Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Part:C, Tasarım Ve Teknoloji
GU J Sci Part:C
4(4):259-265 (2016)

Uzaktan Denetimli Gezgin Mini Yangın Söndürme Robotu Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Oğuzhan AVUÇLU[1,♠], M. Rahmi CANAL[2], Fecir DURAN[2]

[1]*Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara, Türkiye*
[2]*Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Ankara, Türkiye*

Başvuru:25/07/2016 *Düzeltme: 01/09/2016* *Kabul: 21/09/2016*

ÖZ

Bu çalışmada, labirentte yangın kaynağını arayarak bulan ve yangını hava akımı ile söndüren uzaktan kontrollü gezgin mini yangın söndürme robotu tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu süreç içerisinde robot, herhangi bir engele çarpmadan hareket etmektedir. Robot, insanın ulaşamadığı yangın bölgelerinde, sensörlerden gelen veriler ve uzaktan görüntü aktarımı sayesinde kablosuz olarak kontrol edilebilmektedir. Robotta, cisimlere olan mesafeyi ölçmek için Sharp mesafe ölçüm ve yangını algılayan sıcaklık ölçüm sensörleri kullanılmaktadır. Kablosuz haberleşme için HC-06 Bluetooth modülü, robotun denetim için ise PIC 18F452 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen Uzaktan Denetimli Gezgin Mini Yangın Söndürme Robotu, yangın kaynağını bularak başarılı bir şekilde yangını söndürebilmektedir.

Anahtar Kelimeler— *Yangın söndürme robotu, uzaktan denetim, gezgin robot.*

Design and Implementation a Remote-Controlled Mobile Mini Fire Extinguishing Robot

ABSTRACT

In this work, A Remote-Controlled Mobile Mini Fire Extinguishing Robot which can search and detect the fire and extinguish fire with stream of air was developed. Through the process, robot moved without collisions on any obstacles. Also, the Mobile Robot can be controlled by remote controller with data receiving from sensor in the fire zones where there is no eye contact. Temperature sensors that perceive the fire and also Sharp distance sensors which can measure the distance from obstacles were used on the robot. For wireless communication, HC-06 Bluetooth module and for robot control PIC18F452 microcontroller were used in the design. In the test phase, Remote Controlled Mobile Mini Fire Extinguishing Robot has executed the task successfully by finding the fire source and putting out the fire by creating airflow through the fan.

Keywords— *Fire-fighting robot, remote control, mobile robots.*

♠*İletişim yazarı, e-mail: oguzhan_6806@hotmail.com.tr*

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Robot tarihi hayal dünyasını gerçeğe dönüştüren bir ilham kaynağıdır. 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 [2-6]. Robot kelime olarak Slav dilinde işçi veya köle anlamına gelmektedir [3,4]. 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].

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 yönteme 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 [9].

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 İş 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 toksik 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].

Günümüzde, yüksek binalarda ve patlayıcı-yanıcı madde üretimi yapan fabrikalarda çıkabilecek yangınlara müdahale etmek oldukça zordur. Bu tip yerlerde çıkabilecek yangınların söndürülmesi aşamasında can kaybını önlemek için uzaktan kontrol sistemi ile itfaiye ekipleri gelene kadar yangına ilk müdahaleyi yapmak gerekmektedir. Türkiye'de ilk ve tek olan Elektroland firmasının yapmış olduğu "Firelord" ve "Robofire" yangın söndürme robotları yangın başladıktan sonra itfaiye ekiplerinin giremediği durumlarda uzaktan kontrol edilerek yangına müdahale etmektedir [12]. Pyung-Hun ve arkadaşları kapalı ortamlarda yangınların tespiti için RF(radio frequency) ile uzaktan kontrollü ve görüntü aktarımlı manuel kontrollü robot uygulaması gerçekleştirmiştir [13]. Su ise bilgisayar destekli adaptif füzyon algoritması ile yangın tespiti ve söndürme için RF ile uzaktan kontrol edilen bir çalışma yapmıştır. Ayrıca bu çalışmada GSM ile yangın tespit edildiğinde bilgilendirme mesajı atılabilmektedir [14]. Chein ve arkadaşları Su'nun gerçekleştirdiği robotu geliştirerek yangın ihtimalini de tespit edebilen bir yapıya ulaştırmışlardır [15]. AlHaza ve arkadaşları ise yüksek sıcaklıklarda uzun süre çalışabilecek bir yangın söndürme robot tasarımı yapmışlardır [16]. Rehman ve arkadaşlarının yangın kaynağının bulunması için robotların yönlendirilmesi üzerine yaptığı çalışmada ise sinüzoidal yönelimin yangın kaynağın tespitinin daha hızlı yapıldığı görülmektedir [17].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde gömülü sistemler üzerine inşa edilmiş manuel/otonom kontrollü, yakından/uzaktan kontrol edilebilirlik özelliklerini bir arada taşıyan yangın tespit ve söndürme robotu bulunmamaktadır.

