



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ARAÇ ÜSTÜ KATLANIR BOMLU
VİNÇLERİN MOMENT KONTROL
SİSTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Yasin BİRER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül- 2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yasin BİRER

Tarih: 22 / 09 / 2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAÇ ÜSTÜ KATLANIR BOMLU VİNÇLERİN MOMENT KONTROL SİSTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Yasin BİRER

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

2023, 53 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

Prof. Dr. Muciz ÖZCAN

Doç. Dr. Bayram AKDEMİR

Vinçlerin inşaat ve lojistik sektörlerindeki önemi göz önüne alındığında, moment kontrol sistemlerinin performansının ve güvenilirliğinin artırılması büyük bir önem taşımaktadır.

Katlanır bomlu vinçler, inşaat sektöründe geniş çapta kullanılan önemli ekipmanlardır. Bu tez, katlanır bomlu vinçlerin elektronik sistemlerinin iyileştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmada, vinçlerin performansını, verimliliğini ve güvenliğini artırmak amacıyla elektronik sistemlerin optimize edilmesi konusunu ele almaktadır.

Bu tez, Bluetooth ile CANBUS sistemlerini inceleyerek ve karşılaştırarak kablosuz iletişim teknolojileri ile otomotiv endüstrisindeki veri transferi ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlamaktadır. Bluetooth ve CANBUS, günümüzde araç elektroniği ve otomotiv iletişimi için yaygın olarak kullanılan protokollerdir. Ayrıca bu tez çalışması, Bluetooth ve CANBUS teknolojilerinin temel işleyişini, veri transferi hızını, güvenlik seviyelerini ve kullanım kolaylığını araştırmaktadır. Bluetooth teknolojisi, kablosuz bağlantı ve geniş bir cihaz uyumluluğu sunmasıyla tanınırken, CANBUS protokolü ise araç içi ağ sistemlerinde yaygın olarak kullanılan yüksek hızlı veri iletişimi sağlamaktadır.

Bu tez, Bluetooth ve CANBUS sistemlerinin performanslarını ve uygulanabilirliklerini karşılaştırmaktadır. İnceleme, veri aktarım hızı, güvenlik mekanizmaları, enerji tüketimi ve ölçeklenebilirlik gibi kritik faktörleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, bu iki teknolojinin farklı kullanım senaryoları ve endüstriyel uygulamalardaki avantajları ve dezavantajları üzerinde durulacaktır.

Sonuçlar, Bluetooth ve CANBUS sistemlerinin avantajlarını ve sınırlamalarını belirlemek ve farklı kullanım durumlarına göre karşılaştırmalar yapmak için kullanılacaktır. Bu çalışma, otomotiv

endüstrisinde kablosuz veri iletişimi için en uygun teknolojiyi belirlemede rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır.

Enerji verimliliği de bu çalışmanın bir diğer odak noktasıdır. Elektronik sistemlerin optimize edilmesi, vinçlerin enerji tüketimini azaltma ve enerji geri kazanımı potansiyelini artırma fırsatı sunmaktadır. Bu da işletme maliyetlerini düşürme, çevresel etkiyi azaltma ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağlama potansiyeline sahiptir.

Güvenlik, katlanır bomlu vinçlerin iyileştirilmesinde kritik bir faktördür. Bu tez, elektronik sistemlerin güvenlik sistemleriyle entegrasyonunu incelemektedir. Çarpışma önleme sistemleri, aşırı yüklenme algılama sistemleri ve emniyetli çalışma sınırlarını izleme gibi güvenlik özellikleri, vinç operatörlerini ve çevreyi koruma potansiyeline sahiptir.

Bu tez, katlanır bomlu vinçlerin elektronik sistemlerinin iyileştirilmesi alanında mevcut araştırma boşluklarını doldurmayı amaçlamaktadır. Literatür taraması, deneysel çalışmalar ve modelleme teknikleri kullanılarak, elektronik sistemlerin performansı, verimliliği ve güvenliği üzerindeki etkileri araştırılacaktır. Sonuçlar, katlanır bomlu vinçlerin daha etkili, güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu tez çalışmasında katlanır bomlu vinçlerin çalışma esnasında devrilmesini veya herhangi iş kazasını ya da operatörün hatasını önleyici moment kontrol sisteminin bazı aksamalarının kablosuz kontrolünü sağlamak amacıyla sistem tasarlanmıştır. Bu tez, katlanır bomlu vinçlerin elektronik sistemlerinin iyileştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. Katlanır bomlu vinçler, inşaat sektöründe geniş çapta kullanılan önemli ekipmanlardır. Bu çalışma, vinçlerin performansını, verimliliğini ve güvenliğini artırmak amacıyla elektronik sistemlerin optimize edilmesi konusunu ele almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Katlanır Bomlu Vinç, Elektronik Sistemler, İyileştirme, Otomasyon, Kontrol Sistemleri, Uzaktan Kontrol, Enerji Verimliliği, Güvenlik Sistemleri, Performans, Aşırı Yüklenme Algılama

ABSTRACT

MS THESIS

TRUCK MOUNTED KNUCKLE BOOM CRANES' MOMENT CONTROL SYSTEM ENHANCEMENT

Yasin BİRER

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ELECTRICAL AND
ELECTRONIC ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali Osman ÖZKAN

2023, 53 Pages

Jury

**Assist Prof. Dr. Ali Osman ÖZKAN
Prof. Dr. Muciz ÖZCAN
Assoc. Dr. Bayram AKDEMİR**

Considering the importance of cranes in the construction and logistics industries, it is of great importance to increase the performance and reliability of torque control systems. Folding boom cranes are important equipment widely used in the construction industry. This thesis focuses on improving the electronic systems of folding boom cranes. In this study, it deals with optimizing electronic systems in order to increase the performance, efficiency and safety of cranes.

This thesis aims to meet the data transfer needs in the automotive industry with wireless communication technologies by examining and comparing Bluetooth and CANBUS systems. Bluetooth and CANBUS are protocols that are widely used for vehicle electronics and automotive communication today. In addition, this thesis researches the basic operation, data transfer speed, security levels and ease of use of Bluetooth and CANBUS technologies. Bluetooth technology is known for offering wireless connectivity and wide device compatibility, while the CANBUS protocol provides high-speed data communication, which is widely used in in-vehicle network systems. This research compares the performances and applicability of Bluetooth and CANBUS systems. The review aims to evaluate critical factors such as data transfer rate, security mechanisms, energy consumption and scalability. In addition, different usage scenarios of these two technologies and their advantages and disadvantages in industrial applications will be discussed.

The results will be used to identify the advantages and limitations of Bluetooth and CANBUS systems and to make comparisons according to different use cases. This study aims to provide guidance in determining the most suitable technology for wireless data communication in the automotive industry.

Energy efficiency is another focus of this study. Optimizing electronic systems offers an opportunity to reduce the energy consumption of cranes and increase their energy recovery potential. This

has the potential to reduce operating costs, reduce environmental impact and provide a significant advantage in terms of sustainability.

Safety is a critical factor in improving folding boom cranes. This thesis examines the integration of electronic systems with security systems. Safety features such as collision avoidance systems, overload detection systems and monitoring of safe operating limits have the potential to protect crane operators and the environment.

This thesis aims to fill the existing research gaps in the field of improving electronic systems of folding boom cranes. The effects on the performance, efficiency and safety of electronic systems will be investigated using literature review, experimental studies and modeling techniques. The results aim to contribute to the more effective, safe and sustainable use of folding boom cranes. In this thesis, the system is designed to provide wireless control of some components of the torque control system to prevent the tilting boom cranes from tipping over during operation or any work accident or operator error.

This thesis focuses on improving the electronic systems of folding boom cranes. Folding boom cranes are important equipment widely used in the construction industry. This study deals with optimizing electronic systems in order to increase the performance, efficiency and safety of cranes.

Keywords:. Folding Boom Crane, Electronic Systems, Retrofit, Automation, Control Systems, Sensors, Remote Control, Energy Efficiency, Safety Systems, Performance, Efficiency, Collision Avoidance, Overload Detection, Sustainability.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini esirgemedi rehberlik eden yüksek lisans danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN'a ve değerli bölüm başkanımız Sayın Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, sevgi ve desteklerini her an yanımda hissettiğim eşim Nursel ve oğlum Doruk Efe 'ye şükranlarımı sunarım.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmada uygulama yapılabilmesi için gerekli olan gerçek bir sisteme ait verilerin teminindeki katkı ve desteklerinden dolayı tüm HİDROKON KONYA HİD. MAK. SAN. VE TİC. A.Ş çalışanlarına ve değerli yönetim kurulu üyelerine teşekkür ederim.

Yasin BİRER

KONYA- 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ VE KAYNAK TARAMASI	1
1.1. Bluetooth Teknolojisine Giriş	1
1.1.1 Bluetooth Güvenliği	3
1.1.1.1 Güvenlik Kademeleri.....	3
1.1.1.2 Esneklik ve Uygulanabilirlik.....	4
1.1.1.3 Bilgi güvenliği ve Kriptoloji	4
1.1.1.4 Bilgisayar İle Mobil Cihazlar arası Veri Güvenliği.....	5
1.1.1.5 Frekans atlama durumu.....	5
1.1.2 Bluetooth 5.0.....	6
1.1.2.1 Geniş çekim alanı	8
1.1.2.2 Hızlı Veri İletimi	9
1.1.2.3 Yayın Kapasitesi ve Uzun Batarya Ömrü	9
1.1.3 Bluetooth Protokolleri	10
1.1.3.1 Denetleyici yığını.....	10
1.1.3.1.1 Asenkron Bağlantı-Daha Az [mantıksal aktarım] (ACL).....	11
1.1.3.1.2 Senkronize Bağlantı Odaklı (SCO) bağlantı	11
1.1.3.1.3 Bağlantı Yönetim Protokolü (LMP).....	12
1.1.3.1.4 Ana Bilgisayar Denetleyici Arayüzü (HCI)	12
1.1.3.1.5 Düşük Enerji Bağlantı Katmanı (LE LL).....	12
1.1.3.2. Ana Bilgisayar Yığını.....	13
1.1.3.2.1. Mantıksal bağlantı kontrolü ve uyarılama protokolü (L2CAP).....	13
1.1.3.2.2. Bluetooth ağ kapsülleme protokolü (BNEP)	14
1.1.3.2.3. Radyo frekansı iletişimi (RFCOMM)	14
1.1.3.2.4. Hizmet keşif protokolü (SDP).....	14
1.1.3.2.5. Telefon kontrol protokolü (TCS).....	15
1.1.3.2.6. Ses/video kontrol aktarım protokolü (AVCTP)	15
1.1.3.2.7. Ses/video veri aktarım protokolü (AVDTP)	15
1.1.3.2.8. Nesne değişimi (OBEX)	16
1.1.3.2.9. Düşük Enerji Nitelik Protokolü (ATT)	16
1.1.3.2.10. Düşük Enerji Güvenlik Yöneticisi Protokolü (SMP).....	16
1.1.4. Bluetooth Kullanım Alanları	16
1.2 CANBUS ve CANOPEN Teknolojisi	18

1.2.1 Güvenilirlik.....	19
1.2.2 Yüksek Hız.....	21
1.2.2.1Yüksek Hızın Önemi ve Etkileri.....	21
1.2.2.2Yüksek Hızlı Veri İletimi ve CANBUS	21
1.2.2.3 Veri Bütünlüğü ve Yüksek Hız	22
1.2.2.4 CANBUS ve Yüksek Hızdaki Zorluklar	22
1.2.2.5 Yüksek Hızın Geleceği.....	22
1.2.3 Esneklik.....	22
1.2.3.1 Esneklik ve Endüstriyel Sistemler	23
1.2.3.2 Esneklik ve CANBUS Protokolü	23
1.2.3.3 Esneklik ve Veri Yapısı	24
1.2.3.4 Hızlı Yanıt ve Esneklik	24
1.2.3.5 Esneklik ve Optimizasyon	24
1.2.3.6 Esnekliğin Geleceği:.....	25
1.2.4 Maliyet Etkinliği	25
1.2.4.1 Maliyet Etkinliği ve Endüstriyel Uygulamalar	25
1.2.4.2 Maliyet Etkinliği ve CANBUS Protokolü	26
1.2.4.3 Veri Paylaşımının Maliyet Etkinliği.....	26
1.2.4.4 Modüler Tasarım ve Maliyet Etkinliği	26
1.2.4.5 Bakım ve Maliyet Etkinliği	26
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
2.1. Vinç Seçimi ve Özellikleri	27
2.2. Mevcut Moment Kontrol Sistemlerinin Analizi.....	28
2.2.1 Katlanır Bomlu Hidrolik Vinçler	28
2.2.1.1 Çalışma Prensibi	28
2.2.1.2 Katlanır Bomlu Tasarım	28
2.2.1.3 Kaldırma Kapasitesi	28
2.3.1.4 Uygulama Alanları.....	29
2.3.1.5 Hareket Kabiliyeti.....	29
2.3.1.6 Güvenlik ve Kontrol Sistemleri	30
2.2.2 İnsan Kaldırma Platformları.....	30
2.2.2.1 Çalışma Prensibi	30
2.2.2.3 Uygulama Alanları.....	30
2.3 Sistemin Devreye Alınması	32
2.3.1 Elektrik Montajı	32
2.3.2 CANBUS Sensörlerinin Montajı	33
2.3.2.1 Açık Sensörü	33
2.3.2.2 Uzunluk Sensörü	34
2.3.2.3 Dönüş Enkoderi.....	35
2.3.2.4 Dokunmatik Ekran	36
2.3.2.5 Merkezi Kontrol Ünitesi (İşlemci).....	37
2.3.2.6 Sepet Denge Kartı	39
2.3.2.7 Yük Hücresi (Loadcell)	40
2.3.3 CANBUS Sisteminin Bağlantısı.....	41
2.3.4 CANBUS Sensörlerinin Kalibrasyonu.....	42
2.3.5 Uzaktan Kumanda Sisteminin Montajı	43
2.3.6 CANBUS ve Uzaktan Kumanda Sisteminin Entegrasyonu	43
2.3.7 Sistem Testleri	45

2.3.8 Kullanıcı Eğitimi	46
2.4. Yeni Yaklaşımlar ve Geliştirilen Teknikler	47
2.4.1 Otomatik Ayak Dengeleme	47
3.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	50
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
4.1 Sonuçlar	51
4.2 Öneriler	51
5. KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	54



