

PC DENETİMLİ BİR MOBİL ROBOT PLATFORMU TASARIMI

Mehmet HALICI¹

Emin Murat ESİN²

¹Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Elektronik Müh. Bölümü

²Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Bilgisayar Müh. Bölümü

¹e-posta:halicimehmet@ixir.com

²e-posta:emesin@bilmuh.gyte.edu.tr

Anahtar sözcükler: Robotik, Mobil Robot, Geliştirme Platformu, Mikrodenetleyici, Adım Motoru, Sensör

ÖZET

Bu çalışmada mobil robot uygulamalarının geliştirilmesinde kullanılmak için PC denetimli bir platformun tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan mobil platform mikrodenetleyici tabanlı olup, PC ile RS232 seri port'u üzerinden haberleşmektedir. Üç tekerlekli olan mobil platforma adım motorları ile hareket verildi. Üzerine yerleştirilen infrared (IR) yaklaşım sensörleri ile engel sakınımları sağlandı. Sıcaklık sensörü ilave edilerek bulunduğu ortamdaki sıcaklığın PC ile izlenebilmesi gerçekleştirildi. Platform batarya ile beslendi ve batarya seviyesinin PC ile izlenmesi sağlandı. Platform üzerine tampon sensörleri yerleştirilerek robotun bir yere çarpma anında durması gerçekleştirildi. Platform üzerindeki kontrol devresine bir gerçek zaman saati yerleştirilerek, robotun belli bir zamana bağlı olarak programlanması amaçlandı. PC tarafında geliştirilen kullanıcı arayüzü programı ile platforma hareket verilmesi, hareket durumunun izlenmesi ve üzerindeki sensörlerden gelen verilerin izlenmesi sağlandı. Son olarak önceden belirlenen bir yol robota izlettirilerek, robotun performansı test edildi. Robotun izlediği yol ile hedef yol karşılaştırıldı. Sapmalar ve hata miktarları tesbit edildi. Gözlemler ve sonuçlar yorumlandı.

1. GİRİŞ

Kablosuz haberleşme cihazlarının kullanımının büyük bir hızla artmasıyla mobil cihazların otomatik kontrolü son zamanlarda çok popüler bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla geliştirilen mobil robotlar fabrika otomasyonundan uzay araştırmalarına kadar pek çok sahada kullanılmaktadır.

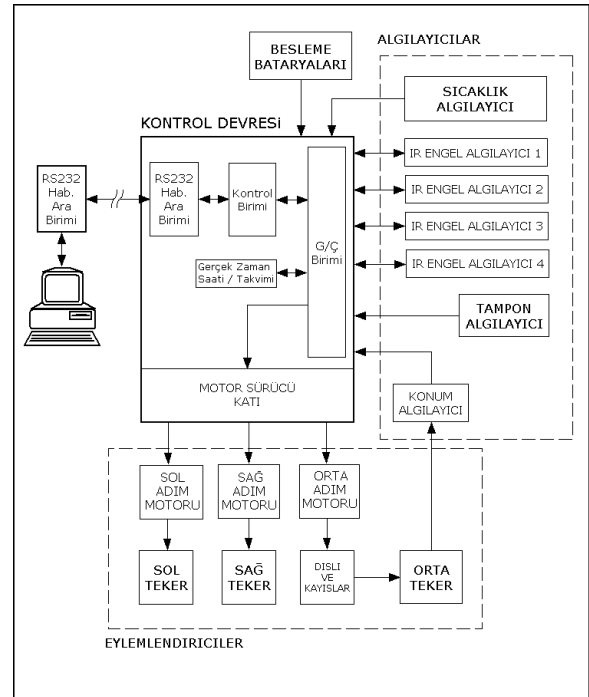
2. BEKLENTİLER

Bu platformun tasarlanması ile mobil robota PC'den ileri/geri hareket vermek, robotu sağa/sola döndürmek ve bu hareketleri gerçek zamanlı olarak izlemek mümkün olacaktır. Robot PC ile RS232 seri portu üzerinden haberleşecek ve bu haberleşmede bir haberleşme protokolü ve komut takımı oluşturulacaktır. Robot üzerine konulacak yaklaşım sensörleri ile robotun yol boyunca bir yere çarpmamaları hedeflenmiştir. Bu sensörlerin durumu PC ile izlenebilecektir. Robot sahadan okuyacağı sıcaklık bilgisini ve üzerindeki bataryanın seviyesini istenildiğinde PC'ye gönderecektir.

