

# BİLGİSAYAR İLE KABLOSUZ HABERLEŞEN PALETLİ BİR ARACIN MEKANİK, ELEKTRONİK VE YAZILIMSAL OLARAK GERÇEKLENMESİ

Ayhan YANARSOY

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Beşiktaş İstanbul. e-posta: [ayhan@ce.yildiz.edu.tr](mailto:ayhan@ce.yildiz.edu.tr)

## ABSTRACT

*The construction of a tracked vehicle prototype that can move across the rugged terrain, get instructions from a remote computer and send local information to the remote computer was aimed and has been realised. The vehicle communicates with a remote computer. A reliable RF communication protocol has been developed and tested. The vehicle has sensors for collecting environmental information like temperature, proximity, gas concentration etc... It has electronical capability of controlling a robot arm while the construction of the arm is a future work. The development process hasn't been ended yet and it's aimed to be a starting point for future works.*

*Anahtar sözcükler: Mobil Robot, RF haberleşme protokolleri, Teleoperasyon, Mikroşlemcili motor kontrolü.*

## 1. GİRİŞ

Bu çalışma sonucunda Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde robot araştırmaları için kullanılabilecek paletli bir araç geliştirilmiştir [1,2,8]. Bu araç mekanik olarak zorlu arazi koşullarında ilerleyebilecek yeterlikte olup daha sonraki projelerde başlangıç noktası olarak kullanılabilecek niteliktedir. Çalışmanın gerisinde yatan ana düşünce bu aracın, insan hayatı ve sağlığı açısından riskler ihtiva eden mekanlarda, uzaktan kumanda edilmek suretiyle, insanlar tarafından yapılması beklenen görevleri üstlenmesidir [3,4].

Araç, üzerinde bulunan çeşitli sensörlerin yardımıyla topladığı bilgileri uzaktaki bilgisayara göndermektedir [5]. Uzaktaki bilgisayar üzerinde çalışan uygulama, kullanıcıdan kumanda kolu aracılığıyla aldığı bilgilere göre araca talimatlar göndermektedir. Karşılıklı haberleşmeyi destekleyen bir kablosuz iletişim protokolü geliştirilmiş, RF-Modem yazılımları hazırlanmış ve gerçekleştirilen donanım üzerinde test edilmiştir [6,7]. Gerçek zamanlı olarak çalışan iletişim

ve kontrol yazılımları yüksek verim elde edilmesi amacıyla 8051 assembly dili kullanılarak geliştirilmiştir [10,11].

## 2. MEKANİK TASARIM

Proje kapsamında hedeflenen hareketli bir aracın sabit bir bilgisayar üzerinden kontrolünün sağlanması ve aracın toplamış olduğu bilginin bilgisayara aktarılmasıdır. Araç 62 cm boyunda, 42 cm eninde ve 16 cm yüksekliğinde olup her türlü arazi koşulunda hareket edebilecek paletli ve süspansiyonlu bir mekanizmaya sahiptir. Araç metal ve dayanıklı plastik malzeme kullanılarak inşa edilmiştir.

Yürüyen robot uygulamalarında kullanılan çeşitli hareket teknikleri vardır. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

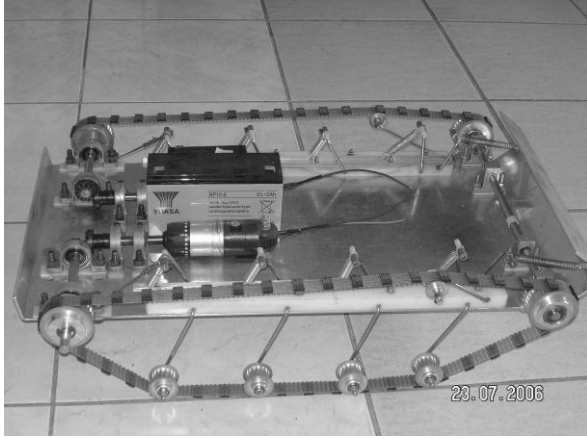
- Tekerlekli mekanizmalar [3]
- Paletli mekanizmalar [3,8]
- Eklem bacaklı mekanizmalar