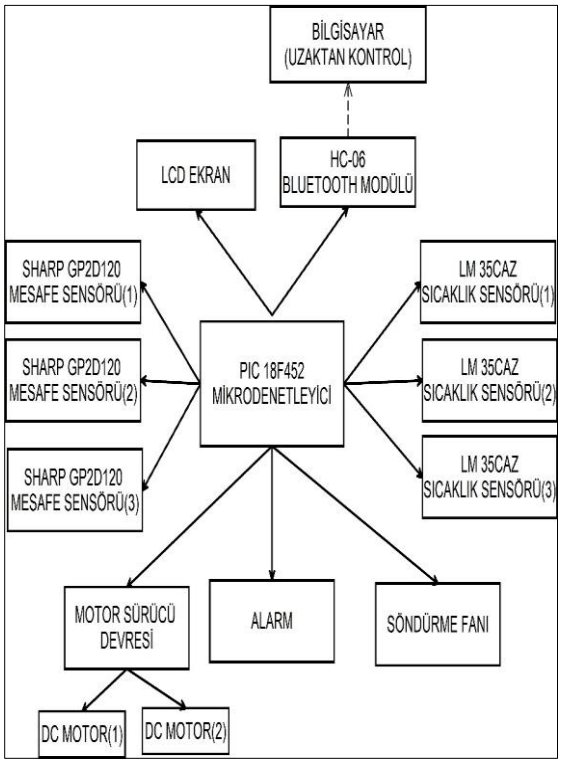
Bu çalışmada, patlayıcı-yanıcı imalatı yapan büyük fabrikalarda çıkabilecek yangınlara, yangın büyümeden alarm sitemini devreye sokan ve yangına ilk müdahaleyi yapan uzaktan denetimli gezgin mini

yangın söndürme robotu ele alınmış ve hem otomatik olarak hem de manuel olarak sensörlerden gelen verilere dayanarak robotu görmeden yönlendirebileceğimiz sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Bundan sonraki bölümlerde "Uzaktan Denetimli Gezgin Mini Yangın Söndürme Robot" u yerine sadece "Mobil Robot" ifadesi kullanılacaktır. Tasarlanan mobil robotun yapısı ve çalışma prensibiyle ilgili detaylar ikinci bölümde, Mobil Robot Kontrol ve Arayüz Yazılımları üçüncü bölümde sunulmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları ve elde edilen bulgular son bölümde verilmektedir.

