T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SES İLE KONTROL EDİLEN PALETLİ GEZGİN ROBOT TASARIMI

Ahmet VATANSEVER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU

EDİRNE-2017

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

Bu tezin **Yüksek Lisans** tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Ayşegül ÖZTÜRK
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU
Tez Danışman

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans** tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU	
Doç. Dr. Uğur AKYOL	
Yrd. Doç. Dr. Doğan ERYENER	

Tarih: 19/01/2017

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

19/01/2017

Ahmet VATANSEVER

Yüksek Lisans Tezi
Ahmet VATANSEVER
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte gerçekleştirilmesi tehlikeli ve zor işlerde insanların yerine gezgin robotlar yer almaktadır. Bu gezgin robotların kontrolleri de buna paralel olarak önem kazanmıştır. Daha önceden bu robotları kumandalar kullanarak el ile kontrol etmek mümkün olabilmekte iken artık ses ile kontrol etmek de mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada, kullanıcı tarafından belirli sesli komutlar verilerek paletli gezgin bir robotun kontrolünü gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Sesli komutlar, bir boğaz mikrofonu tarafından alınarak ses modülü tarafından dijital sinyallere çevrilir. Daha sonra oluşan bu dijital sinyaller gezgin robota zigbee modülü üzerinden iletilir. Robot tarafında alıcı zigbee modülü, verici taraftan iletilen komutu alır ve sonra bu komutu mikrodenetleyiciye gönderir. Mikrodenetleyici, komutu analiz ederek uygun eylemi gerçekleştirir. Gezgin robotun, ses ile kontrolü bu şekilde gerçekleştirilmiş olur. Robotun önüne monte edilen bir kamera ile ortam görüntüsü, Android işletim sistemine sahip bir cep telefonuna yüklenen bir program sayesinde izlenebilmektedir. Ayrıca, paletli gezgin robot, öne ve arkaya hareketi süresince bir engelle karşılaşırsa, önüne ve arkasına monte edilen kızılötesi sensörler sayesinde engele çarpmadan durabilmektedir. Çalışmada kullanılan ses komutunu tanıma devresi, robotun ana işlemcisinden bağımsız çalışmaktadır. Konuşma tanıma işlemi için robotun ana CPU'sunun gücü harcanmadığından bu durum bir avantaj oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Mikrodenetleyici olarak Arduino Uno ve ses tanıma kartı olarak EasyVR modülü kullanılmıştır. Yazılım kısmı C programlama dili kullanılarak Arduino IDE'de yapılmıştır.

Yıl : 2017
Sayfa Sayısı : 87
Anahtar Kelimeler : Sesli Komut Tanıma, Mobil Robot Kontrol, Arduino, EasyVR.

Master's Thesis
Ahmet VATANSEVER
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Mobile robots are preferred instead of people for the use of dangerous and difficult jobs in technologically developed today's world so controlling of these mobile robots is more important these days. Although mobile robots used to be controlled only manually by remote controllers, today it is also possible to control them via voice, which is quite popular practices.

In this study, it is aimed that a tracked mobile robot is controlled with specific voice commands by a user. After the speech is received by a throat microphone, it is converted into digital signals by voice module. Then these digital signals are sent to the mobile robot via zigbee module. On the robot side, the receiver zigbee module receives the commands given by the transmitter side and then sends it to the microcontroller. Microcontroller analyzes the commands and performs the expected operations. The image of the area can be observed via the camera mounted in front of the vehicle with the help of Android application on the mobile phone. When the vehicle comes across an obstacle, infrared sensors which are in the front and at the back of the vehicle prevent the vehicle from crashing and the vehicle stops. When the vehicle comes across an obstacle, infrared sensors which are in the front and at the back of the vehicle prevent the vehicle from crashing and the vehicle stops. The speech-recognition module operates independently from the vehicle's main brain (CPU- Central Processing Unit). This is a big advantage as the vehicle's main CPU doesn't spend any power for speech recognition. For the system control, the hardware development board used in the study is Arduino Uno microcontroller board and EasyVR module is used for voice recognition card. The software part is done in Arduino IDE using Embedded C.

Year : 2017
Number of Pages : 87
Keywords : Voice Command Recognition, Mobile Robot Control, Arduino, EasyVR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmalarım süresince, engin fikir ve tecrübeleri ile çalışmama yapmış olduğu katkılarından dolayı danışmanım, sayın Doç. Dr. Hilmi KUŞÇU'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın uygulama aşamasında vermiş oldukları desteklerinden dolayı çok değerli arkadaşlarım, Öğr. Gör. Şükrü TAŞDEMİR ve Öğr. Gör. Özer ÖZÇELİK'e teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi, çalışmalarım süresince de desteğini benden esirgemeyen, her daim yanımda olan sevgili hayat arkadaşım Aynur GICI VATANSEVER'e ve kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

TEŞEKKÜR ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **vii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. SES TANIMA SİSTEMLERİ **10**

3.1. Ses Tanıma Sistemlerine Genel Bir Bakış 10

3.2. Konuşmacı Tanıma Sistemleri 12

3.3. Konuşma Tanıma Sistemleri 12

3.3.1. Konuşma Tanıma Süreci 13

3.3.1.1. Sesin Kaydedilmesi ve İfadenin Saptanması 13

3.3.1.2. Sesin İşlenmesi 14

3.3.1.3. Karşılaştırma ve Eşleştirme 14

3.3.1.4. İşlevin Gerçekleştirilmesi 15

3.4. Konuşma Tanıma Sistemlerinin Faydaları 15

3.5. Konuşma Tanıma Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar 16

3.6. Konuşma Tanıma Sistemlerinin Sınıflandırılması 16

3.6.1. Sesin Sürekliliğine Göre 17

3.6.2. Konuşmacıya Bağımlılığına Göre 18

3.6.3. Temel Alınan Birime Göre Sınıflandırma 18

3.6.4. Metine Göre Sınıflandırma 19

3.6.5. Sözcük Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma 19

4. ZİGBEE **20**

4.1. ZigBee Teknolojisi 20

4.2. ZigBee'nin Kullanım Alanları 21
4.3. ZigBee ile Diğer Kablosuz Haberleşme Teknolojilerinin Karşılaşması 21
4.4. IEEE 802.15.4 Standardı 22
4.5. ZigBee Cihaz ve Aygıt Tipleri 23
4.6. ZigBee Tarafından Desteklenen Ağ Topolojileri 24
4.6.1. Yıldız Topoloji 24
4.6.2. Ağaç Topolojisi 25
4.6.3. Örgü Topolojisi 26
4.7. XBee ZigBee RF Modül Çalışması 27
4.7.1. Seri Haberleşme 27
4.7.1.1. UART Veri Akışı 28
4.7.2. Seri Arayüz Protokolleri 28
4.7.2.1. Saydam Çalışma 29
4.7.2.2. API Çalışma 29
4.7.3. XBee-PRO Adresleme Seçenekleri 29
5. MATERYAL VE METOT 30
5.1.Gerçekleştirilen Sistemin Genel Yapısı 30
5.2. Paletli Gezgin Robot Platformu Tasarımı 33
5.2.1. Paletli Araçlarda Dönme 35
5.2.2. Süspansiyon 36
5.2.3. Palet Aktarma Organları 37
5.2.4. Paletler 38
5.3. DC Motorlar 38
5.4. L293DD Motor Sürücü Entegresi 40
5.5. Servo Motorlar 41
5.5.1. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor Özellikleri 42
5.6. Güç Kaynağı 42
5.6.1. LM2596 W110 Regülatörü 43
5.7. E18 d80nk Kızılötesi Sensör 43
5.8. Webcam 44
5.9. Mikrofonlar 45
5.9.1. Boğaz Mikrofonu 45
5.10. Wi-Fi Modülü 46

5.11. Digi XBee 2 Serisi XBee-PRO ZigBee Modülleri 48
5.11.1. XBee Explorer Usb 48
5.11.2. Arduino Wireless Proto-XBee Shield 49
5.11.3.Arduino Wireless Proto-XBee SD Shield 51
5.12. XBee Modüllerinin Konfigurasyonu 51
5.12.1. PC'ye XBee Bağlantısı 51
5.12.2. X-CTU 52
5.13. Arduino Uno Mikroislemci Kartı 54
5.14. EasyVR Shield 2.0 Ses Tanıma Kartı 55
5.14.1. EasyVR Shield 2.0 Özellikleri 55
5.14.2. EasyVR Shield 2.0 Teknik Özellikleri 56
5.14.2.1. Jumper Ayarları 57
5.14.3. EasyVR Commander 58
5.14.3.1. EasyVR Commander Kullanımı 58
5.15. Paletli Gezgin Robotun Genel Görünümü 61
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 63
EKLER 70
EK-1: Verici Programı 70
EK-2: Alıcı Programı 75
KAYNAKLAR 79
ÖZGEÇMİŞ 86
TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR 87
Uluslararası Yayınlar 87
Ulusal Yayınlar 87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Örnek Bir Ses Tanıma Sistemi Modeli 11
Şekil 3.2. Sesin Sayısallaştırılması 14
Şekil 4.1. ZegBee Topolojileri 24
Şekil 4.2. Yıldız Topolojisi 25
Şekil 4.3. Ağaç Topolojisi 26
Şekil 4.4. Örgü Topolojisi 27
Şekil 4.5. UART Arayüzlü Haberleşmede Veri Akış Çizgesi 28
Şekil 5.1. Gezgin Robotun Ses İle Kontrolünün Akış Diyagramı 31
Şekil 5.2. Sistemin Genel Yapısı 32
Şekil 5.3. Arduino Programın Akış Şeması. 33
Şekil 5.4. Paletli Aracın Parçaları 34
Şekil 5.5. Paletli Araç 35
Şekil 5.6. Paletli Aracın Süspansiyon Sistemi Parçaları 36
Şekil 5.7. Paletli Aracın Süspansiyon Sistemi Parçalarının Monte Edilmiş Durumu 37
Şekil 5.8. Dişsiz Çark 37
Şekil 5.9. Dişli Çark 37
Şekil 5.10. Mobil Araçta Kullanılan Paletler 38
Şekil 5.11. Redüktörlü DC motor 39
Şekil 5.12. L293DD Bacak Yapısı ve Bağlantıları 41
Şekil 5.13. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor 42
Şekil 5.14. 22.2 V Lipo Batarya 43
Şekil 5.15. 7.4 V Lipo Batarya 43
Şekil 5.16. LM2596 W110 DC-DC Ayarlanabilir Voltaj Dönüştürücüsü 43
Şekil 5.17. E18 d80nk Kızılötesi Sensör 44
Şekil 5.18. 720P HD USB Webcam 44
Şekil 5.19. İki Sensörlü Boğaz Mikrofonu 45
Şekil 5.20. Tek Sensörlü Boğaz Mikrofonu 45

Şekil 5.21. Trust Starzz Mikrofon 46
Şekil 5.22. GL.iNet WiFi Modülü 47
Şekil 5.23. XBee Explorer USB 49
Şekil 5.24. XBee Explorer USB ile XBee'nin Takılmış Hali 49
Şekil 5.25. Arduino Wireless Proto XBee Shield 49
Şekil 5.26. Arduino Wireless Proto XBee Shield ile XBee'nin Takılmış Hali 50
Şekil 5.27. Arduino Wireless Proto XBee Shield ile Arduino UNO'nun Takılmış Hali 51
Şekil 5.28. XBee Explorer'ın PC'ye Bağlanması 52
Şekil 5.29. X-CTU Programının Ana Ekranı 52
Şekil 5.30. XBee Modülü Ekleme Ekranı 53
Şekil 5.31.Arduino Uno Mikroişlemci Kartı (Ön ve Arka Yüzü) 54
Şekil 5.32. EasyVR Shield 2.0 55
Şekil 5.33. EasyVR Shield Bağlantıları 56
Şekil 5.34. EasyVR Shield 2.0 ile ArduinoUno'nun Bağlantısı 58
Şekil 5.35 EasyVR Commander'in Ana Uygulama Penceresi 59
Şekil 5.36. Sesli Komut Ekleme 60
Şekil 5.37. Paletli Gezgin Robotun Önden Görünümü 61
Şekil 5.38. Paletli Gezgin Robot ve Ses Ünitesinin Tamamlanmış Görünümü 62
Şekil 6.1. Üç Mikrofonla Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçlarının Başarı Oranı Grafiği 66
Şekil 6.2. Üç Mikrofonla Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçlarının Başarı Oranı Grafiği 67

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Konuşma Tanıma Sistemlerinde Yapılan Sınıflandırmalar 17
Tablo 4.1. ZigBee ve Diğer Kablosuz Haberleşme Teknolojilerinin Karşılaştırılması. . 22
Tablo 5.1. DC Motorun Teknik Özellikleri 40
Tablo 5.2. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor Özellikleri 42
Tablo 5.3. GL.iNet WiFi Modülünün Teknik Özellikleri 47
Tablo 5.4. XBee-PRO ZigBee Modüllerinin Teknik Özellikleri 48
Tablo 5.5. EasyVR Shield'in Bağlantılarının Fonksiyonları 57
Tablo 6.1.Çift Sen. Boğaz Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları 64
Tablo 6.2. Tek Sen. Boğaz Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları 64
Tablo 6.3. Masaüstü Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları 64
Tablo 6.4. Çift Sen. Boğaz Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları .. 65
Tablo 6.5. Tek Sen. Boğaz Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları .. 65
Tablo 6.6. Masaüstü Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları 65

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanlar arası iletişimde en önemli araçlardan birinin ses sinyalleri olduğu görülür. Ses ile gerçekleşen iletişim, iletişimin en hızlı, kolay ve etkin olanıdır. İnsanlar ve robotlar arasında da etkileşim için kullanılan en doğal araç sessimizdir. Bu sebepten, herhangi bir işi veya eylemi robota yaptırabilmek için sesimizi kullanmak iyi ve etkin bir yöntemdir [1,2]. Böylece, robotu uzaktan ses ile kontrol ederek insan ve robot arasında tabii bir parametre elde edilmiş olur.

Ses ile kontrol denildiğinde akla gelecek ilk terim, sistemin, insan konuşmasını anlamasını sağlayan konuşma tanımadır. Konuşma tanıma, sistemin, konuşma yoluyla iletilen sözcükleri anlamasını (anlamını değil) sağlayan teknoloji olarak ifade edilir [3]. Diğer bir ifade ile konuşma tanıma, insan sesinin bir mikrofon vb. araçlar vasıtasıyla bilgisayar tarafından alınarak metne dönüştürülmesidir [4].

Bir robotun veya elektronik cihazın ses ile kontrolünün sağlanması, o cihaza ilişkin kullanım kolaylığı oluşturduğu gibi cihazın etkin kullanımını ve kullanım verimliliğini artırır. Konuşma tanıma sistemleri, kullanıcının, bilgisayar veya bir cihazda çalışırken aynı esnada birden fazla işi yapabilmesine imkân sağlar. Örneğin, bir vasıta kullanırken sesli komut yardımı ile vasıtaya bağlı ses cihazından şarkı seçimi yapılabilir [5]. Bunların yanı sıra, eller kullanılmadan sadece sesli komutlar ile televizyon, bilgisayar, cep telefonu ve diğer elektronik aletleri kontrol edebilmek görme ve bedensel engelli kişilerin bu elektronik cihazları etkin bir biçimde kullanabilmelerine büyük kolaylık sağlayacaktır.

Ses ile kontrol, robotları kumanda etmek ve iletişim kurmak için ideal bir yöntem olarak görülmektedir. Gezgin robotta kullanılan ses komutunu tanıma modülü robotun ana işlemcisinden bağımsız çalışmaktadır. Bu, iyi bir şeydir; çünkü konuşma tanıma işlemi için robotun ana CPU'sunun gücü harcanmamış olacaktır. CPU'nun görevi, kullanıcı tarafından verilen sesli komutun robota ulaşıp ulaşmadığının kontrolünü gerçekleştirmek üzere, konuşma devresinin tanıma hatlarını taramaktır. Tanıtımını yapacağımız konuşma tanıma modülünün diğer bir avantajı da programlanabilir oluşudur. Konuşma tanıma modülü, tanınması istenilen özgün sesli komutların tanınmasını sağlayacak şekilde programlayıp çalıştırılabilmektedir. Ayrıca, konuşma tanıma modülü, mikrodenetçiye de kolaylıkla bağlanabilmektedir [6].

Teknolojideki gelişmelerle birlikte, robotların hem gündelik hayatta hem de endüstride kullanım alanlarının arttığı gözlemlenmektedir. Günümüzde robotlar, otomotiv, sağlık sektörlerinde, askeri platformlarda, arama kurtarma çalışmalarında, uzay araştırmalarında ve insan hayatı için önemli riskler arz eden kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer alanlarda çalışabilmektedirler.

Robotların ve otomasyon sistemlerinin kullanımı, gündelik işlerin daha kolay yapılabilmesine belirli olanaklar sağlarken; işlerde verimliliğinin artmasına, işveren maliyetlerinin ve zaman israfının azalmasına da yardımcı olur [7]. Robotlar, kendisine komuta edilen bir işi, o işteki en etkin ve tecrübeli insan gücünden daha yüksek hatasızlık oranıyla tekrar tekrar yapabilir.

Robotlar, ayrıca, belirli bir işi veya faaliyeti yerine getirmek için üretilmekte ve bu doğrultuda programlanmaktadır. Otomotiv endüstrisinde, parça monte etmekte olan bir robot, kaynak veya boya işçiliğinde kullanılamamaktadır.

Robotlar, evrim süreçlerinin henüz emekleme aşamasındadır. Robotlar, değişip geliştikçe daha yönlü ve insanlardaki çok çeşitli işleri yapma kapasitesi ve becerisine sahip olacaktır. Robotun etkili olabilmesi için zekâ, hareket, yön bulma ve amaç gibi bir dizi unsurun bir araya gelmesi gerekliliği de unutulmamalıdır [8].

Robotların kullanımında dikkati çeken önemli unsurlardan biri de insanlarla olan etkileşimleridir. Birçok robot, belirli işleri gerçekleştirebilmek için insanların kendilerine talimat vermesine bağlı bir haldedir. Bir robota veya makineye, gerçekleştirmesi istenen bir görev için talimat vermenin birden fazla yolu vardır. Yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında ilk olarak fiziksel cihazların kullanımı, örneğin klavye ve fare; ikinci

olarak ise sensör kullanımı, örneğin ses, hareket ve sıcaklık sensörü gibi sensörler vardır. Robotlar ve insanlar arasındaki düzgün etkileşimin artması, robotların operasyonel kabiliyetlerini arttırabilir [7].

Endüstriyel üretim sektöründe robotlar, yeri doldurulamaz bir öneme sahiptir. Bu sektördeki robotlar, genellikle rutin işleri yapmak için kullanılan ve sabit bir zemin üzerine monte edilen kol şeklindeki robotlardır. Ancak, bazı sektörlerde, yapılacak işlerin farklı yerlerde gerçekleştirilmesi gerekebilir. Bu durum, robotların gezgin olmasını gerekli kılabilir. Gezgin robotlar, tekerlekli, bacaklı ve kanatlı olmak üzere yapısal açıdan üç farklı biçimde ele alınır. Bacaklı robotlar, ormanlık yerlerde ağaç kesmek, keşif yapmak ve askeri amaçlı kullanılabilir. Diğer yandan tekerlekli olanları, ev ve iş yerlerinde temizlik ya da güvenlik maksadıyla kullanılabilir. Kanatlı robotlar ise, askeri istihbarat toplamada kullanılabilir. Yapısal olarak farklılıklar arz edebilen gezgin robotlar ayrıca, zehirli ve nükleer atıkların toplanması ve temizlenmesi, patlayıcıların imhası, enkaz altında canlı araştırılması, biyolojik atıkların taşınması, uzay istasyonlarının yapımı, karantina altındaki ortamlarda servis robotu, deniz altında batık arama ve kurtarma, yüksek binaların dış camlarının temizliği ve engelli insanlara refakatçi görevlerinde kullanılabilir. Bu uygulama alanları daha fazla da genişletilebilir [9,10,11].

Bu çalışmada, sesli komutlar kullanarak uzaktan kablosuz kontrol edilebilen bir paletli gezgin robotun tasarımı amaçlanmıştır. Amaçlanan uzaktan kontrol sistemi dâhilinde kullanıcı tarafından oluşturulan sesli komutlar, gezgin robota, üç farklı mikrofon çeşidiyle gürültülü ve gürültüsüz ortamlarda iletilmek koşuluyla test edilecektir.

Bu tür sistemler, genellikle "Konuşma Kontrollü Otomasyon Sistemleri" (Speech Controlled Automation Systems (SCAS)) olarak bilinir [12,13]. Bu çalışmada oluşturulan sistemde, bunun bir prototipi yer alacaktır. Amacımız, birçok sözcüğü tanıyan bir robot yapmak değil, robotu ve onun önünde yer alan kamerayı uzaktan ses komutlarıyla kontrol etmek üzere bir menülü kontrol düzeni geliştirmektir. Robot ve kameranın kontrolünde, "öne git", "geri", "sola dön", "sağa dön", "dur", "kamera aşağı", "kamera yukarı" ve "kamera ortaya" ses komutları kullanılmıştır.

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

"Computer Controlled Robot Car" isimli yüksek lisans tezinde, gezgin robot olarak bir model araba kullanılmış olup, bu aracın kontrolünü sağlamak için de bilgisayarda, bir kullanıcı ara yüzü geliştirilmiştir. Ayrıca, aracın üzerine konulan kablosuz kamera vasıtasıyla da görüntünün ekrandan izlenmesi sağlanmıştır. Robot, karşılaşabileceği engeller karşısında, donanımına ilave edilmiş sensörler vasıtasıyla engele çarpmadan durabilmektedir. Bununla birlikte robot, karanlık bir ortama girdiğinde ya da bırakıldığında farlar yardımıyla ortam ışığı sağlayabilmektedir. Robot ile uzaktan kablosuz iletişim kurmak için RF modülü kullanılmıştır [14].

"Ses Komut Tanıma ile Gezgin Araç Kontrolü" adlı makalede, gezgin bir aracın kontrolü, ses komut tanıma sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulmuş bu sistemde, sesli komutları tanıma işlemi, ortak vektör yaklaşımı (OVY) ile yapılmıştır. Gezgin araç kontrolü ve sesli komut tanıma amacıyla MATLAP ortamında GUI oluşturulmuştur. Gezgin araca, sesli komutların dışında elle kontrol sağlamak için de GUI üzerine düğmeler eklenmiştir. Beş adet ses komutu veya beş adet düğme ile gezgin araç, kontrol edilmektedir. Bu komutlar: "ileri", "geri", sağ dön", "sola dön" ve "dur". Bilgisayar ile gezgin aracın haberleşmesi radyo frekansları (RF) ile kablosuz olarak yapılmaktadır [15].

"PIC ve Step Motorla Sürülen Bir Mobil Robotun Uzaktan Kamera Sistemi ile Kontrolü" isimli çalışmada, model bir arabanın üzerine monte edilmiş güvenlik kamera

sistemi ile görüntü aktarabilen, aynı zamanda da radyo frekansı (RF) kullanılarak uzaktan kontrol edilen, mobil bir robot araba oluşturulmuştur. Kameradan alınan görüntüleri, bilgisayar ortamında izlemek, kaydetmek ve kontrol sağlamak amaçlı Delphi 7.0 yazılımı ile bir arayüz programı oluşturulmuştur. Radyo frekansı ile haberleşen güvenlik kamerasının altına konulan step motorlar sayesinde de sağa ve sola dönmesi sağlanmıştır. Bu kameradan alınan görüntüler, arayüz programında gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Bu sayede, robotun kontrolü, uzaktan ve bilgisayar ekranı üzerinden sağlanabilmektedir [16].

"Robot Control Based on Voice Command" adındaki makalede, bir konuşma tanıma sistemi ile akıllı bir robotun kontrolünün gerçekleştirildiği görülmektedir. Geliştirilen robot, doğal yolla oluşturulan konuşma kontrol komutlarını anlayabilme ve ilgili eylemi gerçekleştirebilme kabiliyetine sahiptir. Robot, iki bilgisayar ile kontrol edilir. Bunlardan biri, işlem platformu olarak çalışırken; diğeri ise robotun gövdesine yerleştirilmiştir. WLAN ile bu iki bilgisayar, birbirine bağlanmıştır. İşlem platformu olarak çalışan birinci bilgisayar üzerinde yer alan ses kartı ve mikrofon, ses tanıma için kullanılmıştır. Robotun gövdesine yerleştirilmiş ikinci bilgisayar ise robotun kontrolünü sağlamak üzere kullanılmıştır. Bağlantı kurulduktan sonra, ses sinyalleri işlenir ve birinci bilgisayar ile ikinci bilgisayar arasında transfer gerçekleştirilir [17].

"Kablosuz Ağ Tabanlı Gezgin Keşif Robotu: Kaşif" isimli bildiride, üzerine kamera yerleştirilmiş, paletli gezgin robotun, kablosuz ağ kullanılarak uzaktan kontrolü sağlanmıştır. Paletli gezgin keşif robotunun üzerine, mini bir bilgisayar yerleştirilmiştir. Bu mevcut mini bilgisayar üzerinde çalışan java programlama dili ile bir uygulama yazılımı oluşturulmuştur. Ultrasonik mesafe ölçüm kartı kullanılarak robotun engellere çarpması önlenmeye çalışılmıştır [9].

"Uzaktan Sesle Kontrol Edilebilen Robot Tasarımı ve Yapımı" isimli yüksek lisans tezinde, bilgisayar kullanılarak görüntü aktarımı yapabilen, hem klavye hem de sesli komutlar ile yön kontrolü yapılabilen bir robot tasarlanmıştır. Bilgisayar ile robotun haberleşmesi için RF iletişim yöntemi tercih edilmiştir. Robotun üzerine yerleştirilen IP kamera ile görüntü, bilgisayardaki ara yüz programına aktarılmış, böylece kullanıcıya, robotu bilgisayar üzerinden gerçek zamanlı sesli komutlar kullanarak kontrol edebilme imkânı sağlanmıştır [18].

“Seri Porttan Kablosuz Ağ ile Haberleşebilen Kameralı Araç Kontrolü” isimli yüksek lisans tezinde de RF vasıtasıyla bilgisayarın seri portu ile haberleşerek kontrolü sağlanabilen, ayrıca üzerine konulan kamera sayesinde görüntü aktarabilen bir robot tasarlanmıştır. Robotun üzerinde yer alan kameranın kontrolü, step motor kullanılarak sağlanmıştır. Kameradan gelen görüntüleri izleyebilmek amacıyla da ‘Delpi 10.0’ programı vasıtasıyla bir ara yüz programı yazılmıştır. Mikro denetleyiciyi programlamak için ‘PIC C’ dili kullanılmıştır [19].