Tekerlekli mekanizma kullanımı, sayılan üç teknik içinde gerçekleştirilmesi en kolay ve maliyeti en düşük olanıdır. Ancak tekerlek kullanımı pürüzsüz düz yüzeylerde olumlu sonuç verirken, hareketi kısıtlayıcı etki yapan kaygan, granüllü ya da engebeli arazi koşullarında verim oldukça düşmektedir.

Eklem bacaklı mekanizma kullanımı ise gerçekleştirilmesi çok zor ve yüksek maliyet gerektiren bir tekniktir. Ayrıca denge sağlamak çok büyük ve tam olarak çözülememiş bir sorun olmaya devam etmektedir.

Paletli mekanizma kullanımı yalnızca tekerleğin sağladığı kazanımları engebeli arazi koşullarında da sürdüren bir teknik olmakla kalmaz, tekerlek kullanımına göre önemli üstünlükleri de beraberinde getirir. Paletli araçlar paletlerini birbirlerinin aksi yönlere çevirerek kendi merkezleri etrafında noktasal dönüş yapabilirler.

Süspansiyon kullanımı, aracın hareket halindeyken karşılaştığı engeller nedeniyle tekerlekler arasında oluşan yükseklik farklarını tolere ederek aracın denge halinin sürdürülmesini sağlar. Aşağıdaki şekilde palet ve süspansiyon mekanizmaları görülmektedir:



Şekil 1: Palet ve süspansiyon mekanizması

### 3. KONTROL SİSTEMİ DONANIMI

Kontrol sistemi donanımı iki ana birimden oluşur:

- Kumanda merkezi donanımı
- Hareketli birim donanımı

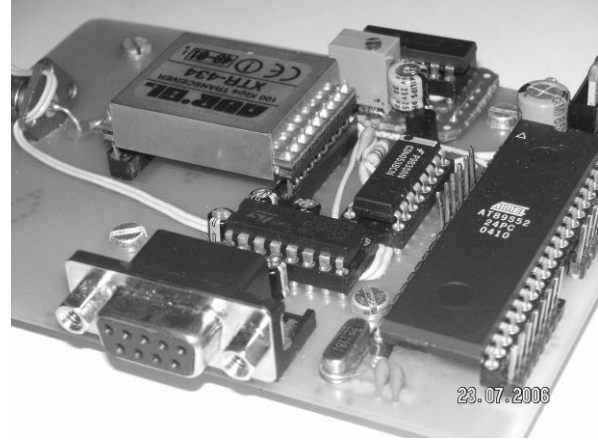
Kumanda merkezi donanımından beklenenler, kullanıcıdan aldığı bilgiler doğrultusunda hareketli birime (robot), önceden belirlenmiş olan bir haberleşme protokolü çerçevesinde, talimatlar göndermesi ve hareketli birim tarafından, yine aynı haberleşme protokolü çerçevesinde, gönderilen yanıt mahiyetindeki bilgileri kullanıcıya iletmesidir. Kumanda merkezi donanımını oluşturan alt birimler şunlardır:

- Bilgisayar
- Kumanda kolu (Joystick)
- RF-Modem

Kumanda merkezi ile hareketli birim aralarında kablosuz olarak ve 434 Mhz frekans bandını kullanarak haberleşirler [7,12]. Kumanda merkezindeki bilgisayar üzerinde koşturulan komuta-kontrol uygulaması periyodik olarak, her byte'ının anlamı önceden belirlenmiş olan, bir veri katarını RF-Modem'e gönderir. RF-Modem bu veri katarını sayısal radyo yayını ile gönderilmeye uygun hale gelecek şekilde yeniden düzenler (enkod) ve yayımlar. Hareketli birim tarafından yayımlanan veri katarı ise RF-Modem tarafından çözümlenerek (dekod) bilgisayara iletilir. RF-Modem bilgisayara seri port üzerinden bağlıdır. Bir başka deyişle RF-Modem, kumanda merkezini hareketli birime protokol dönüşümü yaparak bağlayan bir köprü gibi davranır.

