

Uzaktan Kontrollü Prototip Mobil Bomba İmha Robotu Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Remote Controlled Prototype Mobile Bomb Disposal Robot Design and Application

Ali ÜNLÜTÜRK¹, Ömer AYDOĞDU², Ufuk GÜNER³

¹Emniyet Genel Müdürlüğü
Kriminal Polis Laboratuvarları Dairesi Başkanlığı
ser.han.83@hotmail.com

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Selçuk Üniversitesi
oaydogdu@selcuk.edu.tr

³Emniyet Genel Müdürlüğü
Haberleşme Dairesi Başkanlığı
gunerufuk@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, güvenlik birimlerince kullanılmak üzere patlayıcı içeren şüpheli paketlere müdahale edebilecek uzaktan kontrollü prototip bir mobil robot ve ateşleme sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Mobil robot üzerine monte edilen kamera sistemi ile operatör paneline görüntü aktarımı gerçekleştirilebilmekte ve operatör paneli üzerinden robot ve ateşleme sisteminin kontrolü yapılabilmektedir. Sistemde ilk olarak ateşleme kolunu, kamera sistemini ve ARM (Acorn RISC Machine) tabanlı kontrol kartlarını taşıyan bir mobil robot tasarlanmıştır. Daha sonra mobil robot üzerine ateşleme kolu, kontrol ve görüntüleme sistemlerinin montajı yapılmıştır. Şüpheli paketlere müdahale amacıyla, mobil taşıyıcı üzerine bomba imha uzmanlarının sıkça kullanmış olduğu AK-ER (Bomba İmha Silahı) monte edilmiştir ve bu silahın uzaktan kontrolü sağlanarak şüpheli paketlere müdahalede karşılaşılan insan kayıplarının en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Mobil robotun uzaktan denetimi başarıyla gerçekleştirilmiş ve mobil robotun fiziksel modifikasyonundan sonra gerçek bir bomba imha robotu olarak görev yapabileceği gösterilmiştir.

Abstract

In this study, the design of a mobile robot and ignition system with remote control which enables security units to intervening in suspicious packages containing explosive material has been realized. The image transfer to the operator panel can be realised with monitor system installed on the mobile robot and the robot and ignition control can be

performed via operator panel. In the system, firstly, a mobile robot which carries ignition lever, monitor system and ARM (Acorn RISC Machine) control boards have been designed. Then the installation of ignition lever control and monitoring systems have been made on mobile robot. AK-ER (Bomb Disposal Weapon) frequently used by bomb disposal experts in order to handle suspicious packages has been installation mobile robot and it has been aimed to minimize the hazard to humans by providing remote control of this weapon. The remote control of the mobile robot has been successfully realized and mobile robot, then the physical modification, can serve as a real bomb disposal robot is shown.

1. Giriş

Robot tarihi hayal dünyasını gerçeğe dönüştüren bir ilham kaynağı olarak ele alınır. Bundan dolayı; sinematik yaratıcılık, bilimsel beceri ve girişimci vizyonu ile birlikte robotiğin zengin bir geçmişi vardır [1]. Robotlar, ilk defa Çek oyun yazarı K. Capek tarafından bir oyunda dile getirilmiştir [2,3,4,5,9]. Robot kelime olarak slav dilinde işçi veya köle anlamına gelmektedir [4,3]. Capek'in 1920'de yazdığı RUR (Rossum'un Evrensel Robotu) adlı bu oyunda, fabrika işçilerinin yerini alan ve insanların egemenliğine son vererek ülkeyi yönetmeyi amaçlayan bir robotun öyküsü anlatılmıştır [7]. 1940'ların başlarında, Isaac Asimov ve John Campbell insan talimatlarını ve komutlarını takip eden akıllı robot fikrini ortaya atmışlardır [7]. Bu davranışları inceleyen bilim dalını ise "Robotik" olarak adlandırmışlardır [8]. Asimov robot konularını işleyen bir dizi kısa hikâye yazmıştır. 1950 yılında yayınlanan "I Robot" eseri birbiriyle bağlantılı olan 9 tane kısa hikâyenin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Asimov bu

kısa hikâyelerinde robotlarla ilgili üç kanun ortaya koymuştur [1].

Bunlar;

Kanun 1: Robot hiçbir zaman insana zarar vermemeli ve insanın zarar göreceği hallerde ise hareketsiz kalmalıdır.