“MyRobot: Kablosuz Kontrol Edilebilen Mobil Araştırma Robotu” isimli çalışmada, bilgisayar, elektrik, makine ve elektronik alanında lisans düzeyinde okutulan ‘Robotik’, ‘Mikroişlemciler/Mikro denetleyiciler’ ve ‘Sayısal Elektronik’ gibi derslerde örnek ders materyali oluşturmak amacıyla bir robot prototipi tasarlandığı görülmektedir. Tasarlanan robot 30 cm genişliğinde, 50 cm uzunluğunda, 17 cm yüksekliğinde ve 23 kg ağırlığındadır. Robot, kontrol bilgisayarı ve RF modülü aracıyla kablosuz bir biçimde haberleşemeye olanak sağlamaktadır. Kontrol bilgisayarında robotun, açık alanda 100 m’ye kadar kontrolü sağlanabilmektedir. Mobil robot, ileri, geri, sağa, sola dönüş yapabilmektedir. Ayrıca, robotun üzerinde bulunan robot kolun ve ona monte edilmiş kameranın, onun iki eksenli hareket edebilmesine ve aldığı görüntü ile sesleri gerçek zamanlı kablosuz olarak kontrol bilgisayarına iletmesine imkân sağladığı görülmektedir. Bu görüntüler, istenirse kontrol bilgisayarında kayıt altına da alınabilmektedir. Robotun ön kısmına dâhil edilen engel algılayıcı sayesinde, robot, önüne herhangi bir engel çıktığında, kendisine o yönde bir komut verilse dahi durmakta ve sesli bir bilgilendirme mesajı vermektedir. Bununla birlikte, robotun üzerinde aydınlatma LED’leri bulunmakta ve gönderilen komutlar ile LED’ler açılmakta veya kapatılmaktadır [20].

“Voice Automated Mobile Robot” isimli makalede, ses otomatik mobil robot uygulaması yapılmıştır. Bu robot, konuşma girişi üzerinden kontrol edilmektedir. Konuşma tanıma sistemi olarak da Microsoft tarafından geliştirilen bir API olan SAPI kullanılmıştır. Gömülü kontrol uygulamaları için ise esnek ve uygun bir maliyetle birlikte güçlü bir mikroişlemci olan Atmel AT89S52 tercih edilmiştir [21].

“Ses Komut Tanıma İle Gezgin Araç Kontrolü” isimli yüksek lisans tezinde, gezgin bir aracın ‘Türkçe’ ses komutları ile kontrolü gerçekleştirilmiştir. Ses komutları, MATLAB programı kullanılarak bilgisayara kaydedilmiştir. Ses komutlarını bilgisayar ortamında tanıma işlemi gerçekleştikten sonra RF modülü ile kontrol komutları, gezgin

araca iletilmektedir. Yapılan bu çalışmada, yalıtık kelime tanıma sistemi kullanılmıştır. Gezgin aracı kontrol etmek için kullanılan ses komutları, "ileri git", "geri git", "sağa dön", "sola dön" ve "dur" komutlarıdır [4].

"Altı Serbestlik Derecesine Sahip Bir Robot Kolun Ses İle Kontrolü" isimli başka bir yüksek lisans tezinde, beş serbestlik dereceli, beş dönel ekleme ve bir uç işlevcisine sahip bir robot kolunun eklem hareketlerini, ses ile kontrol edebilen bir sistem oluşturulmuştur. Toplam, 17 adet komut tanımlanmıştır. Bu komutları tanımlamak için EasyVR, ses tanıma modülü kullanılmıştır [22].

"RF Modüllerle Kontrol Edilen Paletli Keşif Aracı Tasarımı" isimli makalede, RF modüller kullanılarak uzaktan kontrol edilebilen ve 180^0 dönebilen, kablosuz kamerası ile görüntü aktarabilen bir paletli keşif aracı tasarlanmıştır. Önüne ve arkasına konulan ultrasonik sensörler sayesinde araç, önündeki ve arkasındaki cisimleri algılayıp yön tayini yapabilmektedir. Aracın kontrolü için Arduino Uno geliştirme kartı kullanılmıştır. Ayrıca, gezgin robotu yönetmek için C# programlama dili kullanılarak bir ara yüz programı geliştirilmiştir [23].

"Voice Controlled Robot" isimli çalışmada, Android bir cep telefonu kullanılarak sesli komutlar ile bir robotun kontrolü gerçekleştirilmiştir. Mikrodenetleyici olarak ATmega 328 kullanılmıştır. Sesli komut olarak kullanılan kelimelerin, "ileri", "sol", "sağ", ve "geri" olduğu görülür. Android cep telefonundan gönderilen verileri almak için HC-05 Bluetooth modülü kullanılmıştır. Sağ ve sol tekerleklere hareket kabiliyeti vermek için 12V DC motor ve bu tekerlekleri sürmek için de bir L239D motor sürücü kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma 10 kişi ile dört adet komut kullanılarak test edilmiş ve %99 başarı elde edilmiştir [24].

"Kablosuz Kontrol Edilebilen Mobil Araştırma ve Müdahele Robotu" isimli çalışmada ise, paletli bir mobil robotun üzerine yerleştirilen tutucu kol vasıtasıyla bomba imha işlemi gerçekleştirebilen, ayrıca Wi-fi ip kamera sayesinde de görüntü ve ses aktarabilen bir sistem görülmektedir. Robot üzerinde ortamı algılamak için şu sensörler mevcuttur: ultrasonik mesafe, yanıcı gaz & duman sensörü ve GPS modülü. Ana kontrol ünitesi olarak, Arduino mega kullanılmıştır. Mobil robot, uzaktan Wi-fi bağlantısı kullanılarak kumanda edilmiştir. Bilgisayardan klavye ile robotu kontrol edebilmek için C# dili ile bir arayüz programı yazılmıştır [25].

“Sesli Komutlarla Araç Kontrolü” isimli lisans tezinde, sesli komutlar vasıtasıyla kontrol edilebilen mobil bir robot tasarlanmıştır. Mikrodenetleyici olarak pic 16F877A kullanılmıştır. Ses tanıma için MATLAB programı ile KNN (K-Nearest Neighbors) algoritması kullanılmıştır. Robot ile bilgisayarın kablosuz haberleşmesi için RF modülü kullanılmıştır. Kullanılan RF modülü ile yirmi metre kadar problemsiz iletişim sağlanmıştır [26].

“Design of an Automatic Voice Controlled System and Remote Control” isimli bir diğer çalışmada, bir üretim sisteminin, ses komutları ile uzaktan kontrolü gerçekleştirilmiştir. Farklı mobil platformlarda da çalışabilen bir uzaktan kumanda uygulaması oluşturulmuştur Bu uygulama ile araç türünü, motorun hızını, verici parçalarını ve renk seçimini yapmak için birtakım düğmeler mevcut kılınmıştır. Elektronik kontrol için Arduino kartı ve uzaktan kumanda uygulaması ile kontrol donanımı arasındaki kablosuz iletişimi sağlamak için Wi-Fi modülü kullanılmış. Ses tanıma sistemi olarak Arduino için konuşma tanıma aracı olan µSpeech tercih edilmiş. µSpeech kütüphanesi, Goertzel algoritması kullanılarak geliştirilmiş. Bu algoritma, Ayrık Fourier Dönüşüm (Discrete Fourier Transform-DFT) bir uyarlaması olarak elde edilebilir [27].

“Multipurpose Robot for Patients and Military Applications” isimli çalışmada, çeşitli engellere sahip hastaların, başkalarından yardım almadan kendi yiyecek ve ilaçlarını almalarını sağlamak için onlara yardımcı olacak, çok amaçlı gezici bir robot geliştirildiği görülmektedir. Yiyecek ve ilaçları almayı sağlayabilmek için bu robot bir minyatür ele sahip olarak tasarlanmıştır. Robot, sesle ve joystick ile kontrol edilebilmektedir. Ayrıca gezici robotun yanıcı gaz, alev, sıcaklık, nem algılama özellikleri ve bir de engel detektörü için uzaktan algılama özelliği mevcuttur. Robot, kablosuz olarak uzaktan kontrol edilebilmekte ve izlenebilmektedir. Bu uzaktan kontrolün menzili yaklaşık olarak 750 metredir. LCD karakter ekranı ile gerçek zamanlı sensör verileri görüntülenmektedir. Ses analizi ve kontrolü için EasyVR modülü kullanılmıştır. Mikrodenetleyici olarak ATmega328 tercih edilmiştir. Kullanılan LCD 16x2’liktir [28].

“Arduino-Based Automatic Safety Vehicle Controlisimli çalışmada, sürüş sırasında göz veya elin hareketlerinden kaynaklanan araç kazalarını en aza indirgemek için insan-ses tabanlı, bir otomatik araç geliştirilmiştir. Çalışmada, bir Arduino

mikrodenetleyici kullanılmıştır. Bir araca aniden vurmayı önleyen güvenlik kontrol fonksiyonu, iki araç arasındaki mesafe ölçümüne dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde sesli komutları tanımak için EasyVR modülü kullanılmıştır [29].

"Kablosuz Haberleşme ile Kontrol Edilen Robot Araba" isimli yüksek lisans tezinde, 100x60 cm^2 ölçülerinde ahşap malzemeden yapılan, 30 cm çapında 4 cm genişliğinde, 4 tekerlekli ve toplamda 12 kg ağırlığı olan bir robot araba oluşturulmuştur. Bu arabada, ATX ve ARX modülleriyle kablosuz olarak aracın ileriye ve geriye doğru hareketi uzaktan sağlanmıştır [30].

"Arduino Based Voice Controlled Robot" isimli makalede, kullanıcının belirli ses komutları ile hareketini kontrol edebildiği, yürüyen bir robot tasarlanmıştır. Robotun hareketini sağlamak için servo motorlar kullanılmıştır. Mikrodenetleyici olarak ATmega 2560 ve ses tanıma kartı olarak EasyVR modülü tercih edilmiştir. Bunlara ilaveten, robotun başına monte edilen bir kamera ile görüntü ve ses kaydı gerçekleştirilir. Yazılım kısmı C programlama dili kullanılarak Arduino IDE'de yapılmıştır [12].

"Mobile Robot Voice Recognition in Control Movements" isimli makalede, bir kullanıcının sesini tanıyan ve sözlü talimatlar ile robotun hareketlerini kontrol eden bir sistem geliştirildiği bilgisine ulaşılır. Bu çalışmada şelale modeli olarak bilinen ve ses tanıma sisteminin kolay uygulanmasını sağlayan yeni bir yöntem kullanmayı tercih etmiştir. Ses tanıma için Microsoft tarafından geliştirilen Microsoft Speech SDK kullanılmıştır. Sistemin arayüz kısmı, ses tanıma ve bilgi iletimi Visual Basic (VB) programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Kablosuz iletişim için bluetooth modem kullanılmıştır [7].

BÖLÜM 3

SES TANIMA SİSTEMLERİ

3.1. Ses Tanıma Sistemlerine Genel Bir Bakış

İnsanların günlük hayatta en çok kullandığı iletişim yöntemlerinden biri, sesli iletişimdir. İletişim yöntemleri incelendiğinde, karşılıklı daha etkin iletişim sağlaması, kolay ve hızlı olması bakımlarından sesli iletişimin, en önemli iletişim yöntemi olduğu sonucuna ulaşılabilir. Teknolojide yaşanan gelişmelerle birlikte, insan ve makine arasında kurulan iletişimin daha etkin, kolay ve hızlı olması için ses tanıma sistemlerinin kullanımları artmaktadır.

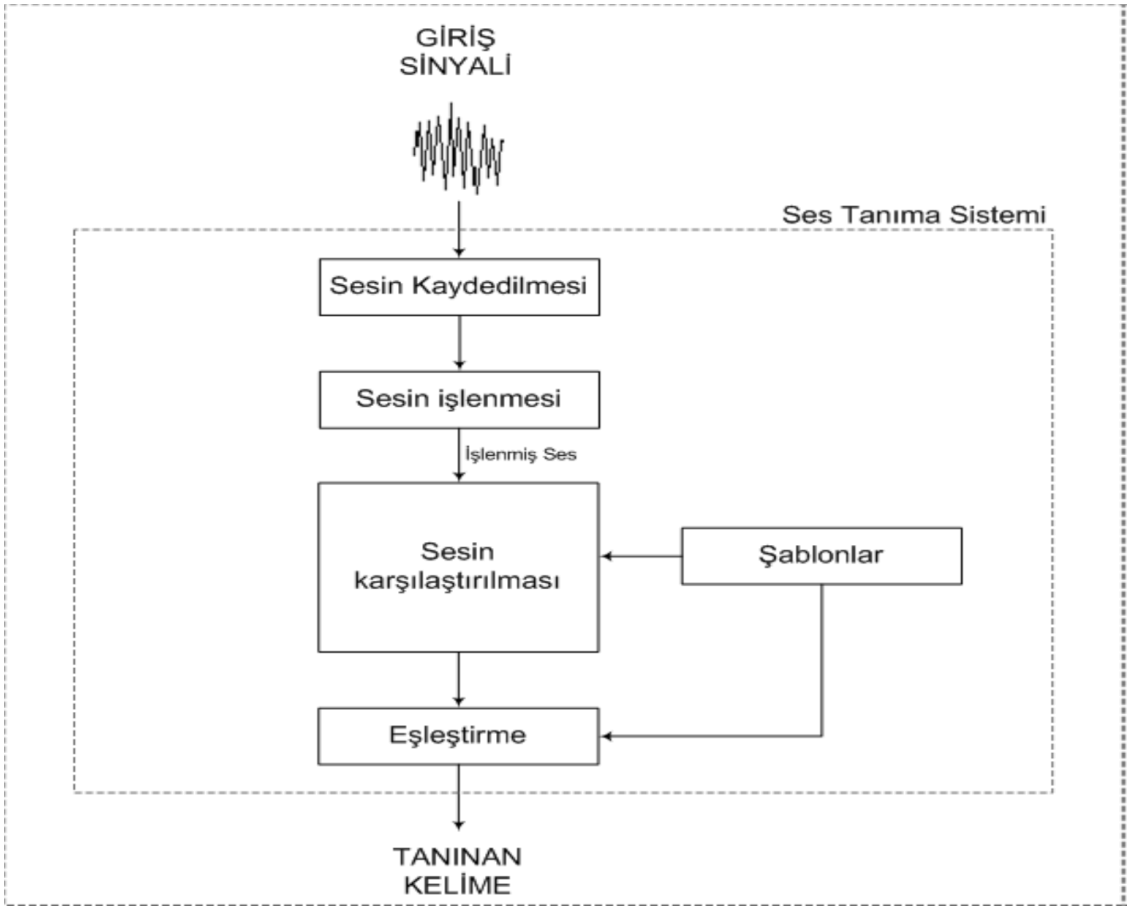
Ses tanıma sistemleri ile elleri kullanmadan, sadece sesli komutlar vasıtasıyla birçok endüstriyel cihazın, bilgisayar ve ev aletlerinin kontrol edilebilmesi mümkün hâle gelmiştir. Bu cihazların sesli komutlar ile kontrol edilmesi, kullanıcılara uzaktan veri girişini ve hareket serbestliğini mümkün kıldığı gibi, en önemlisi de bedensel veya görme engeli olan kişilere günlük hayatta kullanım kolaylığı sağlayacaktır.

Günümüzde ses ile bir bilgisayara, cihaza veya cep telefonuna birtakım işler yaptırmak mümkün olmaktadır. Örneğin, cep telefonuna sesli komutlar vererek internette arama kolaylığı sağlayabilir, soru sorabilir veya istenilen kişi aranabilir. Bunların yanı sıra, ses tanıma sistemleri, dikte-yazdırma paketlerinde, telefon üzerinde konuşma tanıma tabanlı otomatik sistemlerde, komut-kontrol sistemlerinde, bedensel veya görme engelli insanların makinelerle iletişimini sağlamak için hazırlanan uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Ses tanıma sistemlerinin günümüzde, yaygın olarak kullanılan uygulama

alanlarından biri olarak da telefon bankacılığı dikkati çekmektedir. Daha önceden telefonun tuşları kullanılarak gerçekleştirilen ve uzun süren işlemler sonucu kullanıcıları zorlayan sistemler yerine, ses tanıma sistemleri ile işlem sağlama, daha kolay, hızlı ve ucuz hale getirilmiştir [31,32].

"Ses tanıma bir akustik sinyali bir karakter setine dönüştüren bir işlemdir" [33]. Ses tanımayı şöyle de ifade edebiliriz: Bir mikrofon veya telefon aracılığıyla alınan akustik bir sinyalin, kelimeler dizisine dönüştürme işlemidir [34]. Ses tanıma sistemleri için örnek bir ses tanıma modeli, Şekil 3.1'de verilmiştir.

Ses tanıma sistemleri, genel olarak iki farklı alt başlıkta incelenebilir. Bunlardan birincisi konuşma tanıma, diğeri ise konuşmacı tanıma sistemleridir. Bu iki sistem, hem kullanıldıkları yerler bakımından hem de ürettikleri çözümler bakımından birbirlerinden tamamen farklı sistemlerdir [31].



Şekil 3.1. Örnek Bir Ses Tanıma Sistemi Modeli [34,22].

3.2. Konuşmacı Tanıma Sistemleri

Konuşmacı tanıma, belli kelime ya da kelimelerden bir kişinin tanınması işlemidir. Konuşmacı tanımanın amacı, kimin konuştuğunu belirlemektir. Konuşmacı tanıma teknolojisi, kişilerin konuşma özellikleri arasındaki farkları analiz ederek çalışır. Her insanın anatomisinden (ağız ve burunun ebat ve şekli) ve davranış kalıplarından (konuşma şekli, hızı, aksanı vs.) kaynaklanan, kendine özgü bir konuşma biçimi vardır. En yaygın haliyle ses tanıma teknolojisi, konuşan kişinin kimliğini veya tanınmayan bir konuşmacının varlığını tespit etmek için kullanılır. Konuşmacı tanıma sistemleri de kendi içerisinde iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi, konuşmacı doğrulama ikincisi ise konuşmacı saptamadır [12].

Konuşmacı doğrulama sistemi, bir kişinin sesini kullanarak iddia ettiği kişi olduğunu doğrulama sürecidir. Esasında kişinin sesi, parmak izi gibi kullanılır. Kişilerin konuşmalarından bir bölüm kaydedildikten sonra, kişinin konuşma kalıpları veri tabanında test edilerek, olduklarını iddia ettikleri kişinin sesiyle karşılaştırılır. Konuşmacı doğrulama uygulaması, en çok güvenli erişime ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır. Bu sistemler, kullanıcının bilgisi ve katılımı ile kullanılır [12,31].

Konuşmacı saptama sistemi, bilinmeyen bir konuşmacının kimliğini belirleme sürecidir. Konuşmacı doğrulamanın tersine, konuşmacı tespitinde, kullanıcının bu süreçten haberi olmaz. Örneğin konuşmacı saptaması, bir suçlunun, yalnızca sesinden tespit edilebilmesi için kullanılabilir. Bu durumda, alınan sesler, bir kısım sabıkalı kişilerin seslerinin kaydedildiği bir veri tabanındaki seslerle karşılaştırılır [12].

3.3. Konuşma Tanıma Sistemleri

Konuşma tanıma sistemleri, konuşulan sözcüklerin bir mikrofon veya telefon kullanarak yakalanması ve bunların dijital ortamda depolanan bir dizi sözcüğe çevrilmesi sürecidir [12]. Konuşma tanıma sistemlerinin başlıca görevi, kişinin konuştuğu kelime ya da cümleyi tahmin edebilmek ve buna en yakın sonuçları veri setinden getirebilmektir. Konuşma tanıma sistemleri kullanım yerleri ve amaçları bakımından sürekli konuşma tanıma ve hiyerarşik konuşma tanıma olarak iki kısma ayrılmaktadır [31].

Sürekli konuşma tanıma, konuşanın söylediği her kelime ya da cümlenin metne dönüştürülmesidir.

Hiyerarşik konuşma tanıma ise veri setindeki belli komutların söylenmesi üzerine çalışan bir yapıdır. Genellikle, sesli komut sistemlerinde tercih edilir.

3.3.1. Konuşma Tanıma Süreci

Konuşma tanıma süreci, mikrofon ile sesin bilgisayara iletilmesi ve ses sinyalinin kaydedilmesi ile başlayıp, konuşma tanıma sisteminin, en son kelimeye karşılık gelen işlevin gerçekleştirilmesi ile sonuçlanır. Konuşma tanıma süreci aşamaları, aşağıdaki şekilde özetlenebilir: [34]

- Sesin kaydedilmesi ve ifadenin saptanması
- Sesin işlenmesi
- Karşılaştırma ve eşleştirme
- İşlevin gerçekleştirilmesi

3.3.1.1. Sesin Kaydedilmesi ve İfadenin Saptanması

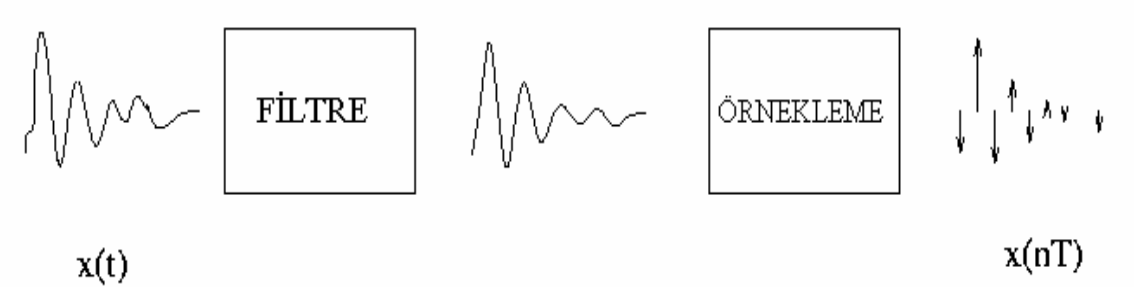
Bu aşamada ses, bir mikrofon aracıyla bilgisayara veya ses tanıma sistemine iletilir ve kaydedilir. Ses kaydedilirken konuşma, yani, sesin bulunduğu kısımların tespiti gerçekleştirilir. Konuşma tanıma sistemi, kaydedilen seste bulunan bir konuşmayı, başlangıcı ve bitişiyle birlikte saptar. Daha sonra ise, konuşmanın geçtiği bu kısımların işlenebilmesi için onun bir sonraki aşamaya geçirilmesine yardımcı olur. Konuşmanın başlangıç ve bitişinin saptanması durumu, ifade saplama olarak da adlandırılır. İfade saptama, oluşturulan kayıtların tamamının işlenmesi yerine, yalnızca konuşmada geçen kısımların işlenmesini sağlar. Böylece, konuşmanın olmadığı ve ortamda sadece gürültünün olduğu ses kayıtları işlenmeyerek, konuşma tanıma sisteminin performansı artırılabilir [32,34].

Ses, kaydedildikten sonra çeşitli aşamalardan geçecek ve işlenecektir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için ise sesin sayısallaştırılması gerekir.

Sesin sayısallaştırılması

Konuşurken ortama yayılan ses dalgaları, bir mikrofon tarafından elektriksel sinyallere dönüştürülmektedir. Elde edilen analog sinyalin, analiz edilebilmesi yani, işlenebilmesi için öncelikle sayısallaştırılması gerekmektedir. Analog sinyal, sayısallaştırılması için öncelikle filtreden geçirilmekte, ardından da örnekleme yapılmaktadır. Örnekleme, belli zaman aralıklarıyla sinyalden örnek alma işlemidir. Şekil

3.2'de örnek bir sayısallaştırma işlemi gösterilmektedir. Burada x(t) analog sinyali ifade ederken, x(nT) sayısallaştırılmış sinyali ifade etmektedir. Aşağıdaki şekilde görülen filtre, analog filtreyi ifade etmektedir. Analog filtreleme ve örnekleme, sesin kaydedilmesi aşamasında gerçekleştirilmektedir [34].



Şekil 3.2. Sesin Sayısallaştırılması [34].

3.3.1.2. Sesin İşlenmesi

Bir önceki aşamadaki ses sinyali, bu aşamaya giriş sinyali olarak alınmaktadır. Bu giriş sinyalinin, bir sonraki aşama olan karşılaştırma ve eşleştirmeye hazır şekle gelebilmesi için bir dizi işlemden geçirilmesi gerekir. Bu işlemler genel olarak, sesin pencereleme fonksiyonundan geçirilmesi, normalizasyonların yapılması, sesin filtrelenmesi, yani, ses sinyalinden gürültünün çıkarılması, sesin frekans analizlerinin gerçekleştirilmesi, sesin kodlanması ve ses sinyalinin zamana göre yayılması olarak gösterilebilir. Sesin işlenmesi, konuşma tanıma sürecinin en önemli aşamalarından biridir. Burada, kaydedilen sesin özelliklerini bozmadan, ses hakkında bilgi sahibi olmak amaçlanır [34].

3.3.1.3. Karşılaştırma ve Eşleştirme

Bu aşamada, işlenmiş ses, bilinen örneklerle karşılaştırılıp, eşleşenlerin tespit edilmesi ile sesin tanınması işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamayı gerçekleştirmek için kullanılan birden fazla teknik vardır. Bu tekniklerden bazıları, "Time Warping –Dynamic Time Warping (DTW), Hidden Markov Model (HMM), Frekans Analizi, Lineer Cebir'dir. Tüm bu teknikler, bir olasılık ya da kesinlik eşleşmesi oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu aşamada kullanılmakta olan bir diğer teknik ise, Yapay Sinir

Ağlarıdır. Ayrıca, HMM ve Yapay Sinir Ağlarının beraber kullanıldığı bazı sistemlerde bulunmaktadır ki bunlar, 'Hibrit Modeller' olarak anılmaktadır." [34]

3.3.1.4. İşlevin Gerçekleştirilmesi

İşlevin gerçekleştirilmesi, konuşma tanıma sürecinin son aşamasıdır. Burada, konuşma tanıma sistemine iletilen ses sinyali, veritabanında gerçekleştirilen eşleştirme sonunda bu komuta karşılık gelen eylemle sonuçlandırılmaktadır.

3.4. Konuşma Tanıma Sistemlerinin Faydaları

Konuşma tanıma sistemlerinin sağladığı faydalar aşağıda özetlenmektedir:

- Kolay veri girişi ve kullanım kolaylığı: Konuşma tanıma sistemlerine veri girişi için mikrofon veya telefon kullanılmaktadır. Veri girişinin konuşma ile yapılması, onun kolaylıkla yapılmasına imkân sağladığı gibi, kullanım kolaylığı da sağlamaktadır. Bir bilgisayara, veri girişi için kullanılan klavye ve fare gibi geleneksel yöntemlerde olduğu şekliyle bir çaba gerektirmez. Böylece, görme ve bedensel engelli kullanıcıların çoğunun, sistemi verimli ve etkin bir şekilde kullanmasına imkân sağlar [31,32,34].
- Veri toplama hızı: Konuşma tanıma sistemlerinde veri girişi için konuşma dilinin kullanılması, zamandan tasarruf sağladığı gibi verilerin daha hızlı girilebilmesini de sağlar. Hızlı veri girişi sonucunda, verilerin hızla toplanması ve daha kısa sürede işlemin tamamlanması gerçekleşmiş olacaktır. Bu durum, özellikle üretim sektöründe zamandan tasarruf sağlayacağından, bunun maliyetlere de pozitif katkı sağlayacağı düşünülebilir [31,32,34].
- Hareket serbestliği: Kişiler, yaptığı iş ve meslekleri bakımından zaman zaman kullanmak zorunda oldukları araç-gereç sebebiyledir ki klavye, fare gibi veri giriş üniteleri ile veri girişi yapamayacak durumda olabilirler. İşte bu kişiler, konuşma tanıma sistemlerine, yaka veya kulaklıklı mikrofon kullanarak yapacakları veri girişlerinde hareket serbestliği kazanmış olurlar [31,32,34].
- Uzaktan veri giriş imkanı: Konuşma tanıma sistemleri, geleneksel veri giriş yöntemlerinden farklı olarak uzaktan veri girişine olanak vermektedir. Bir telefon kullanılarak, uzaktaki bir siteme veri girişi yapılabilmektedir. Bu avantajı

sayesinde konuşma tanıma sistemleri, telefon destek ve servis hizmeti veren birçok firma tarafından tercih edilmektedir [31,32,34].