3. TASARIM

Tasarlanan platforma ait işlevsel blok şema Şekil 1'de verilmiştir. Gerçeklenen tasarım 4 parçadan oluşmaktadır:

- Mekanik tasarım
- Elektronik tasarım
- Kontrol yazılımı
- PC tarafı kullanıcı arayüzü yazılımı

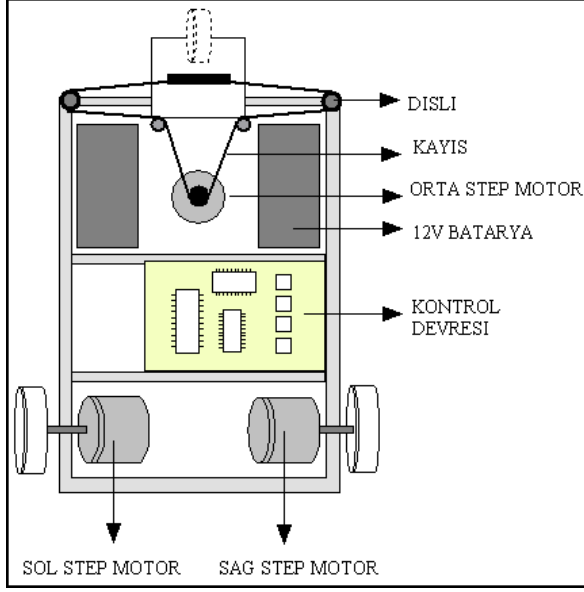


Şekil 1. Tasarlanan Platformun İşlevsel Blok Şeması

3.1. MEKANİK TASARIM

Geliştirilen mobil platformun mekanik yapısı Şekil 2'de verilmiştir. Robota hareket vermek için adım motorları, tekerler, kayış ve dişliler kullanılmaktadır. Robot üç tekerlekli olup, sağ ve sol teker bir transmisyon borusu vasıtasıyla sağ ve sol adım motorlarına bağlanmıştır. Sağ ve sol adım motoru robotu ileri-geri hareket ettirmektedir. Orta adım motoru kayış ve dişlilerle ön tekerere bağlanmıştır. Ön tekeri sağa ve sola döndürerek, direksiyon vazifesi görmektedir. Ön tekerin hareket sınırı $\pm 50^\circ$ dir. Ayrıca ön tekerere bir lineer potansiyometre

bağlanmıştır. Bu potansiyometre ön tekerin konumunu algılamaktadır.



Şekil 2. Mobil Platformun Mekanik Yapısı

3.2. ELEKTRONİK TASARIM

Şekil 3'de elektronik tasarımın blok şeması verilmiştir. Platformu kontrol etmek için tasarlanan kontrol kartı mikrodenetleyici tabanlı olup, Microchip firmasının 8 bit'lik PIC16F877 mikrodenetleyicisi [1,2] kullanılmıştır. Tasarlanan kart, PC ile 19200 bps hızında seri haberleşme yapmaktadır. Tasarlanan platform, mikrodenetleyicinin bellek kısıtlamalarından dolayı karar mekanizması olarak düşünülmemiştir. PC ile sürekli seri haberleşme imkanına sahip olduğu için ana karar mekanizmasının PC yapılması uygun görülmüştür. Platformun PC ile haberleşmesinde bir haberleşme protokolü ve komut takımı oluşturulmuştur. Bu protokolleri ve komut takımını kullanarak, bu platform üzerinde akıllı mobil algoritmalar geliştirmek mümkündür.

Kontrol devresi üzerinde bulunan sürücü katı, 3 tane bipolar adım motoru sürücü devresi [3] içerir. Sürücü devresinde darlington transistörler [4,5] kullanılmıştır.