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Bluetooth Simgesi	2
Şekil 1.2.	Spektrumda Bulunan Kanallar	5
Şekil 1.3.	Piconet ve Scatternet Örneği	6
Şekil 1.4.	LE Coded Mode un paket yapısı	10
Şekil 1.5.	Ses iletimi protokol yığını	17
Şekil 1.6.	Dosya Transferi protokol yığını	17
Şekil 1.7.	Traktör yakıt akış hızının ölçülmesi	19
Şekil 1.8.	Araç fren sistemi blok diyagramı	20
Şekil 1.9.	Dizel motorun vince entegrasyonunun blok diyagramı	23
Şekil 1.10.	Canbus ve Bobin Aktüatörlü Mobil Valfler	25
Şekil 2.1.	Vinç Yük Kaldırma Diyagramı	29
Şekil 2.2.	Pano Montajı	33
Şekil 2.3.	TSM Açık Sensörü	34
Şekil 2.4.	TSM Uzunluk-Açık Sensörü	35
Şekil 2.5.	Dönüş Enkoderi	36
Şekil 2.6.	Dokunmatik Ekran	37
Şekil 2.7.	TTC 94 İşlemci	38
Şekil 2.8.	TTC 94 İşlemci teknik özellikleri	38
Şekil 2.9.	Sepet Denge Kartı	39
Şekil 2.10.	Yük Hücresi (Loadcell)	40
Şekil 2.11.	Yük Hücresi (Loadcell) Özellikleri	41
Şekil 2.12.	PCAN View arayüzü	42
Şekil 2.13.	PCAN View arayüzü üzerinden sensör kalibrasyonu	42
Şekil 2.14.	Uzaktan Kumanda	43
Şekil 2.15.	Uzaktan Kumanda Alıcısı	43
Şekil 2.16.	Uzaktan Kumanda CAN bağlantısı	44
Şekil 2.17.	Uzaktan Kumanda sinyali okuma kısmı	44
Şekil 2.18.	Kule Dönüş Testi	45
Şekil 2.19.	Fly Bom Açma Testi	46
Şekil 2.20.	Anabom Teleskop Uzatma Testi	46
Şekil 2.21.	Otomatik dengeleme sistemi	48



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1.	Alt Versiyon ile Güncel Versiyon Karşılaştırma	8
Çizelge 2.1.	TSM Açı Sensörü Özellikleri	34
Çizelge 2.2.	TSM Uzunluk-Açı Sensörü Özellikleri	35
Çizelge 2.3.	Kule Dönüş Enkoderi Özellikleri	36
Çizelge 2.4.	Dokunmatik Ekran Özellikleri	37
Çizelge 2.5.	Sepet Denge Kartı Özellikleri	39



KISALTMALAR

ACDTP	: (Audio/Video Data Transfer Protocol) Ses/video veri aktarım protokolü
ACL	: (Asynchronous Connection Link) Asenkron Bağlantı
ATT	: (Attribute Protocol) Düşük Enerji Nitelik Protokolü
AVCTP	: (Audio/Video Transfer Control Protocol) Ses/video kontrol aktarım protokolü
BLE	: (Bluetooth Low Energy) Bluetooth Düşük Enerji
BNP	: (Bluetooth Network Encapsulation Protocol)Bluetooth ağ kapsülleme protokolü
GPS	: (Global Positioning System) Küresel konumlandırma sistemi
HCI	: (Host Control Interface)Ana Bilgisayar Denetleyici Arayüzü
IEEE	: (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IoT	: (Internet of Things) Nesnelerin interneti
ISM	: (Industrial Science Medical Band) Endüstriyel Bilim Sağlık Bandı
L2CAP	: (Logical Link Control And Adaptation Protocol) Mantıksal bağlantı kontrolü ve uyarlama protokolü
LAN	: (Local Area Network) Bölgesel Alan Ağı
LE LL	: (Low Energy Link Latch) Düşük Enerji Bağlantı Katmanı
LLC	: (Logical Link Control) Lojik bağlantı kontrolü
LMP	: (Line Management Protocol) Bağlantı Yönetim Protokolü
MAC	: (Media Access Control) Ortam erişim kontrolü
MCU	: (Microcontroller) Mikrodenetleyici
MEMS	: (Micro Electro-Mechanical Systems) Mikro elektro-mekanik sistemler
OBEX	: (Object Exchange) Nesne değişimi
PDA	: (Personal Digital Assistant) Taşınabilir el cihazları
PIR	: (Passive Infrared Sensor) Pasif kızılötesi algılayıcı
RF	: (Radio Frequency) Radyo Frekans
RFCOMM	: (Radio Frequency Communication)Radyo frekansı iletişimi
RTS	: (Request To Send) Gönderim isteği
RX	: (Receive) Alım
SCO	: (Synchronous Connection Oriented) Senkron Bağlantı Odaklı Bağlantı
SDP	: (Service Discovery Protocol) Hizmet keşif protokolü
SIG	: (Special Interest Group) Özel İlgi Grubu
SNR	: (Signal to Noise Ratio) Sinyal Gürültü Oranı
TCS	: (Telephone Control Specification)Telefon kontrol protokolü
TX	: (Transmit) İletim
USB	: (Universal Serial Bus) Evrensel seri veri yolu
WLAN	: (Wireless Local Area Network) Kablosuz yerel alan ağı
WSAN	: (Wireless Sensor and Actor Network) Kablosuz algılayıcı ve eyleyici ağ

1. GİRİŞ VE KAYNAK TARAMASI

İnşaat ve lojistik sektörlerinde, araç üstü katlanır bomlu vinçler yük kaldırma ve yerleştirme işlemlerinde yaygın olarak kullanılan önemli ekipmanlardır. Bu vinçler, yükseklik ve uzunluk gibi faktörler göz önüne alındığında kritik öneme sahip operasyonları gerçekleştirirler. Bu nedenle, vinçlerin performansı, güvenilirliği ve kontrol yetenekleri büyük bir önem taşımaktadır.

Bu tez, "Araç Üstü Katlanır Bomlu Vinçlerin Moment Kontrol Sistemlerinin İyileştirilmesi" konusunda bir araştırmayı sunmaktadır. Çalışmanın amacı, vinçlerin moment kontrol sistemlerinin iyileştirilmesi için yeni yaklaşımlar ve teknikler geliştirmektir. Moment kontrol sistemleri, vinçlerin yük taşıma kapasitesini, hassasiyetini ve kontrolünü etkileyen kritik bileşenlerdir. Bu sistemlerin optimize edilmesi, vinçlerin daha güvenli, verimli ve doğru bir şekilde operasyon yapmasını sağlar.

Vinçlerin inşaat ve lojistik sektörlerindeki rolü, iş süreçlerinin etkinliği ve verimliliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Moment kontrol sistemlerinin iyileştirilmesi, vinçlerin performansını ve güvenilirliğini artırarak sektöre katkı sağlar.

Bu çalışma, literatür taramaları, deneysel çalışmalar ve modelleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, mevcut moment kontrol sistemlerinin analiz edilmesi ve performanslarının iyileştirilmesi için yeni yöntemlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, otomatikleştirme tekniklerinin moment kontrol sistemlerine entegrasyonu da araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, vinç operatörlerinin daha güvenli ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için sektöre değerli bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

1.1. Bluetooth Teknolojisine Giriş

Bluetooth teknolojinin temelleri 1989 yılına dayanmaktadır. Ericsson şirketinde teknolojiden sorumlu müdür olan Dr. Nils Rydbeck ile mucit Dr. Johan Ullman kablo karmaşasından kurtulmak amaçlı kablosuz kulaklık yapmak istemeleri bu teknolojiyi meydana getirmiştir. Bu ikili ekiplerine Dr. Jaap Haartsen 'i de katarak 5 yıl sonra ilk protokolü oluşturmuşlardır. Teknolojinin şekillenmesi de 5 yılın sonunda Las Vegas'ta bir fuarda tanıtımını yaptıkları eller serbest kulaklıklarının fuarın en gözde ürünü seçilmesi ile son bulmuştur.

Bluetooth teknolojisi günümüzde fiyat ve kolay uygulama gibi rekabetçi faktörlerden dolayı kısa mesafe uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Karşılık olarak özel verici/alıcı tasarlamak gerektirmeyen ve Bluetooth özelliği bulunan her cihaz ile kolayca eşleşme sağlanabilmektedir. Bluetooth un geliştirilmesi günümüzde Bluetooth SIG adı altında toplanan birçok teknoloji firması tarafından devam etmektedir. (Ericsson, Intel, Motorola...) (Özçelik,2016)

Kablosuz haberleşme kavramı hayatımızda uzun zamandır kullanılagelen bir kavramdır. En yaygın örneği de radyo ve televizyon yayınlarıdır. Bu haberleşme sistemlerinde ışığın görünmediği bölge spektrumu söz konusudur. Bluetooth teknolojisinde kısa dalga bağlantısı mevcuttur. Bu sebeple düşük güç tüketimi ve kısa mesafe haberleşmelerinde Bluetooth teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında otomatik kapı sistemleri, otomobil kumanda kilit sistemleri ve hatta baskül ve *kettle* gibi cihazlarda kablosuz kontrol edilebilmesine imkân sağlayan güçlü bir teknolojidir. Şekil 1.1’de Bluetooth un simgesi görülmektedir.



Şekil 1.1. Bluetooth Simgesi

RF teknolojisi alıcı ile gönderici ile aralarında haberleşecekleri belirlenmiş frekans aralığında radyo dalgalarının alınması ve gönderilmesi prensibine dayanır. Burada haberleşme mesafesini etkileyen en önemli faktörler gönderici gücü ve alıcının hassasiyetidir (Erkoç,2003)

Kısa mesafeler genelde düşük güç gerektirdiğinden TV yayınları gibi uzak mesafe haberleşmelerinin aksine küçük bataryalı cihazlarda *indoor* haberleşme gibi kısa mesafelerde kullanışlı olmaktadır.

Temelbant içerisinde herhangi iki cihaz arasında Bluetooth bağlantısı kurulduğu zaman cihazlardan biri yönetici, diğeri köle olması gerekmektedir. Bu iki tür cihaz arasında herhangi bir fark yoktur. Bir başka uygulamada köle lan yönetici olabilir. Bu ilişki cihazlar arasındaki FHSS senkronizasyonunu düzenlemek içindir. Genellikle haberleşmeyi başlatan cihaz yönetici olur. Yönetici cihaz kendisinin Bluetooth cihaz adresine bağlı olarak frekans paternine, yine kendisinin saatine bağlı olarak da atlama sıralamasının fazına karar vermektedir.

1.1.1. Bluetooth Güvenliği

İki cihaz arasında bağlantı doğrulama aşamasında çeşitli kimliği gizli cihazlar tarafından saldırı olup bağlantı sırasında fark edilmeyen kimliği gizli cihaz sisteme saldırı yaparak bağlanabilir. Bunu *master* ya da *slave* fark etmez. Bu ataklar bazı açıklardan faydalanabilir; şifreleme, doğrulama, entegrasyon eksikliği vb. gibi. Eski güvenli bağlantıdan da faydalanabilmektedir. Bu kimliği belirli olmayan ataklar Bluetooth un mimari seviyesine yönelik olduğu için her Bluetooth uyumlu cihaz üzerinde etkili olabilmektedir.

Bluetooth bağlantı katmanında güvenlik özelliğine sahiptir. İki cihaz arasında gizli anahtar bağlantısı temeline dayanmaktadır. Eşleştirme (Pairing) prosedürü ile bu iki cihaz haberleşir ve eşleşir. Cihazların dinlenmesi vb. gibi sorunları engellemek için bazı güvenlik yöntemleri mevcuttur;

Şifre; Bağlanan cihazlar arasında şifreleme yöntemi vardır.

Karşıla -yanıtla; iletilen verinin çıkış noktası değiştirilir.

Oturum anahtarı; bağlantı sırasında anahtar değiştirilebilir.

Frekans sıçraması; mesafe kısa olduğundan sinyallerin yakalanması önlenir (Özçelik,2016).

1.1.1.1. Güvenlik Kademeleri

Bluetooth teknolojisine sahip cihazlarda çeşitli güvenlik kademeleri tanımlanabilir. Anahtar çiftinin oluşturulduğu (linkin kurulduğu) ve servis erişimine izin

verilen cihazlar güvenli cihaz, geçici bağlantı şeklinin kurulduğu veya kurulan şifreli bağlantının güvenilmediği cihazlar da güvenli olmayan cihaz olarak adlandırılmaktadır.

1.1.1.2. Esneklik ve Uygulanabilirlik

Bir cihazdaki bütün servislere erişim izni verilebileceği gibi bazı servisleri de ayırmak mümkündür. Örnek olarak bir cep telefonunda dosya transferi servisine izin verilip kişi kartı paylaşımına izin verilmeye bilinir.

Bluetooth un güvenlik mimarisi farklı uzak cihazlara bağlanmak için gerekli olan servislerin güvenlik politikalarını desteklemektedir. Bu şekilde yapılan transfer bağlanan cihazdaki diğer servislere açık değildir. Ayrıca aynı cihazda ileri zamanlı yapılabilecek bağlantıda da yetkili değildir (Özçelik,2016).

1.1.1.3. Bilgi güvenliği ve Kriptoloji

Kripto; iletilen verinin üçüncü ve kötü niyetli kişilere ulaşmaksızın güvenli biçimde iletilmesini sağlayan şifreleme sistemi olarak adlandırılır.

Kartografi; Kript sistemlerini araştıran bilim dalı

Kripto Analizi; Şifrelerin kırılması için çalışma yapılan alan

Kriptoloji; Kriptografi ve kriptolojinin birleşimi olarak tanımlanabilir

Bluetooth kullanılan cihazlarda daha önce şifre ile sağlanmış bağlantılar daha sonra kullanıldığında tekrar doğrulama istememektedir. Bu gibi durumlarda ilgili cihaz başka biri kullandığında tekrar kimlik doğrulama istemediğinden *master* dan gönderilen veriler açık hale gelmekte ve kötü niyetli kullanıcıların kolay ulaşabileceği duruma gelmektedir.

Kriptografide birbirinin içerisinde bulunan 4 farklı güvenlik servisi bulunmaktadır.

Gizlilik; Bilgi içeriğinin izinsiz olarak açığa çıkarılmasını engeller

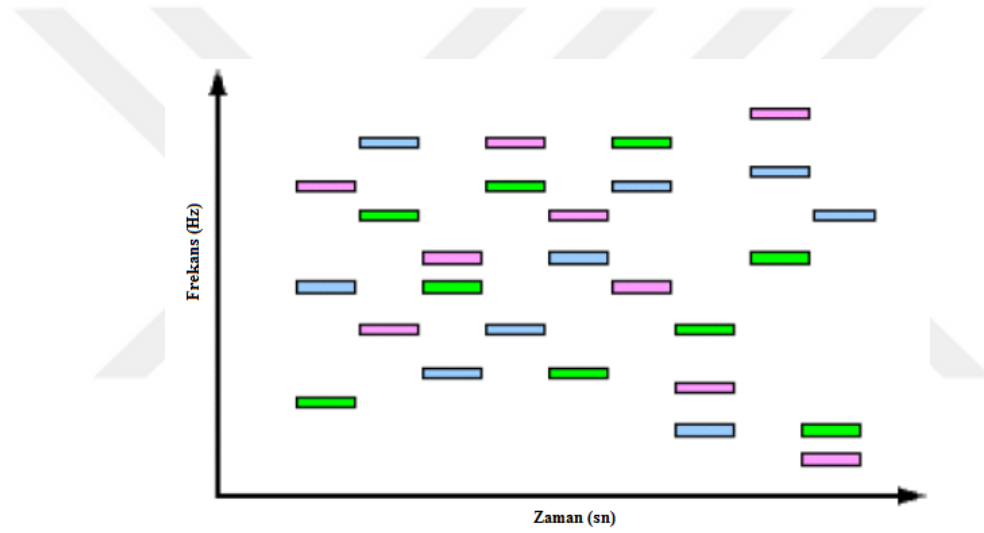
Bütünlük; İletinin izinsiz olarak değiştirilmesi veya silinmesini önleyen servistir.

Kimlik Doğrulama; Karşı kullanıcının im olduğunu belirten ve doğrulayan tüm sistemleri kapsar. Çünkü kullanıcılar karşıdakinin doğru kişi olup olmadığını bilmek ister.

İnkâr Edememe; İzinsiz veri çalan kişinin tespiti için gerekli olan servistir.