3.5. Konuşma Tanıma Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar

Konuşma tanıma sistemleri, yukarıda bahsedilen faydaları boyutu ile birçok alanda kullanılmakla birlikte, bu sistemlerde çeşitli sorunlarla da karşılaşılabilmektedir. Bu sorunlar, aşağıda şu şekilde özetlenmiştir:

- Gürültü: Veri girişi esnasında kullanılan ses, ortam gürültüsünden çok kolay etkilenip bozulabilmektedir. Bu bozulmayı önlemek için filtreleme yöntemleri kullanılmaktadır.
- Telaffuz farklılıkları: Kelimelerin seslendirilişi kişiden kişiye değişebilmekte, hatta aynı kişi için bile, farklı zamanlarda bir kelimenin seslendirilmesi farklılık arz edebilmektedir. Ayrıca, şive ve aksan farklılıkları da bu değişkenliğin etkenleri arasında gösterilebilmektedir.
- Kelimeler arası boşlukları belirtmeme: Akıcı bir konuşmada, kelimeler arası boşluklar sistem tarafından belirlenememekte, bu da kelimelerin tanınmamasına sebep teşkil edebilmektedir.
- Sözlük sınırlılığı: Bazı dillerde, bütün kelimeleri ihtiva eden bir sözlük hazırlamak oldukça zordur. Bu durum, sistem başarımına etki ederek başarım düzeyini düşürmektedir. Sözlük kullanımında, sözlük dışı kelimeler ve sistem kaynakları nedeniyle sözlük kapasitesinin sınırlandırılması zorunluluğu, temel sorunlardan bazılarıdır.
- Dilbilgisi kurallarına uymama: Konuşma tanıma sisteminde karşılaşılan sorunlardan sonuncusu, konuşmada dilbilimsel kurallara tam anlamıyla dikkat edilmemesidir [32,34].

3.6. Konuşma Tanıma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Konuşma tanıma sistemlerinde sınıflandırma Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Konuşma Tanıma Sistemlerinde Yapılan Sınıflandırmalar [32].

Konuşma Tanıma Sistemlerinde Yapılan Sınıflandırma				
Sesin Sürekliliğine Göre	Konuşmacıya Bağımlılığına Göre	Temel Alınan Birime Göre	Metine Göre	Sözlük Büyüklüğüne Göre
-Ayrık Kelimeler -Bağlı Kelimeler -Sürekli Konuşma -Doğal Konuşma	-Kişiye Bağımlı -Kişiden Bağımsız	-Sözcük Tabanlı -Fonem Tabanlı	-Metine Dayalı Konuşma -Metinden Bağımsız Konuşma	-Küçük Dağarcıklı -Orta Dağarcıklı -Büyük Dağarcıklı -Çok Büyük Dağarcıklı

3.6.1. Sesin Sürekliliğine Göre

İlk sınıflandırma işlemi sesin, yani konuşmanın sürekli olup olmadığına göre yapılmaktadır. Buna göre, ayrık ve sürekli kelimeler olmak üzere bu sınıflandırmanın genel itibariyle iki kısımda yapılmasına karşın, kimi zaman bağlı kelimeler ve doğal konuşma diye tabir edilen kısımlar da bu sınıflandırmaya dâhil edilmektedir.

- Ayrık kelimeler: Bu çeşit konuşma tanıma sistemlerinde, sistem tarafından, kelimeler arasında kısa boşluklar verilmesi beklenir. Kelimeler arası bu kısa boşluklardan dolayı sözcükler, birbirinden bağımsız değerlendirilir. Bu da kelimenin daha kolay tanınmasına olanak verir. Tek kelimelik girişler, bu kapsamdadır.
- Bağımlı kelimeler: Ayrık kelimelere benzer bir yapı gösterir; ancak kelimeler arası boşluklar, ayrık kelimelere göre daha kısadır. Bu, konuşmacının daha kısa boşluklarla kelimeleri seslendirmesi gerektiği durumlarda kullanılır.
- Sürekli konuşma: Bu tür konuşma tanıma sistemlerinde, konuşmacının herhangi bir bekleme süresi olmadan, neredeyse en doğal şekilde konuşmaları beklenir. Dikte – yazdırma uygulamaları bu sınıflandırma içine girer.
- Doğal konuşma: Sürekli konuşmaya çok benzer olup, sürekli konuşmadan, insan doğasından kaynaklanan doğal konuşma özelliklerini algılayabilecek düzeyde

olması yönüyle ayrılır. Doğal konuşma özelliklerine, konuşma sırasında konuşmacı tarafından düşünürken kullanılan "mm", "hımmm" gibi kelimeler örnek olarak verilebilir [32,34].

3.6.2. Konuşmacıya Bağımlılığına Göre

Bu sınıflandırma, kişiye bağımlı olup olmaması durumuna göre yapılmaktadır.

- Konuşmacıya bağımlı (Speaker dependent): Bu tür sistemlerde, bir konuşmacının seslendirdiği kelimeler modellenmektedir. Yani, kişiye özgü referans şablonları oluşturulmaktadır. Bu sayede, referans şablonları ile seslendirmesi eşleşen kişi, sistem tarafından tanınmaktadır. Eğer, farklı bir konuşmacının sesinin tanınması gerekiyor ise, sistemde kayıtlı bulunan ve tanıma için temel alınan referans şablonlarının güncellenmesi gerekmektedir.
- Konuşmacıdan bağımsız (Speaker independent): Bu türdeki konuşma tanıma sistemleri ise, herhangi bir şablon güncellenmesine gerek duyulmadan herhangi bir kişinin sesini tanıyabilmektedir.

Konuşmacıdan bağımsız ses tanıma sistemleri, kullanışlılık bakımından daha etkin görünmesine karşın; bu tür sistemlerin geliştirilmesi, konuşmacıya bağımlı sistemlerin geliştirilmesine kıyasla daha zordur [32,34].

3.6.3. Temel Alınan Birime Göre Sınıflandırma

Konuşma tanıma sistemlerinde, temel alınan birime göre sınıflandırma, sözcük tabanlı ve fonem tabanlı olmak üzere ikiye ayrılır.

- Sözcük tabanlı: Bu tür konuşmacı tanıma sistemlerinde, tanımanın en küçük birimi sözcüklerdir. Bu tür sistemlerde oluşturulan referans şablonları, sözcüklerdir. Doğruluk derecesi daha yüksektir; ancak sistem gereksinimleri ise daha fazladır. Komut-kontrol gibi sözcük kapasitesi sınırlı olan uygulamalarda daha çok tercih edilmektedirler [32,34].
- Fonem tabanlı: "Fon, kelimelerin seslendirilmesi sırasında ağızdan çıkan her bir sestir. Fonem ise bir dilde, bir sözcüğün anlamını diğer bir sözcüğün anlamından ayırmaya yarayan en küçük ses birimlerine verilen addır. Diğer bir ifadeyle, fonlardan birinin değiştirilmesi sonucu anlamı değişen en küçük ses birimidir. Bu tür konuşma tanıma sistemlerinde, tanıma da kullanılacak en küçük birim,

fonemdir.” [32] Fonemlerin kullanılmasından dolayı şablon sayısı, oluşturulması, saklanması ve işlenmesi için çok az bir sistem gereksinimi gerektirmektedir. Bu tür sistemlerdeki en büyük problem, fonemler arası geçişlerde, fonemlerin başlangıç ve bitişinin tespitinin zor olmasıdır. Doğruluk derecesi daha düşük olmasına rağmen; sistem gereksinimi daha az olduğundan, hata durumlarında, geri dönüşlerle hata düzeltmeleri yapılabilecek zaman her daim vardır [34].

3.6.4. Metine Göre Sınıflandırma

Konuşma tanıma sistemleri, tanınması istenen metne göre iki başlıkta ele alınmaktadır.

- Metine dayalı konuşma tanıma: Eğitim ve test aşamasında söylenen metinlerin aynı olmasını gerektirir. Metine bağımlı konuşmacı tanıma sistemlerinin tanıma oranı, özellikle kısa eğitim ve test söyleyişlerinde metinden bağımsız tanımaya göre daha yüksektir. “Bu tür sistemlerde kullanılan test verisi, eğitim verisi ile sınırlı tutulur. Yani sistem, eğitimde kullanılan kelimelerin farklı seslendirilişleri ile test edilir.” [32]
- Metinden bağımsız konuşma tanıma: Konuşmacının, eğitim ve test aşamasında aynı metni söyleme zorunluluğu yoktur. Adli uygulamalarda olduğu gibi konuşmacının, tanıma algoritmasının eğitiminde kullanılan, söylenmiş metinlerin aynısını söylemesinin garanti edilemeyeceği durumlarda kullanılır. Ayrıca, sisteme tanıtılan kelimelerin farklı kombinasyonlarda da kullanılmasına izin veren sistemlerdir. Örneğin; ‘on’ kelimesi ve ‘sekiz’ kelimesi daha önce sisteme tanıtılmış ise, sistemin ‘onsekiz’ kelimesini tanıyabilmesini öngören yapılardır [32].

3.6.5. Sözcük Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma

Sözlük büyüklüğüne göre şu şekilde sınıflandırılabilir [32]:

- Küçük dağarcıklı: 100 den daha az sözcük içerir.
- Orta dağarcıklı: 100 -1000 arasında sözcük içerir.
- Büyük dağarcıklı: 1000 -10000 sözcük içerir.
- Çok büyük dağarcıklı: 10000 sözcükten fazla sözcük içerir.
- Geniş sözcük dağarcıklı: Yaklaşık 5000 – 60000 arası sözcük içerir.

BÖLÜM 4

ZİGBEE

4.1. ZigBee Teknolojisi

ZigBee, genel itibariyle düşük hız, kablosuz kişisel ağ (LR-WPAN, Low-Rate Wireless Personal Area Network) olarak bilinen kablosuz haberleşme teknolojisinin bir türü için geliştirilmiş bir protokoldür. Ayrıca ZigBee, düşük güç, düşük maliyet ve düşük veri hızlı, çok sekmeli kablosuz ağ teknolojisinin standart adı olarak da ifade edilebilir [35]. Kablosuz iletişim için yeni bir standart olan ZigBee, IEEE tarafından yayımlanan IEEE 802.15.4 standardını temel alarak sensörler ve kontrol ağları için uygun bir altyapı oluşturur [36].

ZigBee teknolojisi, uzaktan görüntüleme, kontrol ve dağıtık algılama gibi nispeten küçük boyutlarda veri alışverişi olan uygulamalarda, minimum güç tüketmesi, düşük maliyetli, güvenlikli ve kolay kuruluma sahip olması açısından tercih edilmektedir [35].

Günümüzde, endüstriyel ve yaşamsal alanlarda kablosuz haberleşme sistemleri, yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemleri kullanan bataryalı cihazlarda, batarya değişimi pratik olmadığından, düşük güç tüketimine ve uzun pil ömrüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeplerden ZigBee, düşük güç ve maliyet; yüksek güvenirlik ile kolay kullanım ilkeleri amaçlanarak tasarlanmıştır [37].

ZigBee protokolü, 2003 yılında oluşturulmuş ve ZigBee Alliance, 2005 yılında ilk ZigBee protokolünü kullanıma sunmuştur. ZigBee Alliance, 300'den fazla, önde gelen teknoloji firmalarının ZigBee teknolojisini geliştirmek ve bu teknolojinin firmalarda

kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla kurduğu, kâr amacı gütmeyen bir kurumdur [38, 35, 39].

ZigBee cihazlar, kullandıkları protokol gereği, veri alıp verme işlemini gerçekleştirmedikleri zamanlarda uyku moduna geçer. Uyku modunda, bir elektronik cihazın ihtiyaç duyduğu akım, birkaç mikroampere kadar düşebilir [40]. Bu sayede, ZigBee kullanan elektronik cihazlar, enerji ihtiyaçlarını azaltarak pil ömürlerini uzatmış olur.

ZigBee standartının sağlamış olduğu düşük güç ve nispeten daha uzak mesafeye erişim, kablosuz ses uygulamaları için cazip bir seçenek olarak dikkati çekmektedir [37,41].

4.2. ZigBee'nin Kullanım Alanları

ZigBee, sağladığı faydalardan dolayı birçok farklı sektörde, izleme ve kontrol uygulamaları ile birlikte sensör haberleşmesinde kullanılmaktadır. Aşağıda, ZigBee'nin kullanım alanları ile bu alanlardaki uygulamaları verilmiştir.

Güvenlik: Bina giriş ve çıkışlarının kontrollü olarak sağlanmasında, güvenlik alarmında, yangın-gaz-su detektör sistemlerinde kullanıldığı görülmektedir.

Ticari Bina ve Ev Otomasyonu: Aydınlatma kontrolleri, ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinin kontrolü, ev içerisinde kullanılan eğlence sistemlerinin kontrolünde ve kapı-pencere-panjur sistemlerinin kontrolünde kullanılmaktadır.

Sağlık Sektörü: Kan basıncı, nabız, vücut sıcaklığı, EKG, tansiyon gibi medikal bilgilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesinde, hasta takibinde ve vücut geliştirme antrenmanlarında kontrol amaçlı kullanılmaktadır.

Endüstri: Endüstri otomasyonlarında, üretim kontrolü, ürün takip cihazlarında ve enerji yönetim sistemlerinde kullanılmaktadır.

Tarım: Geniş tarım arazilerinde, toprağın su, nem, gübre durumu ve sıcaklık gibi verilerinin izlenmesinde kullanılmaktadır.

Araçlarda: Araç lastiklerinde, lastik iç basıncının denetlenmesinde ve araçlarda kabloların ulaşamayacağı yerlerde, kontrol amaçlı olarak kullanılır [36,37,38].

4.3. ZigBee ile Diğer Kablosuz Haberleşme Teknolojilerinin Karşılaşması

Aşağıda yer alan Tablo 4.1'de Zigbee, GPRS/GSM, Wi-Fi ve Bluetooth isimli kablosuz haberleşme teknolojileri ile pil ömrü, ağ boyutu, veri iletim hızı ve kapsama

alanı gibi özellikler yönünden karşılaştırılmaktadır. Tablo 4.1 incelendiğinde, ZigBee'nin diğer haberleşme teknolojilerine göre, pil ömrünün çok daha uzun olması, sistem kaynaklarını en alt seviyede kullanması ve ağ genişleme kapasitesi gibi alanlarda avantajları olduğu görülür. Bununla birlikte ZigBee, lisans gerektirmeyen frekans bandı kullanır, esnek ve genişletilebilen ağ yapısı ile de basit ve hızlı bir kuruluma sahiptir. Sahip olduğu bu özellikler sayesinde onun, daha küçük boyutlarda veri akışının olduğu sensör ağları, izleme ve kontrol gibi sistemlerde kullanılabilecek en uygun teknoloji olduğunu ifade edebiliriz. ZigBee'nin, veri iletim hızı bakımından ise diğer kablosuz haberleşme teknolojilerine göre geride olduğu görülmektedir. Ayrıca, büyük boyutlu veri aktarımı sağlayamadığından, bu gibi uygulamalar içeren sistemlerde dezavantajlar taşımaktadır [36,37,41].

Tablo 4.1. ZigBee ve Diğer Kablosuz Haberleşme Teknolojilerinin Karşılaştırılması [36,37,41].

	Özellik	ZigBee	GPRS/GSM	Wi-Fi	Bluetooth
1	**Veri İletim Hızı(Kb/s)**	20-250	64-128+	11000+	720
2	**Kapsama Alanı(metre)**	1-100+	1000+	1-100	1-10+
3	**Pil Ömrü(gün)**	100-1000+	1-7	0.5-5	1-7
4	**Ağ Boyutu(adet)**	Sınırsız(2^{64})	1	32	7
5	**Sistem Kaynağı**	4-32Kb	16Mb+	1Mb+	250Kb+
6	**Odaklanma Alanları**	Sensör sistemleri,izleme ve kontrol	Geniş alanda ses ve veri iletimi	WEB, e-posta ve video	Kablo yerine kullanım
7	**Başarı Alanları**	Güvenirlik, güç tüketimi ve maliyet	Ulaşılabilirlik ve kalite	Veri iletim hızı ve esneklik	Maliyet ve konfor

4.4. IEEE 802.15.4 Standardı

ZigBee, IEEE 802.15.4 standardının temel olarak iki katmanı olan alt düzey fiziksel katman (PHY) ve Ortam Erişim Kontrolünü (MAC, Medium Access Control) kullanır. PHY katmanı, radyo temel iletişim yeteneklerini sağlar ve MAC katmanının kablosuz iletimi ve alımı için sorumludur. Ayrıca, bu radyo kontrolü, enerji tespiti, açık

kanal değerlendirmesi, kanal seçimi, veri modülasyonu, sinyal yayma ve fiziksel ortamına bit iletim ve alım gibi işlevleri gerçekleştirir.

PHY katmanında, üç farklı lisanssız frekans aralığında radyo iletişimi yapabilmektedir. Bu aralıklardan ilki, tüm Dünya genelinde kullanılabilen 2400-2483,5 MHz frekans aralığındadır. 16 kanala sahiptir ve veri aktarım hızı 250 Kb/s'ye kadar ulaşabilir. İkinci aralık ise, Kuzey Amerika'da kullanılabilen 902-928 MHz frekans bandıdır. 10 kanala sahiptir ve veri aktarım hızı 40 Kb/s'dir. Üçüncü aralık ise, Avrupa'da kullanılabilen 868-868,8 MHz frekans aralığında bir kanala sahiptir. Bir bant içerir ve 20 Kb/s veri aktarım hızındadır.

MAC katmanı, cihazlar arasında güvenli ve güvenilir iletişim bağlantıları kurar. Ayrıca, MAC katmanı kanal üzerindeki çoklu erişim kontrolü için CSMA/CA'yı kullanır. CSMA/CA, bilgisayar ağlarında çoklu erişim yöntemleri olarak isimlendirilen protokoller sınıfına bağlıdır. Paket göndermek isteyen bir düğüm, öncelikle belirli bir süre kanalda trafik olup olmadığını denetler. Eğer kanal dolu ise paket iletimini erteler. Bu mekanizma, kanalda paketlerin çarpışma olasılığını düşürür [35, 37, 39].

4.5. ZigBee Cihaz ve Aygıt Tipleri

ZigBee cihazlarının dayandığı 802.15.4 LR-WPAN'a iki tip cihaz katılabilir. Bunlar, İndirgenmiş Fonksiyonlu Cihazlar (Reduced Funtion Devices)(RFD) ve Tam Fonksiyonlu Cihazlar (Full Function Devices) (FFD)'dır.

İndirgenmiş Fonksiyonlu Cihazlar (Reduced Funtion Devices)(RFD): Bellek boyutu, işlem yeteneği ve enerji kapasitesi nispeten sınırlandırılmış düğümlerdir. Uygulamaya dönük işlemlerde kullanılır, yönlendirme ve yönetme görevleri yoktur. Onlar, sadece bir ağda son aygıt (End Device) olarak hizmet verebilir, yönlendirici (router) veya koordinatör (coordinator) olamaz [35,39].

Tam Fonksiyonlu Cihazlar (Full Function Devices) (FFD): Bu cihazlar, daha karmaşık görevleri gerçekleştirmek için yüksek işlem yeteneğine sahiptir. Herhangi bir ağda yönlendirici, koordinatör veya son aygıt olarak görev üstlenebilir [35,39].

Yukarıdaki cihaz tiplerine göre görevi belirlenen ZigBee aygıtları ise şunlardır:

a) **ZigBee Koordinatörü (ZC):** Genel olarak PAN (Personal Area Network) koordinatörü olarak adlandırılan bu aygıt, PAN ağını başlatmak, diğer aygıtların adreslerini belirlemek ve PAN oluşumu ile çalışmasını kontrol gibi kritik

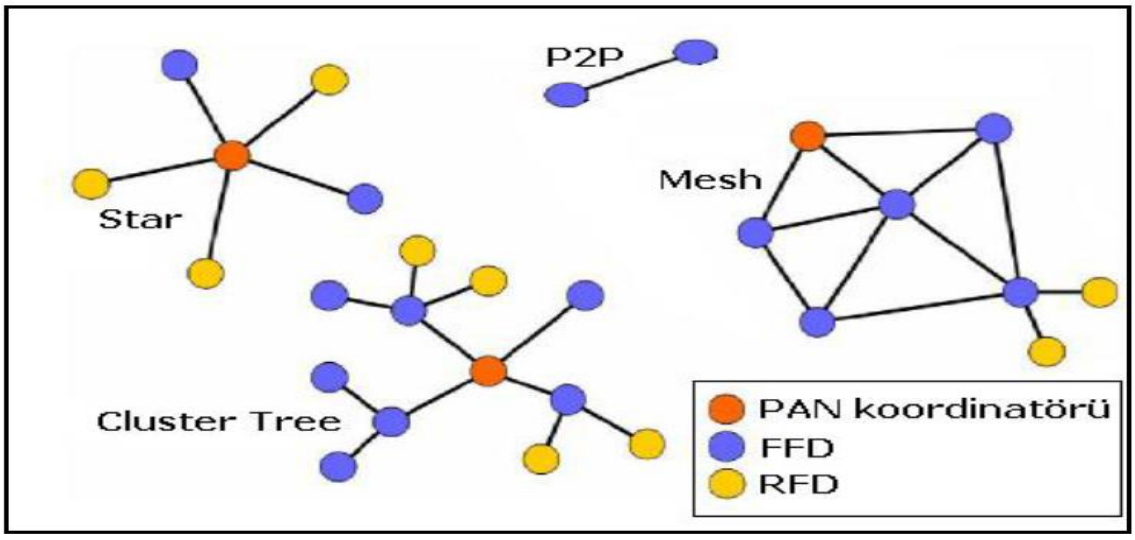
fonksiyonları gerçekleştirmekten sorumludur. Her ZigBee ağında yalnızca bir tane olur. Koordinatör bir FFD cihaz olmalıdır [35,36].

b) **ZigBee Yönlendiricisi (ZR):** PAN'da yönlendirici olarak görev yapar ve ağdaki diğer cihazlardan gelen mesajların hedef cihazlara iletilmesinden sorumludur. Koordinatör ile son cihaz arasında çoklu bağlantı sağlar. Ağı genişletmek amacıyla kullanılır. Yönlendirici bir FFD cihaz olmalıdır [35,36].

c) **ZigBee Son Cihaz (ZED):** PAN'ın uç noktalarında yer alır ve görevi kendisine gelen mesajı bir sonraki düğüme iletmektir. PAN'daki yönlendirici ve koordinatör ile haberleşebilir; ancak başka bir son cihaz ile haberleşemez. Diğer aygıtlara göre enerji tüketimi daha azdır. Bu aygıt, RFD ve FFD olabilir [35,36].

4.6. ZigBee Tarafından Desteklenen Ağ Topolojileri

Topoloji, bir ağın ilgilendiği sorunlara ve ağ şemasına bağlıdır. ZigBee, uçtan uca (P2P-Peer to Peer), Yıldız (Star), Örgü (Mesh) ve Ağaç (Tree) topolojileri olmak üzere dört temel topolojiyi kullanır. Bunlar Şekil 4.1'de gösterilmektedir [42].

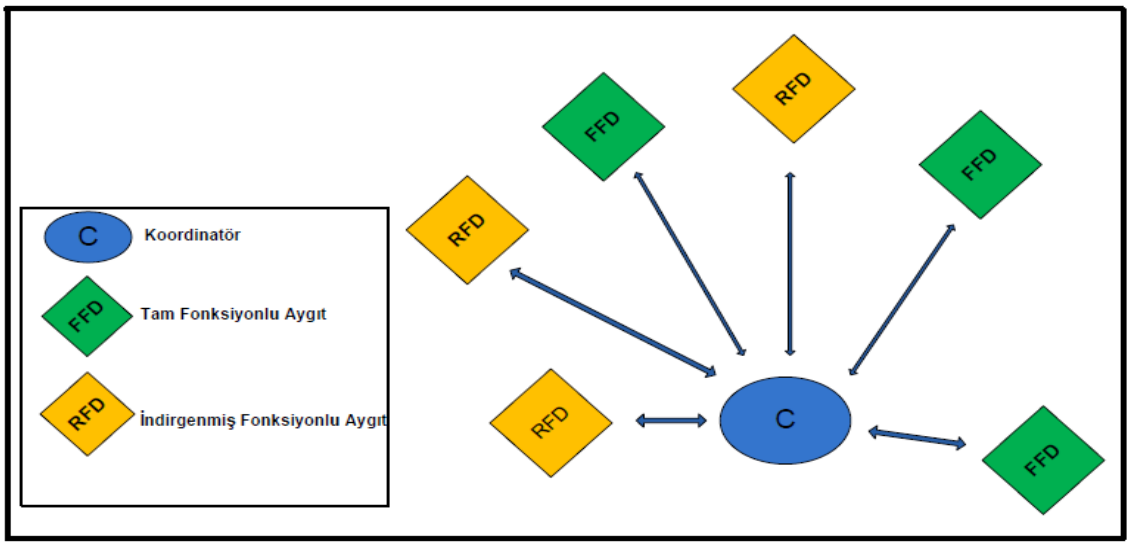


Şekil 4.1. ZegBee Topolojileri [42].