Kanun 2: Birinci kanunu çiğnememek şartıyla, insana her zaman itaat etmelidir.

Kanun 3: Birinci ve ikinci kanunu çiğnememek şartıyla robot, kendini de korumalıdır [3,1,8,7].

Oregon Teknoloji Enstitüsü İmalat Mühendisliği Teknolojisinde profesör olan Gerald Norman, Skoles tarafından formüle edilmiş bir yasa kabul edilen kanunu robotiğin 4. kanunu olarak önermiştir.

Kanun 4: Robot insanın yer aldığı bir işte yer alabilmelidir ama o kişiyi işsiz bırakmamalıdır [9].

Bu kanunlarla oluşturulan kuralların tutumu göz önüne alındığında, robot tasarımının özellikleri, o zamandan beri mühendisler ve teknik uzmanlar tarafından endüstriyel ürün tasarımında dikkate alınarak günümüze kadar ulaşmıştır [3]. Fakat bu kuralların otomatik bir şekilde uygulanmayacağı, askeri robotların doğası gereği bu yasalara uygun olarak tasarlanamayacağı bir gerçektir [9]. Robot denildiğinde okuyucunun zihninde çeşitli manalar taşımaktadır [12]. Amerikan Robot Enstitüsü (RIA)'ya göre robot; programlanmış hareketleri yerine getirebilmesi için hareketli materyalleri, parçaları ve özel araçları üzerinde barındıran, değişik türdeki işlerin yerine getirilebilmesi için programlanabilme özelliğine sahip çok amaçlı bir manipülatördür [5,7,6]. İngiliz Robot Birliğine göre robot; belirli imalat işlemlerinin yapılması için parça, takım ve alet ya da özel imalat aygıtlarının programlanmış değişik hareketlerle taşınması, yerinin değiştirilmesi veya kullanılması için tasarlanmış, programlanabilir bir aygıttır [8]. Japonya Endüstriyel Robotlar Birliği (JIRA) robotları 6 sınıfa ayırmıştır.

Sınıf 1: Elle İşleme Aygıtı: Kullanıcı tarafından tahrik edilip harekete geçirilen birkaç serbestlik dereceli aygıtlardır.

Sınıf 2: Sabit Dizili Robot: Bir görevin ardışık adımlarını önceden belirlenmiş değişmeyen bir yöntemle göre yapan ve gerçekleştirilen bu görevin değiştirilebilmesi zor olan bir aygıttır.

Sınıf 3: Değişken Dizili Robotlar: Cihazın kullanımı 2. sınıftaki gibidir fakat icra edilen görevin aşamaları rahatlıkla değiştirilebilir.

Sınıf 4: Yeniden Oynatmalı Robot: Kullanıcı eli ile robotu istenilen yörüngede yönlendirirken robot adımları sonradan yapmak üzere kaydeder. Daha sonra robot aynı hareketleri kaydedilmiş bilgiye göre tekrarlar.

Sınıf 5: Sayısal Denetimli Robotlar: Kullanıcı robotu manuel olarak kontrol etmek yerine hareket programı uygulayarak kontrol etmiş olur.

Sınıf 6: Zeki Robotlar, çevresini anlamak için gerekli donanımlara sahip ve istenilen görevleri yapabilmek için görevin bulunduğu çevredeki koşullardaki değişikliklere etkin bir şekilde uyum sağlayabilen ve görevi başarıyla tamamlayabilen robottur [6].

Fransız Robot Birliği ise şu sınıflandırmayı yapmaktadır;

Tip A: Telerobotik için elle kumandalı işleme aygıtları,

Tip B: Önceden belirlenmiş çevrimleri olan otomatik işleme aygıtları,

Tip C: Programlanabilen, servo denetimli, sürekli ya da noktadan noktaya yörüngeleri olan robotlar.

Tip D: Tip C gibi ancak çevresinden bilgi edinme yeteneğine sahip olanlar [10].