2. TASARLANAN MOBİL ROBOTUN YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ (STRUCTURE AND WORKING PRINCIPLE OF MOBILE ROBOT)

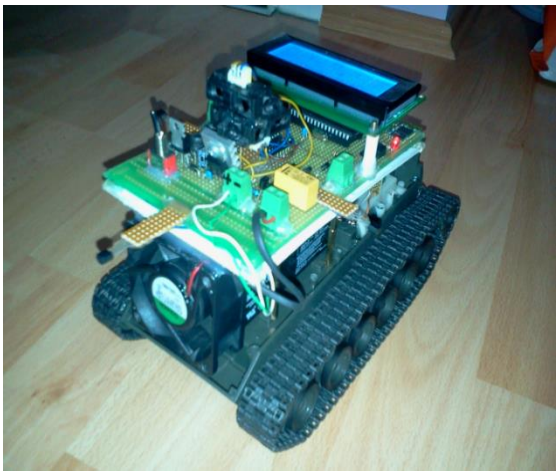
Gerçekleştirilen çalışma; Mobil Robotun gövdesi ve Labirent Alanı, Mikrodenetleyici, Motor Kontrol Sistemi, Sensör Sistemi, Yangın Söndürme Sistemi, Enerji Dağıtım Sistemi, Uzaktan Kontrol Sisteminden oluşmaktadır. Sistemin blok diyagramı Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1: Mobil Robotun Blok Diyagramı(Block Diagram of Mobile Robot)

2.1 Mobil Robotun Ana Gövdesi ve Labirent Alanı

Mobil Robotun bağlı olduğu gövde, tüm sistemin hareket etmesindeki ana parçadır. Sistem hazır bir gövde üzerine inşa edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Mobil Robotunun Ana Gövdesi(Main Structure of Mobile Robot)

Başlangıçta, Mobil Robotun içinde hareket edebileceği ve herhangi bir kısmında oluşan bir yangını tespit edip söndürebileceği bir labirent alanı oluşturulmuştur (Şekil 3). Bu alan içinde Mobil Robot önünde, solunda ve sağında bulunan 3 adet Sharp Kızılötesi Mesafe Sensörlerinden aldığı verilerle motorları kontrol edebilmekte ve bu sayede duvarlara çarpmadan hareket edebilmektedir. Robot hareket ederken engellere çarpmaması için tankın tekerleklerinin hızı, robotun duvarla olan mesafesine göre otomatik olarak algılanıp ayarlanmaktadır.

Mobil Robotun üzerinde 4 satır ve 20 sütundan oluşan LCD ekranda bulunmaktadır. Akünün voltaj değeri, mesafe ve sıcaklık sensörlerinin değerleri LCD ekran üzerinden görülmektedir.



Şekil 3:Labirent Alanı (Maze Area)

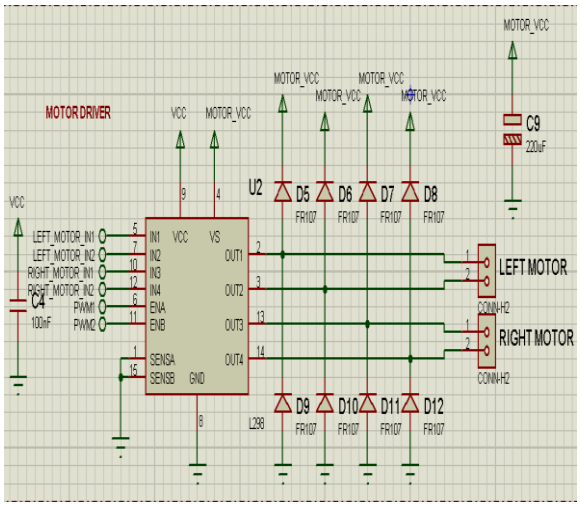
2.2 Mikrodenetleyici

Tasarlanan Mobil Robot Sisteminde, tüm kontroller mikrodenetleyici elemanıyla yapılmaktadır. Tasarımda yüksek performanslı RISC(Reduced Instruction Set Computing) işlemci kullanılan, doğrudan adreslenebilir 32K program hafızası ve 1,5K veri hafızasına sahip PIC18F452 mikrodenetleyici kullanılmaktadır.

2.3 Motor Kontrol Sistemi

Mobil Robotun bağlı olduğu gövde, tüm sistemin hareket etmesindeki ana parçadır. Tankın üzerinde Mobil Robotu hareket ettiren 9V, 8000 Devir/Dakika iki tane DC motor kullanılmaktadır. DC motorları kontrol etmek için L298 motor sürücü devresi kullanılmaktadır. (Şekil 4).