4.6.1. Yıldız Topoloji

Bu topolojide, merkezde bir koordinatör cihaz bulunur. Kullanılan diğer cihazların hepsi ise son cihazlar durumundadır. Bir yıldız ağ topolojisinde, tüm son cihazlar, sadece koordinatör ile haberleşir. Sistemde, bir son cihaz, başka bir son cihaza

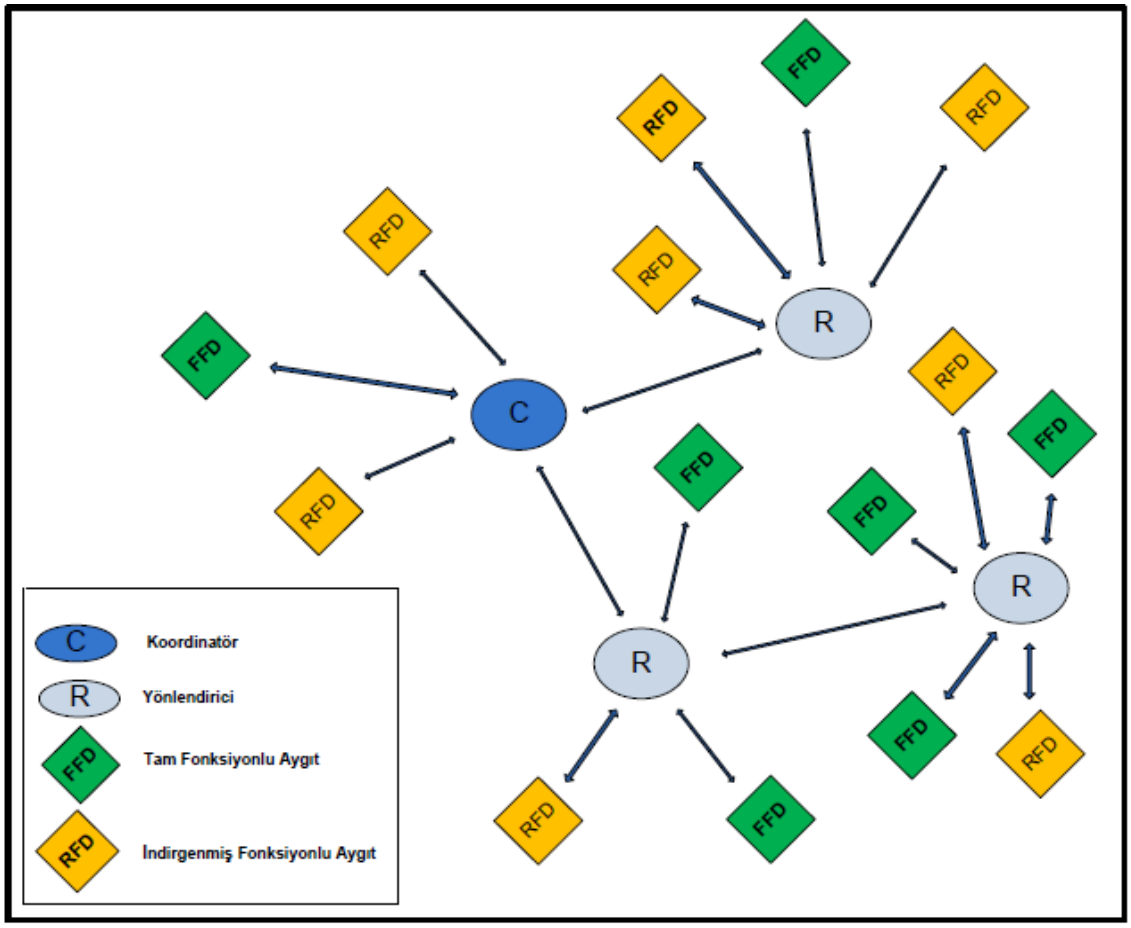
mesaj göndermek isterse bunu koordinatör üzerinden gerçekleştirir. Yani, kısaca mesajlaşma koordinatör üzerinden yapılır denilebilir. Ev otomasyonları, kişisel bilgisayar birimleri, oyuncaklar ve oyunlar bu topolojiden yararlanan uygulamalar olabilir [35, 37, 39, 42].



Şekil 4.2. Yıldız Topolojisi [39].

4.6.2. Ağaç Topolojisi

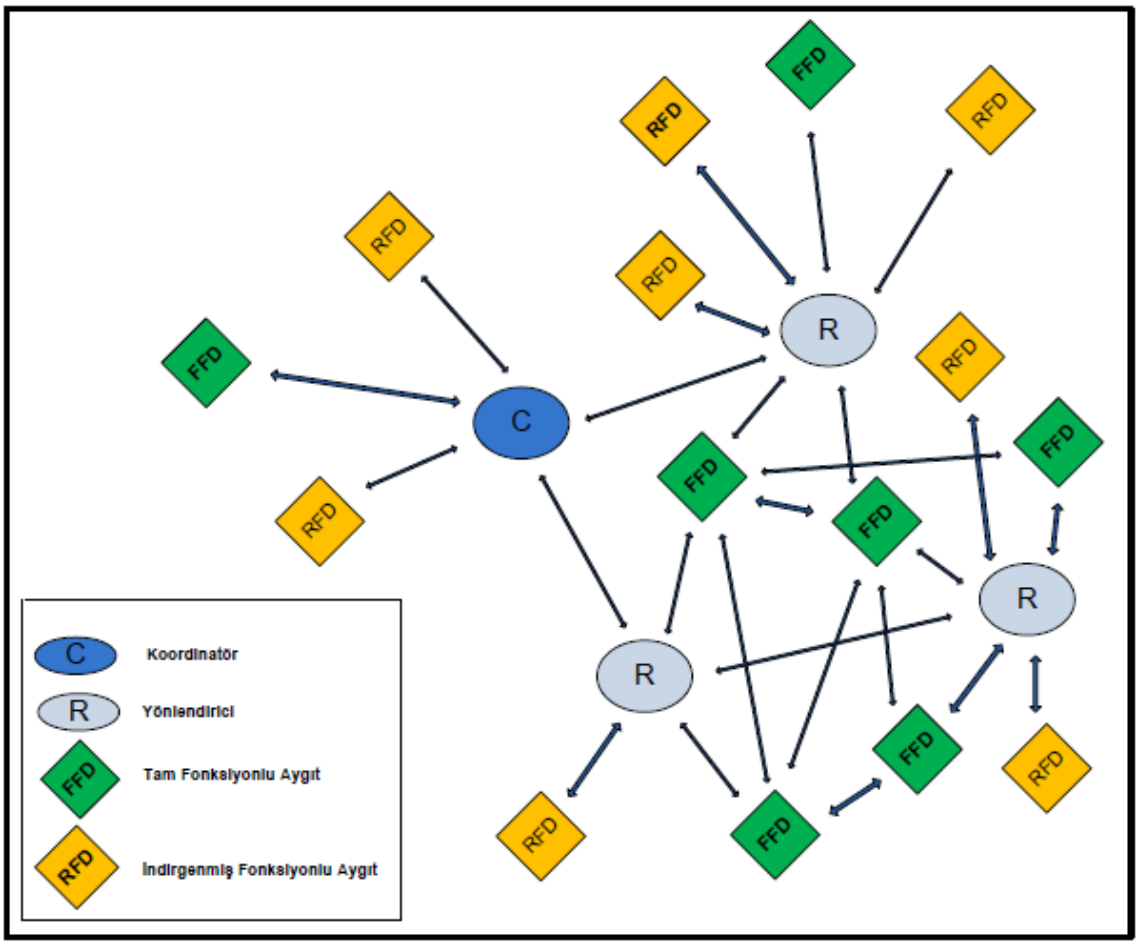
Bu topolojide, aygıtlar hiyerarşik bir düzeyde birbirleriyle haberleşir. Bu hiyerarşik düzenin en üst noktasında koordinatör bulunur. Bir alt seviyede yönlendiriciler ve en alt seviyede ise son cihazlar veya yönlendirici cihazlar bulunur. Son cihazlar, ağa girebilmek için ZigBee koordinatörüne veya yönlendiricisine bağlanabilir. Bu topolojide yönlendiriciler, ağın fiziksel sınırlarını genişletmek ve ağa bağlanabilecek cihaz sayısını arttırmak için hizmet eder. Bu topolojinin avantajı, ağ kapsama alanını arttırabilmesidir [35, 37, 39, 42].



Şekil 4.3. Ağaç Topolojisi [39].

4.6.3. Örgü Topolojisi

Örgü Topolojisi, ZigBee ağının kullandığı en fonksiyonel ağ topolojisidir. Bu topolojideki tüm cihazlar, birbiriyle AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) algoritması yardımıyla haberleşmektedir. Bu yönlendirme protokolünde, hedef aygıtlara sadece talep üzerine yönlendirme yapılır. Ağda, yıldız topolojisinde olduğu gibi bir koordinatör vardır. Yıldız topolojisinden farkı, burada her cihazın menzili altındaki diğer bütün cihazlarla iletişim kurabilmesidir. Ağaç topolojisinden farkı ise, tam fonksiyonlu cihazlar birbirleriyle mesajlaşırken ağaç yapısını izlemek yerine, doğrudan birbiriyle haberleşmesidir. Bu topoloji ile mesaj gecikmesi azalabilir ve ağın güvenirliği artabilir. Akıllı izleme sistemleri, mal takibi, endüstriyel kontrol ve görüntüleme gibi uygulamalarda bu topolojiyle kurulan ağları kullanabilir [39,42].



Şekil 4.4. Örgü Topolojisi [39].

4.7. XBee ZigBee RF Modül Çalışması

4.7.1. Seri Haberleşme

Bilgisayarların, çok sayıda seri haberleşme ara yüzlerine sahip olması, bunun yanı sıra USB portları, uygun kablo ve soket sunmaları neticesinde seri haberleşme, tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Seri haberleşme o kadar önemlidir ki günümüzde kullanılan tüm internet ağı, seri kablolar kullanarak haberleşmeyi sağlar. Seri haberleşmede veriler, tek bir kablo üzerinden sıra ile gönderilir. Ayrıca veriler, bir tabanlı olarak değil, çerçeve tabanlı olarak iletilir [37].

Haberleşme sistemleri, senkron ve asenkron olmak üzere ikiye ayrılır. “Senkron haberleşme, zamanı referans alarak yapılan haberleşmedir. Veri ile birlikte, zaman bilgisi de hatta gönderilir. Bu sayede, hattaki tüm sistemler, zamana bağlı olarak haberleşebilir. Asenkron haberleşme ise, sadece çerçevedeki bitleri kullanarak yani, hariçten bir sinyal

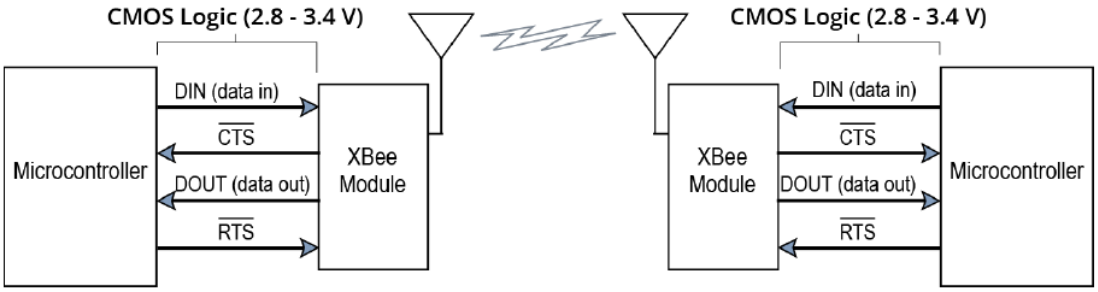
olmadan senkronizasyonu sağlamaya çalışır. Veri, alıcı ile verici arasında herhangi bir zamanda gönderilir.” [37]

XBee RF modülleri ara yüzünden, ana cihaza doğru lojik seviyeli asenkron seri port bağlantı sağlanabilir. Seri port sayesinde, modül herhangi bir lojik veya voltaj uyumlu UART (Universal Asynchronous Receiver/Trasmitter- Evrensel Asenkron Alıcı/Verici) ile iletişim kurabilir. Ayrıca RS-232 veya USB arabirim kurulu herhangi bir cihazla haberleşebilir [43].

4.7.1.1. UART Veri Akışı

UART donanımlar arasındaki seri haberleşmeyi sağlar. Ayrıca, verinin bitler halinde tek hat üzerinden iletilip alınmasını sağlar. UART ile beş bitten, sekiz bite kadar değişen boyutlarda veri aktarımı sağlanabilir [37].

Aşağıdaki Şekil 4.5’de gösterildiği gibi, bir UART ara yüzüne sahip cihazlar ile RF modülünün pinlerine direkt olarak bağlanılabilir.



Şekil 4.5. UART Arayüzlü Haberleşmede Veri Akış Çizgesi [43].

Veri, bir asenkron seri sinyali olarak DIN (pin 3) aracılığıyla UART modülüne girer. UART modülü, veri iletişimi için gerekli olan zamanlama ve parite kontrolü gibi görevleri gerçekleştirir. Seri haberleşme, iki UART modülünün baud hızı, eşlik, başlangıç ve durdurma bitleri ile veri bitlerinin uyumlu olmasıyla gerçekleşir [43].

4.7.2. Seri Arayüz Protokolleri

XBee modülleri hem saydam hem de API (Application Programming Interface – Uygulama Programlama Arayüzü) seri arabirimleri destekler.

4.7.2.1. Saydam Çalışma

Bu moda, modül yapılandırma parametreleri AT komut modu arabirimini kullanarak yapılandırır. DIN pin yoluyla alınan tüm UART verisi RF iletim için sıraya girer. Gönderilen veri, alıcı modüle DH (Destination Address High) ve DL (Destination Address Low) parametreleri ile gönderilir. Modülün, 64 bitlik adresiyle eşleşen RF verisi alındığı zaman veri, DOUT pinine gönderilir [43].

4.7.2.2. API Çalışma

API çalışma, saydam çalışma için bir alternatiftir. API modülleri, yapılandırma ve ana uygulama katmanında veri yönlendirmek için alternatif yollar sağlar. Bir ana uygulama adresi değiştirmek için komut modunu kullanmak yerine, adres ve kullanıcı bilgileri içeren modülünün veri çerçevelerini gönderebilir.

API çalışama seçeneği, komut moduna girmeden birçok adrese veri iletebilme, gönderilen her bir RF paketinin başarılı/başarısız durum bilgisini tanımlayabilme gibi birçok imkan sağlar [43].

4.7.3. XBee-PRO Adresleme Seçenekleri

Bütün ZigBee cihazlarda, 64 bit ve 16 bitlik ağ adresleri olmak üzere, iki farklı adres vardır. 64 bit, adres üretim sırasında atanan benzersiz bir aygıt adresidir. Bu adres, her bir fiziksel aygıt için eşsizdir. Her bir RF modülünün, SH (Serial Number High) ve SL (Serial Number Low) komutlarıyla okunan 64 bitlik özel bir adresi vardır [39]. 64 bit adres, genişletilmiş adres olarak da isimlendirilmektedir. Bir ZigBee ağına bağlanan bir cihaz, 16 bit ağ adresini alır. Bu sebepten dolayıdır ki 16 bit adres, "ağ adresi" olarak adlandırılır. ZigBee protokolünde, koordinatörün 16 bitlik ağ adresi, 0x0000 olarak ayrılmıştır [43]. Bu sebeple, koordinatöre veri göndermek için 16 bit ağ adresinin parametreleri olan DL ve DH sıfır yapılmalıdır [39].

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

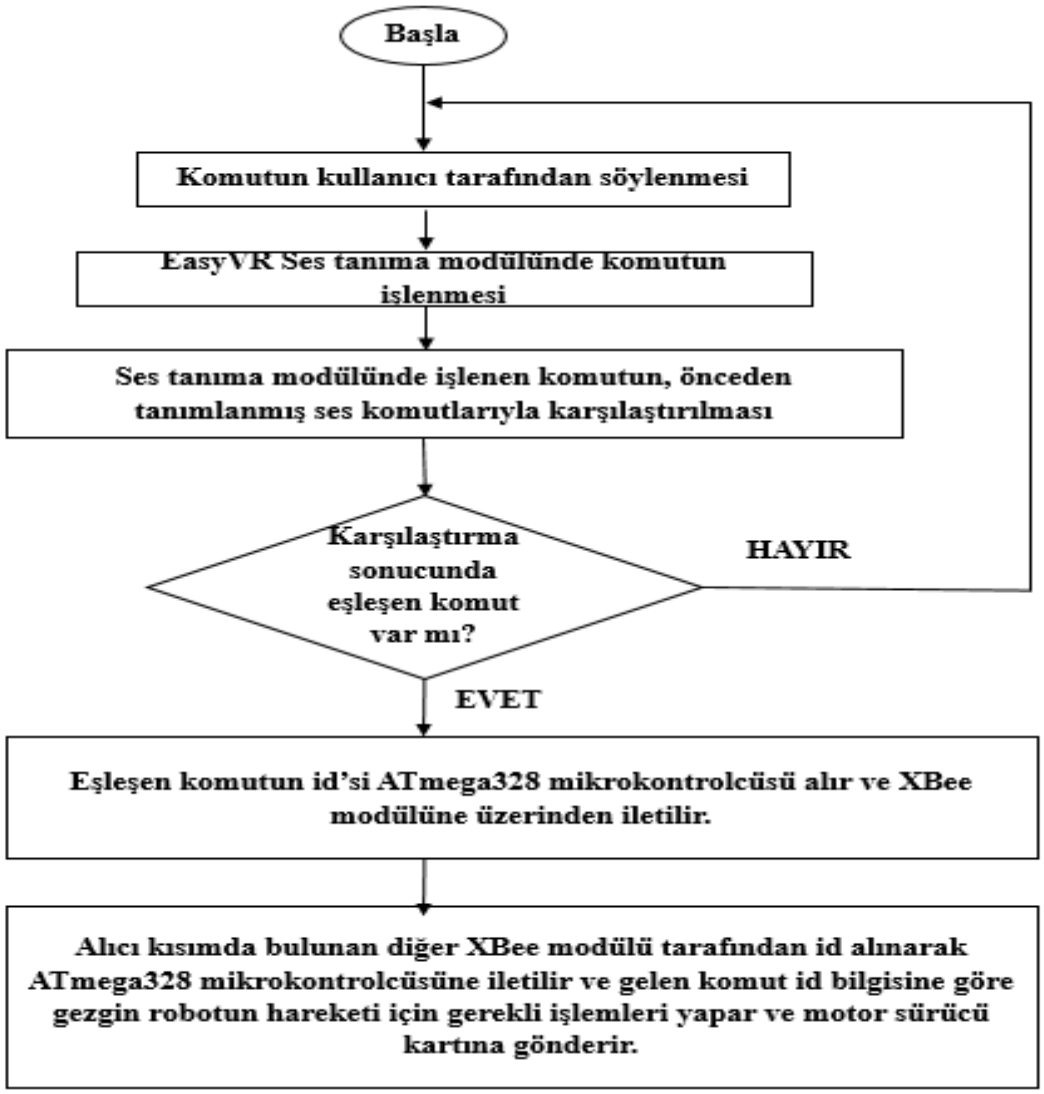
5.1.Gerçekleştirilen Sistemin Genel Yapısı

Bu bölümde, gerçekleştirilen sistemin genel yapısı, çalışma şekli, sistemde kullanılan donanımsal bileşenlerin özellikleri ve o bileşenlerin çalışması düzeniyle ilgili bilgiler verilecektir.

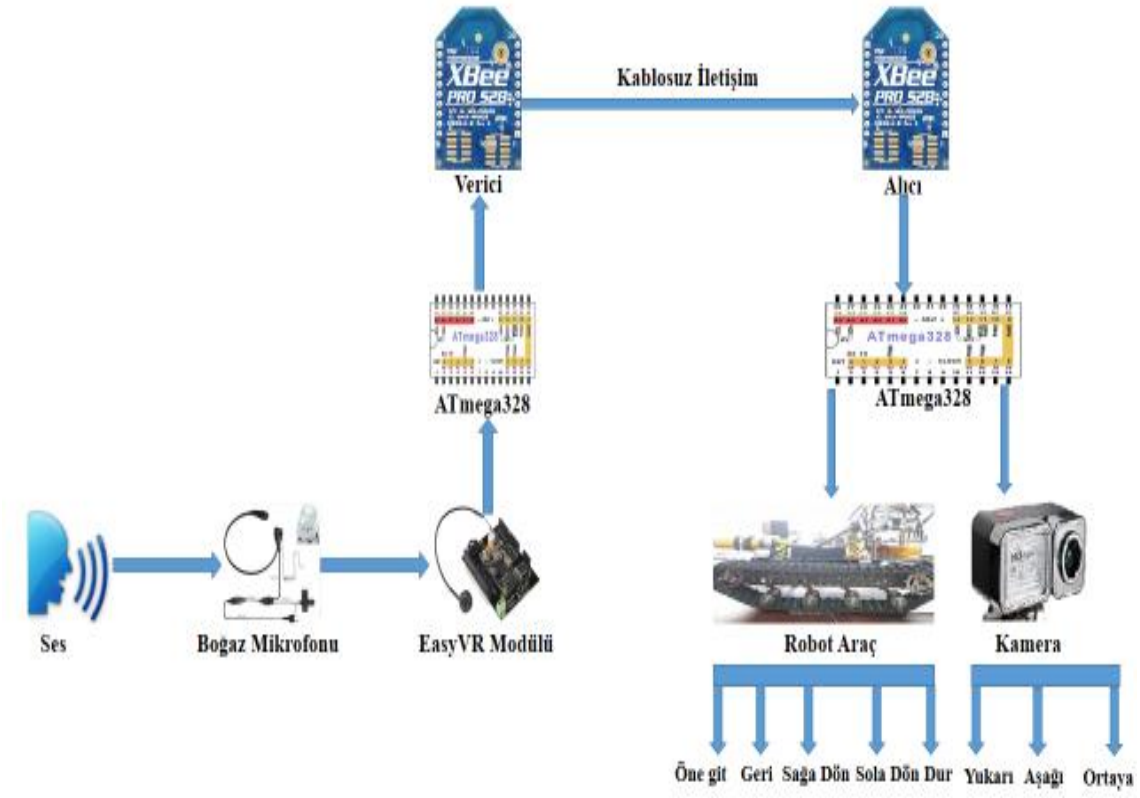
Gerçekleştirilmiş sistem, ATmega328 mikrodenetleyici içeren iki adet Arduino Uno elektronik kartı tarafından kontrol edilmektedir. Kablosuz iletişim için iki adet, XBee-PRO 63mW PCB Anten isimli RF modülleri kullanılmıştır. Bunlardan biri, sinyalleri iletmek için verici olarak, diğeri ise sinyalleri almak için alıcı olarak Arduino Uno kartına bağlanır. Ses tanıma kartı olarak, EasyVR modülü kullanılmıştır. Bu komutları tanımlamak için EasyVR ses tanıma kartının grafiksel ara yüz programı olan EasyVR Commander kullanılmıştır. Ortamın görüntüsünü almak için robotun önüne bir webcam monte edilmiştir. Ayrıca, kullanılan webcam'den aktarılan görüntüleri kablosuz olarak cep telefonu veya bilgisayardan izleyebilmek için wi-fi modülü kullanılmıştır. Paletli gezgin robotun, bir engelle karşılaşması durumunda engele çarpmadan durabilmesi için ise önüne ve arkasına kızılötesi sensörler takılmıştır.

Şekil 5.1'de, gezgin bir robotun ses ile kontrolünün akış diyagramı görülmektedir. Bu akış diyagramında görüldüğü üzere, öncelikle sesli komutlar kullanıcı tarafından söylenir ve bu komutlar bir boğaz mikrofonu ile EasyVR modülüne iletilir. Daha sonra EasyVR modülü bu ses komutlarını alır ve dâhili analog dijital dönüştürücü (ADC) kullanılarak bu komutlar, dijital sinyallere dönüştürülür. Dijital sinyallere dönüşen bu

komutlar, daha önceden tanımlanmış olan ses komutları ile karşılaştırılır. (Örneğin: ileri git, geri, sağa dön, sola dön, dur gibi) Eğer, bir eşleme söz konusu ise, her komuta karşılık gelen harf değeri binary olarak iletilmektedir. Bu binary bilgi, daha sonra ATmega328 mikro denetleyici tarafından alınır. Burada karşılaştırma işlemleri gerçekleştirildikten sonra verici XBee'ye bilgi sinyali göndermektedir. Bu dijital sinyaller, alıcı XBee tarafından alınmakta ve binary değerler ATmega328 mikro denetleyiciye gönderilmektedir. Mikro denetleyici, değer dizilerini buradaki değerlerle karşılaştırmaktadır. Elde edilen değer dizisine göre, dc motorlar ile servo motor gerekli işlemleri gerçekleştirir. Sistemin genel yapısı, Şekil 5.2'deki blok diyagramlar ile tasvir edilmiştir.



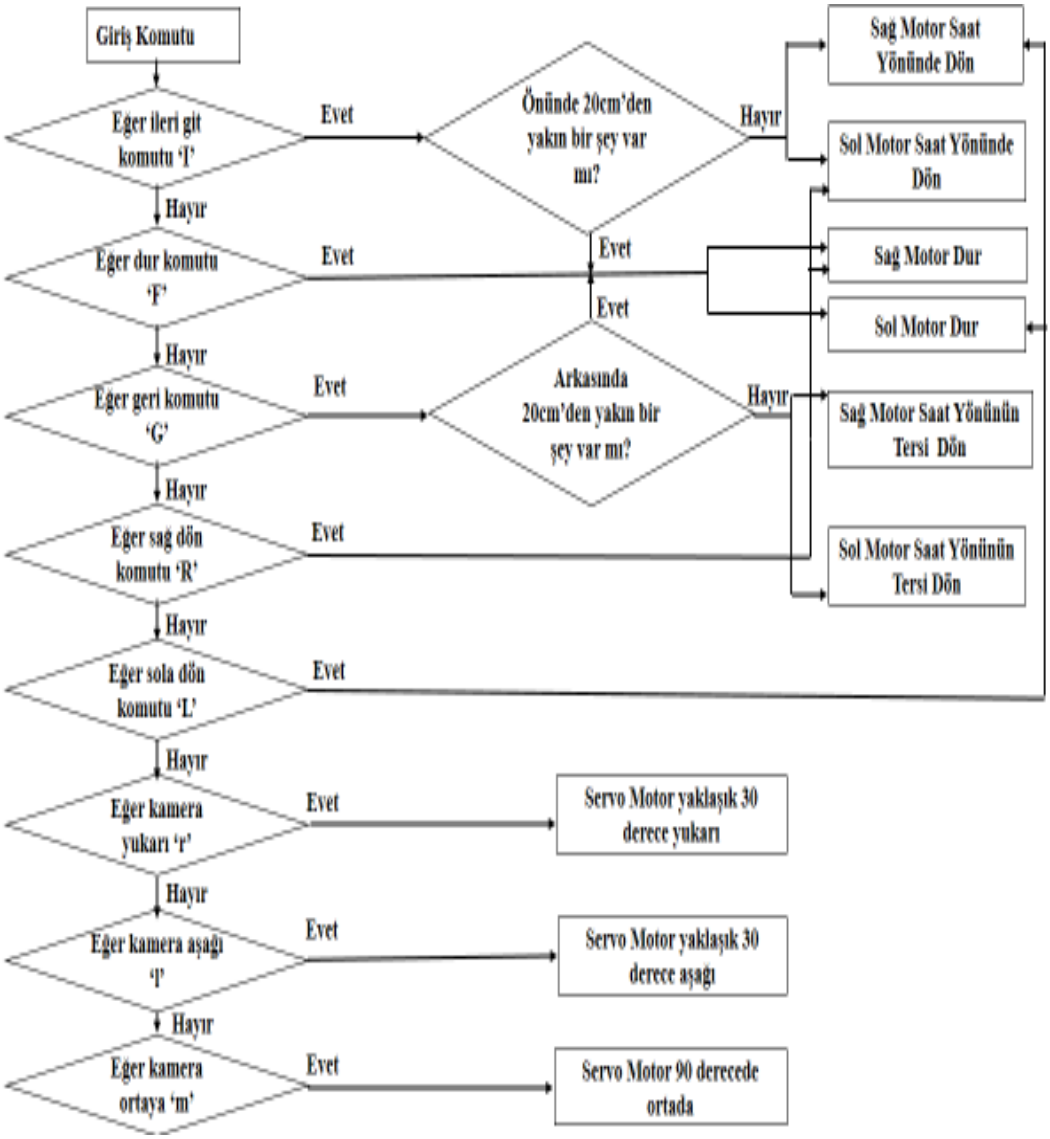
Şekil 5.1. Gezgin Robotun Ses İle Kontrolünün Akış Diyagramı.