Protokol dönüşümü, bit ve byte odaklı hata denetimleri yapan RF-Modem devresi, salt sinyal seviyesi düzenleyici pasif bir elektronik devre olmanın

ötesinde, üzerinde mikrokod koşturan mikroişlemcili akıllı bir devredir. Aşağıdaki şekilde tasarımı yapılmış olan RF-Modem görülmektedir:



Şekil 2: RF-Modem Devresi

Hareketli birim donanımından beklenenler, kumanda merkezinin önceden belirlenmiş olan haberleşme protokolü çerçevesinde göndereceği bilgileri alması, kumanda merkezinden aldığı bilgiler doğrultusunda hareketli birime ait mekanik aksam üzerinde denetim sağlaması, çevre birimlerinden ve sensörlerden toplayacağı sayısal veya analog bilgileri işleyerek aynı haberleşme protokolü çerçevesinde kumanda merkezine iletmesidir. Hareketli birim donanımını oluşturan alt birimler şunlardır:

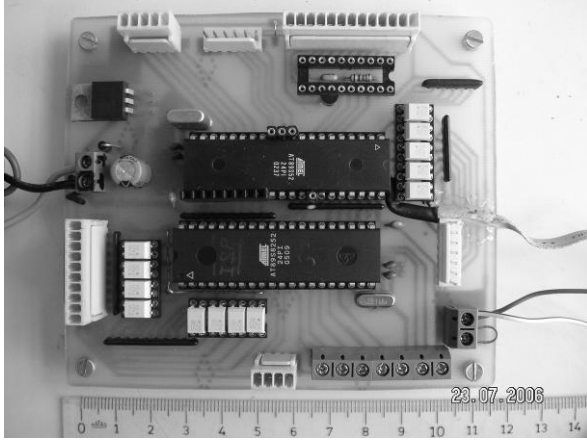
- Çift işlemcili anakart
- RF haberleşme kartı
- Motor sürücü kartı
- Ultrasonik yaklaşım sensörü düzeneği
- DC Motor (2 adet)
- Sensör kartı
- Servo motor (en çok 8 adet)
- RF Kamera

Çift işlemcili anakart hareketli birim donanımının temel ögesidir. Bütün elektromekanik denetimlerden sorumludur. İki adet 8052 tabanlı mikrodenetleyici anakartın çekirdeğini oluşturur.

Mikrodenetleyicilerden bir tanesi ana işlemci olup haberleşme ve motor sürme işlemlerini yerine getirmekle görevlidir. Yardımcı işlemci olarak görev yapan ikinci mikrodenetleyici ise robot kolunun eklem hareketlerini gerçekleştiren servo motorların denetiminden sorumludur [9]. Ana işlemci ve yardımcı işlemci adres, veri ve kontrol yollarından meydana gelmiş ortak bir bus yapısı üzerinden haberleşirler. İşlemciler arasındaki bu iletişimin denetimi her zaman ana işlemcidedir.

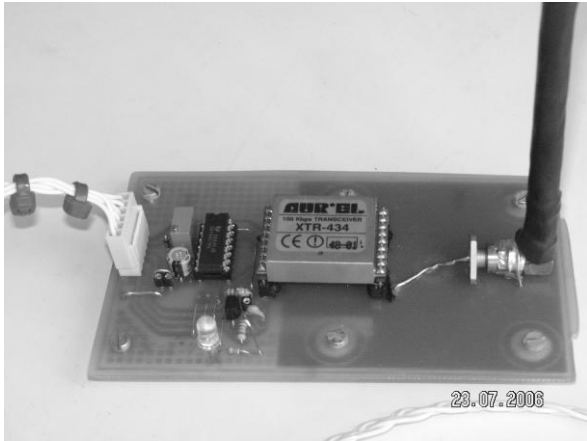
Bunların dışında, bir analog-dijital dönüştürücü (ADC), gürültüye karşı önlem olarak kullanılan optik izolatörler, gerilim regülatörü ve çevre birimleriyle kablo bağlantısı kurmaya yarayan konnektörler de anakart üzerinde yer alan diğer elemanlardır.