1.1.1.4. Bilgisayar ile Mobil Cihazlar arası Veri Güvenliği

Bluetooth ile cihazlar arası kablosuz bağlantı kurmak oldukça basittir. RF teknolojileri o dalgaları vasıtası ile haberleşmek için frekans modülasyonuna dayalı dalga üretme tekniği kullanırlar. Bu yayınlar 88 Mhz ile 108 Mhz arasında olur. Bluetooth ise 2.4 Ghz'lik kısım olan lisanssız bölgeyi kullanmaktadır. Ancak bu bölge de kendi içinde bazı regülasyonlara sahiptir. Bunlar; Spektrum 79 kanala ayrılmıştır. Her bir kanal 1'er Mhz'lik bant genişliğine sahiptir. 2. Frekans atlama tekniği yaygın spektrum haberleşmesinde kullanılmalıdır. Şekil 1.2'de spektrumda kullanılan kanallar gösterilmiştir.

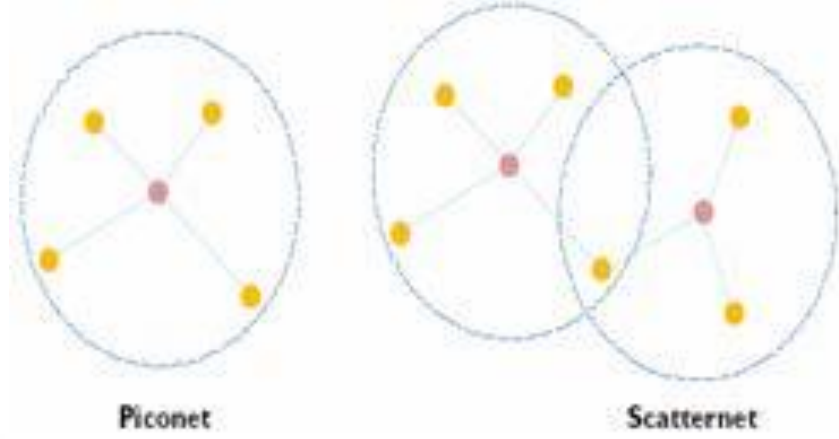


Şekil 1.2. Spektrumda bulunan kanallar

1.1.1.5. Frekans atlama durumu

Bu 79 adet kanal; 2,402 Ghz 2,480 Ghz arasındadır. Bu 1'er Mhz lik aralıklı kanallar sayesinde dağılımı genişletilmiş olunur. Saniyede ortalama 1600 atlamaya izin verilen bir iletişim ağı kurumuştur. Birbirinin kapsama alanı içerisinde bulunan cihazlar noktadan noktaya ya da noktadan çok noktaya bağlantı kurabilirler. İki ya da daha fazla cihaz bağlandığında şebeke oluşmuş olur. Bu şebeke *piconet* olarak adlandırılır. İki

birimden 8 birime kadar *piconet* denir *piconette* bütün cihazlar eşdeğerdir ama biri *master* diğeri *slave* olur. Şekil 1.3'te *piconet* ve *scatternet* örneği görülmektedir.



Şekil 1.3. Piconet ve Scatternet Örneği

Piconete bi slave sadece kendi masterı ile haberleşir Birden fazla *piconet* haberleşmesi durumuna *Scatternet* denir. Bluetooth ile bağlı cihazlar arasında veri akışı iki link üzerinden olmaktadır;

- 1-) Ses haberleşmesi için eşzamanlı bağlantı
- 2-) Ses haberleşmesi için eş zamanlı olmayan veri bağlantı

1.1.2. Bluetooth 5.0

Bluetooth 20 yıl önce piyasaya duyurulmuştu ancak şimdilerde IoT nin önemli destekçisi olarak kullanılmaktadır. Bluetooth radyo dalgaları ile veri iletmeye yarayan teknolojidir. Bundan dolayı veri türlerinin sınırı yoktur. Müzik resim video vs. ayrıca bağlantı uzaklığı çok nadir de olsa 100 m ye kadar ulaşabilmektedir. Bu bağlantı uzaklıkları belirli sınıflara ayrılmışlardır. Sınıf 1: en güçlü olan 100 m sınıf 2: en çok kullanılan 10 m Sınıf 3: 1 m lik uzaklık.3. sınıf olan 1 m nadir kullanılmaktadır. 2003 yılında Bluetooth teknolojisine duyulan ilgi neredeyse durma noktasına gelmişti. Fakat

teknolojideki kulaklık bağlantısı ve kablosuz hoparlör bağlantıları gibi alanlarda çok fazla miktarda tercih edilmeleri ile birlikte tekrar popüleritesi yükselişe geçmiştir.

Bluetooth her ne kadar verimli ve kullanışlı bir teknoloji ise de enerji harcaması olarak daha rekabetçi olması gerekiyordu. Çünkü giyilebilir teknoloji cihazlarında ürünün satılmasını bu durum önemli ölçüde etkilemekteydi. Bu sebeple SIG grubu; Daha az enerji harcayan BLE'yi yazılım dünyasının dikkatini çekmek için tanıttılar. BLE, diğer adıyla Bluetooth Smart olarak da adlandırılmaktadır.

SIG grubu tarafından ilk olarak Bluetooth 4.0 olarak tanıtım yapılan ve günden güne özellikle araç içi uygulamalarda dikkat çekici hale gelen bu teknoloji, birtakım iyileştirmeler yapılarak daha sonra Bluetooth 5.0 olarak karşımıza çıkmıştır (Collotta M, 2017).

Bluetooth 5.0'ın sahip olduğu birtakım özelliklerden dolayı rekabetçi bir teknoloji olduğu ve bir önceki sürüme göre birtakım avantajları olduğu söylenebilir. Bluetooth 5; *IoT* cihazlarının aralarında güvenli veri aktarımını sağlanması için tasarlanmıştır. Bu da beraberinde endüstriyel gelişimi tetikleyecek olan akıllı cihazlara arasındaki bağlantıyı geliştirmektedir. Bluetooth geliştiricisi SIG grubu önceki versiyonlar ile şimdiki karşılaştıran tabloyu oluşturmuşlardır. Çizelge 1.1'de bu karşılaştırılan tablo görülmektedir.

Çizelge 1.1. Alt Versiyon ile Güncel Versiyon Karşılaştırma (Collotta ,2016)

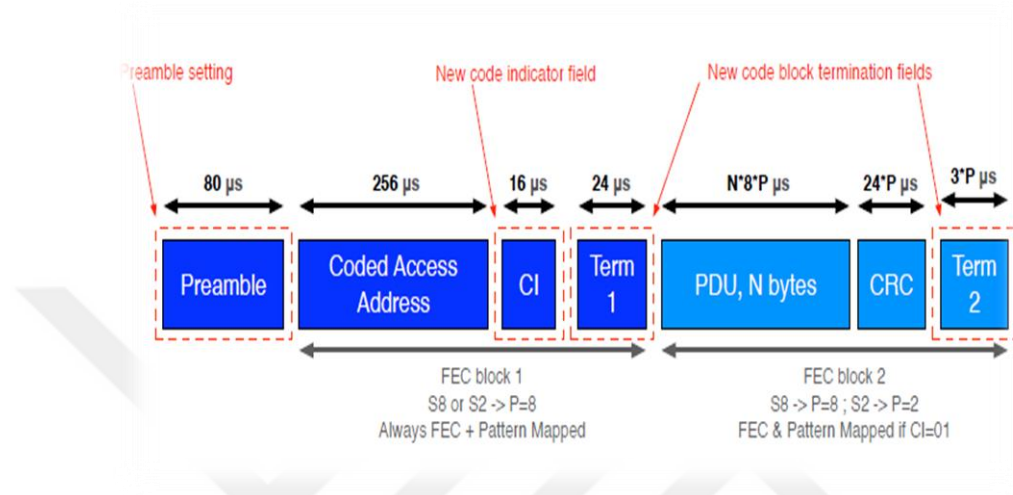
Feature	Bluetooth Classic	Bluetooth 4.x	Bluetooth 5	IEEE 802.15.4 - ZigBee	IEEE 802.11ah - HaLow
Radio Frequency (MHz)	2400 to 2483.5	2400 to 2483.5	2400 to 2483.5	868.3, 902 to 928, 2400 to 2483.5	900
Distance/Range (meters)	Up to 100	Up to 100	Up to 200	Up to 150	Up to 1000
Medium Access Technique	Frequency Hopping	Frequency Hopping	Frequency Hopping	CSMA/CA	Restricted Access Window
Nominal Data Rate (Mbps)	1-3	1	2	0.02-0.25	0.15-7.8
Latency (ms)	<100	<6	<3	<4	~1000
Network Topology	Piconet, Scatternet	Star-bus, Mesh	Star-bus, Mesh	Mesh	Star-bus
Multi-hop Solution	Scatternet	Yes	Yes	Yes	Up to 2 hops
Profile Concept	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Nodes/Active Slaves	7	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Message Size (bytes)	Up to 358	31	255	100	100
Certification Body	Bluetooth SIG	Bluetooth SIG	Bluetooth SIG	ZigBee Alliance	IEEE

1.1.2.1. Geniş çekim alanı

Önceki Bluetooth 4.x versiyonlarında kapalı alan uygulamalarda çekim 10-20 metreye kadar idi. Açık alada 100 metreye kadar uzanıyordu. Fakat 5.0 sürümü bunu iki hatta 4 katına çıkarmayı amaçlamakta idi. WI-FI teknolojisinde ise aktarılabilecek herhangi bilgiyi (nem, sıcaklık, ışık, trafik bilgisi vb.) sensörden WI-FI cihazına aktarması gerekmektedir. Bu da AC adaptöre ihtiyacı mecbur kılmaktadır. Fakat Bluetooth ta Bluetooth teknolojisi olan herhangi iki cihaz arasında çalışabilen bir haberleşme protokolüdür ve basit bir batarya ile çalışabilmektedir. Ayrıca Bluetooth 5.0'daki bir diğer avantaj ise; farklı büyüklüklerdeki *data* oranları aynı anda aktarılabilmektedir. Bu işlem *LE Coded* bağlantı türü ile mümkün olmaktadır. Bu bağlantı türünde iki farklı büyüklükteki veriler aktarılacak için birbirini beklemesine gerek kalmaksızın aynı anda

aktarılabilecektir. *LE Code* da s adı verilen veri büyüklükleri vardır. $S=8$ 125 kbps için $S=2$ ise 500 kbps veri aktarımı için kullanılmaktadır.

İletilmesi gereken küçük veriler için büyük alanı harcamaya gerek kalmaksızın küçük veri iletelebilmektedir. Bu da enerji verimliliği sağlamaktadır. Şekil 1.4'te *LE Coded mode*'un paket yapısı görülmektedir.



Şekil 1.4. LE Coded Mode un paket yapısı

1.1.2.2. Hızlı Veri İletimi

Bluetooth 5.0 da veri iletimi hızı 2 katına çıkmıştır (maksimum 1 Mbps iken 2 Mbps olmuştur). Yani herhangi veri aktarımı için beklenecek olan süre yarıya düşmüştür. Bu da cihazlardaki veri aktarım sırasında daha fazla enerji tasarrufu demektir.

1.1.2.3. Yayın Kapasitesi ve Uzun Batarya Ömrü

Yeni teknoloji ile yayın kapasitesi de artmıştır. Aynı ağda bulunan *beaconlar* anlık sürekli veri aktarmak için çip seti ve aksesuar olarak kullanılmaktadır. Bu *beaconlar* yakınındaki ürüne anlık ve sürekli veri paylaşımı yapmaktadır. Bunlar; restoran menüsü, trafik bilgileri vb. gibi. Ayrıca Bluetooth 5.0 da yeni olarak cihazlar arasında daimî veri aktarımı cihazlar senkronize olmadan da mümkün olabilmektedir. Eşleşme olmaksızın anlık ve daimî veri aktarımı aynı ağ içerisinde bulunan cihazlar için mümkün olmaktadır (Mclachian,2020).

Bluetooth 4.x de veri büyüklüğü 31 *byte* idi bu hem veri iletimi hem de protokol kullanımı için yeterli değildi. Hatta bazı şirketler Apple ve Microsoft gibi; bu veriyi evrensel özgün tanımlayıcılar (UUD) (Universally Unique Identifiers)'ın limitleri altında tutmaya çalışsalar da bazı büyük veriler (url'ler veya uzaktan ölçüm verileri vb.) için yeterli olmadığı açıldı. Bluetooth 5 bunu çözerek iletilecek veriyi 255 *byte* a çıkarmıştır. Daha yeni olan bir teknoloji olduğundan örgüsel ağı da desteklemektedir.

2 kat hıza ulaşan ve daha geniş menzile normal şartlarda daha fazla enerji demektir. Fakat dahice dizayn sayesinde modülasyon tekniği kullanılarak bu durum tam olarak yarıya indirilmiş durumdadır.

1.1.3. Bluetooth Protokolleri

Kablosuz veri alışverişi standardı Bluetooth, çeşitli protokoller kullanır. Çekirdek protokoller ticaret organizasyonu Bluetooth SIG tarafından tanımlanır. Diğer standart kuruluşlarından ek protokoller kabul edilmiştir. Bu makale, temel protokollere ve yaygın olarak kullanılan kabul edilen protokollere genel bir bakış sunar.

Bluetooth protokol yığını iki kısma ayrılır: zamanlama açısından kritik radyo arabirimini içeren bir "kontrolcü yığını" ve yüksek seviyeli verilerle ilgilenen bir "ana bilgisayar yığını". Denetleyici yığını genellikle Bluetooth radyo ve bir mikroişlemci içeren düşük maliyetli bir silikon cihazda uygulanır. Ana bilgisayar yığını genellikle bir işletim sisteminin parçası olarak veya bir işletim sisteminin üzerine kurulabilir bir paket olarak uygulanır. Bluetooth kulaklıklar gibi entegre cihazlar için, seri üretim maliyetlerini azaltmak için ana bilgisayar yığını ve denetleyici yığını aynı mikroişlemci üzerinde çalıştırılabilir; bu ana bilgisayarsız sistem olarak bilinir.

1.1.3.1. Denetleyici yığını

Bluetooth teknolojisi, kablosuz iletişim ve veri transferi için yaygın olarak kullanılan bir standarttır. Bluetooth denetleyici yığını (*controller stack*), bu teknolojinin temel işlevlerini uygulayan ve düzenleyen yazılım bileşenlerini içerir.

1.1.3.1.1. Asenkron Bağlantı-Daha Az [mantıksal aktarım] (ACL)

Erişimi tahkim etmek için bir yoklama TDMA şeması kullanan genel veri paketleri için kullanılan normal radyo bağlantısı türüdür. Aşağıdakilerle ayırt edilen çeşitli türlerdeki paketleri taşıyabilir:

- Uzunluk (gerekli yük boyutuna bağlı olarak 1, 3 veya 5 zaman dilimi)
- İleri hata düzeltme (isteğe bağlı olarak güvenilirlik lehine veri hızını düşürme)
- Modülasyon (Gelişmiş Veri Hızı paketleri, yük için farklı bir RF modülasyonu kullanarak üç kata kadar veri hızına izin verir)

Paketlerin aktarılabilmesi için iki cihaz arasında açıkça bir bağlantı kurulmalı ve kabul edilmelidir.