Şekil 5.2. Sistemin Genel Yapısı.

Kullanıcı tarafından "Öne git" komutu verildiği zaman, aracın önünde yaklaşık 20 cm'den yakın bir cisim yok ise sağ ve sol motorlar, saat yönünde dönerek aracın ileri gitmesini sağlarlar. Eğer, ileri doğru giderken önüne bir cisim çıkarsa motorlar durur. Cisim, aracın önünden ayrılması halinde araç, başka bir komut alana kadar ileri gitmeyi sürdürecektir. Eğer "geri" komutu verilirse, aracın arkasında yaklaşık 20 cm'den yakın bir cisim olup olmadığı kızılötesi sensör tarafından kontrol edilir. Cisim yok ise, aracın geri doğru hareket etmesi için sağ ve sol motorlar saat yönünün ters yönünde dönerler. Eğer "dur" komutu verilirse, her iki motorda durur. Araca, "sağ dön" komutu verildiğinde, sol motorun saat yönünde dönmesi, sağ motorun ise durması sağlanır. Eğer "sola dön" komutu verilirse sol motorun durması, sağ motorun ise saat yönünde dönmesi sağlanır. "Kamera yukarı" komutu verilirse kameranın altında bulunan servo motorun yaklaşık otuz derece yukarı hareket etmesi sağlanır. "Kamera aşağı" komutu verilirse kameranın bulunduğu konumdan yaklaşık otuz derece aşağı hareket etmesi sağlanır. "Kamera ortaya" komutu verilirse servo motorun doksan dereceye gelmesi sağlanarak

kameranın tam ortadan ileri bakması sağlanmış olur. Bu süreç, Şekil 5.3'de bir akış şeması olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Arduino Programın Akış Şeması.

5.2. Paletli Gezgin Robot Platformu Tasarımı

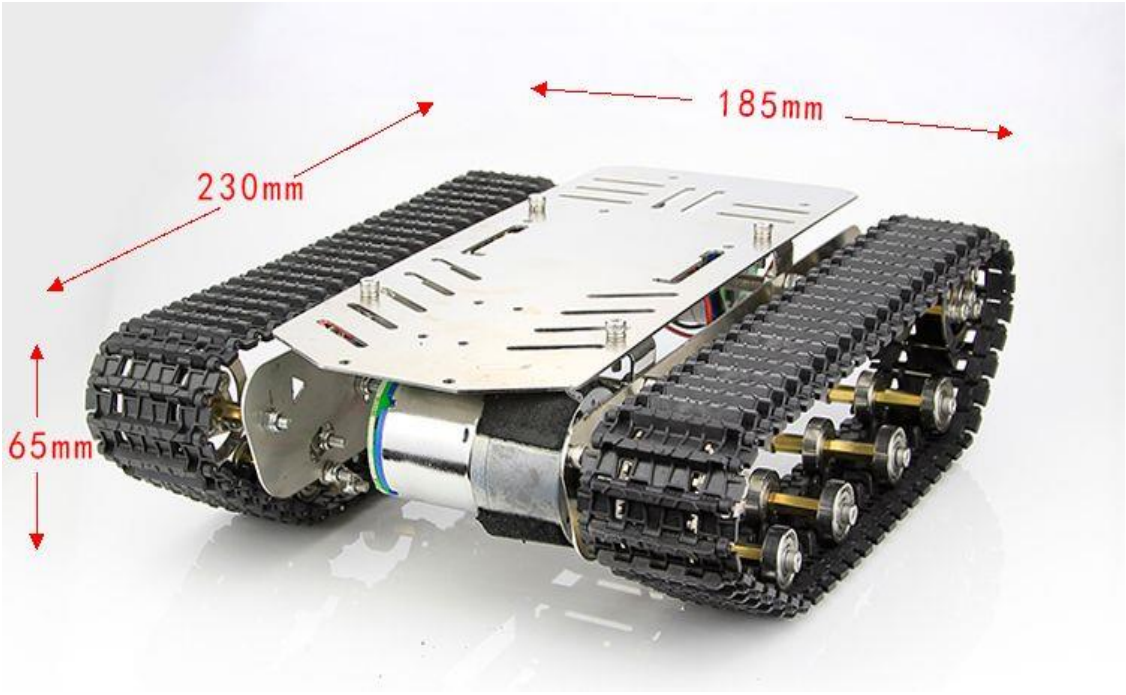
Çalışmamızda kullanılan paletli gezgin aracı tasarlarken, onun her türlü arazi koşulunda hareket kabiliyetine sahip olmasına, sağlam ve dayanıklı malzemeden yapılmış olmasına ve kullanılan süspansiyon sistemi ile de titreşimleri mümkün olduğunca minimize etmesine dikkat ettik. Ayrıca, paletli bir araç tasarlamamızdaki etken, onun tekerlekli araçlara göre daha geniş tutunma yüzeyine sahip olmasıdır. Bu sayede paletli

aracın kullanımı, sürtünme katsayısının düştüğü yumuşak, çamurlu, buzlu ve karlı ortam şartlarında daha güvenli bir biçimde sağlanmaktadır. Bu amaçla, tasarlanması düşünülen paletli araca ait parçaların tedarikini Çin'den yaptık. Şekil 5.4'de, paletli aracın monte edilmeden önceki parçaları görülebilmektedir.



Şekil 5.4. Paletli Aracın Parçaları.

Bu paletli araç, paslanmaz çelikten yapılmıştır. Aracın eni 185mm, boyu 230mm, yüksekliği de 65mm'dir. Şekil 5.5'de paletli aracın, montesinin bitmiş biçimi yer almaktadır.



Şekil 5.5. Paletli Araç.

5.2.1. Paletli Araçlarda Dönme

Paletli araçlarda, dönme hareketi için pratikte kullanılan üç metot vardır. Bu metotlar, skid-steering, articulated steering ve curved-track steering metotları olarak bilinmektedir. Günümüzde, askeri paletli taşıtlarda genellikle skid-steering metodu kullanılmaktadır. Bu sistemde, bir palet üzerindeki çekiş arttırılırken, diğer palet üzerindeki çekiş azaltılır. Bu durum, paletler üzerinde dönme direnci ve dönme momentinin oluşmasını sağlar. Genelde, ortaya çıkan bu dönme direnci, ihmal edilir büyüklükte olmadığından, paletli aracın dönmesi esnasında kendisine gereken güç, aynı aracın düz giderken ihtiyaç duyduğu güçten daha fazladır. Ekseriyetle, paletli araçların dönüşü esnasında, aracın içte kalan paletinin fren yapması gerekir ki bu da aracın ileri gidişinde direnmesine sebep olur. Ayrıca, aracın genişliği ve dış palet ile iç palet arasındaki çekiş farkı ne kadar büyük olursa, dönme direncini yenmek de o derece kolaylaşır [44].

Paletli araçlarda, paletlerin dönüş yönleri değiştirilebilir. Yani, paletlerin geriye dönmesi sağlanabilir. Bu durumda, paletlerden birinin ileri, diğerinin ise geri doğru dönmesi sağlanarak aracın, kendi etrafında dönmesi eylemi gerçekleştirilebilir. Bu da bir

paletli aracın, dar alanda yönünü kolaylıkla değiştirebilmesini ve hareket kabiliyetinin artmasını sağlar [44].

Paletli araçlarda, sürtünme kuvveti diğer tekerlekli araçlara göre daha fazladır. Bunun sebebi, yer ile temas yüzeylerinin daha fazla olmasından kaynaklıdır. Sürtünme kuvveti fazla olduğundan, yüzeye tutunma kabiliyetleri de fazla olacaktır. Bu sayede paletli araçlar, tekerlekli araçların hareket etmekte zorlandığı veya hareket imkânının sınırlı olduğu engebeli arazilerde daha rahat hareket edebilmektedir. Ayrıca, temas yüzeyinin fazla olması, araç üzerindeki ağırlığın dengeli bir biçimde dağılmasını sağlayarak, yumuşak zeminlerde aracın zemine saplanması ihtimalini de azaltmış olur [45].

5.2.2. Süspansiyon

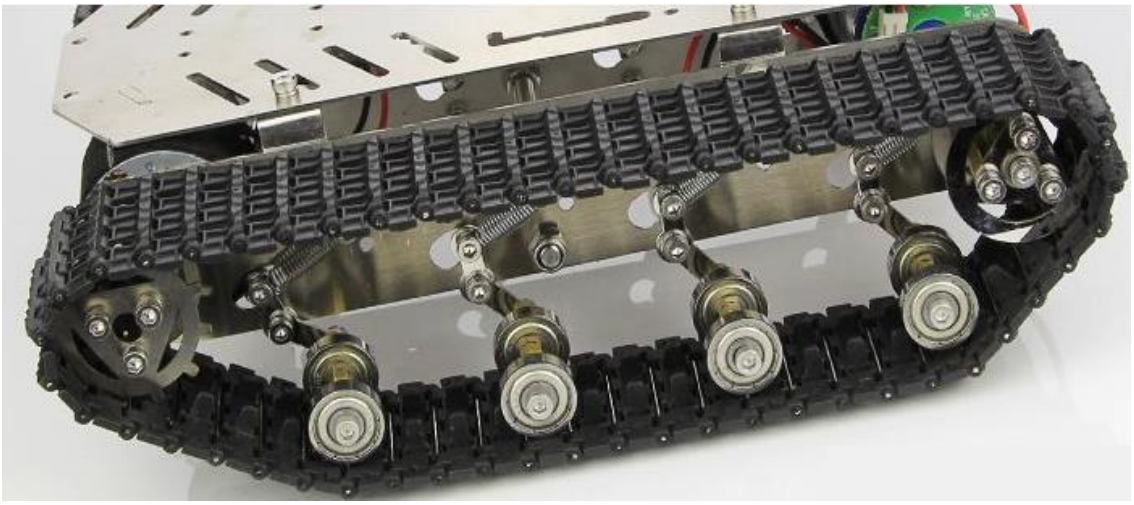
Paletli araçların, özellikle düz olmayan engebeli arazilerde hareket ve manevra kabiliyetleri açısından sahip oldukları süspansiyon sistemleri, büyük önem taşır. Paletli araçlarda, palet boylarından kısa olan engebeli arazilerde mekanizmalarının hasar görmesini engellemek için süspansiyon sistemleri ve kısmen de esnek yapıda olan paletler kullanılmıştır. Paletli araçta süspansiyon sistemi, paletin yere değdiği alan boyunca belirli aralıklarla bağımsız dönebilen ve bağımsız yaylanabilen tekerlek düzenekleri ile sağlanmıştır [46].



Şekil 5.6. Paletli Aracın Süspansiyon Sistemi Parçaları.

Süspansiyon sistemlerinin tasarımı, askeri amaçla kullanılan tank vb. paletli araçlar için en önemli tasarım adımlarından biri olmuştur. İlk tasarlanan askeri araçlarda, yaysız süspansiyon sistem tasarımları dikkat çekmektedir. Daha sonra geliştirilen askeri araçlarda ise sadece birkaç santimetrelik yay kullanılmıştır. Modern paletli muhabere araçları ise hidro-pnömatik süspansiyon ve şok emici donanım taşımaktadır. Torsion-bar

süspansiyon sistemleri de askeri araçlarda kullanılan en yaygın süspansiyon sistemi olarak göze çarpmaktadır. Bu süspansiyon sisteminin temel avantajları, dayanıklılığı ve kolayca gövde yüksekliğinin ayarlanmasına imkan sağlayabilmesidir [47].



Şekil 5.7. Paletli Aracın Süspansiyon Sistemi Parçalarının Monte Edilmiş Durumu.

5.2.3. Palet Aktarma Organları

Paletli aracın ön ve arka tarafında bulunan motorlardan alınan gücün paletlere aktarılması, nispeten büyük çaplı çarklar tarafından gerçekleştirilir. Bu çarklar, doğrudan bir biçimde motorlar tarafından hareket ettirilir ve üzerinde bulunan dişliler vasıtasıyla paletlerdeki boşluklara tutunarak paletin hareket etmesine imkân sağlar. Paletler üzerinde gerekli gerilimi sağlamak maksadıyla, dişli çarkların tam karşısında bağımsız dönebilen kasnaklar yerleştirilmiştir. Bunun sayesinde paletlerin, mekanizmadan çıkması da engellenmiş olur.



Şekil 5.8. Dişsiz Çark.



Şekil 5.9. Dişli Çark.

5.2.4. Paletler

Mobil araçta kullanılacak paletleri belirlerken, aracın rahat hareket edebilmesi için günümüz arazi muharebe araçlarında da sıklıkla kullanılan palet yapısı esas alınmıştır. Palet parçaları birbirine demir çubuklar ile tutturulmuştur. Bu yapı paletin esnek olmasını sağlamış, hareket mekanizmasını sararak kesintisiz döngü oluşturmuştur.



Şekil 5.10. Mobil Araçta Kullanılan Paletler.

5.3. DC Motorlar

“Elektrik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren elemanlara “motor” denir. Motorlar elektrik enerjisinden üretilen elektromanyetik alanı kullanarak mekanik hareket elde eden cihazlardır.”[18] Elektrik motorları kullandıkları gerilim türlerine göre AC ve DC olmak üzere sınıflandırılırlar. DC motorlar, maliyetinin düşük olması ve küçük boyutlu olması sebebiyle geniş kullanım alanları vardır. Ayrıca kullanımı ve çalışması açısından en kolay öğrenilebilecek motorlardır. Manyetik alan içindeki bir iletken telden akım geçerse tel üzerinde bir hareket oluşur. DC motorlar bu temel fizik prensibine bağlı olarak hareket enerjisi elde eder. DC motorun çalışma prensibini şöyle de ifade edebiliriz: Bir mıknatısın N ve S kutupları arasına bir bobin yerleştirilip, bobinden akım geçirilirse iletken, manyetik alanın dışına itilir ve böylece bir hareket oluşur.

“DC motorlar mikrodenetleyicilere genellikle bir sürücü devre ile bağlanır. Bunun nedeni, mikrodenetleyicilerin motor için gerekli alımı sağlayamamasıdır. Mikrodenetleyici, sürücü devreyi kontrol ederek motorun yönünü ve hızını belirleyecektir.”[18]

DC motorlar, küçük, ucuz, etkili, şekil, boyut ve güç bakımından çok çeşitli olmaları nedeniyle, robotikte ve endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu

motorlar, genel olarak 1.5V ile 100V arasında çalışabilir. 6V, 12V ve 24V motorlar, çok yaygın olarak bulunmaktadır.

DC motorların genel özellikleri, yüksek hız, düşük tork, ters yönde kullanım ve sürekli hareket olarak ifade edilebilir. Tork, motordan tekerleklere, paletlere, dişlilere vb. hareket parçalarına iletilen itme kuvveti veya dönme momentidir.

Bir DC motora gerilim verildiğinde, yani güç kaynağı bağlandığında motor dönmeye başlayacaktır. Şayet, gerilim kesilirse de motor duracaktır. Eğer motorun uçlarına uygulanacak gerilimin kutupları, yer değiştirilecek olursa motorun dönüş yönü ters olacaktır.

Bir motorun hızı, rpm (rotations per minute-bir dakikada tamamlanan devir sayısı) ile ölçülür. Motorun hızı, voltaja ve yüke bağlıdır. Sabit bir yükün veya yükün olmadığı bir sistemde DC motorun hızı, uygulanan voltaja bağlıdır. Voltaj arttıkça hız da artar, voltaj azaldıkça hız da azalır. DC motora binen yükün değiştiği sistemlerde ise motorun hızı yüke bağlı olacaktır. Yük arttıkça DC motorun hızı azalacaktır.

Bir DC motor, ifade edilen voltaj değerinde çalıştırılırsa o DC motorun çekeceği akım yüke bağlıdır. Yük artarsa motorun çektiği akım da artar. Bir DC motor, maksimum akım değerinin üstüne çıkacağı türden fazla yükle çalıştırılmamalıdır. Eğer, çalıştırılacak olursa motor, kısa devreye neden olur. Bunun sonucu olarak uygulanan güç, ısıya dönüştürülür ve bu durumun uzun sürmesi halinde de motorun yanması sonucuyla karşılaşılabilir [18,19,48].

Çalışmamızda, paletli araç üzerinde hareketi sağlamak için iki adet 24V redüktörlü DC motor kullanılmıştır**.** Şekil 5.11'de bu motor gösterilmektedir [49].



Şekil 5.11. Redüktörlü DC motor.

Aşağıdaki tabloda paletli araçta kullanılan dc motorun teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 5.1. DC Motorun Teknik Özellikleri [49].

Anma gerilimi	DC24V
Anma akımı	0.33a
Nominal tork	3.12kg. Cm
Çıkış hızı	800 rpm
Çıkış milinin çapı	6mm/5/16"
Şanzıman çapı	37mm/1 1/2"
Toplam uzunluğu(mili olmadan)	57m/2 3/16
Malzeme	Metal, elektronik parçalar

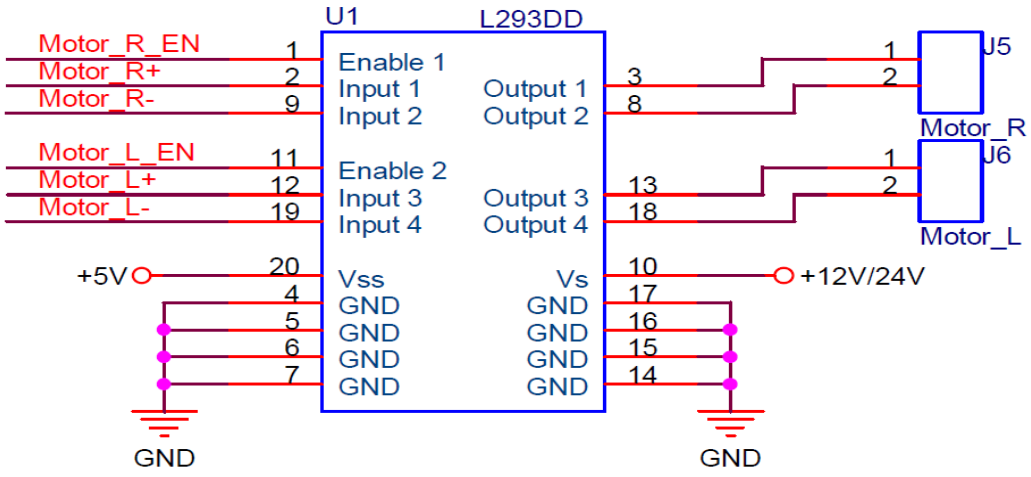
Bu motorlar L293DD motor sürücü entegresi ile sürülmektedir. Paletli aracı istenilen hızda ve yönde hareket ettirebilmek için motorlara Arnuino Uno tarafından PWM (Pulse width Modulation-Darbe Genişliği Modülasyonu) yollanmaktadır.

PWM, sabit çıkış verilebilen entegrelere istenilen değere göre ayarlı kare dalga verdirerek, analog çıkış elde etme olayıdır. Kısaca, verilen darbenin genişliğini ayarlamak amacıyla kullanılan teknik olarak ifade edebilir [50].

Modelimizde, DC motorların hızını artırıp azaltmak için bir adet potansiyometre kullanılmıştır.

5.4. L293DD Motor Sürücü Entegresi

"L293DD motor sürücü entegresi, içerisinde 2 adet H köprüsü barındıran 20 bacaklı motor sürücü entegresidir. Genellikle, DC motor kontrolünde tercih edilen motor, sürücü entegresi olan L293DD ile iki motor, birbirinden bağımsız olarak çift yönlü olarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, bu entegrenin enable bacaklarının kullanılmasıyla PWM kontrolü de yapılabilmektedir. L293DD, 4.5V ile 36V aralığında maksimum 600 mA akım sınırına kadar kullanılabilir." [51] Şekil 5.12'de iki motorun birbirinden bağımsız olarak çift yönlü sürüşü için gerekli bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 5.12. L293DD Bacak Yapısı ve Bağlantıları.

5.5. Servo Motorlar

"Servo motorlar, bir mekanizmada son kontrol elemanı olarak görev yapan motorlar olarak dikkati çeker. Güç sağlayan motorlar, genellikle belirli bir hızda dönmeye göre tasarlanırken, servo motorlar çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanır. Servo motorlar, kullanıcının komutlarını yerine getiren motorlardır." [48]

"Pozisyon ve hız kontrolünün gerektiği uygulamalarda, pozisyon ve hız bilgisi, geri besleme ile bir karar verme ünitesine gönderilerek sistemin davranışı kontrol edilmektedir. Servo motorlar, 1 devir/dakikalık hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan yardımcı motorlardır. İçinde adım motor kullanılmayan, kapalı devre sistemler de servo sistem diye adlandırılmaktadır. Bu yüzden hız kontrolü yapılan basit bir asenkron motor da servo motor olarak adlandırılabilir." [52]

"Servo motorları normal motorlardan farklı kılan, çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanmış olmalarıdır. Ayrıca, servo motorlar, diğer motorlara göre çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilmektedir. Servo motorlar, kullanıcının komutlarını hassas ve hızlı bir şekilde yerine getiren motorlardır. Tüm servo motorların ortak özelliği, çaplarının küçük, boylarının uzun olmasıdır." [52]

Bu çalışmada, paletli aracın önünde yer alan web kamerasının aşağı-yukarı hareketi için bir adet mini servo motor kullanılmıştır. Şekil 5.13'de, bu motor gösterilmektedir.



Şekil 5.13. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor.

5.5.1. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor Özellikleri

Tower Pro SG90 plastik dişli mini servo motordur. Küçük, hafif ve yüksek çıkış gücüne sahiptir. Servo, yaklaşık 180 derece dönebilir (Her yönde 90 derece).

Tablo 5.2. Tower Pro SG90 Mini Servo Motor Özellikleri [53].

Çalışma Voltajı	4.8 V - 6 V
Tork	1.2kg / 42.3oz (4.8V) 1.6 kg / 56.4oz (6.0V)
Hız	0.12 s / 60º (4.8 V yüksüz)
Ağırlık	9 g
Boyutları	22 mm x 11,5 mm x 27 mm
Dişli	Plastik

5.6. Güç Kaynağı

Çalışmamızda yer alan paletli gezgin araçta 2 farklı güç kaynağı kullanılmıştır. Paletli araç üzerinde, bir adet 22.2 V lipo batarya ve EasyVR modülü için 7.4 V lipo batarya kullanılmıştır.



Şekil 5.14. 22.2 V Lipo Batarya.



Şekil 5.15. 7.4 V Lipo Batarya.

5.6.1. LM2596 W110 Regülatörü

Tasarlanan paletli aracın hareket etmesi için kullanılan motorlar, 24V ile çalışmaktadır. Ancak mikro denetleyici ve diğer entegrelerin besleme gerilimi 5 V olduğundan, 24 V'luk gerilim LM2596 W110 DC-DC ayarlanabilir güç dönüştürücü modülü ile 5 V'a çevrilmektedir. Bu regülatörün giriş voltajı 4.5V-40V, çıkış voltajı 1.25V-37V (ayarlanabilir), çıkış akımı ise 2A, max.3A olmaktadır [54].



Şekil 5.16. LM2596 W110 DC-DC Ayarlanabilir Voltaj Dönüştürücüsü.

5.7. E18 d80nk Kızılötesi Sensör

Bu çalışmada paletli gezgin robotun, bir engelle karşılaşması durumunda, önüne ve arkasına monte edilen E18 d80nk kızılötesi sensörler vasıtasıyla herhangi bir engele çarpmadan durabilmesi planlanmıştır. Sensörler, 80 cm bir menzille sahiptir. Arkasındaki

trimpot ile menzil, 3-80 cm arasında ayarlanabilir. 5V ile çalışır, tepki süresi oldukça düşüktür.(2 ms) [55].



Şekil 5.17. E18 d80nk Kızılötesi Sensör.

5.8. Webcam

Ortam görüntüsünü elde edebilmek için Şekil 5.18'de yer alan webcam kullanılmıştır. Çalışmada yer alan bu webcam, Full HD 720P yüksek tanımlı video çözünürlüğü ve dört katmanlı film kaplı cam lensi ile ortamın daha gerçek görüntülenmesini sağlar. Ayrıca 2.0 süper büyük diyaframı ile düşük ışıkta bile birinci sınıf çekim imkanı sağlamaktadır. Ayrıca, gürültü azaltma ve kayıt fonksiyonuna sahip dahili bir mikrofona sahiptir [56].



Şekil 5.18. 720P HD USB Webcam.

5.9. Mikrofonlar

Mikrofonlar, ses dalgalarını elektriksel titreşimlere dönüştüren elektronik aletlerdir. Ağzımızdan çıkan ses, havada basınç değişimi oluşturmakta ve dalga biçiminde yayılmaktadır. Sesin havada oluşturduğu akustik dalgadan yararlanılarak mikrofonlar ile sesin elektriğe dönüştürülmesi gerçekleştirilmiş olur [57].

Mikrofonların farklı türleri olmasına rağmen, hepsinde ortak olarak diyafram veya benzer bir eleman vardır. Diyafram, kâğıt ya da alüminyum gibi malzemeden daha ince bir parçadır. Ses dalgaları, mikrofona geldiğinde diyaframa çarpar ve diyafram titreşir. Bu titreşimler ile mikrofonun çıkışında bir gerilim oluşur [58,59].

5.9.1. Boğaz Mikrofonu

Boğaz mikrofonları, sesimizi boğaz titreşim yoluyla iletmektedir ki bu sebepten gürültülü ortamlarda dahi sessimiz net bir şekilde iletilebilmektedir. Boğaz mikrofonlarının, tek sensörlü ve iki sensörlü olmak üzere iki farklı çeşidi vardır. Çalışmamızda, sesli komutları EasyVR ses tanıma kartına iletmek için Şekil 5.19'deki iki sensörlü boğaz mikrofonu ile Şekil 5.20'deki tek sensörlü boğaz mikrofonu kullanılmıştır**.** Yapılacak deney ile hangisinin, sesi daha kaliteli ve net ileteceği test edilecektir [60].



Şekil 5.19. İki Sensörlü Boğaz Mikrofonu.



Şekil 5.20. Tek Sensörlü Boğaz Mikrofonu.

İki Sensörlü Boğaz Mikrofonun Özellikleri [60].

