğinin ispatı yoktur, –yöntemin özelliğinden dolayı- olasılığa dayalı olduğundan sadece robotun istenen son konfigürasyona gelmesi olasılığından bahsedilebilmektedir. Buna karşın Yapay Potansiyel İşlevlerine (Artificial Potential Functions) dayalı yöntemler, robotun hareketinin yol planlama ve kontrol kısımlarını ters-kinematik yöntemler kullanılmasına gerek bırakılmadan tek aşamada ve gerçek-zamanlı olarak yapılmasına olanak sağladığından, en basit işlemciler üzerinde dahi programlanması oldukça kolaydır. Son zamanlara kadar, yapay potansiyel fonksiyonlarının başlıca sorunu sahip oldukları lokal minimumlardan dolayı robotun istenilen son konfigürasyonuna gelemeyen takılıp kalabilmesi idi. Ancak [4,5,6]'daki çalışmalar sonucu, 2 boyuttaki disk biçimli robotların son konfigürasyonlarına gelmelerini garanti edecek potansiyel fonksiyonları bulunmuş, sonra ise [7]'deki çalışmalarla bu yöntem aynı anda hareket eden birden fazla robotun birbirine çarpmadan koordineli bir biçimde hareketini sağlayacak hale getirilmiştir.



Şekil 1: 2. Sol: Solidworks tasarımı, sağ: EDAR G2

3 Mekanik Tasarım

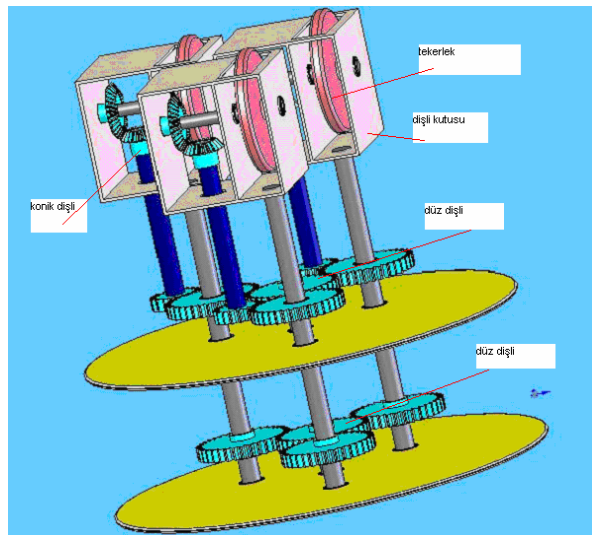
EDAR G2v silindirik küçük boyutlu objelerin koordinatları belli olan bir konumdan başka bir konuma taşınması için tasarlanan mobil bir robottur. EDAR G2 3 ana mekanizmadan oluşmaktadır.

1. Doğrusal Hareket: İleri geri hareketi sağlayan mekanizma
2. Dönme: Tekerlerin dönüş hareketini sağlayan mekanizma
3. Kol ve Tutma: Objeleri tutmak için tasarlanan “Tutucu” mekanizması.

EDAR G2 3 tekerlekli olarak üretilmiştir. Tek bir motor bu üç tekerleğe doğrusal hareket vermektedir. İleri geri hareketi sağlayacak bu mekanizmada hareket konik ve düz dişlilerle iletilmektedir. İkinci bir motor bu üç tekerin istenen açıda dönmesini sağlamaktadır. Bu hareket de düz dişlilerle sağlanmaktadır. Üçüncü mekanizma objeleri tutabilmesi için tasarlanan tutucu (gripper) mekanizmasıdır. Bu gripper mekanizması da üç motorla kontrol edilmektedir; tutucunun tutuş işlemi için bir, yukarı aşağı hareketi için ve ileri geri hareketi için birer motor olmak üzere.

