

MAYIN TARAMA ROBOTU

Melikşah Ertuğrul¹, Okyay Kaynak², H. Levent Akın³

¹ TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, BTAE Robotik ve Otomasyon Grubu, Gebze

² UNESCO Mekatronik Kürsüsü, Boğaziçi Üniversitesi, Elektronik Müh., İstanbul

³ Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET

Mayın karşı operasyonlarında kullanılmak üzere uzaktan kumandalı, yarı otonom bir mayın tarama robotu tasarımında çözüm bekleyen ana sorunlara değinilerek, çözüm yolları önerilmiştir. Robot planlama yapısı, merkezi karar mekanizması ile her alt birimin kendi işini bağımsız yapabileceği bir sistem üzerine oturtulmuştur. Her alt birim akıllı bir işlemciye sahiptir.

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletlerin yayınladığı bir rapora göre, kara mayınları, yılda yaklaşık 26000 kişinin ölümüne ve bir o kadarının da yaralanmasına sebep olmaktadır. Bu kişilerin büyük bir kısmı sivil ve yarısına yakını çocuklardır. Ayrıca binlerce evcil ve vahşi hayvan da bu mayınlardan kendilerini koruyamamaktadır [1].

Ülkemiz sınırlarında da yerleşik çok sayıda patlamamış mayın vardır. Ayrıca, teröristlerin yerleştirdiği mayınlar da güvenlik kuvvetlerimizin operasyon hızını kesmektedir.

Her ülkenin başını ağrıtan bir sorun olan mayınların temizlenmesi için bir çok ülkede önemli yatırımlar yapılmıştır. Kanada, İsrail, ABD, İsveç, Almanya bu ülkelerin başlıcaları olarak sayılabilir. Bu ülkelerin çalışmaları halen devam etmektedir. Projelerin tamamlanması için en az beş yıl daha süre gerekmektedir [2].

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve Boğaziçi Üniversitesi Mekatronik Laboratuvarı işbirliği ile TEMAROB (TEhlikeli MAdde ROBotu) isminde mayın ve bomba tarama robotu ön tasarımı yapılmış ve Kara Kuvvetleri Komutanlığına proje önerisi olarak sunulmuştur.

Bu bildiriye, mayın tarama amaçlı bir robotun tasarımında göz önünde bulundurulması gereken esaslar belirtilecek ve çözüm yolları önerilecektir. Önerilen robot sürücüsüz olup yarı otonom bir yapıdadır. Kendi kendine bazı kararları verebilmekle beraber uzaktan kumandayla da yönlendirilebilmektedir.

2. ROBOT YAPISI

2.1 Mekanik Yapı

Önerilen robot dört tekerlekli olup, dört tekerlekte tahrik sistemine sahiptir. Tekerlek yapısı arazi yapısına göre değiştirilebilir. Tahrik mekanizması değiştirilerek, tank paleti de kullanılabilir. Böylece, daha büyük eğimli arazilerde de çalışabilir.

Tekerlekler dişli sistemi ile DC motorlara bağlanmıştır. Tekerlekler sabit eksenler etrafında döner. Çark etmek için bir tekerlek diğerinden hızlı döner. Bu şekilde çark etmeye “differential steering” denilir [4]. Tankların çark sistemi de böyledir.

Mekanik aksamın tasarımında dayanıklılık göz önünde bulundurulacaktır. Mayının patlaması durumunda robotun en az zarar görmesi için mekanik veya seramik shock absorber kullanılmıştır. Robotun zarar görmesi durumunda çabuk yenilenebilir olması için modüler yapı kullanılacaktır.

Mayın taramada çok çeşitli yöntemler (sensör teknolojisiyle bağlı olarak) kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır; elle arama, elektromanyetik endüksiyon (EMI-ElectroMagnetic Induction), termal imaj (thermal imagers), toprağa giren sonda ya da radar (GPR-Ground-Penetrating or Probing Radar), termal nötrön aktivasyon (TNA) ve biyosensörler. Yanlış alarmları önleme ve mayın algılayamama tehlikesini minimize etmek için bu sensörlerden iki veya üçü beraber kullanılmaktadır. Önerilen robotun önünde üç farklı sensör taşınmaktadır. Bu sensörlerden gelen bilgiler birleştirilerek mayın olup olmadığına karar verilir [2].