- Hassasiyeti 37.5+/-2dB &1kHZ 2.2Kω 3V 0dB=1v/pa
- Empedansı Max. 2.20kω &1kHZ
- Yönlülük: Çok yönlü frekans: 100Hz - 16000Hz
- Max. Çalışma voltajı 10V
- Standart çalışma voltajı 3V
- Akım tüketimi max. 0.5 mA
- S/N oranı Min. -56dB &1.1kHZ

Ayrıca, üçüncü bir mikrofon olarak da Şekil 5.21'deki masaüstü mikrofonu kullanılmıştır. Bu mikrofon, 147 gr ağırlığında 3.5mm jakı, 2.5m uzunluğunda kablolu, 50 Hz-16KHz frekans aralığında ve empedansı 2.2 KOhm'dur [61].



Şekil 5.21. Trust Starzz Mikrofon.

5.10. Wi-Fi Modülü

Çalışmamızda, webcamden aktarılan görüntünün kablosuz olarak cep telefonundan veya bilgisayardan izlenebilmesi için Şekil 5.22'deki Wi-fi modülü kullanılmıştır.



Şekil 5.22. GL.iNet WiFi Modülü.

Tablo 5.3'te ayrıntılı olarak GL.iNet WiFi modülünün teknik özellikleri verilmektedir.

Tablo 5.3. GL.iNet WiFi Modülünün Teknik Özellikleri [62].

Modeli	GL-iNet 6416A
CPU	Atheros 9331 400MHZ
Rom/Ram	Ram DDR 64MB / Rom , 16M (6416A)
Arayüzü	1Wan , 1LAN , 1USB2.0 , 1Micro USB(Power)
LED	Wirless, Power
Wireless	IEEE802.11n/g/b,IEEE802.3,IEEE802.3u
Anten	On-board
Tarayıcı Desteği	Chrome/Safari/Firefox/IE8-IE10
Mobil Uygulama	Android, IOS
Usb depolama desteği	FAT32/EXFAT/EXT4/ETX3/EXT2/NTFS. FAT32/NTFS
Usb webcam desteği	MJPG or YUV
Yazılım Yükseltme	Otomatik yükseltme
Güç kaynağı	5V/1A micro USB
Güç tüketimi	1watt'dan az

5.11. Digi XBee 2 Serisi XBee-PRO ZigBee Modülleri

Bu çalışmada, Digi firmasının ürettiği iki adet XBee-PRO 63mW PCB Anten isimli RF modülleri kullanılmıştır. Bu modüller, 2.4 GHz ISM frekans bandında çalışan 802.15.4 ve ZigBee haberleşme protokolünü kullanarak düşük güçlü ve maliyetli sensör ağları oluşturmayı sağlayan kablosuz haberleşme modülleridir. Kolay kullanımları ve üstün tasarımından dolayı, mikroişlemcili veya bilgisayarlı sistemlerde güvenilir bir seri iletişim sağlamaktadır [63].

Tablo 5.4. XBee-PRO ZigBee Modüllerinin Teknik Özellikleri [43].

Özellikler	**XBee-PRO**
Bina içi Etkin Mesafe	90m
Açık Alan Etkin Mesafe	1600m
İletim Modu Çıkış Gücü	63mW
Alıcı Duyarlılığı	-101dBm(%1 paket hata oranı)
Seri Veri Arabirimi	UART, SPI
Yapılandırma Yöntemi	API VEYA AT komutları
Frekans Bandı	ISM 2.4 GHz
RF Veri İşleme Hızı	250kbps
Kanal Sayısı	15
Besleme Gerilimi	2.7-3.6V
Adresleme Seçenekleri	PAN ID ve adresleri, son nokta(isteğe bağlı)
Çalışma Sıcaklığı	-40 ^{0}C- +85 ^{0}C

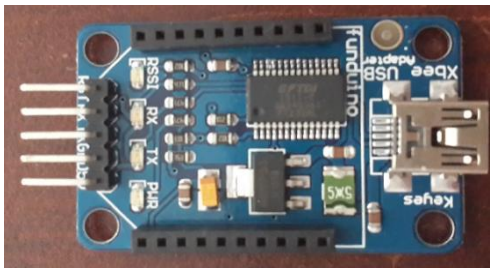
5.11.1. XBee Explorer Usb

Bu kart, XBee modülleri ile bilgisayarınızı haberleştirmek amacı ile kullanılır. Ayrıca, Xbee modüllerini programlamak için de kullanılan bir ara bağlantı kartıdır. Bu kartı, bilgisayara taktıktan sonra bilgisayarda, sanal bir COM portu oluşacaktır. Oluşan bu COM portu üzerinden, X-CTU programı kullanılarak XBee modülü programlanabilmektedir.

Bu kart, UART portu olan çipler ile bilgisayar iletişimi sağlayabilmektedir. Ayrıca, bu kart ATmega328'i Arduino programı ile programlayabilmektedir.

Bu kart üzerinde pinler vardır. Bu pinlere, tüm XBee modülleri takılabilir. Xbee modül, kart üzerindeki pinlere takılırken çok dikkat edilmesi gerekir. Çünkü, eğer ters takılırsa XBee modülünde kalıcı hasar oluşabilir. Bu sebepten, XBee modülünün düz tarafı USB'ye doğru olacak biçimde Şekil 5.24'de gösterildiği gibi takılmalıdır.

XBee modülündeki, giriş-çıkış ve kontrol pinlerine ulaşabileceğimiz, kartın alt tarafında yer alan pinler bulunmaktadır [64].



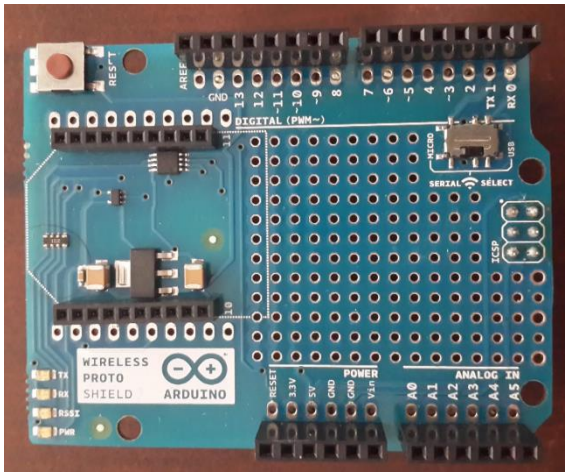
Şekil 5.23. XBee Explorer USB.



Şekil 5.24.XBee Explorer USB ile XBee'nin Takılmış Hali.

5.11.2. Arduino Wireless Proto-XBee Shield

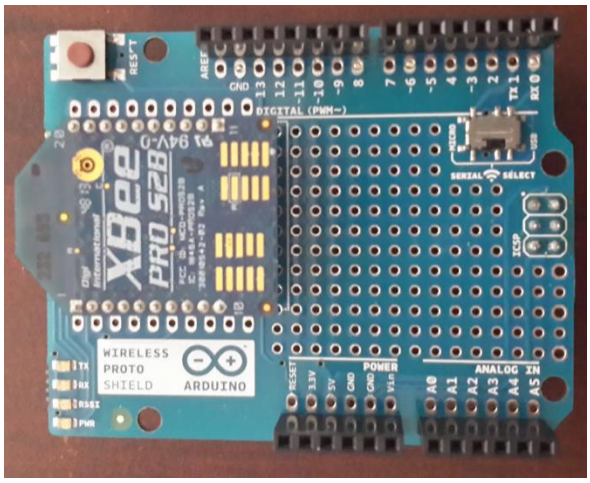
Bu kart, Arduino üzerine XBee modül ekleyerek kablosuz haberleşmeyi sağlar. Kart üzerinde Şekil 5.25'de görüldüğü üzere XBee modüller için dişi headerlar vardır.



Şekil 5.25. Arduino Wireless Proto XBee Shield.

Bu headerlara, XBee modüller, Şekil 5.26'da görüldüğü gibi takılması gerekmektedir. Şekil 5.27'da de Arduino UNO kartı ile XBee Shield'in monte edilmiş

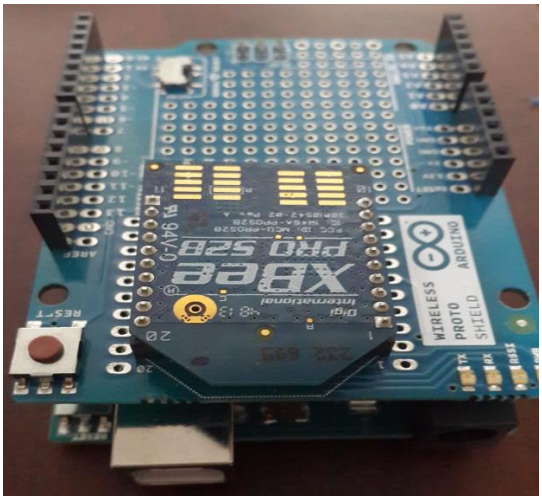
hali görülmektedir. XBee Shield üzerinde bir anahtar vardır. Bu anahtara “Serial Selection” anahtarı denir. Bu anahtar ile XBee modülleri, ister USB üzerinden, isterseniz de mikroişlemci üzerinden kontrol edebilirsiniz.



Şekil 5.26. Arduino Wireless Proto XBee Shield ile XBee’nin Takılmış Hali.

Anahtar, Micro konumuna getirildiği takdirde XBee modül, mikro denetleyici ile haberleşir. Bu durumda mikro denetleyiciden gönderilen veri, bilgisayara XBee modül üzerinden kablosuz olarak gönderilir. Anahtar, bu konumda iken mikro denetleyici programlanamaz.

Anahtar, USB konumuna getirildiğinde de XBee modül ile bilgisayar, doğrudan haberleşir. Arduino üzerindeki mikro denetleyici, devre dışı bırakılmış olur. Kartı, bu modda kullanabilmek için ilk olarak, Arduino’ya boş kod yüklemek gerekir. Bu durumda, XBee Explorer Usb kullanmadan XBee, X-CTU programı kullanılarak programlanabilir [65].



Şekil 5.27. Arduino Wireless Proto XBee Shield ile Arduino UNO'nun Takılmış Hali.

5.11.3.Arduino Wireless Proto-XBee SD Shield

XBee Shield ile aynı özelliklere sahiptir. Tek farkı, üzerinde SD kart soketi bulunmasıdır. SD karta çeşitli bilgiler yazılıp, okunabilir. SD kart SPI portuna bağlıdır, SS pin 4'dür. SD kütüphanesi ile kullanılmaktadır [65].

5.12. XBee Modüllerinin Konfigurasyonu

5.12.1. PC'ye XBee Bağlantısı

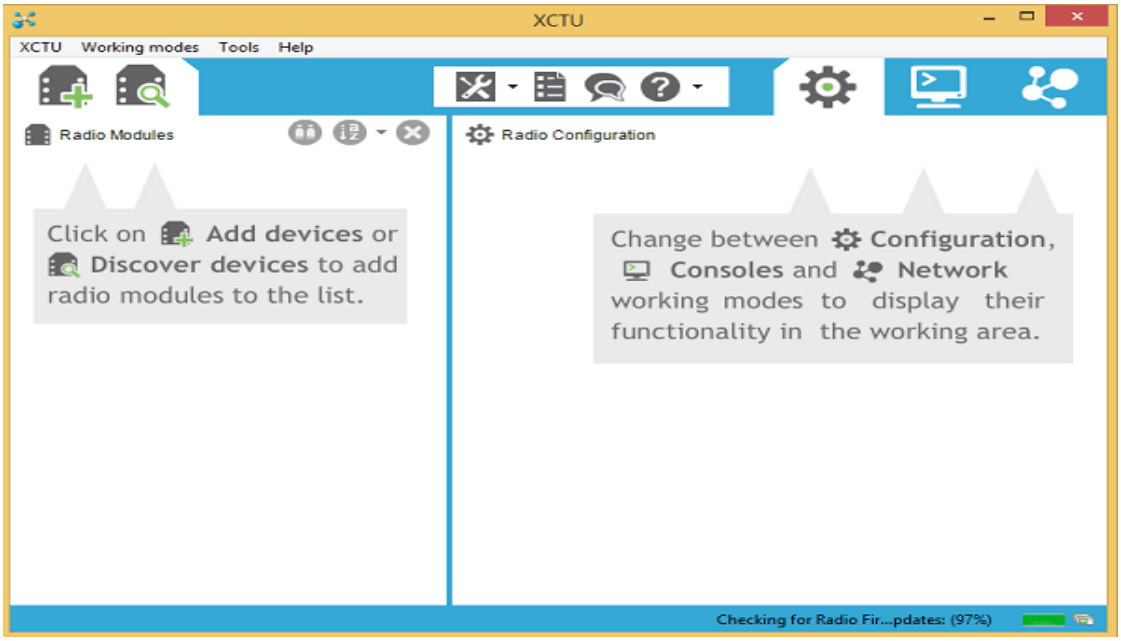
XBee modülünü bilgisayara bağlamak için XBee Explorer Usb kullanılmıştır. İlk olarak, XBee Explorer kartı üzerine, XBee modülün düz tarafı usb'ye doğru olacak şekilde takılır, daha sonra ise mini usb, kablo ile Şekil 5.28'de görüldüğü gibi bilgisayarın usb portuna takılır. Bu aşamadan sonra bilgisayarda sanal bir COM portunun oluştuğu görülür. XBee modülünü konfigure etmek için X-CTU programı, www.digi.com/xctu internet sayfasından indirilerek kurulmuştur.



Şekil 5.28. XBee Explorer'ın PC'ye Bağlanması.

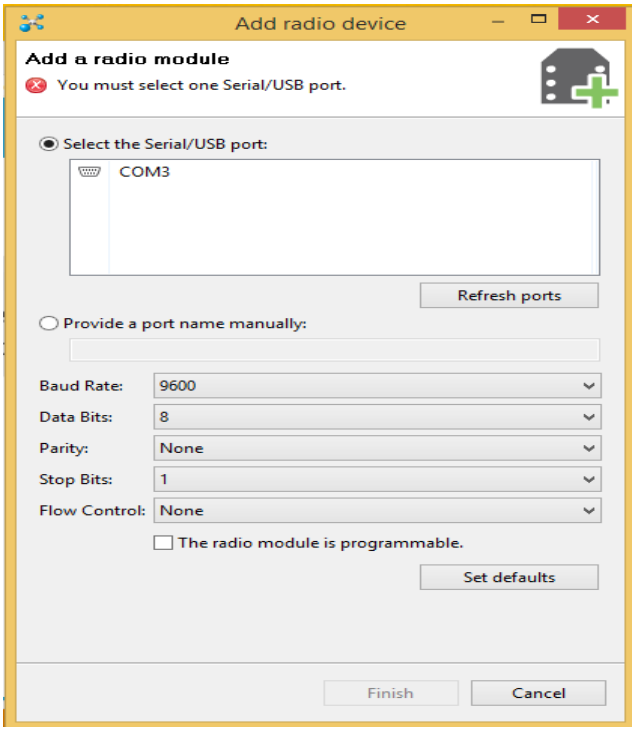
5.12.2. X-CTU

X-CTU, Digi firması tarafından üretilmiş, ücretsiz bir yazılımdır. X-CTU programı, XBee modüllerinin konfigürasyonu ve XBee ağlarını yönetmek için kullanılır. X-CTU programı başlatıldığında ilk olarak, Şekil 5.29'da görülen ekran görüntüsüyle karşılaşılır.



Şekil 5.29. X-CTU Programının Ana Ekranı.

XBee modülünü eklemek için “Add Device”  simgesine tıklanır ve Şekil 5.30’da gösterilen ekrana ulaşılır. Buradan usb portu seçilir. Bu ekranda ayrıca, baud hızı, veri bitleri ve durdurma bitleri gibi daha spesifik seri haberleşme özelliklerinin belirlenmesine imkan sağlanır. Bu ayarları değiştirmeden, usb portu seçildikten sonra “Finish” butonuna tıklanır. Kısa bir süre sonra, ana ekranın sol tarafında bulunan “Radio Modules” bölümüne XBee modülünün eklendiği görülür. Daha sonra eklenen modülün özellikleri, okunması için beklenir. Okuma işlemi bittikten sonra, ekranın sağ tarafında, modülün özellikleri yer alır. Bu ekrandan, XBee modüllerin haberleşeceği ortak bir PAN ID adresi atanmıştır. İki XBee modül için de aynı değer atandığından haberleşme, bu ortak kanal üzerinden gerçekleştirilir. XBee modüllerden biri Router, diğeri ise Koordinatör olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.30. XBee Modülü Ekleme Ekranı.

Sonraki yapılacak iş, XBee modüllerin birbirine veri gönderebilmesi için DH ve DL değerlerinin belirlenmesidir. Bunun için de en yüksek ve en düşük bit aralığının belirlenmesi gerekir. Koordinatör cihazın, hem veri alıp hem de veri gönderimi sağlayabilmesi için DH adresinin 0 ve DL adresinin ise FFFF olması gerekirken,

Router'un ise sadece koordinatöre veri gönderecek olmasından dolayı DH ve DL adreslerinin 0 olması gereklidir. Konfigürasyon ayarları bittikten sonra, yapılan değişikliklerin kaydedilmesi için değişiklik yapılan metin alanının yanında bulunan "write" simgesine tıklanmalıdır.

5.13. Arduino Uno Mikroişlemci Kartı

Arduino İtalyan elektronik mühendisleri tarafından açık kaynak kodlu geliştirilen, bir adet ana mikrodenetleyiciye sahip, kontrol elemanlarını bağlayabileceğimiz pinleri ve iletişim portları olan çalışmaya hazır bir elektronik karttır [66].

Arduino Uno, ATmega328 işlemci kullanan mikroişlemci kartıdır. 14 adet dijital giriş/çıkış pini bulunur, bunlardan 6'sı PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Ayrıca, 6 analog giriş pinine sahiptir. 16 MHz kristal osilatörü, bir USB bağlantısı, bir güç girişi, bir ICSP başlığı ve reset düğmesi vardır. Arduino Uno, USB bağlantısı üzerinden veya harici güç kaynağı (2.1mm'lik AC -DC adaptörü veya pil gücü) ile güç alabilir. Güç kaynağı otomatik olarak seçilir. Bu kart, mikroişlemciyi desteklemek için gerekli her şeyi içermektedir [67,68,69].



Şekil 5.31.Arduino Uno Mikroişlemci Kartı (Ön ve Arka Yüzü).

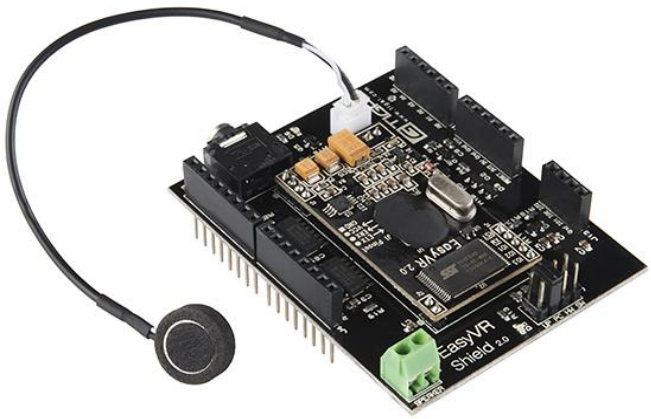
ATmega328, dijital 0 (RX) pini ve 1 (TX) pini üzerinden UART TTL (5V) seri iletişimi desteklemektedir. Kart üzerindeki ATmega16U2 kanalları ile seri iletişim bilgisayarda sanal COM port olarak görünen USB bağlantı noktası üzerinden yapılmaktadır. ATmega16U2 standart USB COM sürücülerini kullanır, ayrıca, sürücü gerektirmez. ATmega328 aynı zamanda I2C (TWI) ve SPI iletişimi destekler. Arduino Uno üreticinin sağladığı "Arduino" isimli ücretsiz yazılım ile kolayca programlanabilmektedir [67,68].

Arduino Uno R3 modelinin donanımsal özellikleri:

- ATmega328 Mikrodenetleyici
- 7-12 V giriş voltajı
- 3.3V ve 5V güç çıkışı
- 14 adet dijital giriş çıkışı
- 6 motor sürücü çıkışı
- 6 adet analog girişi
- 16 MHz çalışma frekansı
- 32 KB Flash hafıza bulunmaktadır.

5.14. EasyVR Shield 2.0 Ses Tanıma Kartı

Arduino için geliştirilmiş bir ses tanıma kartıdır. Çeşitli ses tanıma uygulamalarında, düşük maliyetli çözümler sunmak amacıyla geliştirilmiştir. Özellikle, ev otomasyon sistemlerinde sesle ışığın, perdelerin veya mutfak aletlerinin kontrollü uygulama örnekleri olarak gösterilebilir [70]. Şekil 5.32 ‘de EasyVR Shield 2.0 ses tanıma kartı görülmektedir.



Şekil 5.32. EasyVR Shield 2.0.

5.14.1. EasyVR Shield 2.0 Özellikleri

28 adet konuşmacıdan bağımsız komut sözcüklerini desteklemektedir. Desteklediği diller: İngilizce, İtalyanca, Japonca, Almanca, İspanyolca, Fransızca ve Korece’dir. Konuşmacıdan bağımsız bu dillerde komutlar oluşturmak için ayrıca, Quick T2SI Lite programının lisansını satın almak gerekmektedir.

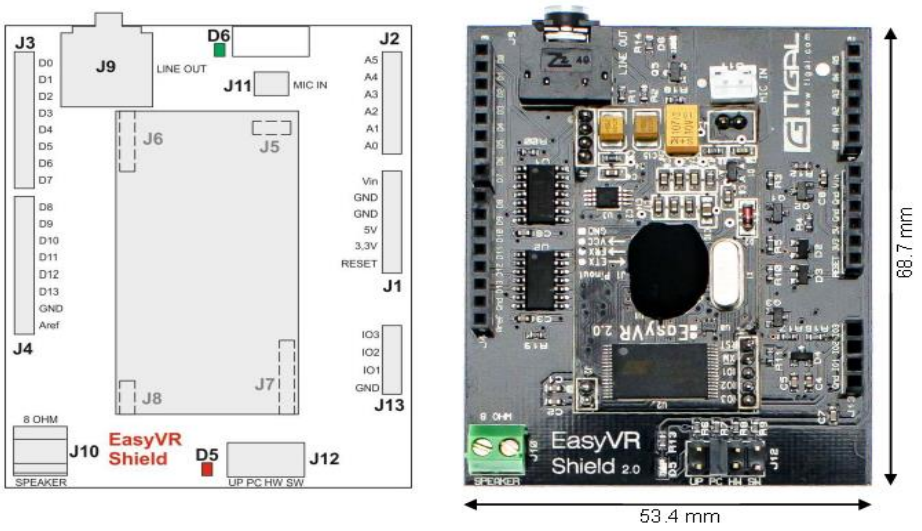
32 adet konuşmacıya bağımlı kullanıcı tanımlı tetikleyiciler veya komutların yanı sıra sesli şifreleri desteklemektedir. Bu sesli şifreler biyometrik ses tanıma için kullanılır. Kullanıcıya bağımlı komutlar, herhangi bir dilde oluşturulabilir.

EasyVR 2.0, modüller veya diğer ses kaynakları (Audio CD, DVD,MP3 Çalar) arasındaki kablosuz iletişim için SonicNet teknolojisini içerir. Ayrıca, DTMF ton üreticisini de içerir. Sesli komutlar ve ses için kullanımı kolay ve basit bir grafiksel kullanıcı ara yüzüne sahiptir.

EasyVR 2.0 modülü UART ara yüzü ile herhangi bir host üzerinden kullanılabilir. 3.3V-5V aralığında beslenen Ardunio kartları ve PIC olabilir. Host kart üzerinden programlayabilmek için seri iletişim protokolü mevcuttur. PWM ses çıkışı doğrudan 8 ohm hoparlörü desteklemektedir. Kulaklık jakı ve mikrofon girişi için konektör mevcuttur [70].

5.14.2. EasyVR Shield 2.0 Teknik Özellikleri

Aşağıdaki Şekil 5.33'de EasyVR Shield'in en ve boy ölçüleri ile bağlantı noktaları detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.33. EasyVR Shield Bağlantıları [70].

Tablo 5.5. EasyVR Shield'in Bağlantılarının Fonksiyonları [70].

Bağlantı -lar	Numara	İsim	Tür	Açıklama
J1, J2, J3, J4				Kalkan(Shield) ara yüzü Arduino ile aynı J12 UP, PC veya HW olarak ayarlandığı zaman 0-1 iğneler kullanılır. J12 SW olarak ayarlandığı zaman 12-13 iğneler kullanılır.
J9		LINE OUT	O	3.5mm stereo / mono kulaklık jakı (16Ω - 32Ω kulaklık)
J10	1-2	SPEAKER	O	Farklı ses çıkışı (Doğrudan 8 ohm hoparlör ile çalışır)
J11	1	MIC_IN	I	Mikrofon giriş sinyali
	2	MIC_RET	-	Mikrofon referans toprağı
J13	1	GND	-	Topraklama
	2	IO1	I/O	Genel amaçlı I/O (3.0 VDC TTLseviyesi)
	3	IO2	I/O	Genel amaçlı I/O (3.0 VDC TTLseviyesi)
	4	IO3	I/O	Genel amaçlı I/O (3.0 VDC TTLseviyesi)

Tablo 5.5'de, EasyVR Shield'in bağlantıları ve onların detaylı açıklamaları ile türleri gösterilmektedir. EasyVR Shield 2.0, yalnızca 5V I/O gerilim seviyelerinde Arduino kartları ile uyumludur.

5.14.2.1. Jumper Ayarları

J12 - Çalışma Modu

Bu jumper EasyVR Shield'in çalışma şeklini belirler. Dört adet pozisyondan birine ayarlanması gerekir. Bu dört adet pozisyon şunlardır:

1.UP-Flaş Güncelleme Modu

Bu mod ürün yazılımını güncellemek için kullanıldığı gibi Quick Synthesis 5 programı kullanılarak oluşturulan ses tablolarını EasyVR Commander programında güncellemek veya yüklemek için kullanılır.

2. PC - PC Bağlantısı Modu

EasyVR Commander programı ile direk bağlantı kurmak için kullanılır.

3.HW - Donanım Seri Modu

Donanım seri port aracılıyla Arduino programından EasyVR modülünü kontrol etmek için kullanılır.

4. SW –Yazılım Seri Modu

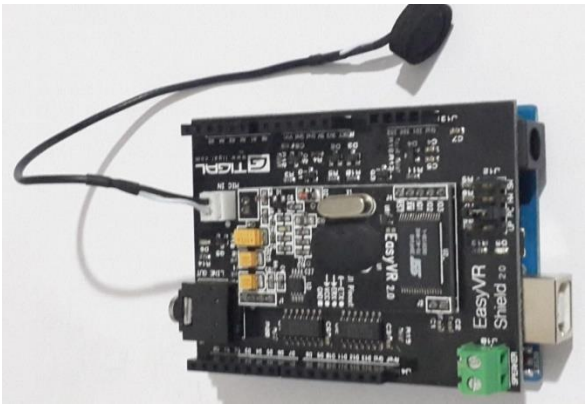
Yazılım seri port aracılıyla Arduino programından EasyVR modülünü kontrol etmek için kullanılır. Ayrıca, yazdığımız kodları, Arduino programında çalıştırırken EasyVR Commander programı ile bağlantı kurabilmek içinde bu mod kullanılır.