3.1 Doğrusal Ve Dönme Hareketleri

Doğrusal ve dairesel hareket için Şekil 1’de gösterilen sistem tasarlanmıştır. Doğrusal hareket, motorun hareketini ortadaki düz dişliyi iletilmesiyle başlar. Ortadaki dişli motordan aldığı hareketi yanındaki düz dişliye, buradan da küçük düz dişliye aktarır ve doğrusal hareket için kullanılan şaft döndürülür. Konik dişliler yardımıyla şaftın hareketi 90 derece çevrilerek tekerlere aktarılır. Düz dişlilerin bağlantı özelliği sayesinde bütün tekerler aynı yönde döner. Doğrusal hareket mekanizmasında 8 adet düz dişli, 6 adet konik dişli, 15 adet rulman ve 1 adet motor kullanılmaktadır. Aynı şekilde, dairesel hareket, motorun ortadaki dişliyi döndürmesi ile başlar. Düz dişli motordan aldığı hareketi dairesel hareket için gerekli olan şafta aktarır. Dişli kutuları bu şaft yardımı ile döndürülerek dairesel hareket sağlanır. Dairesel hareket mekanizmasında, 5 adet düz dişli, 8 adet rulman ve 1 adet motor kullanılmaktadır.

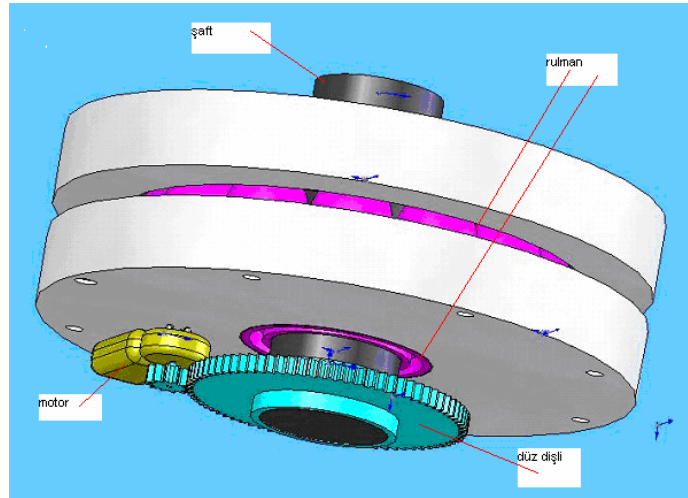


Şekil 1: Doğrusal ve dönme mekanizmaları.

3.2 Kol Mekanizması

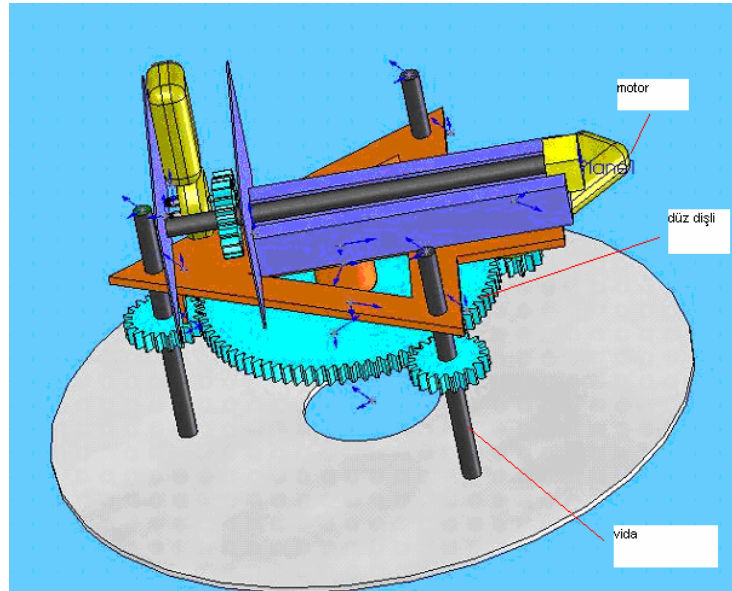
Kol mekanizması, robotun özel işlevi nedeni ile parçaları hem tutabilecek, hem de taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır; bu amaçla 3 ayrı hareket serbestliği bulunmaktadır: Dönme, aşağı –yukarı ve içeri-dışarı. Ayrıca, kolun ucunda tutucu bir sistem bulunmaktadır. Dönme yeteneği Şekil 2’de gösterilen tasarım ile gerçekleştirilmektedir. Kol mekanizmasının

dönme hareketi, hareketin motor tarafından düz dişliye aktarılmasıyla başlar. Düz dişliye bağlı olan şaft dönme hareketini bağlı olduğu ve kol mekanizmasının bulunduğu plakaya aktarır. Kol mekanizmasının dairesel hareketinde 2 adet düz dişli ,1 adet motor ve 2 adet rulman kullanılmaktadır.



