

Design and Construction of an Autonomous Unmanned Ground Vehicle (UGV) and Basic Waypoint Tracking

Halit Hülako

Hakkari Üniversitesi Makina Mühendisliği, Hakkari, Türkiye

Sadettin Kapucu

Gaziantep Üniversitesi Makina Mühendisliği, Gaziantep, Türkiye

Abstract

In recent years, unmanned vehicles has been quite popular for the researchers and that vehicles are still being developed by the researchers and engineers. Unmanned vehicle has to do all operations without aid and have all capabilities. In this study, it was worked on tracking of waypoint by autonomous unmanned ground vehicle (UGV). It was utilized from microprocessor, GPS and compass module. The operating working principle of unmanned ground vehicle is as follow: At the beginning, waypoints or earth coordinates are loaded an eeprom, GPS module calculates the new position for every 200 ms to find current angle between North and trajectory that is a line between the current position and destination\waypoint. Compass module also calculates current heading value that it shows angle between north and course. According to this data microprocessor compares the results and chooses the correct angle of servo that controls the direction of UGV. This platform will be used as a test vehicle to improve capability of tracking waypoint trajectory and path following.

Keywords– Waypoint, UGV, GPS

Bir Otonom İnsansız Kara Aracının Tasarımı, Yapımı ve Temel Varış Noktası Takibi

Özet

Son yıllarda, insansız araçlar araştırmacılar için oldukça popüler hale gelmiştir ve hala bu araçlar araştırmacılar ve mühendisler tarafından geliştirilmekte. İnsansız araçlar bütün kabiliyetlere sahip olmalı ve yardım almadan bütün işlemleri gerçekleştirmeli. Bu çalışmada otonom bir insansız kara aracının (İKA) varış noktasına gidilmesi sağlanmıştır. Çalışmada GPS, pusula ve mikrodenetleyiciden faydalanılmıştır. İKA'nın çalışma prensibi ise şöyledir; başlangıçta varış noktaları (waypoints) veya coğrafi koordinatlar mikrodenetleyicinin eepromuna yüklenir. GPS modül ise kuzey çizgisi ve anlık konum-varış noktası arasında oluşan açıyı hesaplayabilmek için her 200 ms'de bir kendi konumunu hesaplar. Pusula sensörü de aracın kuzey ile yaptığı açıyı hesaplar. Bu bilgilere göre mikrodenetleyici sonuçları karşılaştırıp İKA'nın yön kontrolünü yapan servo motorunun yapacağı doğru açıyı seçer. Bu düzenek güzergah yolu veya yörüngesi izleme yeteneklerinin geliştirilmesi için test düzeneği olarak kullanılacaktır.