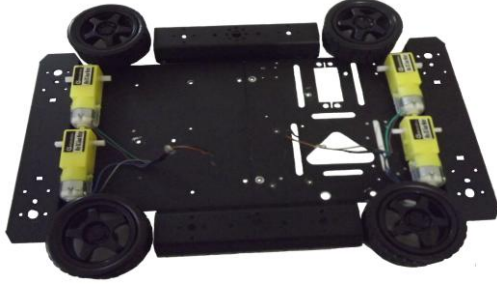
Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) ise robotu şöyle tanımlıyor; “otomatik olarak kontrol edilebilen, yeniden programlanabilen, üç veya daha fazla eksenli çok amaçlı manipülatörlerdir” [1].

Birçok gelişmiş ülkede, sosyal baskı neticesinde hükümetler çalışanların güvenliğinin sağlanabilmesi için yeterli şekilde önlem almaktadır (Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri iş sağlığı güvenliği kanunu 1971). Üretim şirketleri ve diğer endüstri kuruluşlarında ekonomik gerekçelere dayanarak tehlikeli olarak kabul edilen işlerde robotlar insan emeğinin yerini önemli ölçüde almışlardır. Böylece endüstriyel robotlar boya püskürtme işlemleri, döküm, kaynak ve toksit maddelerinin taşınmasında kullanılmış ve diğer pek çok işte de başarılı bir şekilde görev yapmasıyla beraber işçilerden daha ağır şartlarda kullanılabileceği kanıtlanmıştır [4]. Sanayileşmiş ülkelerin önem verdiği alanların başında bilim ve teknoloji gelir. Bu ülkeler, dünyadaki egemenliklerini gerek siyasi yönden gerekse ekonomik ve askeri yönden perçinlemek için bilim ve teknolojik gelişmelere büyük miktarlarda paralar harcamaktadırlar [11]. Uzaktan komutalı veya bubi tuzaklı olması muhtemel şüpheli paket ve bombalara, uzman personelin yaklaşması yerine, bomba uzmanının kullanacağı Bomba İmha Silahı gibi silahları uzaktan kontrol edebilecek değişik platformların kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada uzaktan kontrol edilebilen prototip bir mobil robot sistemi ele alınmış ve bu doğrultuda şüpheli paketlerin imhasında doğrudan kullanılabilecek şekilde sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan mobil robotun yapısı ve çalışma prensibiyle ilgili detaylar Bölüm 2’de, mobil robot kontrol ve arayüz yazılımları Bölüm 3’te sunulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları ve elde edilen bulgular son bölümde verilmiştir.

2. Prototip Mobil Bomba İmha Robotu Yapısı ve Çalışma Prensibi

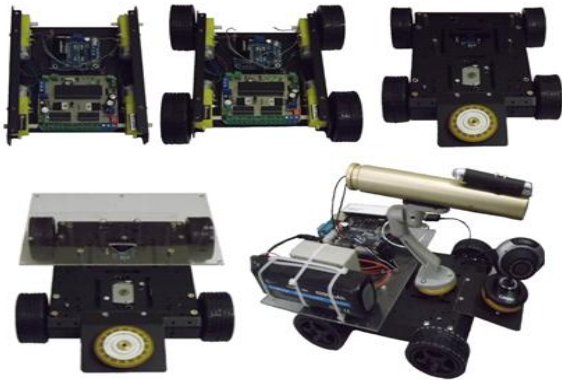
Çalışmada bir prototip taşıyıcı robot tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi tasarlanan mobil robot mekaniğinde aracı oluşturan 6 parça profil, tekerler ve tekerlerle doğrudan bağlantılı dört taded DC motor detaylı olarak görülmektedir. Mobil aracın dış gövdesinde alt, üst, ön, arka ve yan parçalar olmak üzere 6 adet parça kullanılmıştır. Aracın altını ve üstünü oluşturan simetrik profiller 155 mm x 140 mm ebatlarında ve 2 mm kalınlığında ince bir alüminyumdur. Üst profilin üzerindeki delikler vasıtasıyla bomba imha (AK-ER) silahının sağa ve sola dönmesini sağlayan adım motoru mobil araca monte edilmiştir. Alt profildeki deliklere ise aracın elektronik devre

kartı uygun şekilde ve gerekli aparatlar kullanılarak monte edilmiştir. Yanlardaki simetrik profiller ise aracın alt ve üst parçalarını bir arada tutmaktadır. Bu profil 190 mm x 35 mm ebatlarında ve 2 mm'lik ince bir yapıdadır. Aynı zamanda yan profillerde aracın hareketini sağlayan DC motorların monte edilebileceği yerler vardır. Bu sayede doğrudan tekerlerle bağlantılı olan dört adet DC motor ile aracın hareketi sağlanmaktadır. Ön ve arkadaki profiller ise mobil aracımızı tamamlayan diğer parçalardır. Bu simetrik profiller 142 mm x 38 mm ebatlarında ve 2 mm kalınlığında bir yapıdadır. Bu parçalar birbirlerine montaj edilebilecek özelliktedir. Bu sayede aracın rahatlıkla montajı ve demontajı yapılabilmektedir.