Aşağıdaki şekilde aracın elektronik olarak kontrolünü sağlayan anakart devresi görülmektedir:



Şekil 3: Anakart Devresi

RF haberleşme kartı çalışma prensibi olarak RF-Modem ile hemen hemen aynı yapıdadır. RF-Modem'den farkı ise protokol dönüşümü ve hata ayıklama görevlerini yerine getiren akıllı birimin bulunmaması, onun yerine bu görevlerin anakart üzerinde yer alan ana işlemci tarafından yürütülüyor olmasıdır. RF-Modem'e ait işlevler RF haberleşme kartı ile ana işlemci tarafından paylaşılır. Aşağıdaki şekilde RF haberleşme kartı görülmektedir:



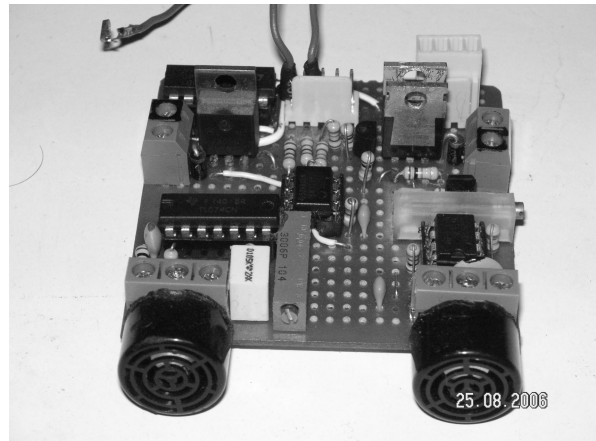
Şekil 4: Anakart devresine bağlı RF haberleşme kartı devresi

Motor sürücü kartı ana işlemci görevini yürüten mikrodenetleyiciye bağlı olarak çalışan, aracın iki motorunu ileri ya da geri doğru döndürmek üzere güç MOSFET'leri ve rölelerle donatılmış bir karttır. Ayrıca aracın ışıklarının yakılıp söndürülmesi de motor sürücü kartı üzerinde yer alan bir MOSFET üzerinden gerçekleştirilir. Motorların sürülmesi tam yol ilerle ya da dur şeklinde değil, mikrodenetleyici üzerinden devir kontrolü yapılarak doğrusal olarak yapılır. Aşağıda şekilde motor sürücü kartı görülmektedir:



Şekil 6: Motor sürücü devresi

Ultrasonik yaklaşım sensörü aracın önüne yerleştirilecek ultrasonik alıcı-verici ikilisi ile bu alıcı-verici ikilisine ait elektronik devreden oluşan bir düzenedir [13]. Bilindiği üzere sesin deniz seviyesinde, hava içerisinde 1 saniyede aldığı yol 331 m'dir. Bu bilgiden hareketle, ultrasonik vericinin yaydığı ses dalgası 1 m'lik menzil içerisindeki bir cisme çarparsa yansımaya uğrar ve ultrasonik alıcıyı uyarmaya güçte bir dalga olarak geri döner. Vericinin ses dalgasını yayımlamaya başlamasıyla alıcının bu dalgayı algılaması arasında geçen süre ölçülerek cismin araca olan uzaklığı saptanabilir. Aşağıdaki şekilde yaklaşım sensörü devresi görülmektedir.