Anahtar kelimeler– Varış noktası, İKA, GPS

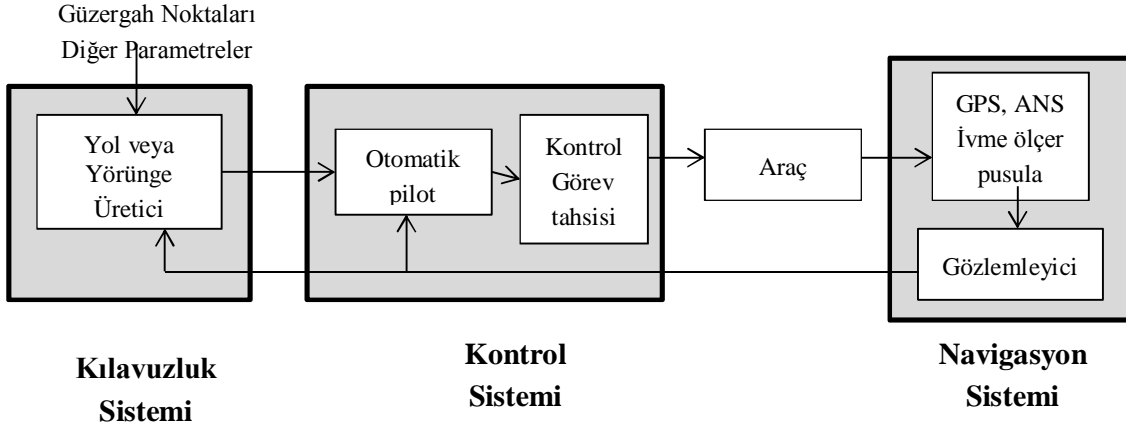
1. Giriş

Heyecan uyandıran konularıyla bilim çevrelerinin dikkatini çekmeyi başaran insansız araçlar, askeri alanlarda çokça kullanıldığı gibi sivil uygulamalarda da kullanılmaya başlanmıştır. Bu sebeple insansız araçlar hakkındaki bilimsel yayınlar dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artmaktadır. Bu yazıda insansız araçlar hakkında bazı bilgiler ve birde temel bir uygulama verilmiştir.

İnsansız araçlar, insan müdahalesine gerek duymadan verilen görevi yerine getirebilme kabiliyetlerine göre otonom(bağımsız) ve yarı otonom(yarı bağımsız) olarak isimlendirilirler. Varış noktası izleyen insansız otonom araçlar kılavuzluk, navigasyon ve kontrol sistemlerini kullanırlar (*Tor Marius 2011*). Benzer olarak roketler, gemiler, uçaklar, ve denizaltıları varış noktası takibi uygulamalarında bu üçlü sistemi kullanırlar.

2. Kılavuzluk, Navigasyon ve Kontrol Sistemi

Varış noktasına gitmeye çalışan veya yol, yörünge izlemeye çalışan otonom araçların beyni mahiyetinde olan bu üç sistem özetle şöyle çalışmaktadır. Navigasyon sistemi aracın bulunduğu konumu ve diğer gerekebilecek hareket bilgilerini diğer iki sisteme aktarır. Kılavuzluk sistemi bulunduğu konumu ve varacağı varış noktasını karşılaştırıp sonucunu kontrol sistemine aktarır. Son olarak kontrol sistemi araca eyleyicilerle müdahale edip aracı varış noktasına ulaştırmaya çalışır (*Fossen 2011, Tor Marius 2011*).



Şekil 1. Kılavuzluk, Kontrol ve Navigasyon Sistemi Blok Diyagramı

2.1. Kılavuzluk Sistemi

Görevi, aracın rotası ve varış noktası veya takip edilen yol-yörünge arasındaki açıyı hesaplamaktır. Açının hesaplanması konusunda değişik algoritmalar mevcuttur (*Fossen*

2011, *Tor Marius 2011*). Bu uygulamada gereken açının hesaplanması temel bir yöntemle bulunmuştur.

2.2. Navigasyon Sistemi

GPS, ataletsel navigasyon sistemi(ANS) ve pusula gibi konum ve aracın hareket bilgilerini veren ekipmanlardır. GPS, uydular aracılığı ile konumunu hesaplar. ANS ise içinde barındırdığı ivmeölçer ve jiroskoplar sayesinde bir noktayı merkez alıp mesafedeki değişimi algılar. Böylelikle GPS'in kullanılmadığı yerlerde, kapalı ortamlarda veya denizaltı gibi araçlarda konum bilgisi öğrenmek için kullanılır. Yapılan uygulamada navigasyon cihazları olarak GPS ve pusula kullanılmıştır.

2.3. Kontrol Sistemi

Kontrol sistemi ise kılavuzluk sisteminden çıkan sonuçlara göre aracı kontrol eden eyleyicileri harekete geçirir ve aracın istenen rotada kalmasını sağlar (*Tor Marius 2011*). Sanki aracı kontrol eden ve istenen konuma gitmesi için yönlendiren biri varmış gibi davranır. Kontrol işlemi konusunda değişik algoritmalar mevcuttur. Bu projede PID kontrolden faydalanılmıştır.

3.İnsansız Kara Aracı

3.1.Gövde ve Motorlar

Elektronik ekipmanları ve ileri aşama uygulamalar için bir dizüstü bilgisayar taşıyabilecek, iki serbestlik derecesine sahip HSP Crawler tipi model aracın gövde ve motorları kullanılmıştır. Dikey eksen etrafındaki dönüşü güçlü bir servo motor, yatay eksen etrafındaki hareketi de 2 adet DC motor yapmaktadır. Mikrodenetleyici, servo ve DC motoru yön bulma hesaplamalarının çıktıklarına uygun olarak kontrol etmektedir.