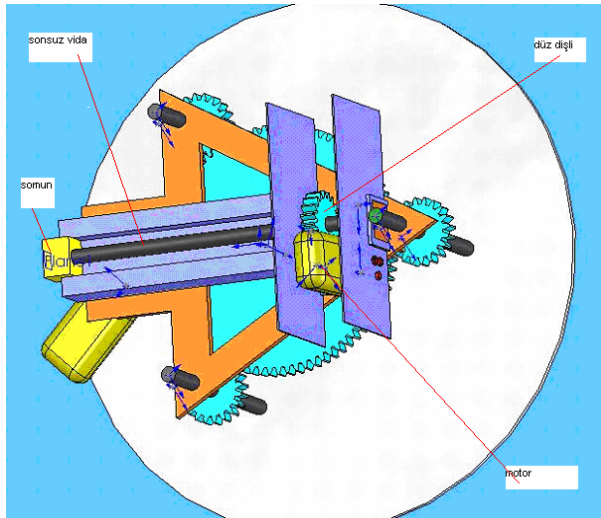
Şekil 2: Kolun dönme mekanizması.

Kol mekanizmasının aşağı ve yukarı hareketi için Şekil 3'te gösterilen sistem gerçekleştirilmektedir. Hareket motorun ortadaki büyük düz dişliyi döndürmesi ile başlar. Bu hareket ortadaki büyük düz dişliye bağlı olan üç adet düz dişliye aktarılır. Bu üç düz dişli bağlı oldukları vida üzerinde aşağı ve yukarı hareket ederler. Kol mekanizmasının aşağı ve yukarı hareketinde 5 adet düz dişli, 4 adet rulman ve 1 adet motor kullanılmaktadır.



Şekil 3: -Kol mekanizmasının aşağı yukarı hareketi

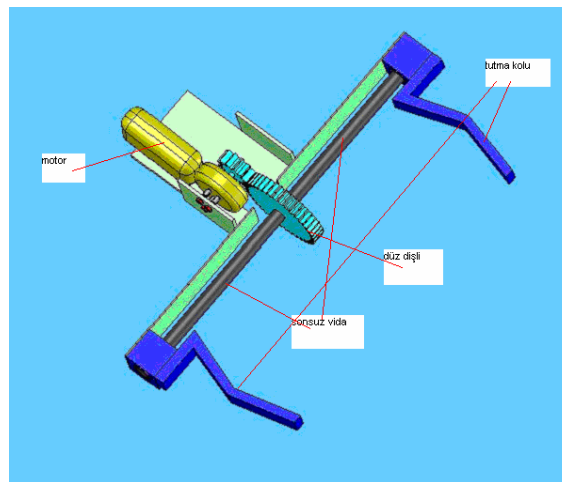
Kol mekanizmasının radyal hareketi motorun hareketi düz dişliye aktarması ile başlar. Düz dişliye bağlı olan sonsuz dişli bu hareketi somun yardımıyla kendi boyunca kol mekanizmasına aktarır. Kol mekanizmasının radyal hareketinde 2 adet düz dişli , 1 adet sonsuz dişli, 3 adet rulman ve 1 adet motor kullanılmaktadır.



Şekil 4: Sol: Solidworks'te yapılan tasarım; Sağ: Gerçekleşen mekanizma.

3.3 Tutma Mekanizması

Tutma mekanizması Şekil 5'te gösterildiği üzere motorun hareketi düz dişliye aktarması ile başlar. Bu hareket düz dişliye iki taraftan da bağlı bulunan sonsuz vidaya aktarılır. Sonsuz vida üzerinde bulunan iki adet tutma kolu böylece motordan gelen harekete göre birbirlerine göre zıt hareket yaparak açılıp kapanırlar. Tutma mekanizmasında 2 adet düz dişli, 2 adet sonsuz vida, 6 adet rulman ve 1 adet motor kullanılmaktadır.



Şekil 5: Tutma mekanizması

4 Elektronik Tasarım

EDAR GII robotu elektronik aksam olarak ana beyin, 4 adet motor kontrol kartı, 8 adet DC motor, 6 adet 12V akü ve kamera sisteminden oluşmaktadır. Robota taşınması gereken parçaların pozisyonları ve taşınması gereken son pozisyon bilgisi verildiği takdirde, bu parçaları istenen yerlere taşımaktadır.