Kontrol devresi üzerinde gerçek zaman saati/takvimi bulunmaktadır. Robot saat bilgisini tutmaktadır. Saat/takvim devresi programlanan gün ve saatte robota belli görevleri yaptırmak için kontrol devresine ilave edilmiştir. Saat/takvim fonksiyonunu sağlamak için Philips firmasının ürettiği PCF8583 entegresi [6] kullanılmış ve bu entegre 3.6V'luk şarj edilebilir NiCd pil ile beslenmiştir.

Robot üzerinde 4 tane IR yaklaşım sensörü bulunmaktadır. Bu sensörler bir IR verici LED'den ve IR alıcı modülden [7] oluşmuştur. Bu sensörler yakın ve uzak mesafe olmak üzere iki farklı uzaklıkta engel olup olmadığını algılayabilmektedir. Yakın ve uzak mesafelerin seçimi, IR verici led'in besleme gerilimi +5V ve +12V arasında anahtarlanarak elde edilmiştir. Ayrıca yakın ve uzak mesafeler için mesafe ayarı

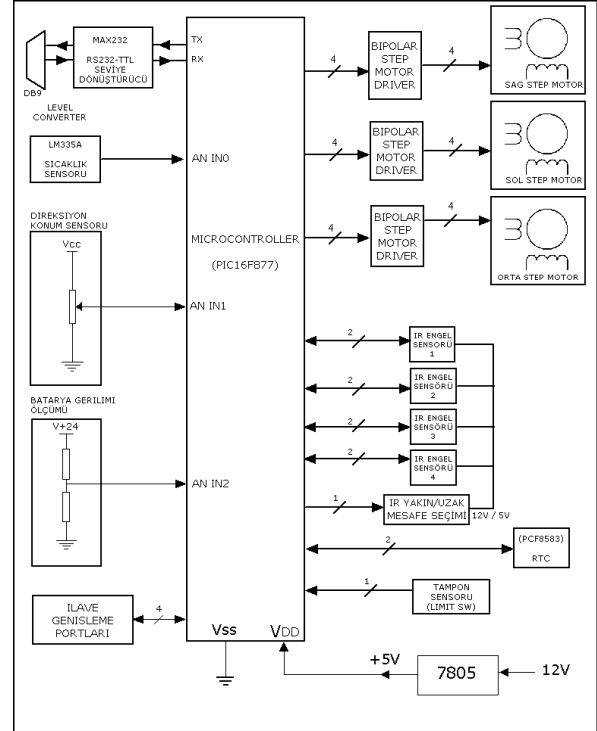
yapılabilmektedir. Mesafe ayarı için kontrol devresi üzerinde potansiyometreler kullanılmıştır.

Robot üzerinde 4 farklı yere tampon sensörü olarak limit switch'ler yerleştirilmiştir. Şayet yaklaşım sensörlerinden kurtulan bir engel olursa, robot engele çarptığında switch kapanır. Mikrodenetleyici bunu algılar ve bir emniyet durumu olarak bütün adım motorlarını durdurur ve hareketlerini engeller.

Robotun ön tekeri üzerine yerleştirilen potansiyometre ile ön tekerin konumu analog olarak ölçülmektedir. Bu konum $\pm 45^\circ$ 'ye ulaştığında ön tekerin tamponlara çarpmaması için orta adım motoru durdurulur.

Kontrol devresinde batarya gerilimi, gerilim bölücü dirençler vasıtasıyla mikrodenetleyicinin ADC'sine girilerek analog değer ölçülmektedir. Bu sayede bataryanın boşalıp boşalmadığı izlenebilmektedir.

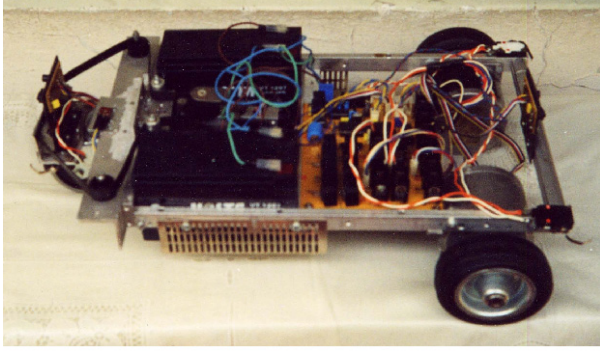
Platform üzerinde bulunan sıcaklık sensörü [8] ile ortam sıcaklığı ölçülmektedir.