Şekil 2. Test Düzeneği

3.2.Mikrodenetleyici ve “PicBasic Pro”

Bu çalışmada PIC 18F452 mikrodenetleyicisi, derleyici olarakta “Pic Basic Pro” kullanılmıştır. Mikrodenetleyici 32K'lık program hafızasına ve ayrıca 256 baytlık eeprom belleğine sahiptir.

Aracın gideceği varış noktalarının koordinat değerleri başlangıçta mikrodenetleyicinin kendi eeprom hafızasına yüklenir bu sebeple harici eeproma gerek duyulmamıştır. 18F452, 8 bitlik işlemci olduğu için ancak 8 bitlik çarpma işlemi yapabilmektedir. Ancak "PicBasic Pro" derleyicisindeki bazı kodlar yardımıyla 32 bitlik matematiksel işlemler yapılabilir. Ayrıca derleyici ondalıklı sayı işlemlerini yapamadığından dolayı ondalıklı sayılarla işlemler yapıldığında bu sayılar tam sayıya çevrilerek işlem yapılmıştır.



Şekil 3. Microchip firmasına ait PIC 18F452

3.3.Hmc6352 Pusula

Aracın rotasının kuzeyden sapma açısını bulabilmek için Honeywell marka Hmc6352 tipi dijital pusula sensörü kullanılmıştır. Sensor onda bir hassasiyettir, ayrıca manyetik alanlardan ve demir içerikli malzemelerden güçlü şekilde etkilenmektedir. Buna uygun olarak, sensör, aracı süren DC motorlardan uzağa konulmuş ve aracı oluşturan parçalar alüminyum malzeme seçilmiştir. İşlemci, sensör çıktılarını I2C iletişim yöntemi ile almaktadır. Hmc6352'nin okuma ve yazma işlemleri için kullandığı adres değerleri sırasıyla heksadesimal olan 43 ve 42 değerleridir. Sensörden çıkış elde edebilmek için Ascii karakteri olan A harfinin 41 olan heksadesimal değeri sensöre yazılır. Akabinde 2 baytlık pusula değeri yani aracın kuzeyden sapma açısı okunur. Bu işlem basamakları bir alt programa dâhil edilip her sensör değeri güncellenmek istendiğinde 41 heksadesimal değeri sensöre yazılmalıdır. Aracın hızına ve yapacağı ani manevralara bağlı olarak saniyedeki güncelleme sayısı uygun olarak ayarlanmalıdır. Zira düşük güncelleme değerleri aracın konum kontrolünün hassasiyetini düşürecektir. Bu projede 5 hz'lik güncelleme değeri yeterli görülmüştür. Sensörün anlık değer okuma program kodları ise şöyledir;

```
pusula var word
Dongu:
I2CWRITE SDA pini, SCL pini, $42, [$41]
pauseus 6000 ' sensorun yeni pusula değerini hesaplaması için
'beklenilmesi gereken süre
I2CREAD SDA pini, SCL pini, $43,[pusula.HIGHBYTE,pusula.LOWBYTE]
Lcdout $FE, 1, "Pusula degeri: ",# pusula
goto Dongu
```



Şekil 4. Honeywell Hmc6352 pusula sensörü

3.4. MediaTek MT3329 GPS sensörü

Navigasyon sisteminin temel parçası olan GPS sensörü hassas konum bilgisinin yanında saat, tarih, kuzeyden sapma açısı ve hız bilgilerini de verir. GPS, bu bilgileri NMEA mesaj

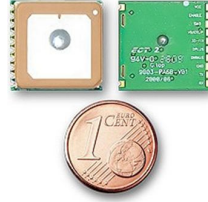
satırları şeklinde almaktadır. NMEA'ya ait bir çok mesaj satırı modeli vardır. Her modelin mesaj satırı farklı bilgilere sahip olabilir ve farklı bir sıralama içinde olabilirler fakat tümü ortak olarak "\$" Ascii karakteri ile başlar ve yeni satıra geçildiğinde sonlanır. Bu projede RMC tipi NMEA mesaj satırı kullanılmıştır. RMC mesaj satırı, birbirinden virgül ile ayrılan 12 adet bilgi içerir.