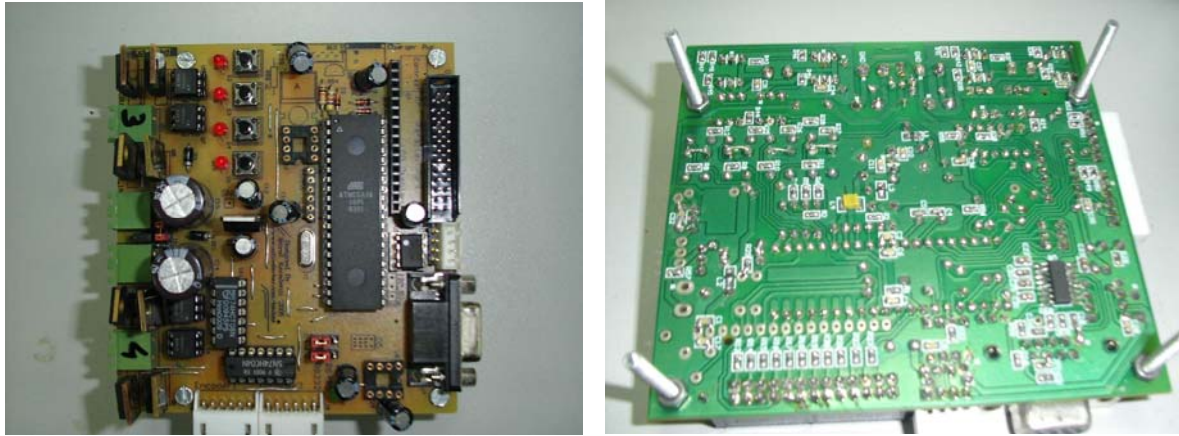
Beyin olarak tanımladığımız ana işlemci kısmında bu tür uygulamalar için özel tasarlanmış pentium4 compact PC kullanılmıştır. Motor kontrol kartlarımızda Atmel AVR ailesinden Atmega16 işlemci kullanılmıştır. Motorlarımızda Maxon firmasına ait DC motorlardır. Kameradan alınan bilginin işlenmesi Matrox firmasına ait imge sayılaştırıcı kartı aracılığıyla yapılmaktadır. Uzaktan haberleşmenin gerçekleşmesi için ASUS kablosuz internet aparatı kullanılmıştır.



Şekil 6: Elektronik aksamın bütünü (bilgisayar+motor kartları)

5 Motor Sürücü Kartları

Motor sürücü kartları, bir anda iki adet DC servo motoru sürmek amacıyla tasarlanmış ve kartın tasarımı sırasında robot üzerinde yapılacak araştırmaların gereksinimleri göz önünde tutulmuştur. Kart üzerinde Atmel AVR Atmega16 serisi bir adet mikrokontrolör ve bu mikrokontrolörün bilgisayar ve motorlarla iletişimini sağlayan alt devreler bulunmaktadır. Bilgisayar üzerinde koştan kontrol yazılım çıktılarının mikrokontrolör ve alt devreler aracılığıyla motorlara ulaşması, motorlardan alınan geribeslemenin de yine mikrokontrolör aracılığıyla bilgisayara verilmesi sağlanmıştır. Motor kontrol kartı tasarımının en önemli özelliği robot üzerinde yapılacak değişikliklere çok kolay adapte edilebilecek olmasıdır. Şu an kullanılmayan ama ileride gerekli olabilecek genel amaçlı kaynaklar kart üzerinde mevcuttur.



Şekil 7: Motor kartının üstten ve alttan görünümü

Teknik özellikleri aşağıda özet olarak sunulmaktadır:

- Yaklaşık 110mm x 95mm boyularında,
- İki adet, hız ve yön kontrollü (PWM), tam olarak yalıtılmış H-köprüsü ile bağımsız olarak iki farklı motor sürebilme özelliği
- H köprüleri kartın geri kalanından tam olarak yalıtılmıştır ve PC'ye optokuplör aracılığıyla bağlanmıştır. Her H-köprüsünün ayrı güç girişi bulunur ve böylece değişik voltajlarda çalışan motorlar kullanılabilir.
- Atmel AVR serisi 8 kilobayt flash bellek 512 bayt RAM'a sahip olan 40 pinli RISC mikrokontrolör
- Seri port ve RS232 protokolü kullanılarak PC ile mikrokontrolör arası hızlı iletişim
- PC tarafından mikrokontrolörün RAM'ine ve I/O adres belleklerine yazma ve okuma işlemleri yapılabilmektedir. Bu sayede mikrokontrolörün tüm gömülü özellikleri yeniden programlamaya gerek kalmadan kontrol edilebilmektedir.
- Enkoder geribeslemesin yön bilgisi ile kaydedebilme özelliği
- Programlama ve hata ayıklama bacakları