Robotta çeşitli manipülasyonlarda kullanılmak üzere dört serbestlik derecesine sahip bir robot kol vardır. Bu kol ile mayın çevresi işaretlenebileceği gibi mayın toplama işlemi de yapılabilir. Ancak mayın toplama işlemi çok hassasiyet ve dikkat gerektiren bir işlemdir. Çünkü bazı mayın türleri bir tel yardımıyla toprağa bağlı olup yerinden çıkarıldıktan sonra patlar. Üstelik mayının doğru kavrama noktasından kavranmaması sonucu robot, mayını patlatabilir. Dolayısıyla, mayının çevresinin işaretlenmesi ve ikinci bir araç vasıtasıyla toplanması veya imhası daha uygundur.

Robotun tahrik mekanizmasında DC motorlar kullanılacaktır. Sistemin beslenmesi aküler vasıtasıyla olacaktır. Sistemin yaklaşık dört saat şarj yapılmadan çalışması öngörülmüştür.

2.2 Elektronik Yapı

Elektronik yapı merkezi bir karar mekanizması ve her alt iş parçasının (görme, hareket, vb.) kendi işini bağımsız yapabileceği bir sistem üzerine oturtulmuştur. Her alt iş parçası akıllı bir işlemciye sahiptir. Bu birimler ilerdeki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

Hareket kontrol biriminin yapısı kısaca şöyledir: DC motorlar, sürücüler tarafından kontrol edilecektir. Sürücülere kontrol işaretini DSP tabanlı ACR6000 isimli hareket kontrol kartı verecektir. Referans konum, merkezi işlemci tarafından bu karta verilecektir.

Güvenlik ve yol bulma için çeşitli sensörler vardır. Bu sensörlerden gelen işaretlerin toplanması ve değerlendirilmesi, DSP kartı içinde bulunan PLC birimi tarafından yapılacaktır.

3. ROBOT TASARIMDA İŞ PARÇALARI

Yarı otonom mayın tarama robotunda, belli başlı alt iş parçaları şunlardır;

1. Merkezi Karar Mekanizması
2. Üç sensörden gelen verilerin birleştirilmesi
3. Haberleşme ile uzaktan kumanda
4. Hareket kontrol
5. Algılama ve Güvenlik
6. Arıza tanıma ve arıza durumunda çalışabilme
7. Enerji yönetimi
8. Görme
9. Mayın işaretleme veya toplama

3.1 Merkezi Karar Mekanizması (Central Executive)

Merkezi Karar Mekanizması, robotun planlanan doğrultuda çalışması ve uzaktan kumanda sistemi tarafından gelen yeni plan doğrultusunda çalışması için planı alt iş planlarına böler. Bu alt işleri ilgili alt birimlere bildirir. Onlardan gelen verileri değerlendirir. Gerekirse yeniden alt iş bölümü yapar.

Merkezi karar mekanizması üç düzeyli bir mimariye sahiptir. Bu mimaride bir planlayıcı, bir grup davranış ve bir zamanlayıcı uzman sistem paralel olarak çalışacaktır. Planlayıcı yapılması gereken görev için gerekli planı hesaplar ve uzman sisteme verir. Uzman sistemin görevi dinamik olarak davranışları etkin hale getirerek planın adımlarının sırasıyla yürütülmesini sağlamaktır. Davranışlar dış dünyayı algılama ve değiştirmede kullanılır. Yürütücü dış dünyada ya da robotun kendisinde meydana gelen beklenmedik değişiklikleri algıladığında bu bilgileri planlayıcıya aktararak planda gerekli değişikliklerin yapılmasını sağlar. Bu amaçla görevin cinsine göre algılayıcıların çalışma biçiminde değişiklik de yapılabilir.