\$GPRMC,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12

1. Saat bilgisi; ssddss.sss
2. Durum; A harfi geçerli bilgi, V harfi geçersiz bilgi olduğunu gösterir.
3. Enlem; dddd.dddd
4. Kuzey/Güney; N harfi kuzey, S harfi güney olduğunu gösterir.
5. Boylam; dddd.dddd
6. Doğu/Batı; E harfi doğu, W harfi batı olduğunu gösterir.
7. Hız
8. Rota
9. Tarih; ggaayy
10. Manyetik sapma
11. Mod
12. Sağlama

GPS cihazından Hyperterminal programı ile okunan bir RMC mesaj satırı şöyledir;

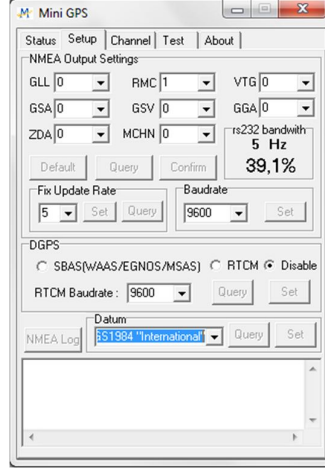
\$GPRMC,124559.600,A,3734.8006,N,04344.0060,E,0.00,336.52,231213,,A*6B



Şekil 5. MediaTek MT3329 GPS

Aracın hızına uygun olarak yüksek güncelleme değerine sahip GPS sensörü modeli seçilmiştir. Zira düşük güncelleme değerleri aracın konum hassasiyetini bozacaktır. Mtk GPS sensörü 10 hz'lik programlanabilir konum güncelleme oranına sahiptir ve ayrıca hassasiyeti 3 metredir bazı iyileştirmelerle 2.5 metreye kadar indirilebiliyor. İşlemci GPS ile seri iletişim yöntemiyle bilgi alış verişi sağlamaktadır. GPS'in programlanması ise iki yol ile yapılabilmektedir. Kendi programlayıcı arayüzü olduğu gibi Windows işletim sisteminin Hyperterminal programı ile üreticinin belirlediği kod satırlarını göndererek programlanabilmektedir. Kendi programlayıcısı olan Mini GPS programı yardımıyla uygun güncelleme oranı ve alınması istenilen NMEA mesaj satırları seçilebilmektedir. Alınması istenilen NMEA mesaj satırları artıkça baud hızı değeri artmaktadır. İletişimin doğru şekilde sağlanabilmesi için uygun baud hızı seçilmelidir. GPS cihazı, programlandıktan sonra program ayarlarını küçük bir pil sayesinde hafızasında saklı tutar. Fakat bu pil çıkarıldığında, GPS cihazı başlangıç ayarlarına geri döner ve tekrar programlanması gerekir. Bu projede 5 hz'lik konum

güncelleme oranı yeterli görülmüştür. Ayrıca NMEA mesaj satırlarından sadece RMC satırının alınması konum bilgisi için yeterli görülmüştür.



Şekil 6. Mini GPS programlayıcı

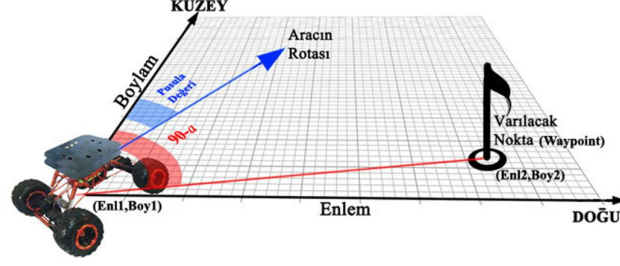
Mikrodenetleyicinin GPS'ten bilgi çekebilmek için kullanılacak program kod satırları ise şöyle yazılabilir (Orhan A 2007);

```
n1 var byte
n2 var byte
n3 var byte
.
.
.
SerIn2 serripin, baudhızı, [wait("$GPRMC"), decl n1, decl n2, decl n3, ...
```

Mikrodenetleyici "\$GPRMC" karakterlerini bekler. Bu karakterler geldiğinde devamında gelen değerleri sırasıyla değişkenlere atar. Değişkenlere aktarılan enlem ve boylam değerleri hesaplamalar yapmak üzere ondalık formatına çevrilir.