ACL paketleri, onaylanmadığında otomatik olarak yeniden iletilir ve parazite maruz kalan bir radyo bağlantısının düzeltilmesine izin verir. İçin eşzamanlı veri yeniden iletim sayısı yıkama zaman aşımı ile sınırlı olabilir; ancak L2PLAY yeniden iletim ve akış kontrol modu veya EL2CAP kullanılmadan, paket kaybını daha yüksek bir katman ele almalıdır.

Denetim zaman aşımı süresi boyunca hiçbir şey alınmazsa ACL bağlantıları kesilir; varsayılan zaman aşımı 20 saniyedir, ancak bu, *master* tarafından değiştirilebilir.

1.1.3.1.2. Senkronize Bağlantı Odaklı (SCO) bağlantı

Ses verileri için kullanılan radyo bağlantısının türüdür. Bir SCO bağlantısı, mevcut bir ACL bağlantısındaki bir dizi ayrılmış zaman aralığıdır. Her cihaz, ayrılmış zaman diliminde kodlanmış ses verilerini iletir. Yeniden iletim yoktur, ancak isteğe bağlı olarak ileri hata düzeltmesi uygulanabilir. SCO paketleri her 1, 2 veya 3 zaman diliminde bir gönderilebilir.

Gelişmiş SCO (eSCO) bağlantıları, bağlantıların kurulmasında daha fazla esneklik sağlar: güvenilirlik elde etmek için yeniden iletimleri kullanabilir, daha geniş bir paket türü çeşitliliğine ve paketler arasında SCO'dan daha büyük aralıklara izin verebilir, böylece diğer bağlantılar için radyo kullanılabilirliğini artırabilir.

1.1.3.1.3. Bağlantı Yönetim Protokolü (LMP)

LMP (Link Manager Protocol), Bluetooth teknolojisinin önemli bir bileşenidir ve Bluetooth cihazlarının birbirleriyle iletişimini düzenler. Bluetooth cihazları arasındaki bağlantıların kurulmasını, sürdürülmesini ve sonlandırılmasını sağlar. Bu, cihazlar arasında sürekli ve güvenilir bir bağlantı oluşturulmasını mümkün kılar. Veri aktarımı sırasında LMP, veri paketlerinin düzenlenmesini ve iletimini sağlar. Bu, hızlı ve güvenilir veri iletimini mümkün kılar. Ayrıca enerji tüketimini optimize etmek için de kullanılır. Özellikle düşük güç tüketimine sahip Bluetooth cihazlarında enerji verimliliği sağlar. Aynı zamanda bağlantıların güvenliğini sağlamak için şifreleme ve kimlik doğrulama gibi güvenlik önlemlerini içerir.

Sonuç olarak, LMP, Bluetooth cihazlarının düzgün çalışmasını ve güvenli iletişimini sağlamak için önemli bir rol oynar. Bu protokol, Bluetooth teknolojisinin yaygın kullanımını destekler.

1.1.3.1.4. Ana Bilgisayar Denetleyici Arayüzü (HCI)

Ana bilgisayar yığını (örneğin, bir PC veya cep telefonu işletim sistemi) ve denetleyici (Bluetooth entegre devresi (IC)) arasında standartlaştırılmış iletişimdir. Bu standart, ana bilgisayar yığınının veya denetleyici IC'nin minimum uyarılma ile değiştirilmesine izin verir.

Aynı komut, olay ve veri paketlerini aktarmak için her biri farklı bir donanım arayüzü kullanan birkaç HCI taşıma katmanı standardı vardır. En yaygın kullanılanları USB (PC'lerde) ve UART'tır (cep telefonlarında ve PDA'larda).

Basit işlevselliğe sahip Bluetooth cihazlarında (örneğin kulaklıklar), ana bilgisayar yığını ve denetleyici aynı mikroişlemci üzerinde uygulanabilir. Bu durumda HCI isteğe bağlıdır, ancak genellikle dahili bir yazılım arabirimi olarak uygulanır.

1.1.3.1.5. Düşük Enerji Bağlantı Katmanı (LE LL)

Bu katman, Bluetooth Low Energy (LE) için LMP eşdeğeridir, ancak daha basittir. Kontrolör üzerinde uygulanır ve Bluetooth perspektifinden donanım bakış açısına yakın, düşük seviyeden reklam, tarama, bağlantı ve güvenliği yönetir.

1.1.3.2. Ana Bilgisayar Yığını

Bluetooth teknolojisi, iletişim için kullanılan bir dizi protokol ve katmandan oluşur. Bu katmanlar, Bluetooth cihazlarının birbiriyle iletişim kurmasını ve veri alışverişi yapmasını sağlayan temel yapı taşlarıdır. Bluetooth protokollerinden biri olan "Bluetooth Ana Bilgisayar Yığını (Bluetooth Host Stack)" veya sıkça adı geçen "Bluetooth Host" olarak bilinen katman, Bluetooth cihazlarının işletim sistemleri ve uygulama yazılımları tarafından kullanılan yazılım yığınıdır.

1.1.3.2.1. Mantıksal bağlantı kontrolü ve uyarlama protokolü (L2CAP)

L2CAP, Bluetooth protokol yığını içinde kullanılır. Paketleri Ana Bilgisayar Denetleyici Arabirimine (HCI) veya ana bilgisayarsız bir sistemde doğrudan Bağlantı Yöneticisi/ACL bağlantısına iletir.

L2CAP'ın işlevleri şunları içerir:

- Farklı yüksek katman protokolleri arasında veri çoğullama.
- Paketlerin segmentasyonu ve yeniden birleştirilmesi.
- Bir grup diğer Bluetooth cihazına çok noktaya yayın verilerinin tek yönlü iletim yönetimini sağlama.
- Daha yüksek katman protokolleri için hizmet kalitesi (QoS) yönetimi.

L2CAP, ana bilgisayar ACL bağlantısı üzerinden iletişim kurmak için kullanılır. ACL bağlantısı kurulduktan sonra bağlantısı kurulur.

Temel modda, L2CAP, varsayılan MTU olarak 672 bayt ve minimum zorunlu desteklenen MTU olarak 48 bayt ile 64 kB 'ye kadar yapılandırılabilen bir yüke sahip paketler sağlar. Yeniden iletim ve akış kontrol modlarında, L2CAP, yeniden iletimler ve CRC kontrolleri gerçekleştirilerek kanal başına güvenilir veya asenkron veriler için yapılandırılabilir. Bu modlardan herhangi birinde güvenilirlik, isteğe bağlı olarak ve/veya ek olarak, yeniden iletim sayısını ve boşaltma zaman aşımını (telsizin paketleri temizleyeceği süre) yapılandırarak alt katman Bluetooth BDR/EDR hava arayüzü tarafından garanti edilir. Sıralı sıralama, alt katman tarafından garanti edilir.

1.1.3.2.2. Bluetooth ağ kapsülleme protokolü (BNEP)

BNEP ağ paketlerini L2CAP'nin üzerine teslim etmek için kullanılır. Bu protokol, kişisel alan ağı (PAN) profili tarafından kullanılır. BNEP, Kablosuz LAN'daki Alt Ağ Erişim Protokolü'ne (SNAP) benzer bir işlev gerçekleştirir. Protokol yığığında BNEP, L2CAP'ye bağlıdır.

1.1.3.2.3. Radyo frekansı iletişimi (RFCOMM)

Bluetooth protokolü RFCOMM, öykünülmüş RS-232 seri bağlantı noktaları (bir seferde bir Bluetooth cihazına altmış adede kadar eşzamanlı bağlantı) sağlayan, L2CAP protokolünün üzerinde yapılan basit bir aktarım protokolleri kümesidir. Protokol, ETSI standardı TS 07.10'a dayanmaktadır.

RFCOMM bazen seri bağlantı noktası öykünmesi olarak adlandırılır. Bluetooth seri bağlantı noktası profili bu protokolü temel alır.

RFCOMM, kullanıcıya TCP'ye benzer şekilde basit ve güvenilir bir veri akışı sağlar. AT komutları için bir taşıyıcı olarak ve ayrıca Bluetooth üzerinden OBEX için bir taşıma katmanı olarak, telefonla ilgili birçok profil tarafından doğrudan kullanılır.

Birçok Bluetooth uygulaması, yaygın desteği ve çoğu işletim sisteminde herkese açık API'si nedeniyle RFCOMM'u kullanır. Ayrıca, iletişim kurmak için bir seri bağlantı noktası kullanan uygulamalar, RFCOMM'u kullanmak için hızlı bir şekilde taşınabilir.

Protokol yığığında RFCOMM, L2CAP'ye bağlıdır (Gül,2011).

1.1.3.2.4. Hizmet keşif protokolü (SDP)

Cihazların birbirlerinin hangi hizmetleri desteklediğini ve bunlara bağlanmak için hangi parametrelerin kullanılacağını keşfetmesine izin vermek için kullanılır. Örneğin, bir cep telefonunu bir Bluetooth kulaklığa bağlarken, kulaklık tarafından hangi Bluetooth profillerinin desteklendiğini (kulaklık profili, eller serbest profili, gelişmiş ses dağıtım profili vb.) ve bunun için gereken protokol çoklayıcı ayarlarını belirlemek için

SDP kullanılacaktır. Her hizmet, resmi hizmetlere (Bluetooth profilleri) kısa bir UUID (tam 128 yerine 16 bit) atanan Evrensel Benzersiz Tanımlayıcı (UUID) ile tanımlanır.

Protokol yığnında SDP, L2CAP'ye bağılıdır.

1.1.3.2.5. Telefon kontrol protokolü (TCS)

Telefon kontrol protokolü belirtimi ikili (TCS ikili) olarak da adlandırılır.

Bluetooth cihazları arasında konuşma ve veri aramalarını ayarlamak ve kontrol etmek için kullanılır. Protokol, ITU-T standardı Q.931'e dayanmaktadır ve Ek D hükümleri uygulanarak yalnızca Bluetooth için gerekli olan minimum değışiklikler yapılmıştır.

TCS, interkom (ICP) ve kablosuz telefon (CTP) profilleri tarafından kullanılır. Telefon kontrol protokolü spesifikasyonu, İnternet iletişimi için kullanılan iletim kontrol protokolü (TCP) ile karıştırılmaması için TCP olarak adlandırılmaz.

1.1.3.2.6. Ses/video kontrol aktarım protokolü (AVCTP)

AV/C komutlarını bir L2CAP kanalı üzerinden aktarmak için uzaktan kumanda profili tarafından kullanılır. Stereo kulaklıktaki müzik kontrol düğmeleri, müzik çaları kontrol etmek için bu protokolü kullanır. Protokol yığnında AVCTP, L2CAP'ye bağılıdır.

1.1.3.2.7. Ses/video veri aktarım protokolü (AVDTP)

Bir L2CAP kanalı üzerinden stereo kulaklıklara müzik akışı sağlamak için gelişmiş ses dağıtım profili tarafından kullanılır. Video dağıtım profili tarafından kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Protokol yığnında AVDTP, L2CAP'ye bağılıdır.

1.1.3.2.8. Nesne değişimi (OBEX)

Nesne değişimi (OBEX; ayrıca IrOBEX olarak da adlandırılır), cihazlar arasında ikili nesnelerin değişimini kolaylaştıran bir iletişim protokolüdür. Kızılötesi Veri Derneği tarafından sürdürülür, ancak Bluetooth Özel İlgi Grubu ve Open Mobile Alliance'ın (OMA) SyncML kanadı tarafından da benimsenmiştir. (Gül,2011)

Bluetooth'ta OBEX, basit veri alışverişi gerektiren birçok profil için kullanılır (örneğin, nesne gönderme, dosya aktarımı, temel görüntüleme, temel yazdırma, telefon defteri erişimi, vb.).

1.1.3.2.9. Düşük Enerji Nitelik Protokolü (ATT)

Kapsam olarak SDP'ye benzer, ancak Düşük Enerji Bluetooth için özel olarak uyarlanmış ve basitleştirilmiştir. Bir istemcinin, sunucu tarafından açığa çıkarılan belirli öznitelikleri karmaşık olmayan, düşük güç dostu bir şekilde okumasına ve/veya yazmasına olanak tanır.

Protokol yığımında ATT, L2CAP'ye bağlıdır.

1.1.3.2.10. Düşük Enerji Güvenlik Yöneticisi Protokolü (SMP)

Bu protokol, özel anahtar dağıtımını eşleştirmek ve taşımak için Bluetooth Düşük Enerji uygulamaları tarafından kullanılır.

Protokol yığımında SMP, L2CAP'ye bağlıdır (Gül,2011).

1.1.4. Bluetooth Kullanım Alanları

Bluetooth SIG geliştirdiği bazı profilleri kullanım modelleri için tanımlamıştır. Her biri ayrı profil ile eşleşen bu modeller aşağıda anlatılmaktadır.

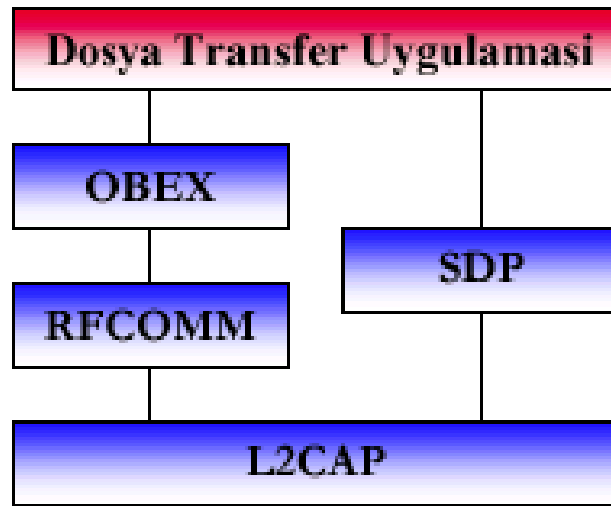
Masaüstü bilgisayarlarda bulunan çevre birimleri her biri ayrı kablo gerektirdiğinden Bluetooth ile bu problem ortadan kalkmaktadır. Bunlara örnek; Mouse, klavye, joystick olarak gösterilebilir. Bu çevrebirimleri farklı amaçlar için de kullanılabilir. Örneğin klavye bir laptopa bağlanabileceği gibi Bluetooth özellikli TV'ye bağlanıp internet tarayıcısında arama yapmak için kullanılabilir (Erkoç,2003).

Bluetooth ses iletimini desteklemesi sonucu kulaklık ve mikrofon cihazları da kablosuz olarak eşleştirilip çağrı merkezi vb. gibi iş yerlerinin yanı sıra araçta veya yürürken telefon ile konuşmayı da kolaylaştırmıştır. Şekil 1.5'te Protokol yığını gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Ses iletimi protokol yığını (Erkoç,2003)

Dosya transferi veri iletimi teknolojilerinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bağlı cihazlar arasında farklı türdeki nesneler gönderilip alınabilmektedir. Bunlar; .doc,.xls,.ppt gibi türlerdir. Aynı yöntem ile uzaktaki cihazda bulunan içeriklerde de tarama yapmak mümkündür. Aynı ağda bulunan kişiler birbirlerine çeşitli dosyaları değiş tokuş yapabilirler. Şekil 1.6'da dosya transferi protokol yığını görülmektedir.



Şekil 1.6. Dosya Transferi protokol yığını

1.2. CANBUS ve CANOPEN Teknolojisi

CANBUS (Controller Area Network), endüstriyel otomasyon, otomotiv, havacılık ve diğer alanlarda kullanılan bir seri iletişim protokolüdür. Veri iletişiminin güvenilirliği ve dayanıklılığı öncelikli olduğu bu tür uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.