Mobil robotun duvarlara çarpmaması için DC motorlar, mikrodenetleyici ile hassas bir şekilde motor sürücü devresi üzerinden kontrol edilmektedir.



Şekil 4: L298 Motor Sürücüsü Devresi(Motor Driver Circuit)

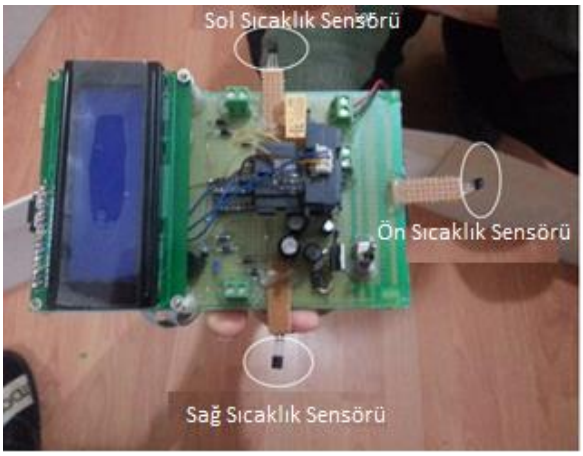
2.4 Sensörler

Tasarımda cisimlere olan mesafe bilgisini sağlayan mesafe sensörleri ve yangını algılayan sıcaklık sensörleri kullanılmıştır.

Tablo 1: LM35CAZ Sıcaklık Sensörü Özellikleri (Specifications of LM35CAZ)

LM35CAZ SICAKLIK SENSÖRÜ		
Besleme Gerilimi	Min:4;Max:30	V
Belirtilen Çalışma Sıcaklığı	Min:-55;Max:150	ºC
Sensör Kazancı	10	mV/°C

Yangın algılama sistemi, sıcaklık sensörleri baz alınarak tasarlanmıştır. Amacımıza ulaşmak için robotun önünde, solunda ve sağında olmak üzere Tablo 1' de özellikleri verilen 3 adet LM35CAZ sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Şekil 5' te robotun üzerinde bulunan sıcaklık sensörleri görülmektedir. LM35 serisi sıcaklık sensörlerinin en önemli özelliği dış voltaj değeri ile sıcaklık değerleri arasında lineer bir ilişki vardır. Bu sensörler dışarıdan analog olarak aldığı verileri mikrodenetleyicinin ADC(Analog Digital Converter) pinlerine iletir ve burada bu değerler dijital değerlere çevrilir.



Şekil 5: LM35CAZ Sıcaklık Sensörleri (LM35CAZ Temperature Sensors)

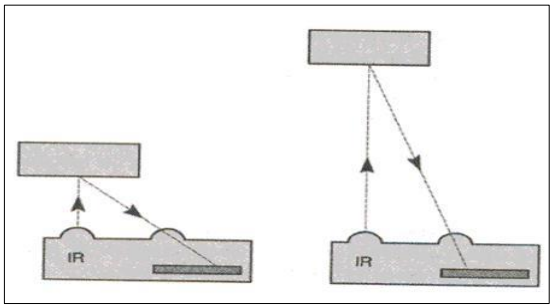
Engellere çarpmadan hareket edebilme özelliği Mobil Robotun bir diğer özelliğidir. Bu özellik sayesinde Mobil Robot herhangi bir engele takılmadan labirent içinde hareket edebilmektedir. Amacımıza ulaşmak için robotun önünde, solunda ve sağında olmak üzere Tablo 2' de özellikleri verilen 3 adet Sharp GP2D120D mesafe sensörleri kullanılmıştır.