3.5. Kılavuzluk ve kontrolün uygulanması

Bu çalışmada temel bir yöntemle aracın rotası ve araç-varış noktası arasındaki açı bulunmuştur. Pusula sensörü değerleri kuzeyden saat yönünde döndükçe artarak devam eder ve tam turunda 360 dereceye veya 0 dereceye tamamlar. Bu sebeple, araç-varış noktası arasında oluşan çizginin açısını hesaplarken her zaman kuzey baz alınmıştır. Aracın bulunduğu konumu koordinat sisteminin merkez noktası kabul edilip oluşan enlem ve boylam farklarından doğu ile arasındaki açı daha sonra ise kuzey ile yapılan açı bulunmuştur. Pic basic Pro derleyicisinde tanjant ile ilgili komut bulunmadığından bu açıyı(1) hesaplarken tanjant için bir bakma(lookup) tablosu oluşturulmuş ve değerler buradan okunmuştur. Koordinat bilgileri önce saat formatından ondalık sayı formatına çevrilmiş daha sonrada derleyicinin hesap yapabilmesi için tamsayıya çevrilerek hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 7. İnsansız kara aracının coğrafi koordinat sistemindeki gösterimi

$$\operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{\text{En}2 - \text{En}1}{\text{Boy}2 - \text{Boy}1}\right) = \alpha \quad (1)$$

Bu çalışmada PID'nin en temel hali olan oransal kontrol kullanılmıştır. PID, kontrol bölmesinde en sık kullanılan algoritmadır.

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (2)$$

Burada u çıkış, K_p , K_i , K_d sırasıyla oransal, integral ve türev'in kazanç katsayılarıdır. “ e ” harfi ise “error” yani hatayı göstermektedir. “ e ” aracın rotası ve araç-varış noktası arasında oluşan çizginin açısı ile oluşturduğu farktır. Bu değer K_p katsayısı ile çarpılarak servonun yönünü merkezde tutan servo sinyaline eklenir. Böylece çıkan negatif veya pozitif sonuca göre servo başlığı saatin dönme yönü veya saatin dönme yönünün tersine doğru yönelir. Aracın yön kontrolünü yapan tekerleklerin dönüş miktarı maksimum 45 derece saat yönünde ve 45 derecede tersi yönde olmaktadır. Bu sebeple servo motora verilen yön bilgisi bu sınırlar gözetilerek verilmiştir.

4.Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

Bu yazıda otonom bir kara aracının varış noktasına ulaşması hakkında temel bir uygulama yapılmıştır. Çalışma kılavuzluk, navigasyon ve kontrol hakkında temel bilgiler ve bir de uygulama içerdiğinden başlangıç aşamasında olanlar için önem arz etmektedir. Karşılaştığı engelin çeşitliliği ve yoğunluğundan dolayı otonom araçlar içinde kontrolü en zor ve karmaşık olanı insansız kara araçlarıdır. İleri aşama projelerde lazer tarayıcı ile yüzeyin taranıp zeminin ve engelin profili çıkarıldıktan sonra engelin atlanması işlemi düşünülmektedir. Ayrıca, PIC işlemcilerinin ileri düzey uygulamalardaki yetersizliği sebebiyle algoritmaların uygulanması ve hesaplamaların çözümlenmesi konusunda bilgisayar kullanılması düşünülmektedir. Oluşturulan düzenele kılavuzluk ve kontrol algoritmaların test edilmesi ve geliştirilmesi düşünülmektedir.

Referanslar:

Fossen T.I, 2011. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. John Wiley & Sons Ltd.

Tor Marius J, 2011. Waypoint-Following Guidance Based on Feasibility Algorithms, Master's thesis, NTNU, Norway.

Orhan A, 2007. PicBasic Pro ile PIC Programlama. Altaş Yayıncılık Ltd.