Şekil 1: Mobil Aracı oluşturan temel parçalar

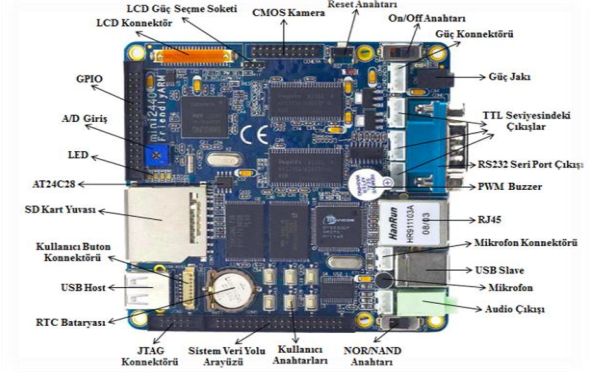
Aracın üst profilinde ise Mini2440 geliştirme kartının, USB çoklayıcının ve bataryanın yerleştirilebilmesi için 200 x 150 mm ebatlarında 3mm'lik plastik profil bulunmaktadır. Şekil 2'de soldan sağa doğru aracın montaj aşamaları ve üzerindeki sistem donanımlarının montajı ayrıntılı olarak verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi önce aracın temel taşıyıcı profilleri, sonra tekerlekler ve kamera taşıma aparatı monte edilmiştir. Daha sonra sırasıyla elektronik devre kartları, plastik profil, bataryalar, Mini2440 geliştirme kartı, AK-ER silah taşıma aparatı ve AKER silahı monte edilmiştir.



Şekil 2: Tasarlanan aracın montajı

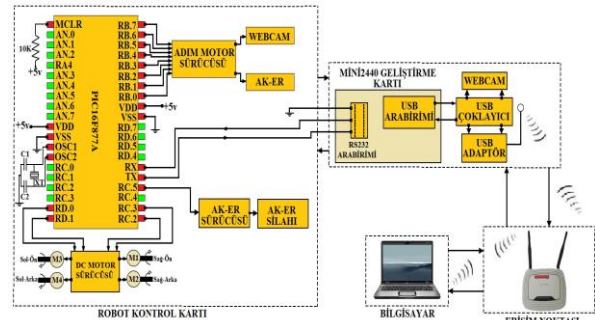
Mobil araç üzerinde bulunan oldukça verimli ve uygun fiyata sahip olan Mini2440 ARM tabanlı işlemciye sahip bir geliştirme kartıdır. Bu geliştirme kartı oldukça basit ve yüksek CMOS (Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken) kamera desteği performansına sahiptir. Üzerinde S3C2440 Samsung mikroişlemci vardır. Sistem işleyişinin kararlılığını sağlayabilmek için reset düğmesi, görüntü alabilmek için,

LCD (Sıvı Kristal Görüntü Birimi) konektör bağlantısı, GPIO (Genel Amaçlı Giriş Çıkış Birimi), Analog/Dijital dönüştürücü yapısı, TTL (Transistör Transistör Lojik) seviyesinde çıkışlar, SD (Güvenli Sayısal) hafıza kartı yuvası, RS232 seri port çıkışı, RJ45 girişi, PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu), buzzer, mikrofon konektörü, USB (Evrensel Seri Veriyolu) girişi, JTAG (Ortak Test Eylem Grubu) konektörü, mikrofon ve ses çıkışı, NOR/NAND anahtar sistemi, sistem veriyolu birimi, kullanıcı anahtarı ve konektör yapısıyla birlikte kullanıcı LED'leri mevcuttur. Detaylı olarak geliştirme kartının genel görünümü Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3: Mini2440 geliştirme kartının genel görünümü

Aşağıda Şekil 4'de mobil robotun genel blok diyagramı görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi robot kontrol panelinden (bilgisayar) gönderilen komut erişim noktası cihazına ulaşmakta ve gelen bu anlamlı sinyal Mini2440 geliştirme kartı tarafından USB WLAN aracılığıyla alınarak NAND flash'a yüklenen programı aktif hale getirmektedir. Daha sonra Mini2440 geliştirme kartı tarafından bu yazılım seri haberleşme vasıtasıyla PIC16F877A entegresine iletilmekte ve bu entegre içerisinde yüklü olan yazılımla robotumuzun hareket kontrolü, AK-ER silahının ateşlenebilmesi, AK-ER silahı ve WEBCAM hareket kontrolü sağlanmaktadır.