5.14.3. EasyVR Commander

Bu yazılım, bilgisayara USB üzerinden bağlanan EasyVR modülünü yapılandırmak için kullanılır. Gruplar tanımlanarak, içerisine, komut listeleri sesli olarak dahil edilir ve EasyVR Shield 2.0 ile kaydedilebilir. Şifreler oluşturmak da mümkündür. Bu yazılım, tarafımızdan oluşturulan komut listelerini içerecek şekilde otomatik kod üretmekte ve konuşma tanıma işlemlerini yerine getirebilmek için tüm fonksiyonları içerisinde barındırmaktadır. Bu yazılım, http://www.veear.eu/downloads/ internet adresinden ücretsiz olarak indirebilir [70].

5.14.3.1. EasyVR Commander Kullanımı

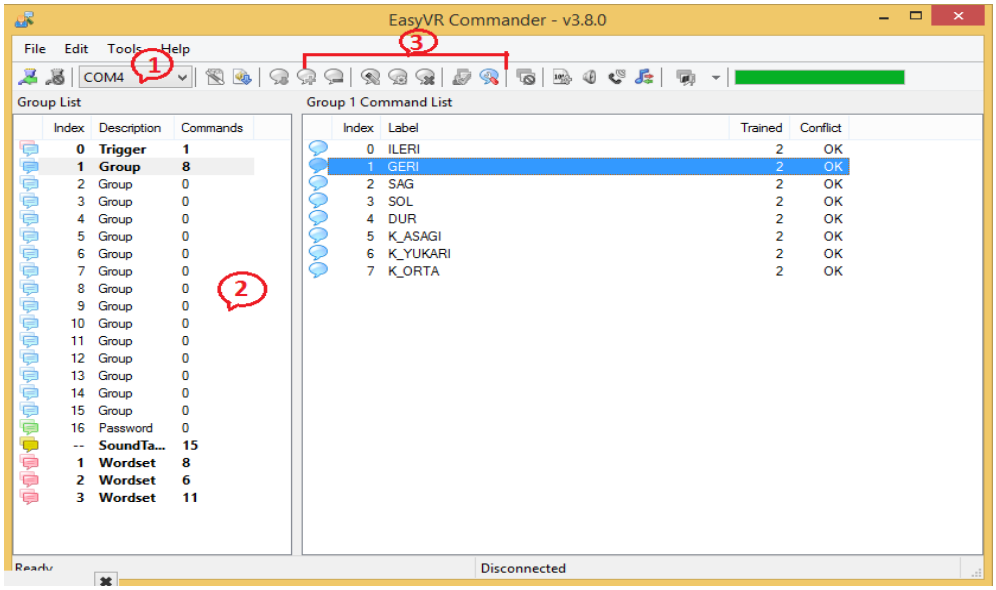
İlk olarak, Şekil 5.34'te görüldüğü gibi EasyVR Shield 2.0 ile Arduino Uno birbirine bağlanmalıdır. Daha sonra, bilgisayar ile Arduino Uno'yu usb vasıtasıyla birbirine bağlayıp EasyVR Commander'ın çalıştırılması denenmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, J12 jumperının PC moduna getirilmesinin unutulmamasıdır.



Şekil 5.34. EasyVR Shield 2.0 ile ArduinoUno'nun Bağlantısı.

Şekil 5.35'te görüldüğü üzere yazılım açılacaktır. Şekil 5.35'te 1 numaralı bölümden Arduino Uno'nun bağlı olduğu port seçilir ve "Connect" ikonuna tıklanır.

Bunun sonucunda, seçilen com port ile bağlantının kurulduğu ve programın açıldığı görülmektedir.



Şekil 5.35 EasyVR Commander'in Ana Uygulama Penceresi.

Şekil 5.35'te 2 numaralı bölüm, grup numaralarının olduğu, tanımlamak istediğimiz komutları gireceğimiz bölümdür. Burada dört çeşit komut olduğu görülmektedir. Bu komutlar şunlardır: [70].

1.Trigger: Özel bir gruptur. İçerisinde, konuşmacıdan bağımsız olarak oluşturulmuş "Robot" kelimesi mevcuttur. İsteğe bağlı, konuşmacıya bağımlı olarak yeni kelimeler eklenebilmektedir. Trigger, kelimeler yaptığımız bir uygulamada ses tanıma işlemini başlatmak için kullanılır.

2. Group: Kullanıcı, kendi komut kelimelerini istediği dilde konuşmacıya bağımlı olarak tanımlayabilir.

3.Password: Bu, konuşmacının doğrulama teknolojisini kullanarak en fazla beş kelime için kullanılabilir "sesli şifreler" oluşturmak için kullandığı özel bir gruptur.

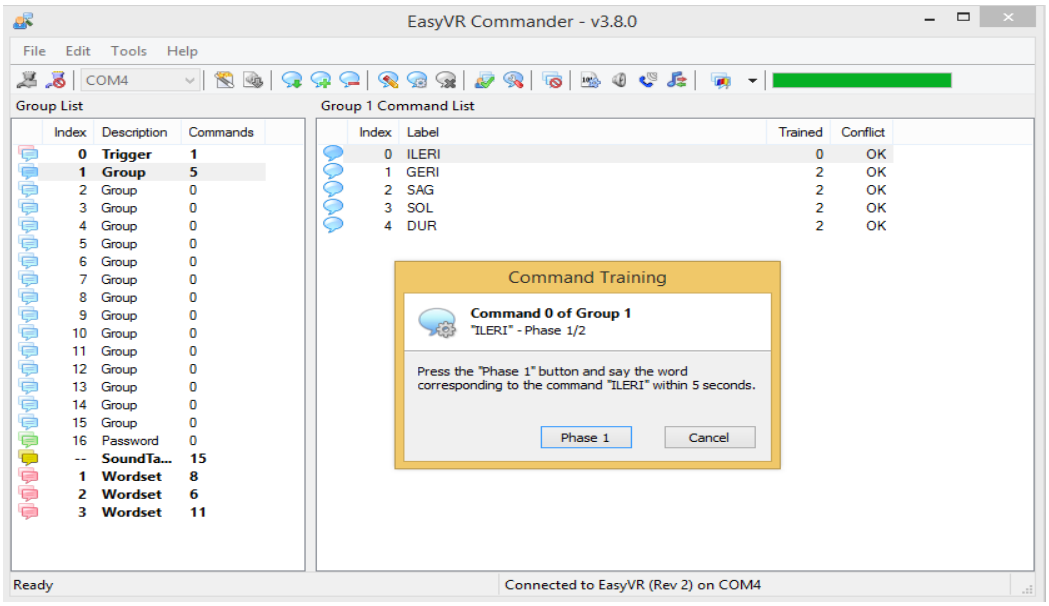
4.Wordset: Konuşmacıdan bağımsız oluşturulmuş komutları içeren gruptur.

EasyVR'in konuşma tanıma fonksiyonu, bir kerede sadece tek bir grup üzerinde işlev göstermektedir. Bu sebepten dolayı, bu çalışmada gerekli olan tüm komutlar grup 1'in altında tanımlanmıştır.

EasyVR Commander programına bağlanıldığında, EasyVR modülünün kalıcı bellekte depoladığı tüm kullanıcı tanımlı komutlar ve gruplar tekrardan okunmaktadır.

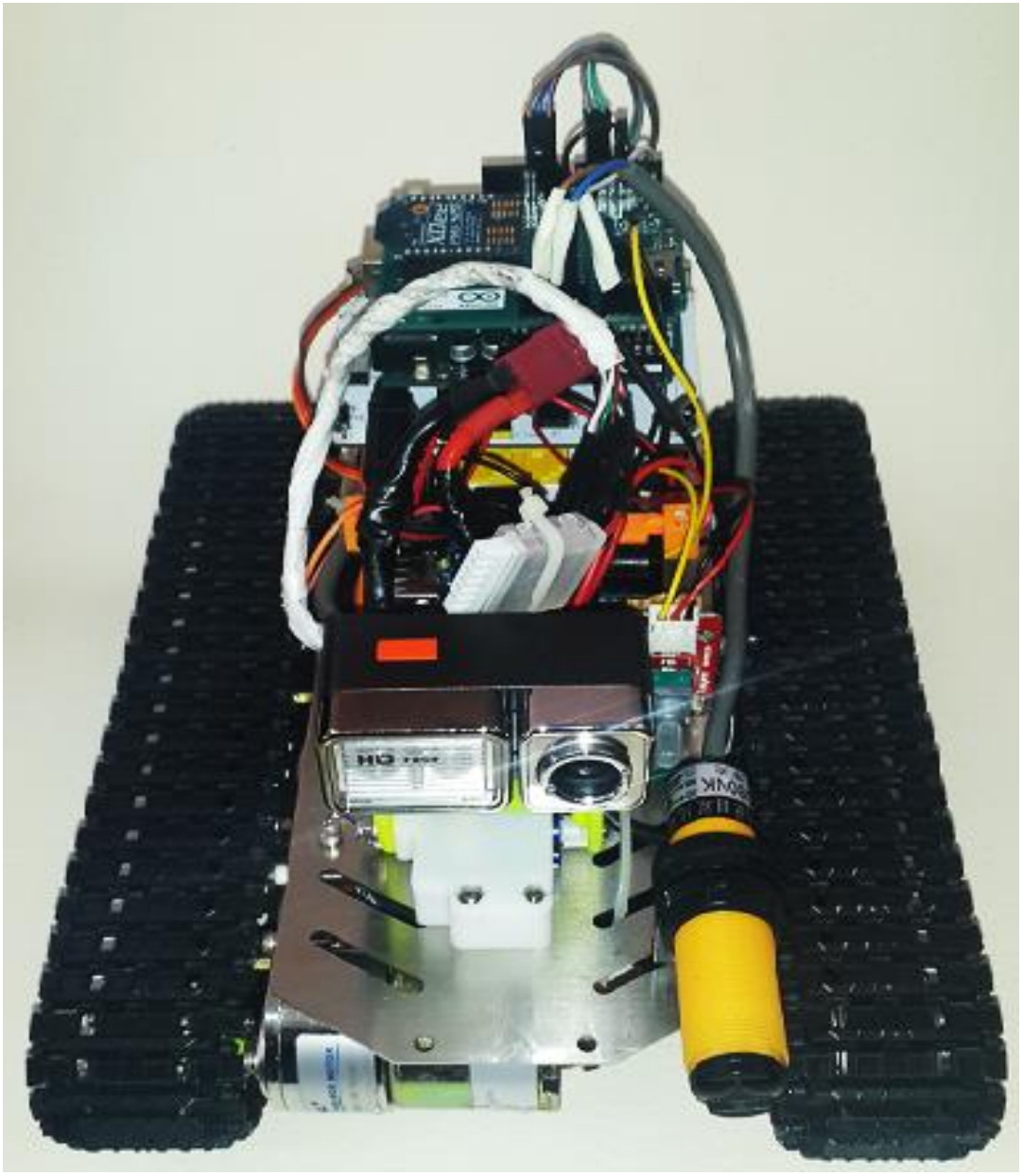
Böylece, tanımladığımız komutları ve grupları program her çalıştığında tekrardan tanımlamamız gerekmemektedir.

Şekil 5.35'te 3 numaralı bölümde, yeni bir komut eklemek, eklenilen komuta isim vermek, komutun ismini değiştirmek ve eklenen komutu EasyVR modülüne tanımlamak için kullanılan butonlar yer almaktadır. Yeni bir komut eklemek için ilk olarak, programın solunda bulunan gruplardan birini seçilir ve sonra da "Add Command" butonuna tıklanır. Daha sonra, komut adı yazılır. Bu komut için bir de ses tanımlamak gereklidir. Bunun için de "Train Command" butonuna tıklanır. Bu butona tıklandıktan sonra bir mesaj kutusu, Şekil 5.36'da görüldüğü gibi açılır. Açılan mesaj kutusunda "Phase 1" butonuna tıklanarak mikrofona komut, sesli bir biçimde iletilir. Bu işlemin beş saniye içerisinde gerçekleştirilmesi gereklidir. Aksi halde, ekrana bir uyarı mesajı gelmektedir. Komutu sesli olarak problemsiz bir biçimde oluşturduktan sonra, aynı komutu ikinciye tekrarlamak gerektiği ile ilgili bir husus yine bir mesaj olarak görülür ve burada da "Phase 2" butonuna tıklanarak daha önce gerçekleştirildiği gibi komut aynen tekrarlanır. Eğer, ilk şekliyle söylemede başarılı olunmuş ise herhangi bir uyarıyla karşılaşmadan işlem tamamlanmış olmaktadır. Diğer komutlar da aynı şekilde oluşturulur. Oluşturulan komutlar test edilmek istenirse, test grup butonuna basılarak test etme işlemi gerçekleştirilebilir.

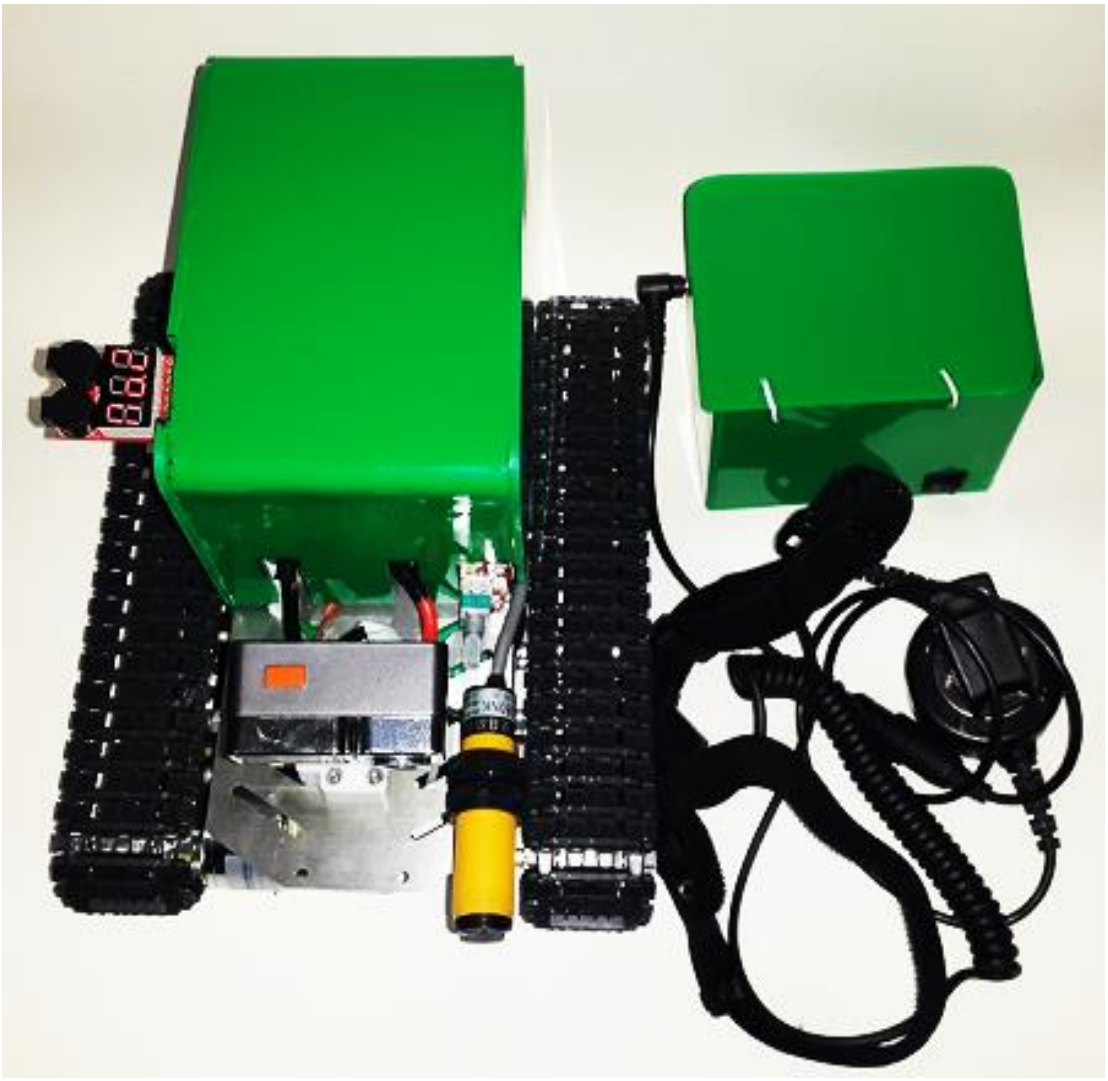


Şekil 5.36. Sesli Komut Ekleme.

5.15. Paletli Gezgin Robotun Genel Görünümü



Şekil 5.37. Paletli Gezgin Robotun Önden Görünümü.



Şekil 5.38. Paletli Gezgin Robot ve Ses Ünitesinin Tamamlanmış Görünümü.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkçe sesli komutlar kullanılarak uzaktan kablosuz bir biçimde kontrol edilebilen ve görüntü aktarımı gerçekleştirebilen paletli gezgin bir robotun tasarımı, başarılı bir biçimde tamamlanarak, yapımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, insan sağlığı ve güvenliği için tehlikeli bölgelere erişimde sesli komutlar kullanılarak uzaktan kablosuz kontrol edilebilen bir gezgin robotun kullanılabilirliği gösterilmiştir. Yapımı gerçekleştirilen bu robotun kontrolünde, bir bilgisayara ihtiyaç duyulmadığı gibi, mobil olarak kolayca kullanılmasına da olanak sağlanmıştır.

Bu çalışmamızda, ses ile paletli gezgin aracı ve üzerindeki web kamerasını kontrol edebilmek için toplam 8 adet komut kullanılmıştır. Komutlar, üç farklı mikrofon ile normal ve gürültülü ortamlarda verilmiş ve bu komutların, gezgin robot üzerinde istendik davranışı gerçekleştirip gerçekleştirmediği test edilmiştir. Gezgin robot için tanımlanan her bir komut, 10 defa test edilmiştir.

Tablo 6.1.'de sunulan çift sensörlü boğaz mikrofonu ile normal ortamda gerçekleştirilen test sonucunda, istendik davranış üzerinde %98,75 başarı oranı elde edilmiştir. Tablo 6.2'de tek sensörlü boğaz mikrofonu ile normal ortamda yapılan test sonucunda, istendik davranışı elde etmede %92,5 başarı oranı elde edilmiştir. Tablo 6.3'te masaüstü mikrofon ile normal ortamda yapılan test sonucunda %90 başarı oranı elde edilmiştir. Tablo 6.4'de çift sensörlü boğaz mikrofonu ile gürültülü ortamda yapılan test sonucunda %98,75 başarı oranıyla karşılaşılmıştır. Tablo 6.5'de tek sensörlü boğaz mikrofonu ile gürültülü ortamda yapılan test sonucunda %91,25 başarı oranı elde edilirken; tablo 6.6'da masaüstü mikrofonu ile gürültülü ortamda gerçekleştirilen test sonucunda %46.25 başarı oranına ulaşılmıştır.

Tablo 6.1.Çift Sensörlü Boğaz Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları.

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	10
2	Dur	10	10
3	Geri	10	10
4	Sağa Dön	10	10
5	Sola Dön	10	9
6	Kamera Yukarı	10	10
7	Kamera Aşağı	10	10
8	Kamera Ortaya	10	10

Tablo 6.2. Tek Sensörlü Boğaz Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları.

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	10
2	Dur	10	10
3	Geri	10	10
4	Sağa Dön	10	10
5	Sola Dön	10	8
6	Kamera Yukarı	10	10
7	Kamera Aşağı	10	6
8	Kamera Ortaya	10	10

Tablo 6.3. Masaüstü Mikrofonu ile Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçları.

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	9
2	Dur	10	9
3	Geri	10	9
4	Sağa Dön	10	9
5	Sola Dön	10	9
6	Kamera Yukarı	10	9
7	Kamera Aşağı	10	8
8	Kamera Ortaya	10	10

Tablo 6.4. Çift Sensörlü Boğaz Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları.

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	10
2	Dur	10	10
3	Geri	10	10
4	Sağa Dön	10	10
5	Sola Dön	10	10
6	Kamera Yukarı	10	9
7	Kamera Aşağı	10	10
8	Kamera Ortaya	10	10

Tablo 6.5. Tek Sensörlü Boğaz Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	10
2	Dur	10	10
3	Geri	10	10
4	Sağa Dön	10	10
5	Sola Dön	10	6
6	Kamera Yukarı	10	10
7	Kamera Aşağı	10	7
8	Kamera Ortaya	10	10

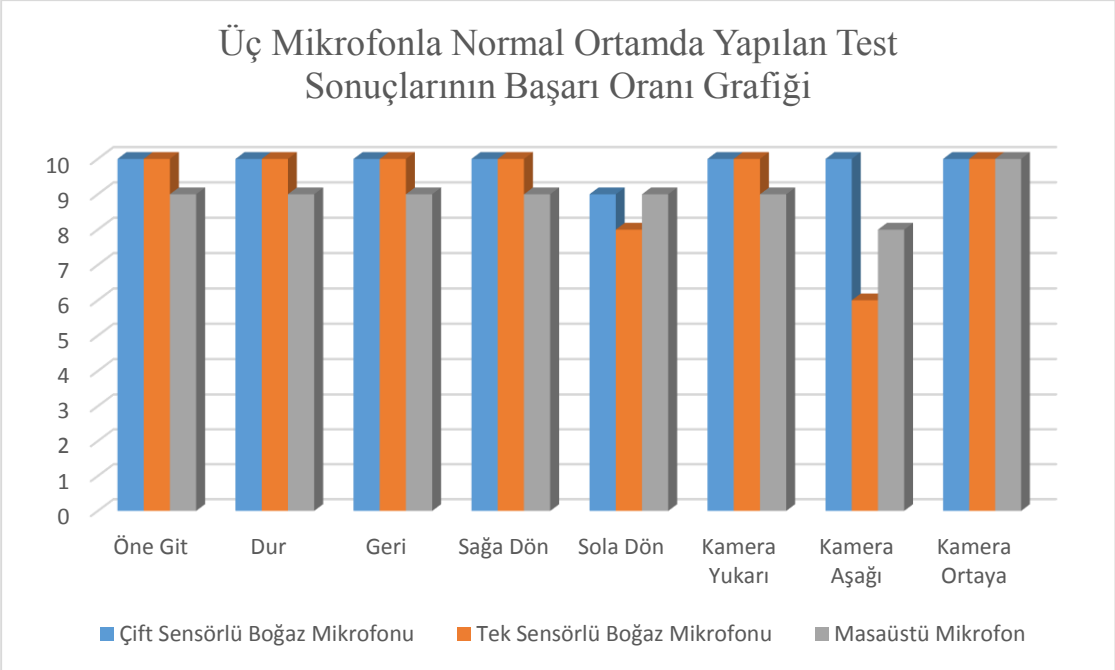
Tablo 6.6. Masaüstü Mikrofonu ile Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçları.

No	Komut Adı	Test Sayısı	Doğruluk Sayısı
1	Öne Git	10	5
2	Dur	10	6
3	Geri	10	5
4	Sağa Dön	10	6
5	Sola Dön	10	3
6	Kamera Yukarı	10	5
7	Kamera Aşağı	10	4
8	Kamera Ortaya	10	3

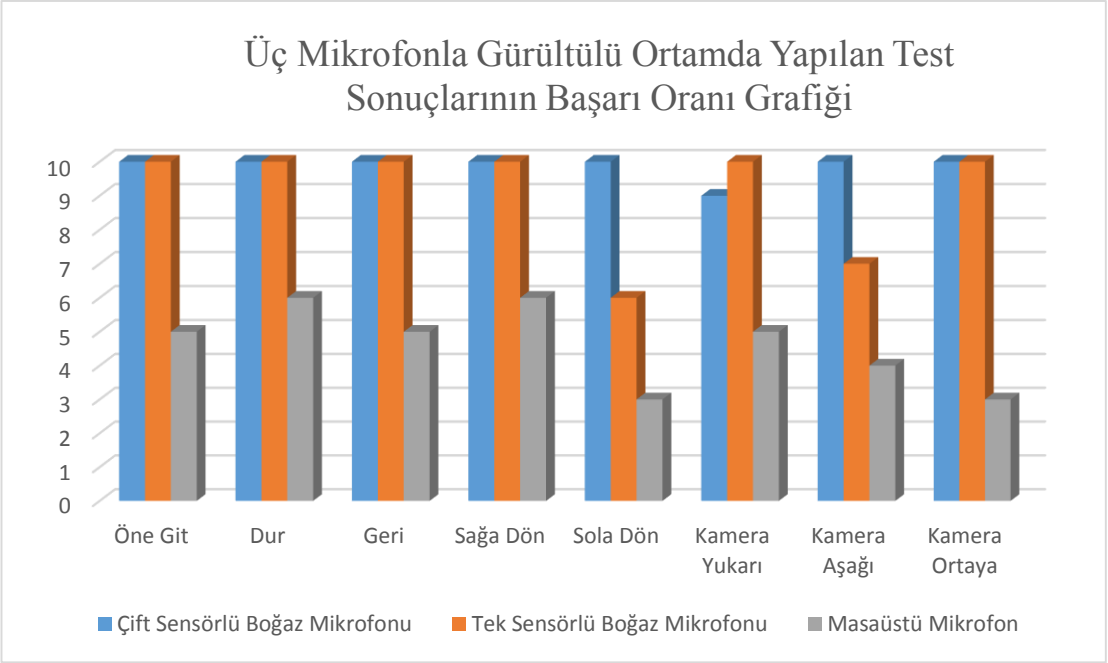
Bu tablolarda da görüldüğü üzere en başarılı sonuçlar, çift sensörlü boğaz mikrofonu ile elde edilmiştir. Çift sensörlü boğaz mikrofonu ile gerçekleştirilen testlerde, hem normal hem de gürültülü ortamda aynı başarı oranı elde edilmiştir. Bu da göstermektedir ki boğaz mikrofonu, sesi boğazdaki titreşim yoluyla ilettiğinden, mobil robota komut veren kullanıcının, içerisinde bulunduğu ortamın bir önemi yoktur.

Tek sensörlü boğaz mikrofonundaki başarı oranı, çift sensörlü boğaz mikrofonuna göre biraz daha düşmektedir. Tek sensörlü boğaz mikrofonu ile normal ve gürültülü ortamlarda gerçekleştirilen testlerde, başarıya ulaşma oranının çok değişmediği görülmüştür.

Masaüstü mikrofon ile normal ortamda gerçekleştirilen testlerdeki başarı oranının, diğerlerinden düşük olduğu; ancak tek sensörlü boğaz mikrofonu ile de aralarında çok bir fark olmadığı görülmüştür. Gürültülü ortamda gerçekleştirilen testlerde ise, masaüstü mikrofonun başarı oranının çok düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise, kullanıcının söylediği ses komutları ile dış ortamdan kaynaklanan gürültülerin birbirini etkileyerek komutların, hatalı olarak tanınmasına sebep oluşudur.