Protokol, çoklu cihazların birbirleriyle iletişim kurabildiği bir veri yolu üzerinde çalışır. Farklı cihazlar arasında veri alışverişi yaparken, hızlı ve güvenilir bir iletişim sağlamak için tasarlanmıştır. CANBUS, çok noktalı veri iletimi sağlar ve birçok cihazın aynı iletişim hattını paylaşarak etkili bir şekilde çalışabilmesini mümkün kılar.

CANBUS'un güvenilirliği, hata tespit ve düzeltme mekanizmalarına dayanır. Mesajlar, benzersiz ID'ler (mesaj kimlikleri) ile tanımlanır ve CRC (Cyclic Redundancy Check) algoritmaları kullanılarak hatalı veri iletimi tespit edilir. Bu mekanizmalar, iletişimde oluşan hataların tanımlanmasını ve düzeltilmesini sağlayarak protokolün güvenilirliğini artırır.

CANOPEN, CANBUS tabanlı sistemler için bir üst seviye iletişim protokolüdür. Temel amacı, farklı cihazların ve bileşenlerin birbirleriyle sorunsuz bir şekilde iletişim kurmasını sağlamaktır. CANOPEN, otomasyon, fabrika otomasyonu, tıbbi cihazlar, asansörler gibi birçok alanda kullanılır.

Protokol, çeşitli cihazların standardize edilmiş veri yapısı ve komut seti üzerinden etkileşimde bulunmasını sağlar. Bu, farklı cihazların birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışabilmesini ve karmaşık sistemlerin daha kolay entegre edilmesini sağlar.

CANOPEN, geniş bir cihaz yelpazesi için uygundur ve çeşitli cihaz tiplerini (örneğin sensörler, motor sürücüler, kontrol panelleri) içerebilen sistemlerde kullanılabilir. Protokol, iletişim hızı, veri yapısı ve cihazların işlevleri gibi detayları standartlaştırarak farklı üreticilerden gelen cihazların uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlar.

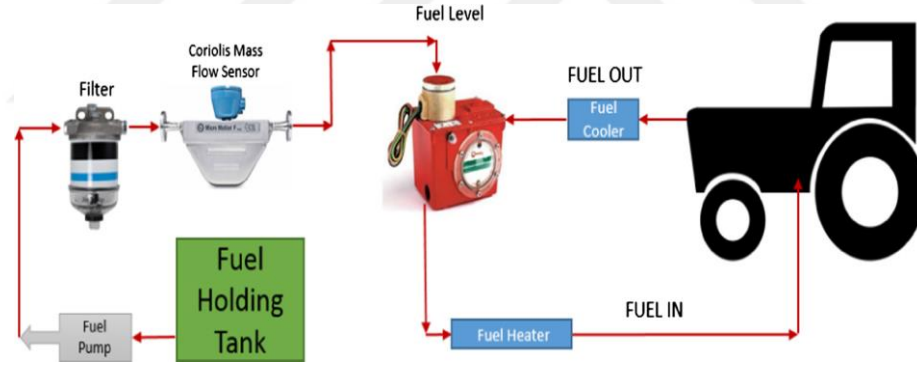
Kısacası, CANBUS endüstriyel iletişim için temel bir protokolken, CANOPEN daha yüksek seviyede cihazlar arası iletişim ve entegrasyonu sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir üst protokoldür.

1.2.1. Güvenilirlik

CANBUS'ın güvenilirliği, endüstriyel otomasyon, otomotiv ve diğer kritik uygulama alanlarında veri iletişiminin sağlanması açısından kritik bir unsurdur. Güvenilirlik, veri iletimindeki hataların minimumda tutulması ve iletişim kanalının stabilitesi ile ilgilidir.

Marx ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı çalışmada traktör yakıt akış hız verilerinin CANBUS sistemi üzerinden doğrulamıştır.

Makine CANBUS tarafından kullanılan yakıt akış hızı mesajının doğruluğu, Nebraska Tractor Test Laboratuvarı tarafından kullanılan fiziksel ölçüm sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, makine CANBUS ve Nebraska Tractor Test Laboratuvarı arasındaki veriler arasındaki yüzde fark incelenmiştir. Ayrıca, yakıt akış hızı değerleri hakkında standart sapma hesaplanarak, farklı tedavi yöntemlerinin yakıt akış hızı hatası üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. (Marx,2015). Şekil 1.7'de traktör yakıt akış hızının ölçülmesi sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



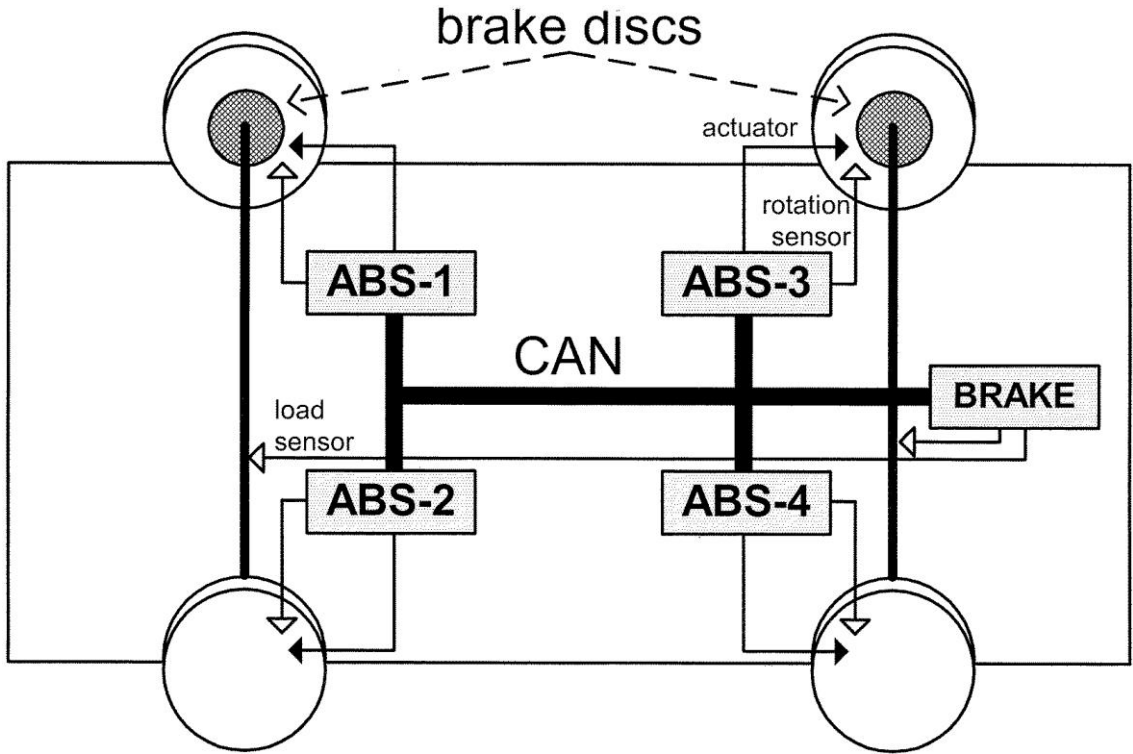
Şekil 1.7. Traktör yakıt akış hızının ölçülmesi (Marx,2015)

CANBUS, hata tespit ve düzeltme mekanizmaları sayesinde yüksek bir güvenilirlik seviyesi sunar. Veri mesajları, benzersiz ID'lerle etiketlenir ve CRC (Cyclic Redundancy Check) algoritmaları ile kontrol edilir. Bu mekanizmalar, iletişim esnasında oluşan hataları tespit edebilir ve gerektiğinde düzeltebilir.

Hansson ve arkadaşlarının 2002 de yaptıkları bir çalışmada; Otomotiv Sistemleri için Kontrolör Alan Ağı (Controller-Area-Network) tabanlı sistemlerin güvenilirliğinin analiz edilmesi için bir yöntem sunulmuştur. Bu yöntem, bir CAN tabanlı otomotiv sisteminin güvenilirliğini analiz etmek için kullanılmıştır.

Yöntem, zamanlama gereksinimlerini karşılamak için yeterli bir olasılıkla kanıtlanabilecek sistemlerin belirlenmesine odaklanır.

Bu yöntem, bir antilock fren sistemi örneği üzerinde uygulanmış ve en kötü durum analizinin sistem zamanlama gereksinimlerini karşılamadığı durumlarda bile, yeterli bir olasılıkla karşılanabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada, zamanlama garantileri, donanım ve yazılım hataları seviyesi ve birim maliyeti arasındaki farklar vurgulamaktadır. Şekil 1.8’de uygulanan *antilock* sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 1.8. Araç fren sistemi blok diyagramı (Hansson,2002)

Protokolün çok noktalı yapısı, iletişim hatasının bir cihazın işleyişini etkilemeden diğer cihazlarla iletişime devam etmesini sağlar. Ayrıca, hata tespit ve düzeltme algoritmaları sayesinde hatalı veri iletimi minimize edilir, böylece sistem güvenilirliği artar.

CANOPEN protokolü, CANBUS tabanlı sistemlerde güvenilir iletişim sağlama amacıyla geliştirilmiş bir üst seviye protokoldür. Bu protokolün güvenilirliği, daha geniş bir yelpazede cihazların ve bileşenlerin etkileşimde bulunmasını sağlayarak gerçekleştirilir.

CANOPEN, cihazların birbirleriyle haberleşirken aynı veri yapıları ve komut setlerini kullanmasını sağlar. Bu standartlaştırma, uyumlu cihazların sorunsuz bir şekilde çalışabilmesini garanti eder ve hatalı iletişim riskini en aza indirir.

Protokol, önceden belirlenmiş iletişim hızları, veri formatları ve cihaz fonksiyonları gibi standartlara sahiptir. Bu da cihazların beklenmeyen hatalardan ve uyumsuzluklardan kaçınmasını sağlayarak sistem güvenilirliğini artırır.

Sonuç olarak hem CANBUS hem de CANOPEN protokolleri, güvenilir iletişimi sağlamak üzere tasarlanmıştır. CANBUS'un hata tespit ve düzeltme mekanizmalarıyla, iletişimde oluşabilecek hataların tespiti ve düzeltilmesi mümkün hale gelirken, CANOPEN protokolü uyumlu cihazların ve sistemlerin güvenilir bir şekilde bir arada çalışmasını sağlamak için geliştirilmiştir.

1.2.2. Yüksek Hız

Yüksek hızlı CAN, veri iletim hızının daha yüksek olduğu bir CAN iletişim protokolüdür. Standart bir CAN hattının iletişim hızı genellikle 1 Megabit/saniye (1 Mbps) ile sınırlıdır, ancak yüksek hızlı CAN, bu hızı daha da artırabilir. Otomotiv endüstrisinde, yüksek hızlı CAN, araç içi iletişim ağı olarak kullanılır. Bu, motor kontrol üniteleri, hava yastıkları, fren sistemleri ve diğer önemli sistemler arasında hızlı ve güvenilir veri paylaşımını sağlar.

1.2.2.1. Yüksek Hızın Önemi ve Etkileri

Yüksek hızlı veri iletişimi, günümüz endüstriyel ve otomotiv sistemlerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Veri iletim hızının artması, sistemler arası hızlı ve anlık veri alışverişi gerektiren uygulamalarda kritik bir faktördür. Özellikle endüstriyel otomasyon, akıllı şehirler, sürücüsüz araçlar gibi alanlarda, yüksek hızlı iletişim, sistem verimliliğini ve tepki süresini artırabilir.

1.2.2.2. Yüksek Hızlı Veri İletimi ve CANBUS

CANBUS protokolü, yüksek hızlı veri iletimini desteklemek için özel olarak tasarlanmıştır. Yüksek veri hızı gerektiren uygulamalarda, iletişim hızı artırılabilir ve

buna uygun olarak veri paketleri düzenlenebilir. Bu, sistemler arası hızlı veri iletimi gerektiren uygulamalarda daha etkili iletişim sağlayabilir.

1.2.2.3. Veri Bütünlüğü ve Yüksek Hız

Yüksek hızlı iletişimde veri bütünlüğü daha büyük bir öneme sahiptir. Veri paketleri daha hızlı iletilirken, hatalı iletim veya veri kaybı riski artabilir. Bu nedenle, yüksek hızda iletişim sağlamak için güvenilirlik mekanizmalarının iyileştirilmesi ve hata tespit/düzeltilme algoritmalarının daha etkili kullanılması gerekebilir.

1.2.2.4. CANBUS ve Yüksek Hızdaki Zorluklar

Yüksek hızlı iletişim, CANBUS sistemi için bazı zorlukları da beraberinde getirir. Elektromanyetik girişim, hatalı kablo bağlantıları ve yüksek trafik yoğunluğu gibi faktörler, yüksek hızlı iletişimin güvenilirliğini etkileyebilir. Bu zorluklar göz önünde bulundurularak, yüksek hızlı iletişimi desteklemek için ek önlemler ve iyileştirmeler düşünülmelidir.

1.2.2.5. Yüksek Hızın Geleceği

Endüstriyel otomasyonun ve akıllı sistemlerin gelişimiyle birlikte, yüksek hızlı iletişimin önemi artmaya devam edecektir. Bu, veri yoğunluğu yüksek uygulamalarda daha hızlı tepki süreleri, daha verimli sistemler ve daha akıllı çözümler anlamına gelir. Bu bağlamda, CANBUS protokolünün yüksek hızlı iletişim gereksinimlerine nasıl daha iyi cevap verebileceği daha fazla araştırma gerektiren bir konudur.

1.2.3. Esneklik

CANBUS, birçok esneklik özelliği sunar. Birden fazla cihazın aynı veri hattını kullanmasına izin verir ve acil durumlar için öncelik düzenlemesi sağlar. Veri paketlerinin uzunluğunu esnek bir şekilde ayarlayabilir ve gönderim zamanlamasını kontrol edebilirsiniz. Ayrıca, hataları algılamak ve düzeltmek için özellikler sunar. Farklı ağ topolojilerini destekler ve veri iletim hızını değiştirebilirsiniz. Ayrıca, çeşitli özelleştirilmiş CAN protokolleri ile farklı uygulama gereksinimlerini karşılamak için

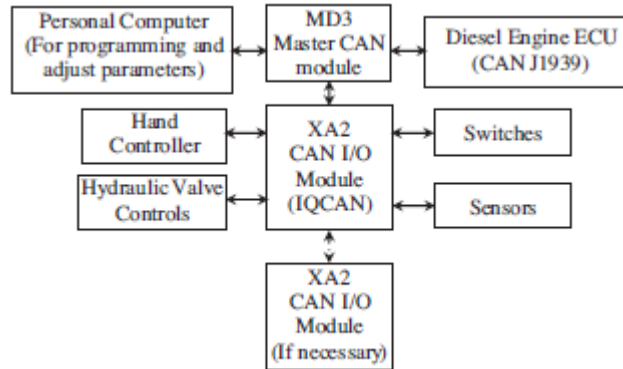
esneklik sunar. Bu esneklik özellikleri, CANBUS'un birçok farklı uygulama alanında kullanılmasını sağlar.

1.2.3.1. Esneklik ve Endüstriyel Sistemler

Esneklik, günümüzde endüstriyel sistemlerin tasarımından işleyişine kadar birçok yönünü etkileyen önemli bir kavramdır. Endüstriyel otomasyon, üretim ve taşıma sistemlerinde esnekliğin artırılması, değişen iş gereksinimlerine hızlı yanıt verme yeteneği anlamına gelir.