Şekil 4: Tasarlanan Kontrol Sisteminin Genel Blok Gösterimi

Bu çalışmada kullanılmış olduğumuz prototip mobil robot dört tekerli bir yapıya sahiptir. Robotun hareket fonksiyonu için sağ ön, sağ arka, sol ön, sol arka taraftaki tekerler gruplandırılmıştır. Aracımız ileri veya geri giderken bütün motorlar ileri veya geri yönde hareket eder. Aracımızın sağa dönebilmesi için ise sağdaki grup motorlar ileri yönde hareket

ederken, soldaki grup motorlar ise geri yönde hareket eder; aracımızın sola dönebilmesi için ise soldaki grup motorları ileri hareket ederken, sağdaki grup motorlar ise geri yönde hareket ederler. Böylece aracımız sağa ve sola olduğu yerde dönebilmektedir.

3. Mobil Robot Kontrol ve Ara yüz Yazılımları

Mobil robot sistemi farklı platformlarda bulunan (Bilgisayar arayüzü, Mini2440 geliştirme kartı ve PIC16F877A mikroişlemcisi) üç adet yazılım ile çalışmaktadır. Bilgisayar tarafında; Qt-Creator geliştirme ortamında tasarlanan robot kontrol arayüzü yazılımı, Mini2440 geliştirme kartında; UDP sunucusu ve HTTP video sunucusu (*mjpeg_streamer*) yazılımları ve son olarak PIC16F877A mikroişlemci üzerinde; motor kontrol ve seri haberleşme yazılımları mevcuttur. Bilgisayar tarafındaki robot kontrol yazılımıyla robotun uzaktan denetimi sağlanmaktadır. Robot kontrol yazılımı TCP istemcisi (Video görüntü istemcisi), UDP istemcisi (Motor kontrol istemcisi) ve Thrad (Farklı işlemlerin aynı anda çalıştırılması için gerekli sınıf) yapılarını barındırmaktadır. Sistemimiz TCP haberleşmesi ile Mini2440 üzerinde bulunan *mjpeg_streamer* yazılımı sayesinde webcam'den görüntüyü çekmektedir. UDP haberleşmesi ile motor kontrol fonksiyonları yerine getirilebilmekte ve bu iki farklı işlemlerin birbirinden bağımsız olarak aynı arayüzde sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi için ise Thread yapısından yararlanılmaktadır. Mini2440 geliştirme kartı üzerinde çalışan UDP sunucusu ve HTTP video sunucu programları Linux ortamında geliştirilmiş ve *arm_linux_gcc* ile derlenmiştir.

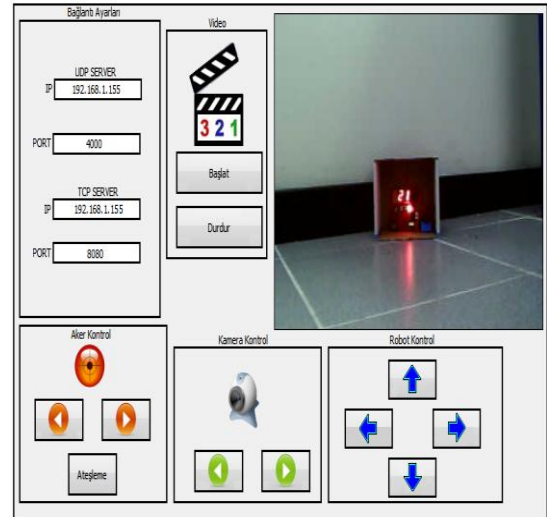
UDP Robot programı içerisinde Mini2440 geliştirme kartının seri haberleşme birimini kontrol eden ve UDP portunu açarak sürekli bu portu dinleyen bir yazılım mevcuttur. UDP üzerinden gelen istekler ise seri port aracılığıyla PIC16F877A mikroişlemcisine aktarılmaktadır. UDP Robot programı Mini2440 cihazının çalıştırılmasına müteakiben otomatik olarak çalışmakta ve komut beklemektedir. Komut geldikten sonra bu komutla ilgili işlemin yapılabilmesi için seri porta bu bilgiyi göndermekte ve daha sonra tekrar UDP portunu dinlemektedir. Bu işlem sonsuz bir döngü içerisinde sürekli icra edilmektedir.