Şekil 5: Ultrasonik yaklaşım sensörü düzeneği [13]

Fiziksel değişimlerin çoğu oransal bir davranış sergiler. Aynı şekilde sıcaklık, basınç veya başka bir fiziksel büyüklüğü elektriksel gerilim cinsinden ifade etmek mümkündür. Elektriksel gerilim seviyesindeki değişim ise analog-dijital dönüştürücü (ADC) kullanılarak bilgisayar ortamında işlenmeye hazır sayısal bilgi haline getirilir.

Sensör Kartı ortam sıcaklığı, ortamın ışık yoğunluğu, ortamdaki patlayıcı gaz derişimi, ortamdaki nem miktarı gibi büyüklükleri sensörler yardımıyla

elektriksel gerilim değerleri olarak elde ederak, bu değerleri anakart üzerinde yer alan ADC'ye iletmekle yükümlüdür[5].

#### 4. KONTROL SİSTEMİ YAZILIMI

Kontrol sistemi yazılımı üç temel parçadan oluşur. Bunlar:

- Bilgisayar üzerinde çalışan kontrol uygulaması
- RF-Modem yazılımı
- Araç üzerinde çalışan yazılımlar

##### *Bilgisayar Üzerinde Çalışan Kontrol Uygulaması*

Bu uygulama aracın kontrolüne yönelik bilgileri kullanıcıdan alan ve araçtan toplanan bilgileri bilgisayar ekranına yansıtan bir kontrol paneli uygulamasıdır. Kontrol paneli yazılımı, RF iletişim protokol dönüşümlerinden soyutlanmış olup bu tür alt seviye dönüşümler RF-Modem üzerinde çalışan mikrodenetleyici uygulamasına bırakılmıştır. Bu haliyle kontrol paneli uygulaması kullanıcı için bir giriş-çıkış arayüzü olmaktan ibarettir.

Kullanıcı motorların denetimini kumanda kolu olarak kullanılan joystick ile gerçekleştirir. Uygulama başlatıldığında oluşturulan bir thread içerisinde, periyodik olarak joystick bilgisi alınarak seri port üzerinden RF-Modem'e aktarılır. RF-Modem tarafından gönderilen analog girişlerin sayısal karşılığı olan bilgiler aynı thread içerisinde alınarak değerlendirilir. Bu parametreler kontrol paneli üzerinde yer alan çeşitli göstergeler ile kullanıcıya sunulur. Aşağıdaki şekilde kontrol paneli uygulamasına ait ekran görüntüsü verimmiştir:



Şekil 7: Kontrol paneli uygulaması

##### *RF-Modem Yazılımı*

RF-Modem yazılımı 8051 assembly diliyle yazılmış bir modem yazılımıdır. Donanımın merkezinde yer alan AT89S52 mikrodenetleyicisi, donanım birimlerinin birbirleriyle eş zamanlı olarak uyum içinde çalışmalarını sağlar. Mikrodenetleyici, modem üzerindeki trafik akışını denetlerken, bilgisayardan gelen bilgi katarının RF protokolü çerçevesinde düzenlenerek veri paketi haline getirilmesini ve

araçtan gelen veri paketlerinin çözümlenerek bilgisayara gönderilmesi işlemlerini de yürütür.

##### *RF Protokol Dönüşümü*

Kullanılan RF modüllerinin dayatmış olduğu teknik zorunluluklardan ötürü lojik 0, sıfırdan bire geçiş ile; lojik 1 ise birden sıfıra geçiş ile gösterilmek zorundadır. Bir başka ifadeyle sayısal iletişim sırasında faz kaydırmalı modülasyon yapılması gerekmektedir.