1.2.3.2. Esneklik ve CANBUS Protokolü

CANBUS protokolü, esnek bir iletişim yapısına sahiptir ve bu nedenle endüstriyel sistemlerde çeşitli esneklik ihtiyaçlarını karşılayabilir. Protokol, farklı cihazların kolayca entegre edilmesine ve iletişim kurmasına olanak tanır. Bu, sistemin gerektiğinde genişletilmesi veya değiştirilmesi gerektiğinde büyük bir avantaj sağlar. Özcan ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmada, vinç kapasitesini artırmak için dizel motor monte edilerek operatörün verileri canlı olarak görüntüleyebilmesini sağlamışlardır. Geliştirilen sistem sayesinde CAN veri yolu üzerinden bir dizel motor çalıştırılmıştır. Bu sayede en az miktarda kablo kullanılarak vinç verilerinin görüntülenmesi sağlanmış, yük altında dizel motorun optimum çalışma şartları oluşturularak gereksiz yakıt tüketiminin önüne geçilebileceği gösterilmiştir (Özcan,2013). Şekil 1.9'da bu geliştirilen sistemin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 1.9. Dizel motorun vince entegrasyonunun blok diyagramı (Özcan,2013)

1.2.3.3. Esneklik ve Veri Yapısı

CANBUS'un veri yapısı, farklı cihaz türlerine uyum sağlamak için tasarlanmıştır. Bu esnek yapı, farklı sensörlerin, motor sürücülerinin veya diğer bileşenlerin aynı ağ üzerinde etkili bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu, sistemin yapısının ve işlevselliğinin kolayca değiştirilebilmesine olanak tanır.

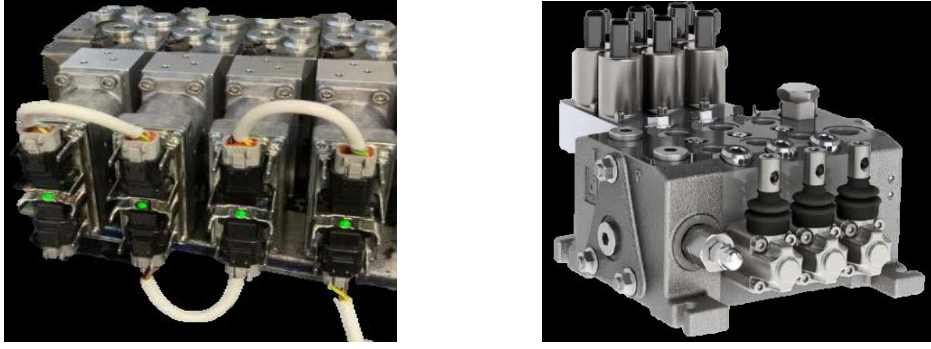
1.2.3.4. Hızlı Yanıt ve Esneklik

Esneklik, hızlı yanıt gerektiren uygulamalarda özellikle kritiktir. Örneğin, üretim hattında yeni bir bileşen eklemek veya kaldırmak gerektiğinde, hızlı ve sorunsuz bir şekilde entegre edilebilmesi esneklik sayesinde mümkün olur. CANBUS protokolü, bu tür değişikliklere uyum sağlama yeteneği ile bu esnekliği destekler.

1.2.3.5. Esneklik ve Optimizasyon

Esneklik, sistem optimizasyonu ile de yakından ilişkilidir. Sistemdeki değişiklikleri ve iyileştirmeleri uygulamak, daha etkili ve verimli bir sistem oluşturmak anlamına gelir. CANBUS'un esnek yapısı, yeni bileşenlerin veya işlevlerin sisteme entegre edilmesi sırasında optimizasyonu kolaylaştırır.

Karagözler ve arkadaşları 2022 yılında yaptıkları çalışmada CANBUS teknolojisinin mobil hidrolik sistemlerdeki performansı nasıl artırdığını ve CANBUS aktüatörlerinin mobil oransal yönlü kontrol valflerinde kullanımının performansı nasıl iyileştirdiğini açıklamışlardır. Ayrıca, CANBUS teknolojisinin kullanımının mobil hidrolik sistemlerdeki maliyetleri düşürdüğü ve arıza bulmayı kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Mobil hidrolik valf teknolojilerinin gelecekteki görünümü hakkında bilgi de verilmektedir. Şekil 1.10'da örnek bir CANBUS ve mobil aktüatörlü mobil valf örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.10. Canbus ve Bobin Aktüatörlü Mobil Valfler (Karagözler,2022)

1.2.3.6. Esnekliğin Geleceği

Endüstriyel otomasyonun ve diğer teknolojilerin gelişimiyle birlikte esnekliğin önemi artmaya devam edecektir. Bu, sistemlerin hızla değişen gereksinimlere ayak uydurabilmesi ve verimli bir şekilde çalışabilmesi anlamına gelir. Bu bağlamda, CANBUS protokolünün esneklik ihtiyaçlarına nasıl daha iyi yanıt verebileceği üzerine daha fazla araştırma ve geliştirme yapılması gerekmektedir.

1.2.4. Maliyet Etkinliği

CANBUS, maliyet açısından etkili bir iletişim protokolüdür. Bu, çeşitli sektörlerde ve uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasının bir nedenidir. CANBUS, basit kablolama gereksinimleri sayesinde düşük kurulum maliyetine sahiptir. Tek bir iki telli kablo, iletişim sağlamak için yeterlidir ve bu da kablo altyapısı maliyetlerini azaltır. Ayrıca, CANBUS'un kullanılması, cihazların maliyetini düşürür, bu da özellikle büyük ağlarda ve endüstriyel otomasyon sistemlerinde avantajlıdır. Yüksek hızlı veri iletimi sağlamasına rağmen, veri iletim hızının kontrol edilebilir olması, gereksiz bant genişliği kullanımını önler ve enerji tasarrufu sağlar.

1.2.4.1. Maliyet Etkinliği ve Endüstriyel Uygulamalar

Maliyet etkinliği, günümüzde endüstriyel sistemlerin tasarımında ve işletilmesinde kritik bir faktördür. Endüstriyel otomasyon, üretim ve taşıma sistemlerinde maliyetleri

düşürmek, rekabet avantajı sağlamak ve daha fazla verim elde etmek amacıyla önceliklidir.

1.2.4.2. Maliyet Etkinliği ve CANBUS Protokolü

CANBUS protokolü, maliyet etkinliği açısından birçok avantaj sunar. İlk olarak, aynı iletişim hattı üzerinde birden fazla cihazın iletişim kurabilmesi, kablo maliyetlerini düşürür. Bu, özellikle büyük sistemlerde kablo karmaşıklığını azaltarak maliyet tasarrufu sağlar.

1.2.4.3. Veri Paylaşımının Maliyet Etkinliği

CANBUS'un yüksek hızlı ve güvenilir veri iletimi, farklı cihazlar arasında veri paylaşımını kolaylaştırır. Örneğin, bir sensörün verileri birden fazla cihaz tarafından kullanılabilir. Bu, her cihazın kendi sensörü olması gerekliliğini ortadan kaldırarak maliyeti düşürür.

1.2.4.4. Modüler Tasarım ve Maliyet Etkinliği

CANBUS protokolü, modüler tasarımı destekler. Bu da, sisteme yeni bileşenlerin eklenmesini veya mevcut bileşenlerin çıkarılmasını kolaylaştırır. Böylece, sistemin değiştirilmesi veya genişletilmesi gerektiğinde daha düşük maliyetli bir yaklaşım benimsenir.

1.2.4.5. Bakım ve Maliyet Etkinliği

Maliyet etkinliği, sistemin bakım süreçlerine de yansır. CANBUS'un hata tespit ve düzeltme mekanizmaları sayesinde hatalı veri iletimi minimize edilir. Bu da sistemdeki hataların tespit edilmesini ve düzeltilmesini hızlandırarak bakım maliyetlerini düşürür. Endüstriyel otomasyonun ve diğer teknolojilerin gelişimiyle birlikte maliyet etkinliğinin önemi artmaya devam edecektir. Bu, şirketlerin daha rekabetçi olmaları, daha fazla verim sağlamaları ve maliyetleri düşürmeleri anlamına gelir. Bu bağlamda, CANBUS protokolünün maliyet etkinliği üzerine odaklanan çalışmalara ve iyileştirmelere daha fazla gereksinim duyulmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Vinç Seçimi ve Özellikleri

Bu tez çalışmasında 45 metre yükseklikteki mesafeye insan kaldırma platformu türünde araç üstü vinç seçimi yapılmıştır. Kıırma bom dediğimiz ve fly bom denilen kısımları içermektedir 45 metre insan kaldırma platformu genellikle yüksek irtifalarda çalışma ihtiyacı olan alanlarda kullanılan bir vinç türüdür. 45 metre insan kaldırma platformunun bazı temel özelliklerini sıralarsak:

Maksimum Yükseklik: 45 metre insan kaldırma platformu, vinç kolunun maksimum erişebileceği yükseklik demektir. Bu yükseklik, genellikle bina inşaatı, bakım ve onarım işleri gibi yüksek irtifalarda çalışma gerektiren alanlarda kullanılır.

Yük Kapasitesi: Bir insan kaldırma platformunun taşıyabileceği maksimum yük miktarı önemli bir özelliktir. 45 metre insan kaldırma platformları genellikle yüksek yük kapasitesine sahip olup, inşaat malzemeleri, ekipman veya personel taşımak için kullanılabilir.

Kaldırma Hızı: İnsan kaldırma platformlarının kaldırma ve indirme işlemlerini ne kadar hızlı gerçekleştirebildiği de önemlidir. Bu, iş verimliliğini artırır ve çalışma sürelerini kısaltır. 45 metre insan kaldırma platformları genellikle hızlı ve verimli kaldırma hızlarına sahiptir.

Platform Kapasitesi: Platformun üzerinde çalışacak personel veya malzemeler için yeterli alan sağlaması önemlidir. 45 metre insan kaldırma platformları geniş ve güvenli bir çalışma platformuna sahip olup, personelin konforlu ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar.

Manevra Kabiliyeti: İnsan kaldırma platformlarının kolayca hareket edebilmesi ve dar alanlarda dahi manevra yapabilmesi önemlidir. 45 metre insan kaldırma platformları genellikle dönme, yanal hareket ve diğer manevra yeteneklerine sahip olup, çalışma sahasında esneklik sağlar.

Güvenlik Özellikleri: İnsan kaldırma platformlarında güvenlik önlemleri büyük önem taşır. 45 metre insan kaldırma platformları genellikle güvenlik kafesi, kemer sistemi, acil durum düğmeleri gibi özelliklerle donatılmıştır ve işçilerin güvenliğini sağlar.

2.2. Mevcut Moment Kontrol Sistemlerinin Analizi

2.2.1. Katlanır Bomlu Hidrolik Vinçler

Katlanır bomlu hidrolik vinçler, endüstriyel işlerde yük taşıma ve kaldırma işlemlerinde kullanılan özel tip vinçlerdir. Bu vinçler, genellikle inşaat siteleri, depo alanları, limanlar ve benzeri büyük iş sahalarında ağır yükleri kaldırmak ve taşımak için kullanılır.

2.2.1.1. Çalışma Prensibi

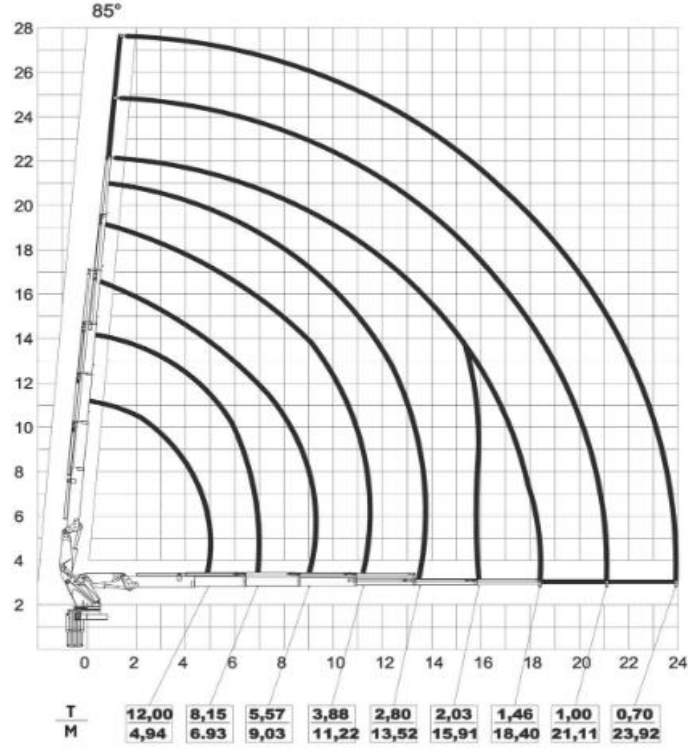
Katlanır bomlu hidrolik vinçler, hidrolik sistemlerin gücünü kullanarak yükleri yükseltmek ve taşımak için tasarlanmıştır. Genellikle bir hidrolik pompa tarafından üretilen yüksek basınçlı hidrolik yağın kullanılmasıyla çalışırlar. Hidrolik yağ, bir dizi hidrolik silindir veya motor aracılığıyla kontrol edilir ve bu, vinçin hareketini sağlar.

2.2.1.2. Katlanır Bomlu Tasarım

Katlanır bomlu vinçlerin önemli bir özelliği, taşıma ve depolama sırasında kolaylık sağlamak amacıyla bomlarının katlanabilir olmasıdır. Bu, vinç operatörlerine iş sahasında daha fazla manevra kabiliyeti sunar ve vinçlerin daha az yer kaplamasını sağlar.

2.2.1.3. Kaldırma Kapasitesi

Katlanır bomlu hidrolik vinçler, farklı kaldırma kapasitelerine sahiptir. Küçük inşaat işlerinden büyük endüstriyel projelere kadar geniş bir yelpazede kullanılırlar. Kaldırma kapasitesi, vinçlerin tasarımına ve boyutlarına bağlı olarak değişir. Şekil 2.1 de 20 ton/metre kapasiteli katlanır bomlu vincin kaldırma kapasitesi görülmektedir.



Şekil 2.1. Vinç Yük Kaldırma Diyagramı (hidrokon.com)

2.3.1.4. Uygulama Alanları

Bu tür vinçler, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılır. Ayrıca limanlarda, yük taşımacılığı alanında, depo alanlarında ve endüstriyel tesislerde de kullanılırlar. Yüksek taşıma kapasiteleri ve esnek tasarımları, farklı uygulama alanlarında etkili bir şekilde kullanılmalarını sağlar.

2.3.1.5. Hareket Kabiliyeti

Katlanır bomlu hidrolik vinçler genellikle tekerlekli şasi üzerine monte edilir, bu da onların hareket kabiliyetini artırır. Bu vinçler, iş sahasında hızlı bir şekilde taşınabilir ve farklı pozisyonlarda kullanılabilir.

2.3.1.6. Güvenlik ve Kontrol Sistemleri

Bu vinçler, güvenlik ve kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Operatörler genellikle uzaktan kumanda cihazları kullanarak vinçleri kontrol ederler. Ayrıca aşırı yük ve aşırı yükleme durumlarını tespit etmek için güvenlik sistemleri de bulunur.

Katlanır bomlu hidrolik vinçler, endüstriyel işlerde yük kaldırma ve taşıma işlemlerini daha verimli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmek için önemli makinelerdir. Bu vinçlerin tasarımı ve işlevselliği, büyük inşaat projeleri ve endüstriyel faaliyetler için vazgeçilmezdir.