PIC16F877A mikroişlemcine ait yazılım ise iki farklı temel bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; sonsuz bir döngüde seri portu dinleyerek Mini2440 portundan gelen istekler doğrultusunda yapılan işlemler, ikinci bölümde ise; DC motor grubu ve step motorların kontrolü ile AK-ER silahının ateşlemesinin gerçekleştirilmesi işlemleri vardır.

Tüm sistemimiz WLAN ağ yapısı içerisinde yer almaktadır. Bu sayede robot kontrol yazılımına, Mini2440 geliştirme kartı üzerinde çalışan UDP Robot ve *mjpeg_streamer* yazılımlarına rahatlıkla ulaşabilmektedir. Mobil araç üzerindeki kameradan alınan görüntüyü aktarmak için 8080 portu kullanılmış, mobil aracın kontrolü için ise, 4000 portu tercih edilmiştir. Mini2440 üzerinde gömülü Linux işletim sistemi bulunmaktadır. Sistemin yapısı; supervivi (boot yazılımı), Linux (Linux 2.6.29 sürümü) kernel (çekirdek) yazılımı, RootFS (Kök Dosya Sistemi) dosya sistemi ve diğer ek yazılımlar'dan (FTP sunucusu, Telnet sunucusu, boa web sunucusu, diğer Linux aygıtları) oluşmaktadır. Linux kurulu bilgisayar üzerine Arm Linux araçları kurulmuş ve bu araçlar

kullanılarak *arm-linux-gcc* komutu ile programlar komut satırında derlenerek oluşan binary yazılım dosyası FTP ile Mini2440 geliştirme kartına gönderilerek telnet sunucusu yardımıyla yüklenen yazılımlar çalıştırılmıştır.

Mobil aracımızın uzaktan kontrolünün sağlanması ve görüntünün izlenebilmesi için, birden çok platformu destekleyen Qt-Creator tabanlı görsel operatör arayüzü oluşturulmuştur. Robot kontrol operatör arayüzü Şekil 5'te ayrıntılı olarak görülmektedir. Tasarlanan bu operatör arayüzünde; bağlantı ayarları, video, AK-ER kontrol, kamera kontrol ve robot kontrol fonksiyon blokları mevcuttur. Bağlantı ayarları bloğunda, IP ve port bağlantı ayarları kolaylıkla yapılabilmekte, bu ayarlar ve bağlantı durumu bilgi ekranından takip edilebilmektedir. Video bloğunda, anlık olarak görüntü alma ve durdurma işlemleri "Başlat" ve "Durdur" butonları ile sağlanmaktadır. AK-ER silahının hedefe doğru bir şekilde yönlendirilmesi ve ateşleme yapabilmesi AK-ER kontrol butonları ile yapılmaktadır. Kameradan doğru açılarda görüntü alınabilmesi için kameranın sağa ve sola hareketini sağlayan ilgili butonlar arayüzde kamera kontrol bloğunda yer almaktadır. Aynı zamanda aracın ileri veya geri gidebilmesi ve sağa veya sola kontrollü olarak dönebilmesi ile ilgili işlevler robot kontrol bloğunda bulunan kontrol butonları ile sağlanmaktadır.