##### *Faz Kaydırmalı Modülasyon*

Sayısal iletişimde Manchester kodlama yöntemi olarak bilinen bu yöntemin, asenkron seri olarak çalışan mikrodenetleyici UART'ı üzerinden gerçekleştirilebilmesi için bir teknik geliştirilmiştir. Her 4-bit'lik bilgi 8-bit'lik hale getirilerek Manchester kodlama tekniğine uygun hale getirilip UART üzerinden gönderilir. Böylece 4-bit'lik bilgi ne olursa olsun 8-bit'lik bilgi kendi içerisinde sıfır bir dengeye sahip olmuş olur. Buna ek olarak UART tarafından oluşturulan başlangıç bit'i (lojik 0) ile sonlandırma bit'i (lojik 1) de bu denge durumunun sürdürülmesine katkıda bulunur. [12]

##### *Senkronizasyon Sorunu*

RF iletişim kablolu iletişime göre farklılıklar gösterir. Bu farklılıklardan biri de hat boşta sinyalinin kullanılamamasıdır. Kablolu asenkron seri iletişimde hat boşta sinyali lojik 1 olup, lojik 0 başlangıç bit'i olarak kullanılır. Başlangıç bit'i, gönderen ile alan taraflar arasındaki senkronizasyonun kurulması için kullanılır. RF iletişimde ise sürekli lojik 1 göndermek mümkün olmadığı için başlangıç bit'inin hatalı alınması tehlikesi doğar. [12]

Senkronizasyon sorununu ortadan kaldırmak amacıyla bilgi paketinin hemen öncesinde senkronizasyon karakteri olarak F0H (ikilik sayma düzeninde: 11110000), 256 kez art arda gönderilir. Bu şekilde 5-bit zamanı lojik 0, 5-bit zamanı lojik 1 olan bir kare dalga üretilmiş olur. Senkronizasyon karakterinin F0H seçilmiş olmasının nedeni birden sıfıra geçişin yalnızca bir yerde gerçekleşmesi ve sıfır bir dengesinin korunmasıdır. [12]

##### *Hata Denetimi*

Güvenlik gerekçesiyle her bilgi arka arkaya iki defa gönderilir. Bunun dışında Manchester kodlama yöntemi gereği her byte 256 değer içerisinden yalnızca 16 adet özel değeri alabildiği için geriye kalan 240 değerden birinin alınması durumunda bilgide bozulma olduğu anlaşılır.

##### *İletişim Hızı*

Asenkron seri bilgi iletim hızı 57600 bit/s olmakla birlikte her bit iki bit ile gösterildiği ve her byte iki kez art arda gönderildiği için hız 14400 bit/s'ye düşer. Buna ek olarak 256 byte uzuluğundaki senkronizasyon karakteri katarı da eklendiğinde iletişim hızı daha da

düŒer. 16 byte'lık öz bilgi protokol gereği 64 byte uzunluğa çıkarılır. 256 byte'lık senkronizasyon katarıyla birlikte 320 byte uzunluğunda bir paket elde edilir.

320 byte'lık paket içerisinde iletilen 16 byte'lık öz bilginin iletilme hızı 2880 bit/s olur. 8-bit'lik bilgi başlangıç ve sonlandırma bit'leri ile 10-bit'e çıktığı için bir saniyede en çok 288 byte gönderilebilir. Bu sonuçtan yola çıkılarak bilgisayarın RF-Modem'i saniyedeki maksimum yenileme sıklığına ulaşılır ( $288 / 16 = 18$ ).

#### *Araç Üzerinde Çalışan Yazılımlar*

Araç üzerinde birbirleriyle mesajlaşarak paralel olarak çalışan iki adet AT89S52 mikrodenetleyici bulunmaktadır [10,11]. Bunlardan birincisi ana işlem birimi, ikincisi ise yardımcı işlem birimi olarak ele alınır. Ana işlem birimi, RF-Modem üzerinde çalıştırılan yazılımın benzerini kendi üzerinde çalıştırır. Bu yazılım RF-Modem tarafından gönderilen paketi almak, çözümlmek ve RF-Modem'e kendi oluşturduğu paketi göndermekle yükümlüdür.