2.2.2. İnsan Kaldırma Platformları

Araç üstü insan kaldırma platformları, işçileri yüksek noktalara erişim sağlamak ve çalışmak için kullanılan mobil cihazlardır. Bu tür platformlar, genellikle taşınabilir bir araç veya kamyonun üstüne monte edilir ve yüksekliklere çıkabilme yeteneği sunar.

2.2.2.1. Çalışma Prensibi

Araç üstü insan kaldırma platformları, genellikle hidrolik sistemler veya vinçler aracılığıyla çalışırlar. İşçiler, platformun üzerine yerleştirilen bir sepete yerleşirler ve platformun yükselmesi veya alçalmasıyla çalışma yüksekliğine erişirler. Bu platformlar, işçilere inşaat, bakım, onarım veya temizlik işlerinde yüksek noktalara erişim sağlar.

2.2.2.2. Mobilite

Araç üstü insan kaldırma platformları mobil cihazlarla donatıldığı için taşınabilirler. Bu, farklı iş sahaları arasında kolayca taşınabilir ve çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilirler.

2.2.2.3. Uygulama Alanları

Bu tür platformlar birçok farklı uygulama alanında kullanılır. İnşaat sektöründe, elektrik hatlarının bakımı, bina dış cephe temizliği, ağaç budama, tabela montajı, trafik

ışığı bakımı ve daha birçok işte kullanılırlar. Ayrıca, acil durum müdahale ekipleri de araç üstü insan kaldırma platformlarını sıkça kullanır.

2.2.2.4. Güvenlik Önlemleri

Araç üstü insan kaldırma platformlarının güvenli kullanımı büyük önem taşır. İşçilerin güvende olması için platformlar güvenlik standartlarına ve yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmalıdır. Ayrıca, işçiler için düşme önleme sistemleri, acil durum durdurma düğmeleri ve güvenlik kemerleri gibi ek güvenlik önlemleri de sağlanmalıdır. Mevcut insan kaldırma platformu, hareketlerini ve yüksekliğini kontrol etmek için bir dizi mevcut moment kontrol sistemine sahiptir. Bu sistemler, vinçin stabilitesini sağlamak, yüksekliğini kontrol etmek ve istenen moment değerlerine ulaşmasını sağlamak için tasarlanmıştır.

Bu sistemlerin temel bileşenleri arasında sensörler, kontrol üniteleri ve aktüatörler bulunur. Sensörler, vinçin pozisyonunu, açısal verileri, moment değerlerini ve diğer ilgili parametreleri algılamak için kullanılır. Bu sensörler genellikle açı sensörleri, yük hücreleri ve hız sensörlerini içerebilir. Algılanan veriler, kontrol ünitelerine iletilir.

Kontrol üniteleri, sensörlerden gelen verileri işler ve vinçin moment kontrolünü sağlar. Bu üniteler, genellikle mikrodenetleyiciler veya programlanabilir mantık denetleyicileri (PLC) gibi elektronik cihazlar aracılığıyla çalışır. Kontrol üniteleri, belirlenen moment değerlerine ulaşmak için vinçin hareketlerini düzenler. Bunun yanı sıra, güvenlik özelliklerini içeren acil durum düğmeleri, aşırı yük koruması ve diğer koruma mekanizmalarını da kontrol eder.

Aktüatörler, vinçin hareketlerini gerçekleştirmek için kullanılan mekanik veya hidrolik bileşenlerdir. Bu bileşenler, vinç kolunun dönmesini, yüksekliğini değiştirmesini ve yükleri kaldırıp indirmesini sağlar. Hidrolik silindirler, vinç kolunun yükselip alçalmasını kontrol ederken, motorlar ve dişli mekanizmaları vinçin dönüş hareketini sağlar.

Mevcut insan kaldırma platformunun moment kontrol sistemleri, sensörlerin algıladığı verileri kontrol ünitelerine ileterek, istenen moment değerlerine ulaşmak için uygun hareketleri gerçekleştiren aktüatörler tarafından desteklenir. Bu sistemler, vinçin stabilitesini sağlamak, yüksekliğini kontrol etmek ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için tasarlanmıştır.

2.2.2.5. Teknolojik İlerlemeler

Araç üstü insan kaldırma platformları teknolojik olarak sürekli olarak geliştirilmektedir. Daha güçlü hidrolik sistemler, daha hassas kontroller ve otomasyon özellikleri gibi yenilikler, bu platformların işlevselliğini ve güvenliğini artırır.

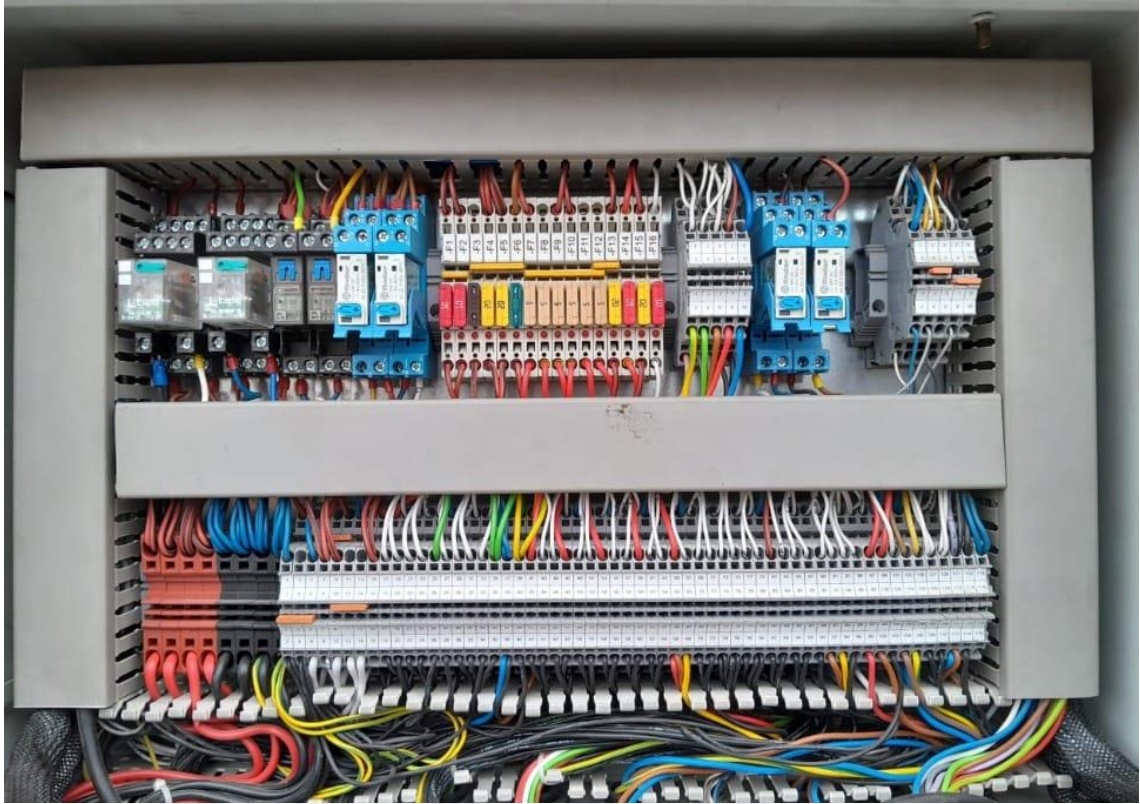
Araç üstü insan kaldırma platformları, yüksek yerlere güvenli ve verimli bir şekilde erişim sağlamak için vazgeçilmez araçlardır. Bu tür platformların doğru şekilde kullanılması ve bakımı, işçilerin güvenliğini ve iş verimliliğini sağlamak için çok önemlidir. Bu tez çalışmasında operatöre daha fazla kullanım kolaylığı sağlamak ve teknolojik olarak daha gelişmiş bir moment kontrol sistemi tasarlamak amaçlı uzaktan kablosuz kontrol edilebilen vinç tasarlanıp devreye alınmıştır.

2.3. Sistemin Devreye Alınması

Bu süreç, platformun elektrik montajından CANBUS sensörlerinin yerleştirilmesine, sistem kalibrasyonundan uzaktan kumanda sistemi entegrasyonuna kadar bir dizi kritik adımı içermektedir. Bu adımlar, platformun güvenli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için büyük önem taşır.

2.3.1. Elektrik Montajı

İlk adım, platformun elektrik montajının yapılmasıdır. Bu, platformun elektriksel komponentlerin, CANBUS sensörlerinin ve diğer elektronik parçalarının montajını içerir. Ayrıca, enerji kaynağına bağlantılar ile elektrik panolarının yapımı da bu aşamada gerçekleştirilir. Şekil 2.2 de pano bağlantıları görülmektedir.



Şekil 2.2. Pano Montajı

2.3.2. CANBUS Sensörlerinin Montajı

CANBUS sistemi için gerekli olan sensörler, platformun farklı bölgelerine monte edilir. Bu sistemde, açı sensörleri, uzunluk sensörleri, şase denge sensörü, yük hücresi gibi CANBUS sistemine dahil olan sensörler kullanılacağı için ilgili sensörler monte edilmiştir.

2.3.2.1. Açı Sensörü

Kullanılan açı sensörler TSM TLP300 serisidir. Açı sensörü görseli Şekil 2.3'teki gibi olup özellikleri Çizelge 2.1'deki gibidir.



Şekil 2.3. TSM Açık Sensörü

Çizelge 2.1. TSM Açık Sensörü Özellikleri

Özellik Türü	Özellik Adı	Açıklama
Teknik	Ölçme aralığı	$\pm 85^\circ$ iki eksen tipi ± 180 ve $0 \dots 360^\circ$ tek eksen tipi
Teknik	Doğruluk	$\pm 0.3^\circ$
Teknik	Çözünürlük	0.01°
Teknik	Koruma Sınıfı	IP 67
Teknik	Çalışma Sıcaklığı	$-40^\circ\text{C} \dots +85^\circ\text{C}$
Teknik	Ağırlık	70 g
Elektronik	Çalışma Gerilimi	5-32 V DC
Elektronik	Enerji Tüketimi	30 mA (12 VDC) 15 mA (24 VDC)
Elektronik	Başlama zamanı	< 1.5 s
Elektronik	Arayüz	CANOPEN
Elektronik	CANOPEN profil uygunluğu	CiA DS301

2.3.2.2. Uzunluk Sensörü

Sistemde kullanılan uzunluk sensörleri TSM -CET serisidir. Hem açı hem uzunluk sensörü ana bomda kullanılmıştır. Denge ayaklarında sadece uzunluk sensörleri yer almaktadır. Uzunluk sensörünün görseli Şekil 2.4’ deki gibi olup özellikleri Çizelge 2.2’deki gibidir.



Şekil 2.4. TSM Uzunluk- Açı Sensörü

Çizelge 2.2. TSM Uzunluk-Açı Sensörü Özellikleri

Özellik Adı	Açıklama
Ölçüm Uzunluğu	5m (ayak uzunluk) 12.5 m (bom uzunluk)
Çalışma Sıcaklığı	-40...+85
Koruma Seviyesi	IP 67
Paslanmaz Çelik Halat	7x7
Ters kutup koruması	Mevcut
Redundant Çıkışı	Mevcut
CANOPEN Çıkışı	Mevcut

2.3.2.3. Dönüş Enkoderi

Sistemde kullanılan kule dönüş enkoderi SIKO WH3600 serisidir. Dişli oranına göre kulenin açı bilgisini ekrana CANBUS üzerinden iletmektedir. Dönüş enkoderi görseli Şekil 2.5’ deki gibi olup özellikleri Çizelge 2.3’deki gibidir.



Şekil 2.5. Dönüş Enkoderi

Çizelge 2.3. Kule Dönüş Enkoderi Özellikleri

Özellik Türü	Özellik Adı	Açıklama
Mekanik	Şaft	Paslanma korumalı çelik
Mekanik	Flanş	Paslanmaz çelik
Mekanik	Hız	≤ 3000 rpm
Elektronik	Çalışma Gerilimi	8 ... 36 V DC
Elektronik	Parametre Depolama	100000 cycles
Elektronik	Adres	1...127 CANOPEN
Elektronik	Çalışma Gerilimi	5-32 V DC
Elektronik	Baud Rate	20 kBit/s CANopen 50 kBit/s CANopen 125 kBit/s CANopen, SAE J1939 250 kBit/s CANopen, SAE J1939 500 kBit/s CANopen, SAE J1939 800 kBit/s CANopen 1 Mbit/s CANopen
Elektronik	Başlama zamanı	< 1 s

2.3.2.4. Dokunmatik Ekran

Sistemde kullanılan ekran Opus B4E serisidir. Makinenin operasyon sırasındaki canlı verilerin ve arıza anında arıza dökümünün görülebildiği komponenttir. Dokunmatik ekranın görseli Şekil 2.6'daki gibi olup özellikleri Çizelge 2.4'deki gibidir.



Şekil 2.6. Dokunmatik Ekran

Çizelge 2.4. Dokunmatik Ekran Özellikleri

Özellik Adı	Açıklama
Ekran çözünürlük	800x480 px, 800 cd/ m ² Contrast ratio 7001:1
Hafıza	1 GB DDR2 RAM 4 GB NAND flash
İşlemci	32-bit, 800 MHZ Freescale* .MX6""
Arayüz	2x CANbus ISO 11898 CAN specification 2.0 B active Ethernet 10/100 Mbit/s Base T
Video	Inputs: 1x Analog

2.3.2.5. Merkezi Kontrol Ünitesi (İşlemci)

Sistemde kullanılan işlemci Hydac TTC 50 ailesinden TTC 94 serisidir. HYDAC TTC 94 işlemcisi, 16 bit XC 2287M çekirdekli bir işlemcidir (Özcan ve Özkan,2004). Bu işlemci, 80 MHz saat hızına sahiptir ve 512 Kb RAM'a sahiptir. TTC 94, CANOPEN protokolünü destekler ve CANOPEN tabanlı sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Makinenin bütün *input/outputlarının* kontrol edildiği ve moment kontrol sisteminde o an yapılan operasyonun güvenli olup olmadığına karar verildiği

komponenttir. TTC 94 işlemci Şekil 2.7’ de dir. TTC 94 işlemcinin özellikleri Şekil 2.8’deki gibidir.