Şekil 5: Tasarlanan Operatör Ara yüzünün Genel Görünümü

Program icra edilirken ilk olarak UDP soketinin, Thread'in ve TCP soketinin başlangıç ayarları yapılmaktadır. Daha sonra TCP istemcisi (Video Görüntü İstemcisi) ve UDP istemcisi (Motor Kontrol İstemcisi) gibi farklı işlemlerin birbirlerine engel olmadan çalışabilmesi için Thread yapısı oluşturulmaktadır. Böylece video kontrol bloğunda kameradan alınan görüntü anlık olarak icra edilirken, aynı arayüz içerisinde programın motor kontrol fonksiyonlarını da yerine getirebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede tasarladığımız robot kontrol arayüzü daha işlevsel bir hale getirilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, bomba imha robotlarının temel görevlerini yerine getirebilen bir prototip mobil araç tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında mevcut bomba imha robotları ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu robotları kullanan bomba uzmanlarının görüş ve önerileri de dikkate alınmıştır. Mobil robot sistemimiz görüntü alabilmekte ve bu görüntüyü operatör paneline aktarabilmektedir. Ayrıca uzaktan kontrol ile robot hedefe yönlendirilerek gerektiğinde AK-ER silahını ateşleyebilmektedir. Ateşleme kolu üzerinde bulunan AK-ER bomba imha silahı, şüpheli paketlerde başlayıcı (elektrikli kapsül) görevini gören elektronik düzenekleri etkisiz hale getirebilmektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi senaryo gereği şüpheli bir pakete müdahale edilmiştir.



Şekil 6: Mobil Robotun Şüpheli Pakete Müdahalesi

Mobil prototip robotumuz üzerinde bulunan kamera aracılığı ile aktif olarak görev yapan çoğu bomba imha robotlarındaki görüntüden daha kaliteli bir görüntü elde edilmiştir. Şüpheli pakete müdahale için gerekli olan ateşleme sisteminin hareketi ise hassas olarak ayarlanabilmekte ve operatör paneli üzerinden denetimi gerçekleştirilebilmektedir. Mobil robotumuzun hareketi ikiye bölünmüştür (sağdaki tekerler ve soldaki tekerler) dört adet DC motorla sağlanmaktadır. Bu sayede mobil taşıyıcımız olduğu yerde sağa ve sola rahatlıkla dönebilmektedir. Bundan dolayı mobil taşıyıcımızın hareket ve manevra yeteneği oldukça iyidir.

Sonuç olarak, yapılan uygulama çalışmaları neticesinde geliştirilen mobil aracın, senaryoya uygun olarak şüpheli pakete başarılı bir şekilde müdahale edebildiği görülmüştür. AR-GE (Araştırma Geliştirme) çalışmaları ile desteklenerek gerekli kaynağın sağlanmasıyla beraber mobil aracımız prototip olmaktan çıkıp aktif olarak bomba imha robotu olarak kullanılabilir durumdadır. Böylelikle bomba imha gibi stratejik bir alanda tamamen yerli bir tasarım olan bomba imha robotu faaliyete geçirilmiş olacaktır.

5. Kaynaklar

- [1] Stone, W. L., *Robotics and automation handbook*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2005.
- [2] Nabyev, V. V., *Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2010
- [3] Siciliano, B., Sciavicco, L., Villoni, L. ve Oriola G., *Robotics Modelling, Planning and Control*, Springer Verlag, London, 2009.
- [4] A. Angelo, J., *Robotics: A Referene Guide to he New Technology*, Greenwood Press, Westport, 2007.
- [5] Spong M. W., Hutchinson, S. ve Vidyasagar, M., *Robot Modelling and Control*, John Wiley&Sons, Inc, United States of America, 2006.
- [6] Nehmzow, U., (Paul, J. R., Thomas, P. J. ve Kuljis, J., *Mobile Robotics: A Pratical Introduction*, Springer Verlag, London, 2000.
- [7] Wolovich, W. A., *Robotics: Basic Analysis and Design*, CBS College Publishing, Newyork, 1987.
- [8] Albayrak, M., *Üç Boyutlu Uzayda Hareket Edebilen Robot Kolunun, Bilgisayar Destekli Kontrolü, Tasarımı ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [9] Fuller, J. L. (Stephen Helba), *Robotics Introduction, Programming, and Projects*, Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
- [10] Akın, H. L., (Tuncer Ören, Tuncer Üney, Rifat Çölkesen), *Türkiye Bilişim Ansiklopedisi*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006.
- [11] Mendi, F., *Sanayi Robotlarının Mekanik Üretimindeki Rolü, Performansları ve Türk Sanayisinin Robotlar Yönünden Bugünkü Durumu*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1992.
- [12] Schilling, R. J., *Fundamentals of Robotics Analsis and Control*, Prentice-Hall, New Jersey, 1990.