İletişim ve protokol çözümlme görevlerinin yanı sıra zamanlayıcı kesmelerinden yararlanarak her iki motor için ayrı ayrı PWM (Pulse Width Modulation) sinyalleri üretmek motorların hızlanmasını ve yavaşlamasını sağlar. Ana işlem birimi servo motorların yön bilgilerini de uzak bilgisayardan alır ancak bu bilgileri yardımcı işlem birimine iletir. Yardımcı işlem birimi servo motorların sürülmesinden sorumludur. Her iki işlem biriminin çalıştırdığı kod 8052 assembly dilinde yazılmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda uzaktaki bir bilgisayarla kablosuz olarak haberleşen paletli bir araç tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Temel tasarım amacı, aracın insan sağlığı açısından tehlike taşıyan alanlarda, insanlar tarafından yapılmakta olan görevleri üstlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen paletli ve süspansiyonlu hareket mekanizması, aracın engebeli, zor arazi koşullarında görev yapmasına izin verir. Araç mayın imhası, şüpheli paketlerin incelenmesi gibi askeri amaçlar için kullanılabileceği gibi, endüstriyel üretim tesislerinde yanıcı, patlayıcı, cildi tahriş edici kimyasal maddelerin bulunduğu ortamlarda gözlem ve keşif amacıyla kullanılma potansiyeline sahiptir.

Proje kapsamında yer alan sonraki adımlardan biri araç üzerine mekanik bir kolun yerleştirilmesidir. Elektronik açıdan, robot koluna ait eklemlerin kontrolü şu anda tamamlanmış olup, mekanik aksam üzerindeki çalışmalar devam etmektedir.

Uzaktaki bilgisayar ile aracın haberleşmesini sağlayan donanım altyapısı ve haberleşme protokolü gerçekleştirilmiş, protokol yazılımları çeşitli hata denetim mekanizmaları kullanılarak güçlendirilmiştir. Bundan sonraki hedef, kullanılmakta olan elektronik bileşenlerin daha üstün nitelikli olanlarla değiştirilmesi ve iletişimi bozucu etkiler azaltılırken menzilin artırılmasıdır.

Araç iyileştirmeye ve geliştirmeye açık olup, ileriki robot projeleri için bir başlangıç noktası teşkil edecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Fong, T., and Thorpe, C., "Vehicle Teleoperation Interfaces", Autonomous Robots, Vol 11(1), 2001.
- [2] Fong, T., Thorpe, C., and Baur, C., "Advanced Interfaces for Vehicle Teleoperation: Collaborative Control, Sensor Fusion Displays, and Remote Driving Tools", Autonomous Robots, Vol 11(1), 2001.
- [3] Krotkov, E., et. al., "Safeguarded Teleoperation for Lunar Rovers: From Human Factors to Field Trials", IEEE Planetary Rover Tech. and Sys. Workshop, 1996.
- [4] Graves, A. and Czarnecki, C., "A Generic Control Architecture for Telerobotics", UMCS-99-3-1, University of Manchester, 1999.
- [5] Deschler, M., "TCM2 Sensor Development", Technical Report, VRAI Group, EPFL, 1998.
- [6] Kitts, C., Petrovic, O., Rasay, M., and MacKinnon, M., "NETROL: An Internet-Based Communications Architecture for Piloting Robotic Vehicles", in preparation for submission to IEEE Transactions on Industrial Electronics.
- [7] Cross, T., et. al., The Remotely Accessible Communications Environment, Santa Clara University Senior Design Thesis, June 2002.
- [8] Bottini, G., Wood, M., Drake, K., and Carlin, D., Roverwerx 2003: Mobile Land Robot, Santa Clara University Undergraduate Thesis, June 2003.
- [9] [http://www.hitecrd.com/homepage/product\\_fs.htm](http://www.hitecrd.com/homepage/product_fs.htm)
- [10] [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc1919.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1919.pdf)
- [11] [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc4316.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4316.pdf)
- [12] [http://www.aurelwireless.com/wireless/uk/manuals/650200588\\_um.pdf](http://www.aurelwireless.com/wireless/uk/manuals/650200588_um.pdf)
- [13] <http://www.ndtd.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/EquipmentTrans/piezotransducers.htm>