Şekil 6.1. Üç Mikrofonla Normal Ortamda Yapılan Test Sonuçlarının Başarı Oranı Grafiği.



Şekil 6.2. Üç Mikrofonla Gürültülü Ortamda Yapılan Test Sonuçlarının Başarı Oranı Grafiği.

"Altı Serbestlik Derecesine Sahip Bir Robot Kolun Ses İle Kontrolü" isimli yüksek lisans tezinde aynı ses tanıma modülü ile yapılan test sonucunda %85,4 başarı oranı elde edilmiştir [22].

"Ses Komut Tanıma İle Gezgin Araç Kontrolü" isimli çalışmada, gürültülü ve gürültüsüz ortamlarda konuşmacıya bağlı gerçekleştirilen testlerde elde edilen sonuçların, gürültülü ortamda %68, gürültüsüz ortamda ise %96 olduğu görülmüştür [4].

"Robot Control Based on Voice Command" isimli makalede, normal ortamda yapılan test sonucunda %100 başarı elde edilirken; gürültülü ortamda ise bu oran %82,85'e düşmüştür [17].

Bu çalışmalarda, komut veren kişi tarafından kullanılan mikrofon türünün, değişen ortam koşulları ile birlikte elde edilen başarı oranlarını olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılırken; yapılan bu çalışmada kullanılan boğaz mikrofonları ise, farklı ortamlarda kullanılsalar dahi birbirine eşit veya eşite yakın sonuçlar göstermiştir.

Yapılan bu çalışmalardan, sesli ifadede tanımayı güçleştiren bazı etkenlerin olduğu sonucuna da ulaşılmaktadır. Bu etkenlerden en önemlisi ise gürültüdür. Gürültü, kullanıcı tarafından verilen komutların doğru bir biçimde sisteme iletilmesini

engellemektedir. Bu durum da sistem performansı üzerinde, olumsuz bir etkiye neden olmaktadır.

Diğer bir etken ise, kullanılan mikrofonun kalitesi ile mikrofonun kullanıcıya olan mesafesidir. Ses tanıma sistemleri, mikrofon kullanıcıya yakınken en iyi biçimde çalışır. Eğer, kullanılan mikrofon boğaz mikrofonu ise, kullanıcıyla mikrofon mesafesinin bir önemi yoktur.

Geliştirilen gezgin robot, terör bölgelerinde, mayınlı arazilerde, erişimin zor olduğu arazilerde veya mağara gibi yerlerde kullanılabilir. Ayrıca, deprem felaketlerinde, insan gücüyle olay yerlerine erişimin zor olduğu bölgelerde de içeride canlı olup olmadığını kontrol amaçlı kullanılabilir.

Bu çalışmada, robot araçların veya elektronik cihazların sesli komutlarla kontrol edilmesi, aynı anda birden fazla cihazı yönetmek isteyen bir kullanıcıya kolaylık ve özgürlük sağlar. Çalışmada ayrıca, bir gezgin robotun sesli komutlarla kontrol edildiği ve bu kontrolün beklenen sonuçlara ulaştığı görülmüştür. Ancak, yine de sistemin birtakım değiştirilebilir veya geliştirilebilir tarafları da vardır.

Çalışmamızda tasarlanan paletli gezgin robota verilen ses komutlarının, robot tarafından, yaklaşık iki saniye gecikmeli olarak algılanıp gerçekleştirildiği izlenmektedir. Bu durum geliştirilerek, gecikme olmadan da komutların gerçekleşmesi sağlanabilir.

Bu çalışmada yer alan sistem, konuşmacı bağımlıdır. Yani, sisteme daha önceden kimin ses komutları tanımlanmış ise paletli gezgin robotu, yalnızca o kişi kontrol edebilmektedir. Bu sistem, konuşmacıdan bağımsız çalışabilen bir sistem olarak da gerçekleştirilebilir.

Paletli gezgin robotta kullanılan RF modüllerinin teknik özelliklerine göre açık alan etkin mesafe 1600 m olarak belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada yapılan denemelerde bu mesafenin en fazla 360 m olduğu tespit edilmiştir. Bina içi etkin mesafe olarak ise 90m belirtilmesine rağmen yapılan denemeler sonucu bu mesafe 23 m ile sınırlı kalmıştır. Bu çalışmadaki araçta kullanılan kameradan aktarılan görüntünün kablosuz olarak alınabilmesi için kullanılan Wi-fi modülünün teknik özelliklerine göre açık alanda çekim gücü 150 m'dir. Yapılan denemelerde bu çekim gücünün yine 150 m olduğu ancak sinyalin azaldığı ve görüntünün zaman zaman donduğu gözlenmiştir. Kullanıcının araç ile olan iletişim mesafesi, daha uzun menzile sahip olan Wi-fi ve Zigbee modülleri kullanılarak artırılabilir.

Paletli gezgin robot üzerindeki kameradan gelen görüntü, görüntü işleme yöntemi ile işlenerek çeşitli sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca, paletli gezgin robota, bir hedefi izleyebilmesi için otomatik izleme sistemi de eklenebilir.

EKLER

EK-1: VERİCİ PROGRAMI

```
#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"
#include "Platform.h"
#include "SoftwareSerial.h"
#ifndef CDC_ENABLED
SoftwareSerial port(12,13);
#else
#define port Serial1
#endif
#else // Arduino 0022 - use modified NewSoftSerial
#include "WProgram.h"
#include "NewSoftSerial.h"
NewSoftSerial port(12,13);
#endif
#include "EasyVR.h"
EasyVR easyvr(port);
enum Groups
{
  GROUP_0  = 0,
  GROUP_1  = 1,
};
enum Group0
{
  G0_ROBOT = 0,
};
```

```
enum Group1
{
  G1_ILERI = 0,
  G1_GERI = 1,
  G1_SAG = 2,
  G1_SOL = 3,
  G1_DUR = 4,
  G1_K_ASAGI = 5,
  G1_K_YUKARI = 6,
  G1_K_ORTA = 7,
};
EasyVRBridge bridge;
int8_t group, idx;
void setup()
{
#ifndef CDC_ENABLED
  // bridge mode?
  if (bridge.check())
  {
    cli();
    bridge.loop(0, 1, 12, 13);
  }
 Serial.begin(9600);
#else
  // bridge mode?
  if (bridge.check())
  {
    port.begin(9600);
    bridge.loop(port);
  }
  Serial.println("Baglanti Kesildi");
#endif
```

```
 port.begin(9600);
 while (!easyvr.detect())
 {
   Serial.println("EasyVR algılanmadı!");
  // delay(1000);
 }
 easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW);
Serial.println("EasyVR algılandı!");
 easyvr.setTimeout(5);
 easyvr.setLanguage(0);
 group = EasyVR::TRIGGER;
}
void action();
void loop()
{
 easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, HIGH); // LED on (listening)
 easyvr.recognizeCommand(group);
 while (!easyvr.hasFinished());
 easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW); // LED off
 idx = easyvr.getWord();
 if (idx >= 0)
 {  // built-in trigger (ROBOT)
   // group = GROUP_X; <-- jump to another group X
   return;
  }
 idx = easyvr.getCommand();
 if (idx >= 0)
 {  // print debug message
   uint8_t train = 0;
   char name[32];
  // Serial.print("Command: ");
  // Serial.print(idx);
```

```
    if (easyvr.dumpCommand(group, idx, name, train))
    {   // Serial.print(" = ");
    //  Serial.println(name);
    }
    else
      Serial.println();
    easyvr.playSound(0, EasyVR::VOL_FULL);
    // perform some action
    action();
  }
  else // errors or timeout
  {
    if (easyvr.isTimeout())
   //   Serial.println("Timed out, try again...");
    int16_t err = easyvr.getError();
 /*   if (err >= 0)
    {    Serial.print("Error ");
      Serial.println(err, HEX); }*/
  }
}
void action()
{
    switch (group)
    {
    case GROUP_0:
      switch (idx)
      {
      case G0_ROBOT: group = GROUP_1;  break;
      }
      break;
    case GROUP_1:
      switch (idx)
```

```
    {
    case G1_ILERI:     Serial.println("I");  break;
    case G1_GERI:      Serial.println("G");  break;
    case G1_SAG:       Serial.println("R");  break;
    case G1_SOL:       Serial.println("L");  break;
    case G1_DUR:       Serial.println("F");  break;
    case G1_K_ASAGI:   Serial.println("l");  break;
    case G1_K_YUKARI:  Serial.println("r");  break;
    case G1_K_ORTA:    Serial.println("m");  break;
    }
    break;
  }
}
```

EK-2: ALICI PROGRAMI

```
const int Infrared_on = A0;
const int Infrared_arka = A1;
const int Potansiyometre = A2;
int servopin = 5;
int servo_aci;
int darbegenisligi;
int deg = 90;
int pot_durum=0;
int hiz_degeri=0;
int On_sensor = 0, Arka_sensor = 0;
int Sol_motor_ileri=9;
int Sol_motor_geri=6;
int Sag_motor_geri=10;
int Sag_motor_ileri=11;
int ctrl_val, yeni_deger;

void setup() {
 pinMode(Infrared_on, INPUT);
 pinMode(Infrared_arka, INPUT);
 pinMode(Potansiyometre,INPUT);
 pinMode(Sol_motor_ileri,OUTPUT);
 pinMode(Sol_motor_geri,OUTPUT);
 pinMode(Sag_motor_geri,OUTPUT);
 pinMode(Sag_motor_ileri,OUTPUT);
 pinMode(servopin,OUTPUT);
 servodarbe(servopin,deg);
 Serial.begin(9600);
}
```

```
void loop() {
pot_durum=analogRead(Potansiyometre);
hiz_degeri= map(pot_durum,0,1023,50,100);//Pottan okunan değer 50 ile 100 e oranlıyoruz.
Karar();
}

void Karar(void)
{
 On_sensor = digitalRead(Infrared_on);
 Arka_sensor = digitalRead(Infrared_arka);
 if(Serial.available()>0)
   {
       yeni_deger = Serial.read();
       if ( ctrl_val==yeni_deger || yeni_deger=='m' || yeni_deger=='r' || yeni_deger=='l' || yeni_deger=='G' || yeni_deger=='L' || yeni_deger=='R' || yeni_deger=='I' || yeni_deger=='F')
       {        ctrl_val=yeni_deger; }

       //servo motorun hareketi ile ilgili kodlar
      if(ctrl_val== 'r' ){if(deg>=60) {deg -= 30;  servodarbe(servopin,deg);} }
      else if(ctrl_val== 'm' ){ deg=90; servodarbe(servopin,deg);}
      else if(ctrl_val== 'l' ){if(deg<=120) {deg += 30; servodarbe(servopin,deg);} }  }
      if(ctrl_val== 'R' )     {  saga_don();      }
      else if(ctrl_val== 'L' ){  sola_don();  }
      else if(ctrl_val== 'G' ){ if (Arka_sensor ==1) geri();     }
      else if(ctrl_val== 'I' ){ if (On_sensor ==1) ileri();     }
      else if(ctrl_val== 'F' ){  fren();      }
}
```

```
void saga_don()   {
digitalWrite(Sag_motor_geri,LOW);
digitalWrite(Sag_motor_ileri,LOW);
analogWrite(Sag_motor_geri,0);
analogWrite(Sag_motor_ileri,0);
digitalWrite(Sol_motor_ileri,HIGH);
digitalWrite(Sol_motor_geri,LOW);
analogWrite(Sol_motor_ileri,50);
analogWrite(Sol_motor_geri,0);
}
void sola_don() {
 digitalWrite(Sag_motor_geri,LOW);
 digitalWrite(Sag_motor_ileri,HIGH);
 analogWrite(Sag_motor_geri,0);
 analogWrite(Sag_motor_ileri,50);
 digitalWrite(Sol_motor_ileri,LOW);
 digitalWrite(Sol_motor_geri,LOW);
 analogWrite(Sol_motor_ileri,0);
 analogWrite(Sol_motor_geri,0);
}
void ileri()   {
digitalWrite(Sag_motor_geri,LOW);
digitalWrite(Sag_motor_ileri,HIGH);
analogWrite(Sag_motor_geri,0);
analogWrite(Sag_motor_ileri, hiz_degeri+11);
digitalWrite(Sol_motor_ileri,HIGH);
digitalWrite(Sol_motor_geri,LOW);
analogWrite(Sol_motor_ileri, hiz_degeri-4);
analogWrite(Sol_motor_geri,0);
delay(1);
fren();
}
```

```
void geri() {
digitalWrite(Sag_motor_geri,HIGH);
digitalWrite(Sag_motor_ileri,LOW);
analogWrite(Sag_motor_geri, hiz_degeri+17);
analogWrite(Sag_motor_ileri,0);
digitalWrite(Sol_motor_ileri,LOW);
digitalWrite(Sol_motor_geri,HIGH);
analogWrite(Sol_motor_ileri,0);
analogWrite(Sol_motor_geri, hiz_degeri-17);
delay(1);
fren();
}
void fren()  {
 digitalWrite(Sag_motor_geri,LOW);
 digitalWrite(Sag_motor_ileri,LOW);
 digitalWrite(Sol_motor_ileri,LOW);
 digitalWrite(Sol_motor_geri,LOW);
}
void servodarbe(int servopin,int servo_aci){
darbegenisligi=(servo_aci*11)+500;//Açı değerini 500-2480 arasında bir darbe genişliği
dönüştürülür
digitalWrite(servopin,HIGH);
delayMicroseconds(darbegenisligi);
digitalWrite(servopin,LOW);
delay(20-darbegenisligi/1000);
}
```

KAYNAKLAR

[1] Preeti Sharma, "***Intelligent Voice Recognition System Based on Acoustic and Speaking Fundamental Frequency Characteristics"***, Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences (JEC&AS) ISSN No: 2319-5606 Volume 1, No.2, November 2012.

[2] Murat Kemal BAYGÜN, ***"Türkçe Komutları Tanıyan Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi"***, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, Şubat 2006.

[3] Devarsh Bharambe, S. P. Kodgire, ***"Speech Recognition System for Voice Controlled Devices"***, International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 3, January 2016.

[4] Muharrem Çelebi, ***"Ses Komut Tanıma İle Gezgin Araç Kontrolü"***, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

[5] Devarsh V. Bharambe, S. P. Kodgire, ***"PSoC Based Isolated Speech Recognition System for Voice controlled Appliances"***, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 4 Issue 11, November 2015.

[6] Pratik Chopra, Harshad Dange, ***"Voice Controlled Robot"***, Graduation Project, Department of Electronics Engineering, K. J. Somaiya College of Engineering, Vidyavihar, Mumbai, 2007.

[7] Zakariyya Hassan Abdullahi, Nuhu Alhaji Muhammad, Jazuli Sanusi Kazaure, Amuda F. A., ***"Mobile Robot Voice Recognition in Control Movements"***, International Journal of Computer Science and Electronics Engineering (IJCSEE) Volume 3, Issue 1,2015.

[8] Praveen Blessington1, B.T.P.Madhav M. Sagar Babu, R. Rajiv Reddy, D. I. P. Mani Kumar, I. Naga Raju2, N. Anil Babu, "***Acoustic Controlled Robotic Vehicle***", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com.

[9] Onur Çelik, Erkan Yiğiter, Herman Sedef, ***"Kablosuz Ağ Tabanlı Gezgin Keşif Robotu: Kaşif"***, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi ve Fuarı, 2009.

[10] Durmuş ÖZDEMİR, Cemal KÖSE, ***"Gezgin Robotların Çiftliklerde Ürün Yeri Belirleme Ve Taşıma İşlemlerinde Kullanımı"***, EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt-Sayı: 1-1 Yıl: 2008.

[11] Nihat YILMAZ, Şeref SAĞIROĞLU, Mehmet BAYRAK, ***"Genel Amaçlı Web Tabanlı Mobil Robot: Sunar"***, Gazi Üniversitesi. Müh. Mim. Fak. Der Cilt 21, No 4, 745-752, 2006.

[12] K. Kannan, Dr. J. Selvakumar, ***"Arduino Based Voice Controlled Robot"***, International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET), Volume:02,Issue:01, 2015.

[13] Pradeep L. Yadav, Manali N. Tawde, Prof. Sanjay, B. Deshmukh, Dimple M. Kothari, ***"Speech Controlled Robo-Car"***, International Journal of Student Research in Technology & Management Vol 1 (1). Pg 50-57.

[14] Şeyh Şamil Aslan, ***"Computer Controlled Robot Car"***, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.

[15] Rifat Edizkan, Burak Tiryaki, Tunç Büyükcan, İsmail Uzun, ***"Ses Komut Tanıma ile Gezgin Araç Kontrolü"***, Akademik Bileşim, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2007.

[16] İbrahim Çayıroğlu, Mehmet Şimşir, ***"PIC ve Step Motorla Sürülen Bir Mobil Robotun Uzaktan Kamera Sistemi ile Kontrolü"***, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24 (1-2) 1-16, 2008.

[17] Xiaoling Lv Minglu Zhang, Hui Li, ***"Robot Control Based on Voice Command"***, Proceedings of the IEEE, International Conference on Automation and Logistics Qingdao, China, 2008.

[18] Fatih Baltacıoğlu, ***"Uzaktan Sesle Kontrol Edilebilen Robot Tasarımı ve Yapımı"***, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,2010.

[19] Ömer Önal, ***"Seri Porttan Kablosuz Ağ ile Haberleşebilen Kameralı Araç Kontrolü"***, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2011.

[20] İbrahim Şahin, Mehmet Yalvaç, ***"MyRobot: Kablosuz Kontrol Edilebilen Mobil Araştırma Robotu"***, 5th International Computer & Instructional Technologies Symposium, Fırat University, Elazığ, 2011.

[21] Rachna Jain, Dr. S. K Saxena, ***"Voice Automated Mobile Robot"***, International Journal of Computer Applications(0975-8887) Volume 16, No:2, 2011.

[22] Musa AYDIN, ***"Altı Serbestlik Derecesine Sahip Bir Robot Kolunun Ses İle Kontrolü"***, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı Bilgisayar Ve Kontrol Eğitimi Programı, İstanbul, 2012.

[23] Şimal Yüksel, Emre Zabun, Güray Ekincioğlu, Kaan Tunçer, İbrahim Develi, ***"RF Modüllerle Kontrol Edilen Paletli Keşif Aracı Tasarımı"***, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 2013.

[24] Valiyullah Khan F, Narayana Siva Teja, Rashmi Ranjan Das, ***"Voice Controlled Robot"***, International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562, Vol: 8, No:19, 2013.

[25] Bekir Çengelci, Emrah Kuzu, ***"Kablosuz Kontrol Edilebilen Mobil Araştırma ve Müdahele Robotu"***, 2nd International Symposium on Innovative Technologies In Engineering and Science, No:312, Karabük Üniversitesi, 2014.

[26] Doğan Can Samuk, Havva Özkaya, ***"Sesli Komutlarla Araç Kontrolü"***, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-elektronik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2014.

[27] Jaramillo Pineda Victor Alfonso, Pineda Jhonatan, Garcia Arias Luis Felipe, ***"Design of an Automatic Voice Controlled System and Remote Control"***, Engineering Mechatronics and Automation, III. In ternational Cangress, pp. 1-5, 2014.

[28] Nirmal T M, ***"Multipurpose Robot for Patients and Military Applications"***, International Journal of Electronics Communication and Computer Technology (IJECCT) Volume 4, Issue 4, 2014.

[29] Othman M. K. Alsmadi, Anas A. Al Jallad, Zaer S. Abo-Hammoud, Fares J. Al Majali, ***"Arduino-Based Automatic Safety Vehicle Control"***, 2nd International Conference on Research in Science, Engineering and Technology (ICRSET) Dubai,2014.

[30] Bahittin Turaç, ***"Kablosuz Haberleşme ile Kontrol Edilen Robot Araba"***, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2015.

[31] Emrah ÖZKAYNAK, ***"Paralel Programlama İle Ses Tanıma İşleminin Gerçekleştirilmesi"***, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, 2013.

[32] İnayet KARADAŞ, ***"Konuşma Tanıma Teknolojisi Kullanılarak Okul Öncesi Bilişsel Kazanımlarının Öğretimi İçin Yazılım Geliştirme"***, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Bileşim Enstitüsü, Bilgisayar Eğitimi, Ankara,2013.

[33] Özlem AYDIN, ***"Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi"***, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne,2005.

[34] Ronald A. Cole, Joseph Mariani, Hans Uszkoreit, Annie Zaenen, Victor Zue, ***"Survey of the State of the Art in Human Language Technology"***, Center for Spoken Language Understanding, Oregon Graduate Institute, USA, 1996, http://www.cslu.ogi.edu/HLTsurvey/HLTsur.

[35] Ken Masica, ***"Recommended Practices Guide For Securing ZigBee Wireless Networks in Process Control System Environments"***, Draft, 2007, http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/Securing_ZigBee_ Wireless_Networks.pdf.

[36] Emre Yiğit Kızılırmak, ***"ZigBee İle Endüstriyel Vinç Kontrolü"***, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2012.

[37] Mehmet ŞEN, ***"Asenkron Motor Büyüklüklerinin Zigbee Haberleşme Protokolü Kullanılarak İzlenmesi"***, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.

[38] http://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/rfmodems/ZigBee-wireless-standard, Erişim Tarihi:16.06.2016.

[39] Muharrem Güney, ***"Zigbee Tabanlı Ev Otomasyon Sistemi"***, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2010.

[40] Zheng, L.,***"ZigBee Wireless Sensor Network in Industrial Applications"***, SICE-ICASE International Joint Conference 2006, October 2006, Bexco, Busan, Korea, pp. 1067 – 1070.

[41] Şuayip ÖZTAŞ, Mehmet Ali BELEN, İrfan KAYA, Adnan KAYA, ***"Zigbee Teknolojisi Kullanılarak Kablosuz Kafe Otomasyon Sistemi Tasarımı"***, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi-Elazığ, 2011.

[42] Yasin KOÇ, ***"Zigbee Algılayıcı Ağlarında Topolojiye Bağlı Başarım Değerlendirmeleri"***, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015.

[43] XBee and XBee-PRO ZigBee Product Datasheet, http://www.digi.com/pdf/ds_xbee_zigbee.pdf, Erişim Tarihi:16.06.2016.

[44] www.trmilitary.com/viewtopic.php?t=1726 Erişim Tarihi:08.06.2016 Saat:16:00.

[45] Kenan GÜRÇAM, ***"Kablosuz Uzaktan Kontrollü Kameralı Mobil Robot Kol"***, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Van 2015.

[46] Ö. Özgür PEKTAŞ, ***"Mobil Bomba İmha Robotlarının İncelenmesi Ve Prototip Robot Tasarımı"***, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı Elektrik ve Elektronik Programı, 2010.

[47] Johns W. E., 2003, ***"Tracked Vehicle Steering"***, Gizmology.net, http://www.gizmology.net/tracked.htm, Erişim Tarihi: 08.06.2016.

[48] T.C Milli Eğitim Bakanlığı, Bileşim Teknolojileri, Motorlar, Ankara, 2013.

[49] http://tr.aliexpress.com/store/product/DC-24V-0-33A-800-RPM-3-12kg-cm-Torque-Geared-Box-Motor/1707883_32319700699.html?isOrig=true#extend, Erişim tarihi:30.06.2016.

[50] Emre Yavuz, ***"PIC16F876-PIC16F877 PWM Modülünün kullanımı"***, http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/Dosyalar/makaleler/PWM_Modulu.pdf, Erişim Tarihi:31.05.2016.

[51] http://www.robotiksistem.com/motor_surucu_entegreler.html, Erişim tarihi: 12.06.2016.

[52] Fahrettin Hakan YILMAZ, ***"Ac Ve Dc Servo Sistem Eğitim Setinin Gerçekleştirilmesi"***, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2008.

[53] http://www.micropik.com/PDF/SG90Servo.pdf, Erişim Tarihi:08.06.2016.

[54] https://www.direnc.net/lm2596-w110-dc-dc-converter-moduleled-voltmeterusb-port, Erişim Tarihi: 12.06.2016.

[55] https://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-5pcs-lot-Smart-car-robot-the-E18-D80NK-infrared-obstacle-avoidance-sensor-proximity-switch/32270125727.html?spm=2114.13010608.0.0.qXUT88, Erişim Tarihi: 12.06.2016.

[56] https://www.amazon.co.uk/Lychee-Webcam-Camera-Built-Microphone/dp/B01CU66LZO, Erişim Tarihi:13.06.2016.

[57] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Seslendirme Sistemi Kurulumu.

[58] https://tr.wikipedia.org/wiki/Mikrofon, Erişim Tarihi: 14.06.2016.

[59] http://www.mediacollege.com/audio/microphones/how-microphones-work.html, Erişim Tarihi:14.06.2016.

[60] http://tr.aliexpress.com/item/Clear-Transmission-Throat-Microphone-Air-Tube-Headset-with-2-Sensors-for-Yaesu-Portable-Radio-FT-10R/32276708707.html#extend, Erişim Tarihi:14.06.2016.

[61] http://www.trust.com/tr/product/16973-starzz-microphone, Erişim Tarihi:14.06.2016.

[62] https://www.aliexpress.com/item/WIFI-Video-Smart-Robot-Car-Router-GL-iNet-OpenWrt-ser2net/32457148625.html?spm=2114.13010608.0.0.uIvsfU, Erişim Tarihi:15.06.2016.

[63] http://www.robotistan.com/xbee-pro-63mw-pcb-anten-seri-2b-xbp24-bz7pit-004, Erişim Tarihi:21.06.2016.

[64] http://www.robotistan.com/xbee-explorer-usb, Erişim Tarihi:22.06.2016.

[65] http://www.robotistan.com/orjinal-arduino-wireless-proto-xbee-shield, Erişim Tarihi:22.06.2016.

[66] Erdal DELEBE, Projeler ile Arduino, Kodlab, İstanbul, (2014).

[67] http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno, Erişim Tarihi: 10.05.2015.

[68] http://arduino.cc/en/Guide/Windows, Erişim Tarihi: 10.05.2015.

[69] http://arduino.cc/en/Reference/HomePage, Erişim Tarihi: 10.05.2015.

[70] http://www.veear.eu/files/easyvr_user_manual_3.6.7.pdf, Erişim Tarihi: 28.03.2015.

ÖZGEÇMİŞ

1980 Yılında Tekirdağ'ın Saray ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Saray'da tamamladı. Lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2000 yılında Işık Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nde tam burslu olarak başladığı lisans eğitimini 2005 yılında tamamlayarak mezun oldu. 2007 yılında Trakya Üniversitesi Matematik Tezsiz Yüksek Lisansını tamamladı. 2010 yılında Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2011 yılı Ekim ayı itibari ile Trakya Üniversitesi Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda öğretim görevlisi kadrosunda çalışmaya başlamış ve halen devam etmektedir.

TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Uluslararası Yayınlar

Ahmet Vatansever, Hilmi Kuşçu, ***"Design Of Voice Controlled Vehicle***" International Conference On Advances In Automotive Technologıes 2016, AAT 2016, ISBN 978-605-9546-01-0, pp 32-38,11-14 October 2016, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.

Ulusal Yayınlar

Ulusal yayın yoktur.