6 İletişim yapısı

Motor denetleyici kartları bilgisayar ile iletişimi RS-485 iletişim ağı üzerinden yapmaktadır. Bilgisayardan gelen RS-232 sinyali bir adet motor denetleyici kartı üzerinde 232/485 çevirici entegre devresi ile RS-485 iletişim ağı sinyaline dönüştürülür, diğer dört motor denetleyici kartı da bu ağı üzerinde dinleyici konumundadır. İletişimde ana bilgisayar istediği komutları kartlara gönderen ve gerektiğinde geribildirim alan (hız, konum vs. bilgisi) "master" konumundadır. Bilgisayar ile kartlar arasındaki protokol yazılımı sıfırdan tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gönderilen paketler güvenli bir paket yapısı içinde motorların ani hareketleri sırasında oluşan yüksek akımların oluşturduğu elektromanyetik gürültüden etkilenmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Herhangi bir iletişim hatasında ve/veya bilgisayarın belirli bir süre kartlara komut göndermemesi durumunda (zamanaşımı) protokol gereği motor denetleyici kartları motorları durdurur.

İletişimde kullanılan paket yapısı değişken uzunluklu byte serilerinden oluşur. Gönderilen paket başlangıç kısmında hedef işlemciye ait belirleyici bir kimlik numarası, paketin uzunluğu, paketin tipi (hangi komutu çalıştırmak için kullanılacağı bilgisi) ve gönderen işlemcinin kimliği bilgilerini içerir. Paketin veri kısmında ise hedeflenen işlev için gerekli

girdiler (referans hız değeri, motor denetleyici kart üzerinde hangi motorun çalıştırılacağı, PID katsayıları vs.) bulunur. Paketin sonunda ise veri kısmının sona erdiğini belirten limitleyici karakter ve paketin baştan sonra XOR'lanmış hali birer byte olarak yer alır.

İletişim protokolü bilgisayar için win32 api kullanılarak Visual C++ 6.0 ortamında geliştirilmiştir. Motor denetleyici kartları için de gerekli protokol C dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bilgisayar tarafında seri port, Atmel işlemci üzerinde USART modül ve iletişim zamanlamasını ayarlamak üzere bir adet zamanlayıcı modül kullanılmıştır.

7 Alt Seviye Denetleme

Beyin, kamera sisteminden alınan bilgiyle dayalı olarak üst seviye hareket belirleme algoritmasını kullanarak robotun izlemesi gereken hız rotası anlık olarak belirler. Her bir motora gereken referans girdi değerlerini oluşturur. Beyin tarafında çalışması gereken fonksiyonların belirlenmesinin ardından her bir motor kartına özel olacak şekilde iletişim paketleri oluşturulur ve kartların oluşturduğu iletişim ağına gönderilir. Motor kontrol kartları iki motoru sürebilecek niteliktedir. Her motor kartının kendine ait bir kimliği bulunmakta ve her kart kendisine özel gönderilen paketleri almaktadır. Paket içerisinde bulunan bilgilere göre PWM ayarını, frekans, bit mod, pid parametre vb. ayarlarını yapar ve motorları sürmeye başlar. Ayrıca beyin, hangi motorun ne kadar ve hangi hızla gideceğine karar verir. Bu bilgiler karta ulaştığında kartta bulunan PID fonksiyonu, alınacak mesafeye ve hıza göre bir hız profili belirleyerek motoru sürer. Kontrol esnasında geri besleme olarak enkoderden gelen pozisyon bilgisinin çok küçük bir zaman aralığı için ortlaması alınarak motorun hız bilgisine ulaşılır. PID fonksiyonu, geri besleme ve referans bilgileri farkından hatayı hesaplar. P terimi, hata uygun katsayı ile çarpılarak bulunur. Hatanın o anki değeri ile bir önceki değeri arasındaki fark belli bir katsayı ile çarpılarak D terimi hesaplanır. Hata belli limitlerin içindeyse PD yapılır, limit aşılsa I terimi de devreye girer. I terimi önceki hataların toplamıdır ancak çok büyümesini engellemek için belli bir sınırı aşmasına izin verilmez. Ayrıca hata değeri çok büyüdüğünde sistemin daha hızlı referans değerine yaklaşması için P değeri büyütülür. Pakette bulunanlar enkoder bilgisinin beyne iletilmesini gerektiriyorsa enkoder bilgisini okuyarak yeni bir paket oluşturur ve beyne gönderir. Bu iletişim robot kendisine görev olarak verilen tüm parçaları istenen pozisyonlara taşıyana kadar kesintisiz devam etmektedir.