Şekil 3. Elektronik Tasarımın Blok Şeması

Platformu beslemek için 2 tane 12V / 7Ah' lik batarya kullanılmıştır. Bataryalar seri bağlanarak 24V elde edilmiştir. Böylelikle 12V ve 24V'luk iki ayrı gerilim bataryalardan alınabilmektedir. Kontrol devresine 12V ve 24V gerilimleri girmektedir. 24V gerilim, kontrol devresi'nin motor sürücü katında adım motorlarını çalıştırmak için kullanılmaktadır. Kontrol devresinin diğer kısımları kontrol kartına giren 12V gerilimden elde edilen +5V ile beslenmektedir.

Şekil 4'te mobil platformun fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 4. Mobil Platformun Fotoğrafi

3.3. KONTROL YAZILIMI

Assembler dilinde kodlanmış yazılım temel olarak 3 kısımdan oluşmaktadır:

- Ön şartlama programı (Initialize)
- Ana Döngü (Main Loop)
- Kesme Hizmet Programı (Interrupt Ser. Routine)

Ön şartlama programında portların dijital giriş/çıkış, analog giriş veya seri giriş/çıkış olarak ön şartlaması yapılır. Seri port'un baud rate değeri ayarlanır. Kullanılacak kesmeler belirlenir. Programda kullanılan yazmaçların başlangıç değerleri yüklenir.

Adım motorlarının sürülmesi işlemi kesme hizmet programı içinde yapılmaktadır. Üç adım motorunun hızlanma, yavaşlama, durma ve çalışma modlarını gerçeklemek için tek bir zamanlayıcı kesmesi kullanılmıştır.

Seri haberleşme, IR sensörlerin okunması, batarya geriliminin ve sıcaklığın ölçülmesi, direksiyon konumunun okunması, tampon sensörlerin okunması ve gerçek zaman saati bilgisinin güncellenmesi işlemlerinin hepsi programın ana döngüsü içerisinde gerçekleştirilir. Ana döngü içerisindeki alt programlar ve kesme hizmet programı arasındaki veri aktarımı tanımlanan yazmaçlar ve bayraklar ile yapılmaktadır.

Bütün bu kontrol işlemlerinin hepsi uygun bir 'tasking' yapısı ile 8 bit'lik tek bir mikrodeneleyici içerisine sığdırılmıştır, böylelikle mikrodeneleyici üzerinde çalışan gerçek zamanlı bir işletim sistemi oluşturulmuştur.

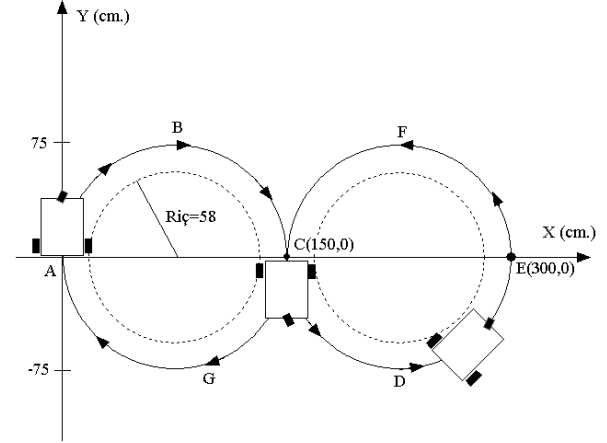
3.4. KULLANICI ARAYÜZ YAZILIMI

Borland C++ Builder ile geliştirilen arayüz yazılımı ile gerçek zamanlı olarak, robotun hareket durumu ve üzerindeki sensörlerden topladığı veriler izlenebilmekte ve robot üzerindeki adım motorlarına hareket verilebilmektedir.