Tablo 2: Sharp GP2D120 Mesafe Sensörü Özellikleri (Specifications of GP2D120)

SHARP GP2D120 MESAFE SENSÖRÜ		
Besleme Gerilimi	Min:-0,3; Max:7	V
Mesafe Ölçüm Aralığı	Min:4; Max:30	cm
Çıkış Voltaj Değişimi (30cm-4cm)	Min:1,95; Max:2,55	V

Mesafe sensörlerinden gelen analog sinyaller mikrodenetleyicideki ADC pinlerine iletilmektedir. Bu sinyaller mikrodenetleyicide değerlendirilip mesafe olarak çevrilir. Böylelikle Mobil Robot çevresindeki engellerle olan mesafesini hesaplar.

Sensörlerin içinde PSD (Position Sensitive Detector) denilen özel bir kısım bulunur. Bu kısım fotonlara duyarlıdır. Şekil 6' da mesafe sensörlerinin çalışma mantığı gösterilmiştir.



Şekil 6: Mesafe Sensörlerinin Çalışma Mantığı(Working Principles of Proximity Sensors)

Cismin, önündeki mesafesine göre yansıyan ışın mercekten geçerek, engel çok yakındayken PSD' nin en uç noktasına (yansıma açısı büyük), engel çok uzaktayken PSD' nin en iç noktasına (yansıma açısı

küçük) gelir. Fotonlar PSD' ye çarptığında bu bölge uyarılır ve fotoelektrik olay gerçekleşir. Fotonlar PSD' ye çarptığında bu bölge uyarılır ve fotoelektrik olay gerçekleşir [18].

2.5 Yangın Söndürme Sistemi

Yangının ilk safhalarında verimli bir müdahalenin yerine getirilebilmesi için o bölümde çıkması muhtemel yangın tipine uygun söndürücü seçilmesi gerekmektedir. Bu bakımdan öncelikle yangın sınıflarının belirlenmesi gerekmektedir. Beş adet yangın tipi mevcuttur. Bunlar;
A sınıfı yangınlar: Kâğıt, ahşap, kumaş, kâğıt gibi katı madde yangınları.
B sınıfı yangınlar: Akaryakıt, solvent, tiner gibi yanıcı ve parlayıcı sıvı yangınları
C sınıfı yangınlar: Metan propan, LPG gibi yanıcı ve parlayıcı gaz yangınları
D sınıfı yangınlar: Magnezyum, sodyum, alüminyum gibi metal yangınları
E sınıfı yangınlar: Elektrik yangınları [19]

Bu tip yangınların söndürme maddesi olarak Su, Köpük, ABC toz, BC toz, D tozlu CO2, Halon gazı gibi maddeler kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada su veya ortamdaki hava akımını kullanarak söndürülebilen A sınıfı yangınların söndürülmesi amaçlanmıştır.

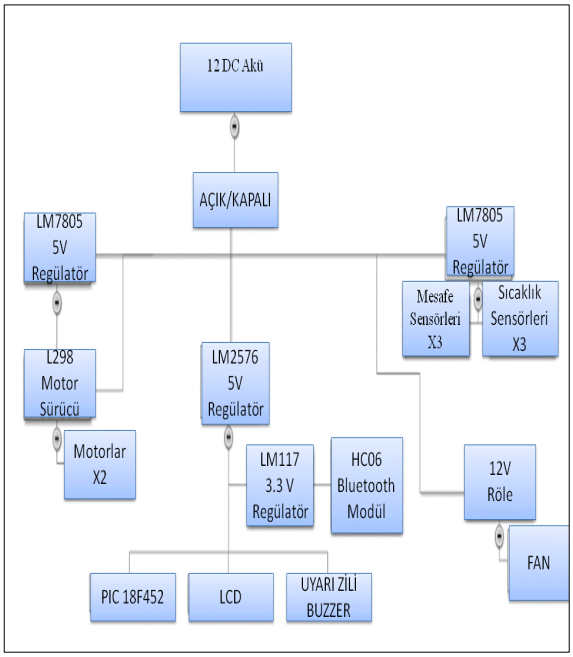
Mobil Robot labirent içinde engellere çarpmadan hareket ederken, sıcaklık sensörleri yangını algıladığında yangın söndürme sistemi aktif olmaktadır. Yangının kaynağı tespit edildikten sonra ilk olarak uyarı zili çevredeki insanlara haber vermek için sesli uyarı vermeye başlar. Daha sonra Mobil Robotun önünde bulunan 12V'luk DC fanın dönmesiyle yangın söndürülmektedir. Mobil Robotta bu fanı kullanmamızın sebebi en fazla 600mA akım çekmesi ve monte etme sırasında su, gaz, toz vs. gibi ekstra ekipmana ihtiyaç duymadan ortamda bulunan havayla yangını söndürmesidir.