8 Üst Seviye Denetleme – Yapay Gizilgüç İşlevleri

Robot ve taşıyacağı parçalar, merkezinin konumu olan $b_i \in R^2$ vektörü, hedef konum vektörü $g_i \in R^2$ ve yarıçapı olan $\rho_i \in R^2$ bilgileri ile tanımlanır. Dolayısı ile, bu vektörleri üst üste koyarak birleştirilmiş konum ve hedef vektörleri $b, g \in R^{2p}$ oluşturmak mümkündür. Fiziksel kısıtlamalar dolayısı ile, robot ve j nolu iki parçanın herhangi bir anda birbirlerinin içine geçme durumu kesinlikle söz konusu olamaz. Bunu matematiksel olarak aşağıdaki şekilde tanımlayabiliriz:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} |b_i - b_j| \geq \rho_{ij} & \rho_{ij} = \rho_i + \rho_j \end{cases}$$

Çalışma ortamı, $\rho_0 \in R$ yarıçaplı bir daire içinde kalıyor ise, i nolu her parçanın bu alanın içinde kalması sözkonusudur.

Eğer $\rho_{0i} = \rho_0 - \rho_i$ olarak tanımlanırsa, bu kısıtlamayı da aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz:

$$|b_i| \leq \rho_{0i}$$

Dolayısı ile, serbest robot konfigürasyon uzayı ($F \subset R^{2p}$) birbirleri ve çalışma alanının dış sınırı ile çakışmayan tüm konumlardan oluşur:

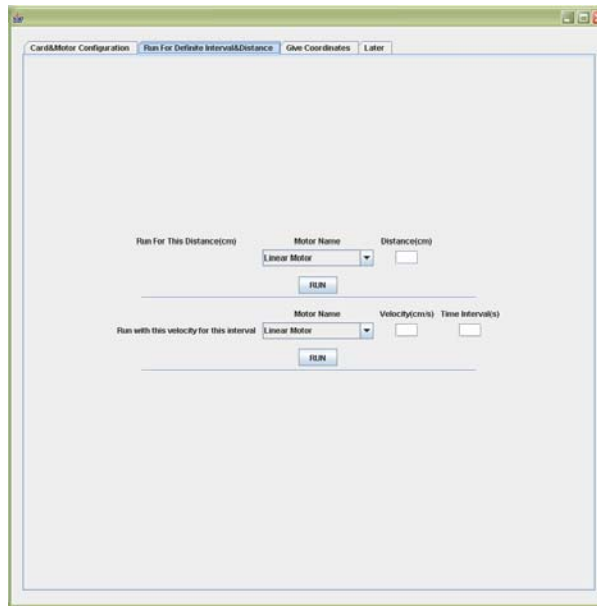
$$F = \{b \in R^{2p} \mid \delta_{ij} \geq \rho_{ij} \text{ ve } |b_i| \leq \rho_{0i}, \forall i, j \in P\}$$

Bir yapay potansiyel işlev φ hem hedef konumlar, hem dinamik engeller hem de çalışma alanının hududu hakkında tüm bilgileri kodlayacak şekilde oluşturulur.

Şekil 8: Ana Grafik Arayüzü.

9 Kullanıcı Arabirimi

Yukarıda anlatıldığı üzere robotun hareketi için taşınacak parçaların ilk konumları ve gitmesi istenen konumlarının verilmesi gerekmektedir. Kullanıcı arabirimi bunun gerçekleşmesi için tasarlanmıştır. Java ortamında yazılan bu ortam, Java JNI uygulama programlama kodları (API) ile, C ve C++ ortamında yazılmış yüksek seviye hareket kodlarını çağırabilmektedir. Şekil 8’de ana grafik ara birimi gösterilmektedir. Bunun yanısıra robotun hareketinin manuel olarak kontrolunun yapılması istendiğinde kullanılabilir şekilde geliştirilmiştir. Şekil 9’de bu arayüz gösterilmektedir. Kullanıcı arayüzü aracılığıyla tüm kartların otomatik olarak beyin tarafından yapılan ayarlarını yapmak mümkün olduğu gibi motorları da istenen hızda ve istenen miktarda hareket ettirmek ve dolayısıyla robotu manuel olarak istenen pozisyona hareket ettirmek mümkün olmaktadır. Ayrıca, sistemi kameralar olmadan çalıştırabilmek için Şekil 10’de gösterilen iş tanımlama arayüzü yine programlanmış ve çalışır hale getirilmiştir.