3.2 Üç sensörden gelen verilerin birleştirilmesi (Multi-Sensor Fusion)

Mayınların algılanması için üç farklı sensör kullanılması düşünülmüştür. Bu sensörler şunlardan üçü olabilir; Elektromanyetik Endüksiyon, Termal Görüntüleme, radar veya Termal Nötron Aktivasyon. Bu sensörlerden gelen bilgilerin değerlendirilmesi ve mayın olup olmadığına karar verilmesi işlemini bu birim üstlenmiştir.

Çeşitli mayın tiplerine göre, bu sensörlerin en az ikili olmak üzere farklı konbinezonları düşünülebilir.

Mayın yapıları ile ilgili detaylı bir veritabanına ihtiyaç vardır. Sensörlerden gelen bilgiler ile veritabanındaki bilgiler karşılaştırılarak mayın olup olmadığı hakkında bir karar verilir. Bu yapı Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) yapısındaki üyelik fonksiyonları ile paralellik arz ettiğinden burada bulanık mantık kullanmak yerinde olacaktır.

3.3 Haberleşme ile uzaktan kumanda

Uzaktan kumanda için haberleşme şarttır. Burada RF haberleşme önerilebilir. Güvenlik açısından gerekli görülmesi halinde daha gelişmiş yöntemler kullanılabilir. Haberleşme güvenliği açısından güvenli bir protokol gerektiği gibi kriptoloma da düşünülebilir.

Robotun bulunduğu konum ve durum merkeze aktarılır. Merkezden de yeni emirler (iş planı) gelir. Gelen yeni emirler merkezi karar alma mekanizmasına bildirilir.

3.4 Hareket Kontrol, (Motion Control)

Robotun bulunduğu noktadan istenen bir noktaya götürülmesi bu alt birimin görevidir. Bu alt birim de üç alt birimden oluşur: yörünge planlama, kontrol, kayma sezme.

3.4.1 Yörünge Planlama: Robotun gitmesi istenilen kordinatlar robota dünya yüzeyi üzerinde X-Y ve robotun yönelim açısı olarak verilir. Oysa kontrol işlemi tekerlek açısal konumu üzerinden yapılır. Dolayısıyla, verilen kordinatlar açısal kordinatlara çevrilmelidir. Çevrim, ters kinematik kullanılarak yapılır.

3.4.2 Kontrol: Robotun, açısal konum olarak verilen referans değerlere gitmesini daha doğrusu belirtilen hedef koordinata doğru olarak gitmesini kontrol birimi sağlar. Kontrol mutlaka kapalı çevrim (closed loop) olmalıdır. Gerçek konum enkoderler ile okunarak geri beslenir. Referans konum ile gerçek konum karşılaştırılır ve gerekli tork hesaplanır.

Kontrol konusunda analitik ve zeki (Intelligent) yöntemler olmak üzere çok çeşitli alternatifler önerilebilir. TÜBİTAK MAM robotik ve otomasyon bölümünde kayma kipli kontrol (Sliding Mode Control) yöntemi biraz geliştirilerek mobil robotlar üzerinde başarı ile uygulanmıştır [5].

3.4.3 Kayma Sezme: Konum bilgisi enkoderler vasıtasıyla ölçülür. Enkoderlerden gelen pulsler sayılarak robotun konumu hesaplanır (dead reckoning). Bu konum bilgisi üzerinden kontrol yapılır. Eğer, zemin kaygansa, tekerlekler patinaj veya aksenal kayma yapabilir. Buda konum bilgisinin yanlış ölçülmesi anlamına gelir. Bunu önlemek için ekstra algoritmalar geliştirilmiştir. Zaten enkoderler ile konum hesaplama tek başına güvenli olmadığı için kamera yardımıyla görme ileriki bölümlerde önerilmiştir.