Mesafe algılama sistemi, Mobil Robotu yangın kaynağından 22 cm uzak tutmaktadır. Bu sayede robot yangın kaynağını temsil eden muma çarpmadan durabilmektedir. Yangın kaynağı ile robot arasındaki mesafe yaptığımız testlerde tespit edilerek ayarlanmıştır.

2.6 Besleme Ünitesi

Besleme ünitesi aküden gelen 12V DC gerilimi robot üzerinde kullanılan her bir sisteme uygun gerilim değerlerini dönüştürmektedir. Mikrodenetleyici, LCD, uyarıcı zil (Buzzer) ve sensörler 5V; motorlar ve fan 12V; HC-06 Bluetooth modülü 3.3V enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

Mobil Robotta kullanılan Besleme Ünitesinin blok şeması şekil 7' de gösterilmektedir.



Şekil 7: Güç Dağılım Sistemi (Power Distribution System)

2.7 Uzaktan Kontrol Sistemi

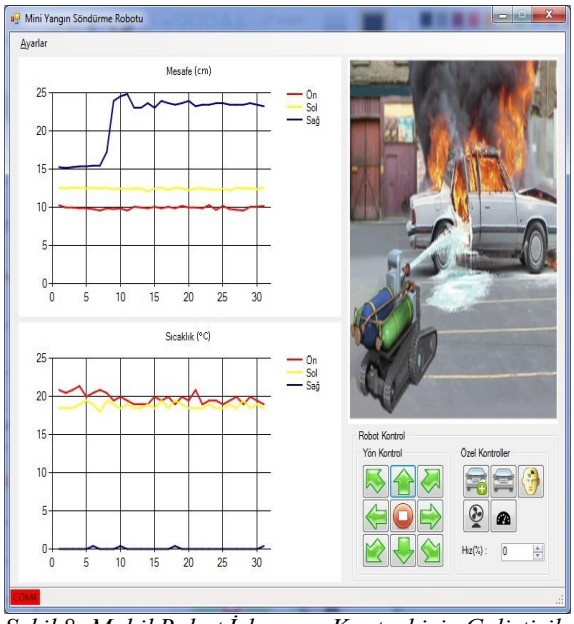
Mikrodenetleyici, bilgisayar ile bluetooth modülü kullanarak iletişime geçmektedir. Sensörler ürettikleri sinyalleri bluetooth üzerinden UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter- Evrensel Asenkron Alıcı Verici) vasıtasıyla bilgisayarın seri portuna göndermektedir ve arayüz programı sensörden alınan bu değerleri göstermektedir.

Bu sistemde Mobil Robot kablosuz bir şekilde komutları alabilmektedir. Uzaktan kontrol sisteminde verilerin transferi için HC-06 Bluetooth modülü kullanılmaktadır.

3. MOBİL ROBOT KOTROL ARAYÜZ YAZILIMLARI VE SİSTEM ALGORİTMASI (MOBILE ROBOT CONTROL INTERFACE SOFTWARE AND SYSTEM ALGORITHM)