4. PERFORMANS TESTİ

Robotun performansının test edilmesi ve manevra kabiliyetinin ortaya çıkartılması için Şekil 6'da görülen '8' şeklindeki yol robota izletilmiştir. Ölçümlerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için bir koordinat sistemi tayin edilmiştir. Robot harekete

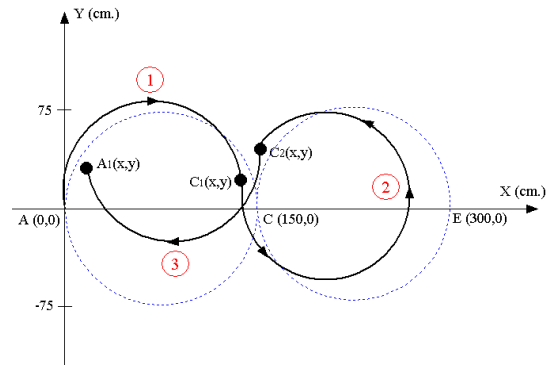
başlangıç anında, A(0,0) noktasına yerleştirilmiştir. Hedef nokta olarak yine A(0,0) noktası seçilmiştir. '8' şeklini çizdirmek için robota "A-B-C-D-E-F-G-A" yolu izletilmiştir. Robot önce sağ tarafa manevra yaparak, ABC yayını çizmektedir. C noktasına geldiğinde, sol tarafa manevra yaparak, "C-D-E-F-C" yolu boyunca bir çember çizerek tekrar C noktasına gelir. C noktasında, sağ tarafa manevra yaparak hedef nokta olan A(0,0) noktasına ulaşmaya çalışır. Robotun, her hareket başlangıcında bulunduğu noktaların koordinatları ölçülmüştür. Bu ölçümlerden yola çıkarak her hareketteki sapma miktarı vektörel olarak hesap edilmiştir. Bu deney 5 kere tekrarlanarak, elde edilen sonuçlar tablo halinde düzenlenmiştir.



Şekil 6. Robota İzletilen Yol

4.1. HATA ANALİZİ

Robotun izlediği yol ile, izlemesi gereken hedef yol arasındaki sapmalar Şekil 7'de görülmektedir. Kesikli çizgiler hedef yolu, sürekli ve kalın çizgiler ise robotun izlediği bir yolu göstermektedir. "ABC" yolu '1' ile, "CDEFC" yolu '2' ile, "CGA" yolu ise '3' ile gösterilmiştir. Her deneyde A₁, C₁ ve C₂ noktalarının koordinatları farklı değerler almıştır.



Şekil 7. Hedef Yol ile Robotun İzlediği Yolun Karşılaştırılması

Burada her adımda yapılan hataların bir öncekinin üzerine katlayarak devam ettiği görülmektedir. Her harekette yapılan, ayrık hatayı hesap etmek için şu vektörel denklemler yazılabilir:

$$\vec{AC}_1 + \vec{C}_1\vec{C}_2 + \vec{C}_2\vec{A}_1 = \vec{AA}_1 \quad (1)$$

$$\vec{AC} + \vec{CC} + \vec{CA} = \vec{0} \quad (2)$$

(1)'de robotun izlediği yol, (2)'de ise robotun izlemesi gereken hedef yol verilmiştir. (1) ve (2) denklemlerinin taraf tarafa farkı alınır:

$$(\vec{AC}_1 - \vec{AC}) + (\vec{C}_1\vec{C}_2 - \vec{CC}) + (\vec{C}_2\vec{A}_1 - \vec{CA}) = \vec{AA}_1$$

$$\vec{CC}_1 + \vec{C}_1\vec{C}_2 + (\vec{C}_2\vec{A}_1 - \vec{CA}) = \vec{AA}_1 \quad (3)$$

denklemi elde edilir. CC_1 vektörü '1' yolu boyunca, C_1C_2 vektörü '2' yolu boyunca ve (C_2A_1-CA) vektörü ise '3' yolu boyunca yapılan ayrıık hatalardır. Bu hataların vektörel toplamı, toplam hatayı vermektedir. Bu hataları sırasıyla E_1 , E_2 ve E_3 ile ifade edersek, bu hataların X ve Y bileşenleri:

$$E_{1x} = C_{1x} - 150 \quad (4)$$

$$E_{1y} = C_{1y} \quad (5)$$

$$E_{2x} = C_{2x} - C_{1x} \quad (6)$$

$$E_{2y} = C_{2y} - C_{1y} \quad (7)$$

$$E_{3x} = A_{1x} - C_{2x} + 150 \quad (8)$$

$$E_{3y} = A_{1y} - C_{2y} \quad (9)$$

ile ifade edilebilir. Bütün yol boyunca yapılan toplam hatanın ise \vec{AA}_1 'in boyuna eşit olduğu görülmektedir.