3.5 Algılama ve Güvenlik (Sensing and Safety)

Bir çok sensörle donatılmış böyle bir robotun maliyetinin çok yüksek olduğu düşünülürse, güvenlikten taviz verilemeyeceği açıktır. Burada robotun kendini güvene alması söz konusudur. Mayına basmama, ağaç veya kayalara çarpmama, yarıklardan aşağı yuvarlanmama vb. temel güvenlik konularıdır. Güvenliği sağlamak için değişik algılayıcılar ve algoritmalar (obstacle avoidance vb.) kullanılması gerekmektedir.

3.6 Arıza tanıma ve arıza durumunda çalışabilme (Fault Diagnoses)

Robotun şu arızalarının algılanması gerekmektedir; motor arızası, aşırı enerji tüketimi, alt birim arızası, algılayıcıların arızası. Belli ölçülere kadar bu arızaların tanınması ve bu arızaları tolere ederek işlevin sürdürülmesi amacıyla bu alt birime gerek vardır.

Arıza tanıma üzerine yapay sinir ağıları ve uzman sistemler uygulanmıştır. Fakat genelde bu uygulamalar işe özel halde olup, genel uygulanabilir algoritmalar az ve güvenilirlikleri düşüktür.

3.7 Enerji yönetimi (Power Management)

Robot akü ile beslendiği için enerji yönetimi gerekmektedir. Robotun şarj yapmadan dört saat süre ile çalışması esastır. Yörünge planlamada belirtilen maksimum hız ve ivme ile kontrolör tarafından üretilen kontrol işaretinin denetimi ve optimizasyonu bu bölüm tarafından yapılır. Böylece uzun süre çalışma sağlanabilir.

3.8 Görme (Vision)

Robotun bulunduğu ortamı algılaması ve yörünge planlamasına hedef nokta vermesi için görme gerekmektedir. İki kamera ve frame grabber kartlarıyla, üç boyutlu görüntü işleme mümkündür. Görüntü bilgisi uzaktan kumanda merkezine de gönderilerek, merkezin ortamı algılaması ve karar vermesini kolaylaştırması sağlanır.

Görme üç ana gruptan oluşur: Görüntü işleme (image processing), tanıma (recognition) ve sınıflama (classification).

Görme konusu, günümüzün çok popüler konulardan birisidir. Bu konuda çok gelişmiş donanım ve algoritmalar bulmak mümkündür.

3.9 Mayın işaretleme veya toplama

Algılanan mayınların tahribine yönelik bir birimdir. Mayınlar iki şekilde tahrib edilebilir. Birinci yöntemde mayının bulunduğu yer işaretlenir ve arkadan gelen toplama aracı tarafından toplanır. İkinci yöntemde, mayın bulunur ve bulunduğu yerden sökülerek toplanır. İkinci yöntemin zararı belli bir sayıdan sonra boşaltmaya ihtiyaç duyması ile daha önce açıklanan risklerdir.

4. SONUÇ

Bu bildiri, mayın tarama robotu yapmak isteyenlere bir ışık tutmak ve tasarımda neleri göz önüne almaları gerektiği hakkında kısa bir bilgi vermek amacıyla hazırlanmıştır.

Mayın tarama robot tasarımı, teknolojinin son noktasındaki bir çalışmadır. Yukarıda açıklanan bir çok konu bilimsel olarak bile yenidir. Üzerinde yoğun çalışmalar sürmektedir.

Mayın tarama robotu tasarlayacak ve imal edecek grup mutlaka akademik bilgi düzeyine sahip olan, teknolojiyi de yakından izleyen insanlar içermelidir.

REFERANSLAR

- [1] "Mayın Karşı Operasyonları", M5 Sayı 76, 1996.
- [2] "Mine-Detection Technologies", Mark Hewish ve Leland Ness, International Defence Review 10/1995.
- [3] "A System Architecture for a highly autonomous Mars Rover", D.A. Rosenthal, M.D. Johnston., Internet.
- [4] "Automated Guided Vehicles and Automated Manufacturing", R.K. Miller, Society of manufacturing Engineers Publication, 1987.
- [5] "Various VSS Techniques on the Control of Automated Guided vehicles and Autonomous mobile robots", Melikşah Ertuğrul, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi teknik raporu, Kasım 1994.