Şekil 9: Tek motor hareket ettirme menüsü



Şekil 10: Parça taşıma işi tanımlama arayüzü.

10 Görsel Algılama

Algılayıcı sistem birimi, yapay görme için kullanılacak 2 adet kamera ve hareket sağlayan motorların dişli kutularına bağlı optik okuyucular (optical encoders) ve bunların merkezi işlem birimi ile iletişimini sağlayacak arabirim devrelerden oluşmaktadır. Pozisyon bilgilerinin verilmesinin ardından, robot, kamera sistemi sayesinde ortamın bilgisini toplayarak geri besleme almaktadır. Aldığı geri beslemelerden yararlanarak oluşturduğu yapay potansiyel yüzey üzerinde çukur olarak gördüğü istenen son pozisyona doğru ilerlemektedir. Bu işlem sırasında diğer parçalar ve eşyalar potansiyel yüzeyde tümsek olarak görülmekte ve onlardan uzaklaşmaktadır. Dolayısıyla istenen parçayı istenen pozisyona ulaştırana kadar engellere çarpmadan hareket kabiliyetine sahiptir. İleride, sonar algılayıcı sistemlerin de sistemle tümleştirilmesi planlanmaktadır.

11 Sonuç

Uygulamasını gerçekleştirdiğimiz bu çalışma birçok ihtiyaca hizmet edebilecek bir prototip örneğini oluşturmaktadır. Bundan sonra robotun, hareketinin görsel geribesleme sistemi ile tümleştirilerek, dayanıklı hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Askeri amaçlı olarak insanların taşınmasında sakınca görülebilecek teçhizatların insan eli değmeden taşınması, nükleer santrallerde radyoaktif madde içeren konteynerlerin taşınması buna örnek gösterilebilir. Aynı yapıda başka robotların oluşturulması ve birbirleri arasında bilgi alışverişi sağlanması daha sonra yapılması planlanan çalışmalardır. Kolektif bir şekilde çeşitli görevlerin yerine getirmesi arzu edilen sonraki aşamadır.

12 Teşekkürler

Bu proje Boğaziçi Üniversitesi BAP 05A202 and DPT 03K120250 projeleri tarafından desteklenmiştir.

13 Kaynakça

1. T. Lozano-Perez, M. A. Wesley, "An Algorithm for Planning Collision-Free Paths Among Polygonal Obstacles", Communications of the ACM, Vol. 22, No. 10, October 1979.
2. K. Kant, S. W. Zucker, "Toward Efficient Trajectory Planning: The Path-Velocity Decomposition", The International Journal of Robotics Research, Vol. 5, No. 3, Fall 1986.
3. L. Kavraki, P. Svestka, J.C. Latombe, M. Overmars, "Probabilistic Roadmaps for Path Planning in High-Dimensional Configuration Spaces", IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1994.
4. Karagöz, C. S. "A Game-Theoretic Approach to Objects' Moving Problem With Mobile Robots", Ph.D. Thesis, Electric Electronic Engineering, Bogazici University, 2001.
5. Karagöz, C.S., H.I. Bozma and D.E. Koditschek. "EDAR - A Mobile Robot for Parts Moving Based on a Game-Theoretic Approach", IEE Electronic Letters, Vol 38 Issue 3, pp:147-148, 2002.

6. Karagöz, C.S., H.I. Bozma and D.E. Koditschek. "An Event-Driven Mobile Robot Parts Mover", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 20, N:6, pp:1012-1018, 2004.
7. Karagöz, C. S., H. I. Bozma and D. E. Koditschek, "Coordinated Motion of Disk-Shaped Independent Robots in 2D Workspaces", Technical Report #CSE-TR-486-04, EECS, The University of Michigan, Ann Arbor.