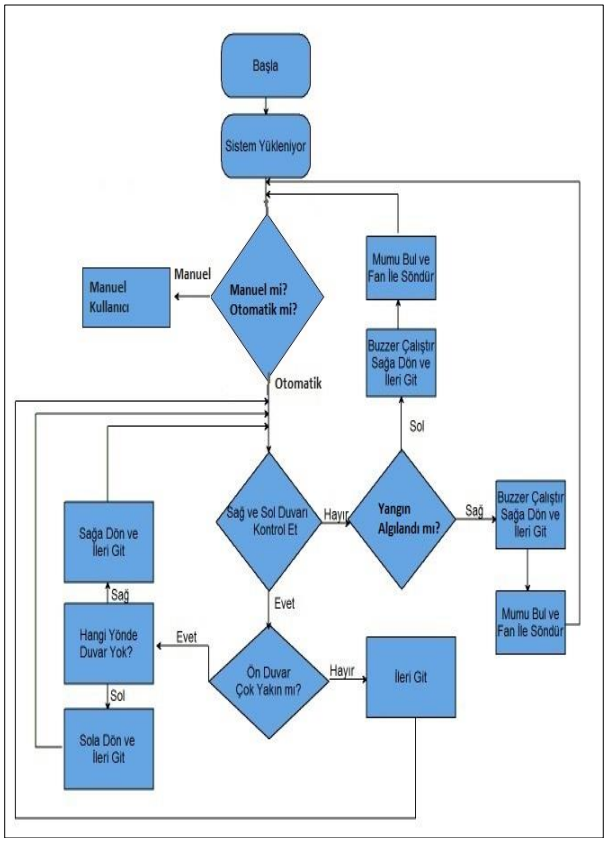
Robotu uzaktan kontrol etmek için bilgisayardaki arayüz program Microsoft Visual C# programlama dilinde yazılmıştır. Gerçekleştirilen yazılımda manuel ve otomatik mod bulunmaktadır. Manuel mod, bir kişi tarafından robotun kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Otomatik mod ise robotun görevini otonom olarak icra etmesini sağlamaktadır.

Geliştirilen arayüz ile ortam verileri(Robotun engellere olan mesafesi cm cinsinden ve ortamın sıcaklığı ^{o}C cinsinden) robot üzerindeki sensörler sayesinde izlenebilmektedir (Şekil 8).



Şekil 8: Mobil Robot İzleme ve Kontrol için Geliştirilen Bilgisayar Arayüzü (Implemented GUI for Monitoring and Control of Mobile Robot)

Uzaktan denetim sayesinde Mobil Robot insanın ulaşamadığı yangın bölgelerine, sensörlerdeki bilgiler ışığında yönlendirebilmektedir. Manuel modda mobil robot bu arayüz program sayesinde kontrol edilebilmekte, robotun hızı ayarlanabilmekte ve yangın söndürme fanı çalıştırabilmektedir. Sistemin çalışma algoritması şekil 9' da görülmektedir.



Şekil 9: Mobil Robotun Yazılım Algoritması (Software Algorithm of Mobile Robot)

Yangın algılanması durumunda Mobil Robot yangının algılandığı yöne doğru hareket etmekte ve yangın kaynağına yeterince yaklaştıktan sonra uyarıcı zili ve fanı çalıştırmaya başlamaktadır. Mobil Robot yangın arama esnasında bir engel karşılaştığında geliştirilen algoritma ile hangi yöne gidileceğine otonom olarak karar vererek labirent içerisinde yol almaktadır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, patlayıcı-yanıcı imalatı yapılan fabrikalarda ve kapalı alanlarda meydana gelebilecek yangınları söndürmek için prototip bir mobil robot uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen mobil robot, uzaktan kontrol edilebilmektedir ve bulunduğu ortamda sürekli hareket ederek yangın yayılmadan ilk müdahaleyi yapabilmektedir. Yapılan araştırmalarda kapalı mekânlarda yangının ilk başlangıç anını algılayıp müdahale eden Mobil Robot sistemi bulunmamaktadır. Ayrıca fabrikaların duvar yüksekliği fazla olduğundan tavana asılan yangın detektörleri yerden başlayan ısıyı geç algılamakta ve alarm devreye geç girmektedir. Gerçekleştirilen Mobil Robot ısı sensörleriyle herhangi bir ısı yükselmesinde yangın kaynağına hareket ederek alarm sistemini çalıştırarak yetkililere haber vermekte ve yangını söndürmektedir. Böylece can ve mal kaybını en aza indirgemek mümkün olmaktadır. Ortam verileri LCD ve bilgisayardaki arayüzde gösterilmektedir Ayrıca robot manuel olarak Bluetooth üzerinden RS232 arayüzü ile kablosuz uzaktan kontrol edilebilmektedir.