4.2. TEST SONUÇLARI

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablodaki AA_1 değeri, \vec{AA}_1 vektörünün boyu olup test sonunda yapılan toplam hatayı göstermektedir.

ÖLÇÜM DEĞERLERİ							HESAPLANAN DEĞERLER									
	C _{1x}	C _{1y}	C _{2x}	C _{2y}	A _{1x}	A _{1y}	AA ₁	E _{1x}	E _{1y}	E ₁	E _{2x}	E _{2y}	E ₂	E _{3x}	E _{3y}	E ₃
DENEY 1	139	-13,5	139	13	-4	36,5	36,72	-11	-13,5	17,414	0	26,5	26,5	7	23,5	24,52
DENEY 2	142,5	30	158,5	82	22	142	143,7	-7,5	30	30,923	16	52	54,406	13,5	60	61,5
DENEY 3	131	13	159	82	29	130,5	133,7	-19	13	23,022	28	69	74,465	20	48,5	52,462
DENEY 4	150	20	151	29	3,5	6	6,946	0	20	20	1	9	9,0554	2,5	-23	23,135
DENEY 5	153	13,5	154	22	13	-2	13,15	3	13,5	13,829	1	8,5	8,5586	9	-24	25,632
ORTALAMA	143,1	12,6	152,3	45,6	12,7	62,6	66,84	-6,9	12,6	21,038	9,2	33	34,597	10,4	17	37,45

Tablo 1. Deney Sonuçları, Ölçüm Değerleri ve Hesaplanan Değerler

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan testlerde hareketler sırasında oluşan hataların çoğunun robotun mekanik yapısından kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Ön tekerde bulunan potansiyometre robota yerleştirilirken oluşan boşluk sebebiyle açı ölçümünde hata yapılmaktadır. Ön teker, potansiyometreden gelen açı bilgisi ile yönlendirildiğinden dolayı ön teker konumundaki küçük bir sapma, hareket sonunda büyük farklara sebebiyet vermektedir. Ayrıca hataların kümülatif olması sebebiyle, bir hareketin başlangıç noktası, bir önceki hareketin yaptığı hata kadar ötelenmektedir. Bunun sonucu olarak hedef yol sonunda bazen büyük sapmalar oluşmakta, bazen de hataların birbirinin etkisini yok etmesi sonucu hedefe yaklaşılmaktadır. Robotun mekanik yapısı biraz daha iyileştirilerek bu hatalar azaltılabilir.

Diğer bir hata kaynağı adım motorlarıdır. Bazen adım kaçırdığı durumlar olabilmektedir. Robotun üzerindeki ağırlığın çok fazla olması ve bataryanın zayıflaması adım motorunun hareketlerini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunun önüne geçmek için artan encoder vasıtasıyla konum geri beslemesi alınarak adım motorlarının atacağı adım sayısı sürekli güncellenebilir.

Geliştirilen platformun PC bağlantısı kablo ile gerçekleştirildi. İleriki çalışmalarda seri port kablosu yerine, robota ve PC'ye birer radyo modem modülü takılarak daha kullanışlı bir geliştirme ve uygulama platformu elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Microchip Technology Inc, PIC16F87X data sheet, 1999.
- [2] Microchip Technology Inc, Embedded Control Handbook, Vol 1, April 1997
- [3] Philips Semiconductors, Power Semiconductor Applications, Chapter 3, Stepper Motor Control
- [4] SGS Thomson Microelectronics, BDX53A/53B/53C BDX54B/54C data sheet, September 1997
- [5] Texas Instruments, ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A Darlington Transistor Arrays data sheet, 1993
- [6] Philips Semiconductors, PCF8583 data sheet, July 1997
- [7] Temic Semiconductors, TSOP12.. data sheet, Rev A3, 12-May-97
- [8] National Semiconductor Corp, LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors data sheet, February 1995