AR-GE çalışmaları ve gerekli kaynağın sağlanmasıyla Mobil Robot küçük boyutlu bir tasarım olmaktan çıkıp yangına yaklaşmanın zor olduğu büyük fabrikalarda klasik yangın detektörleri kullanmanın dışında aktif olarak kullanılabilecek Uzaktan Denetimli Manuel/Otonom Gezgin Yangın Söndürme Robotu geliştirilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Stone, W. L. (2005). *Robotics and automation handbook*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

[2] Nabiyev, V. V. (2016). *Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi*. Ankara: SEÇKİN Yayıncılık.

[3] Siciliano, B., Sciavicco, L., Villoni, L. ve Oriola G. (2010). *Robotics Modelling, Planning and Control*. London : Springer Verlag.

[4] A. Angelo, J. (2012). *Robotics: A Referene Guide to he New Technology*. Westport: Greenwood Pres.

[5] Spong M. W., Hutchinson, S. ve Vidyasagar, M. (2011). *Robot Modelling and Control*. United States of America: John Wiley&Sons, Inc.

[6] Fuller, J. L. (2006). *Robotics Introduction, Programming, and Projects*. New Jersey: Prentice-Hall.

[7] Wolovich, W. A. (1987). *Robotics: Basic Analysis and Design*. Newyork : CBS College Publishing.

[8] Albayrak, M. (1997). *Üç Boyutlu Uzayda Hareket Edebilen Robot Kolunun, Bilgisayar Destekli Kontrolü, Tasarımı ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[9] Nehmzow, U. (2000). *Mobile Robotics: A Pratical Introduction*. London : Springer Verlag.

[10] Ören T, Üney T ve Çölkesen R. (2006). *Türkiye Bilişim Ansiklopedisi*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

[11] Mendi, F. (1992). *Sanayi Robotlarının Mekanik Üretimindeki Rolü, Performansları ve Türk Sanayisinin Robotlar Yönünden Bugünkü Durumu*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[12] http://www.elektrolanddefence.com/index-2.html# (11 Mart 2016)

[13] Pyung-Hun C., Young-Hwan K., Gun R. C., Jong H. K., Maolin J., Jinoh L., Jae W. J., Dong K. H., Je H. J., Woo-Jun., Yong-Bo K. (2006, October). *Control Architecture Design for a Fire Searching Robot using Task Oriented Design Methodology*. Paper presented at the SICE-ICASE International Jooint Conference, Busan, Korea.

[14] Su K. L. (2006, October). *Automatic Fire Detection System Using Adaptive Fusion Algorithm for Fire Fighting Robot*. Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Taipei,Taiwan.

[15] Chein T. L., Guo H.; Su K. L.;Shiau V. S. (2007, May). *Develop a Multiple Interface Based Fire Fighting Robot*. Paper presented at the International Conference on Mechatronics, Kumamoto, Japan.

[16] AlHaza T., Alsadoon A., Alhusinan Z., Jarwali M., Alsaif K. (2015). *New Concept for Indoor Fire Fighting Robot*. Paper presented at the Procedia - Social and Behavioral Sciences, Perak, Malaysia.

[17] Rehman A., Necsulescu D., Sasiadek J. (2015, May). *Robotic Based Fire Detection in Smart Manufacturing Facilities*, Paper presented at the 15th IFAC Symposium onInformation Control Problems in Manufacturing, Ottawa, Canada.

[18] http://www.robots101.com/sharp-infrared-sensorler/ (11 Mart 2016).

[19] T.C. Başbakanlık. (2012). *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*. T.C. Resmi Gazete, 2002/4390.