Şekil 2.7. TTC 94 İşlemci

Technical data

Environmental conditions	
Operating temperature	-40 .. +85 °C (full load) acc. to EN 60068-2
Operating altitude	0 .. 4,000 m
Supply voltage	8 .. 32 V
Permitted voltage drop	up to ≈ 4 V (U_{BAT}) without reset to ISO 7637-1 (for engine start in 12 V systems)
Peak voltage	45 V max. (1 ms)
Idle current	0.15 A max. at 9 V
Standby current	0.5 mA max.
Current consumption	25 A max. (complete voltage and temperature range)
Fulfills the following standards	
CE mark	Compliant with 2014/30/EU, 2006/42/EC
E-mark	ECE-R10 Rev.4
Functional safety	EN ISO 13849 – PL d –
EMC	ISO 13766 (up to 200 V/m, 20 MHz .. 1 GHz)
ESD	IEC 61000-4-2
Load dump	ISO 7637-2
Protection class	EN 60529 IP 65/IP 67 DIN 40050 IP 6k9k
Temperature	EN 60068-2-1; -14Nb; -2; -78; -30
Vibration, shock, bump	IEC 60068-2-29; -64; -27; -32
Dimensions and weight	
Housing dimensions	148 x 181 x 40 mm
Minimum clearance for connection	198 x 203 x 40 mm
Weight	664 g
Features	
16-bit Infineon XC2287M microcontroller, 80 MHz, 832 kB int. Flash, 50 kB int. RAM, 512 kB ext. RAM	
8 kByte EEPROM	
Watchdog CPU freescale HC 908, including monitoring software	

Şekil 2.8. TTC 94 İşlemci teknik özellikleri

2.3.2.6. Sepet Denge Kartı

Platformların sepetlerinin dengelemesi için kullanılan sepet denge kartları, platformun denge ve stabilite kontrolünü sağlamak için önemli bir rol oynarlar. Bu kartlar, platformun sepetinin düzgün bir şekilde denge tutmasını ve operatörün güvenli bir şekilde çalışmasını sağlarlar. Bu sistemde kullanılan sepet denge kartı Emitek 22 BL-200 serisidir. Sepet denge kartı Şekil 2.9’dadır. Sepet denge kartının teknik özellikleri Çizelge 2.5’te gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Sepet Denge Kartı

Çizelge 2.5. Sepet Denge Kartı Özellikleri

Özellik Adı	Açıklama
Çalışma Gerilimi	9-32 V DC
Ölçü yönü	50 ma (yüksüz)
Koruma Seviyesi	IP 67
Ağırlık	430 gr
Haberleşme	1XCAN 50kBits- 1 Mbits 1X RS 232

2.3.2.7. Yük Hcreti (*Loadcell*)

Yükün hassas bir Şekilde ölçülmesini sağlayan kritik bir bileşen olarak 1000 kg kapasiteli CAN zellikli *loadcell*'i kullanılmıştır. Bu *loadcell*, üzerine binen yükü elektrisel bir sinyale dönüŐtüren ve bu sayede yükün doğru ve hassas bir Şekilde ölçülmesini sağlayan bir sensördür. Sistemde kullanılan *loadcell* MPC ailesinin PTL-1000 serisidir. Yük hcreti Şekil 2.10 'dadır. Yük hcreti zellikleri Şekil 2.11'de yer almaktadır.



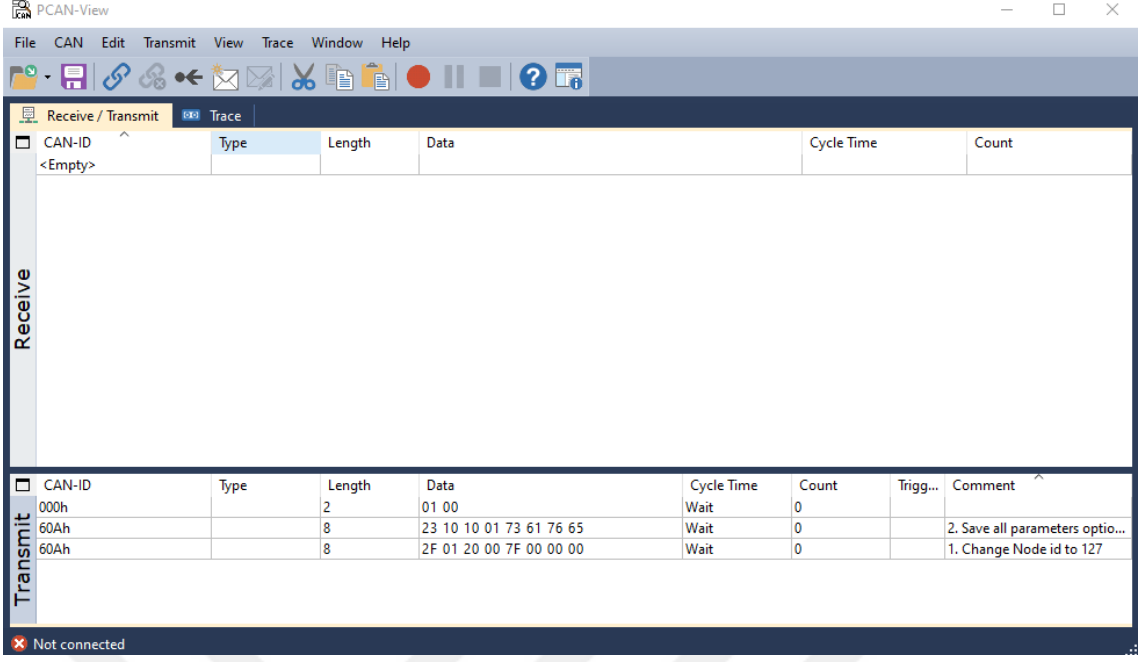
Şekil 2.10. Yük Hcreti (*Loadcell*)

Teknik Özellikler	
Kapasite	1.000 kg
Hassasiyet	± 0.01
Çalışma Sıcaklığı	-30°C / +70 °C
Koruma Sınıfı	IP 65
Malzeme	Alüminyum
Minimum Yük	0 kg
Maksimum Bölüntü Sayısı (nLC)	3000
Minimum Ölçüm Aralığı ($Y=E_{max} / V_{min}$)t	7000
Çıkış Kazancı (FS)	$2.00 \pm 0.01 mV/V$
Sıfır Balansı	$\pm 1\%FS$
Giriş Direnci	$400 \Omega \pm 20 \Omega$
Çıkış Direnci	$352 \Omega \pm 3 \Omega$
İzolasyon Direnci	$\leq 5000 M\Omega (100VDC)$
Tavsiye Edilen Uyarma Gerilimi	10 VDC
Maksimum Uyarma Gerilimi (U_{max})	15 VDC
Aşırı Yükleme Kapasitesi	120 % FS

Şekil 2.11. Yük Hücresi (Loadcell) Özellikleri

2.3.3. CANBUS Sisteminin Bağlantısı

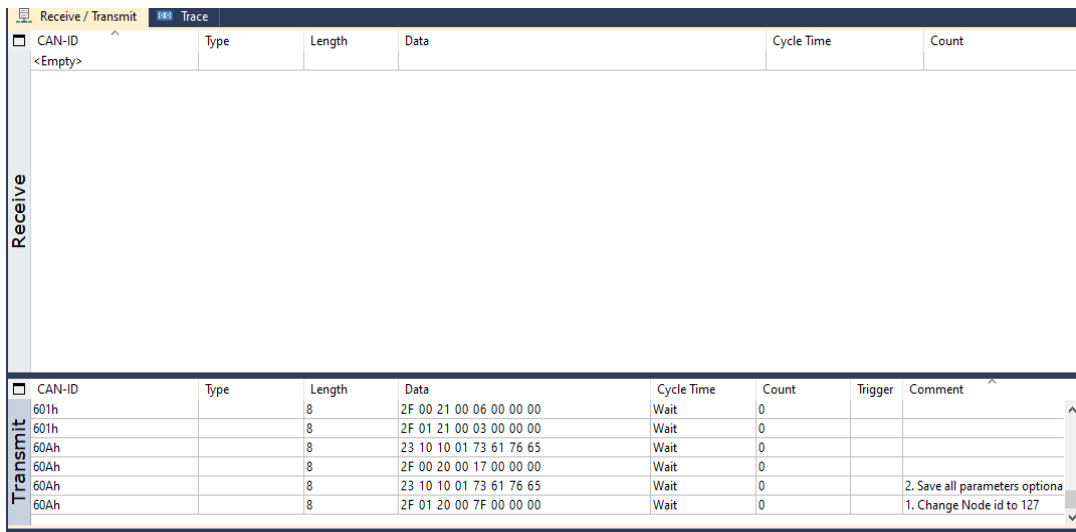
Montajı yapılan sensörler, CANBUS ağına bağlanır. Bu ağ, sensörlerden gelen verileri toplar ve merkezi bir kontrol ünitesine iletilmesini sağlar. CANBUS protokolü, verilerin güvenli ve hızlı bir şekilde iletilmesini sağlar. Sensörlerin CANBUS ayarları ve ön kalibrasyonları, PEAK-System tarafında geliştirilen PCAN View arayüzü üzerinden yapılmıştır. Bu arayüzün örnek görüntüsü Şekil 2.12 deki gibidir.



Şekil 2.12. PCAN View arayüzü

2.3.4. CANBUS Sensörlerinin Kalibrasyonu

Sensörlerin doğru ve hassas çalışabilmesi için kalibrasyon yapılması gerekir. Bu aşamada, sensörlerin ölçümleri doğrulukla ayarlanır ve gerektiğinde yeniden kalibre edilir. Bu çalışmada sensörler P-CAN *dongle* ile bağlanılarak PEAK system CANBUS *analyser* arayüzü ile ID leri atanmıştır. Ayrıca çalışma *baudrate* olarak 250 kBit/s olacak şekilde ayarlama yapılarak yerlerine monte edilmiştir. Şekil 2.13 'te örnek bir sensörün kalibre edilmesi için gerekli mesajların gönderilmesi görülmektedir.



Şekil 2.13. PCAN View arayüzü üzerinden sensör kalibrasyonu

2.3.5. Uzaktan Kumanda Sisteminin Montajı

Uzaktan kumanda sistemi, platformun kontrolünü uzaktan yapabilmek için monte edilir. Bu sistem, operatörün platformu yükseltme, alçaltma, ileri ve geri hareket ettirme gibi işlevleri uzaktan kontrol etmesine olanak tanır. Uzaktan kumanda cihazı, operatörün güvenli bir mesafeden kontrol sağlar. Bu çalışmada Scanreco Radio Remote Control sistemi kullanılmıştır. Şekil 2. 14 ve Şekil 2. 15 ‘te uzaktan kumanda ve alıcısı görülmektedir.



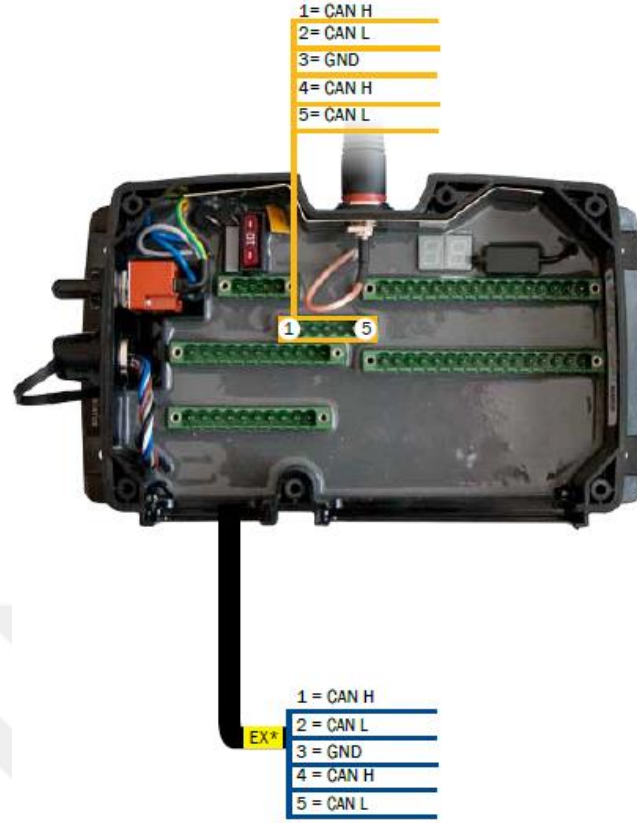
Şekil 2.14. Uzaktan Kumanda



Şekil 2.15. Uzaktan Kumanda Alıcısı

2.3.6. CANBUS ve Uzaktan Kumanda Sisteminin Entegrasyonu

CANBUS sistemi ile uzaktan kumanda sistemi entegre edilir. Bu, CANBUS verilerinin kullanılarak uzaktan kumanda ile platformun hareketini kontrol etmek için gereklidir. Operatör, uzaktan kumanda cihazı aracılığıyla platformun tüm fonksiyonlarını etkili bir şekilde kullanabilir. Makinede gerekli olan hareketler hidrolik kumandaya bağlanarak CANBUS sistemi ile valfler sürececek olan TTC 94 işlemciye ilişkilendirilmiştir. Şekil 2.16 ‘da uzaktan kumandanın CAN sistemine entegrasyon bağlantısı görülmektedir.



Şekil 2.16. Uzaktan Kumanda CAN bağlantısı

Uzaktan kumanda da CANBUS aracılığı ile sisteme dahil edilmiştir. İşlemciye yazılan yazılım ile uzaktan kumandadan gelen CAN sinyallerinin hidrolik kumandayı sürmesi için gerekli çıkışı interpolate ederek hesaplamalar yapması sonucu hidrolik kumanda makineye hareket vermektedir. Şekil 2.17’de uzaktan kumandanın sisteme dahil edilmesi için yazılan kod parçası görülmektedir.

```

t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.id      := 16#1E4 ;
t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.id_format := 0 ;
t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.length  := 8 ;

IF xc_can_read ( t_can_0_receive_message_handle_0x1E4 , ADR (t_can_0_receive_message_frame_0x1E4), 1, ADR ( number_of_read_byte )) = IO_E_OK THEN

    g_timer_alarm_097_1E4 (IN := FALSE , PT:= WORD_TO_TIME(p_alarm_097_time) );

    g_rem_js_main_boom_ud_adc_filtered:=t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.data[3];
    g_rem_js_turret_slewing_adc_filtered:=t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.data[4];

    g_rem_js_m_b_telescope_io_adc_filtered:=t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.data[2];
    g_rem_js_fly_boom_ud_adc_filtered:=t_can_0_receive_message_frame_0x1E4.data[1];

    g_remote_con_okey:=TRUE;

ELSE

    g_timer_alarm_097_1E4 (IN := TRUE , PT:= WORD_TO_TIME(p_alarm_097_time) );

END_IF

```

Şekil 2.17. Uzaktan Kumanda sinyali okuma kısmı

2.3.7. Sistem Testleri

Tüm montajlar ve entegrasyonlar tamamlandıktan sonra, platform kapsamlı bir şekilde test edilir. Bu testler, CANBUS sensörlerinin doğru çalıştığını, uzaktan kumanda sisteminin istenildiği gibi tepki verdiğini ve güvenliğin sağlandığını doğrulamak için yapılır. Ayrıca, platformun tüm işlevlerinin sorunsuz çalıştığından emin olunur. Şekil 2.18, Şekil 2.19 ve Şekil 2.20’ de makinenin muhtelif hareketlerinin test edilmesi görülmektedir.



Şekil 2.18. Kule Dönüş Testi



Şekil 2.19. Fly Bom Açma Testi



Şekil 2.20. Ana Bom Teleskop Uzatma Testi

2.3.8. Kullanıcı Eğitimi

Platformu kullanacak olan operatörler, sistemin doğru ve güvenli bir şekilde kullanılması için eğitilir. Bu eğitim, platformun verimli ve güvenli bir şekilde

kullanılmasını sağlamak için kritiktir. Operatörler, platformun işletimine ve güvenlik prosedürlerine tamamen aşina olmalıdır.

2.4. Yeni Yaklaşımlar ve Geliştirilen Teknikler

Geleneksel olarak, 45 metre insan kaldırma platformları genellikle yerleşik kontrol paneli veya kabin içindeki kontroller aracılığıyla hareket ettirilir. Ancak, yeni bir yaklaşım olarak, bu platformlarda uzaktan kumanda teknolojisi kullanılabilir. Uzaktan kumanda, operatöre vinçin hareketlerini kontrol etme imkânı veren bir cihazdır.

Uzaktan kumanda teknolojisi, operatörün bir el cihazı veya uzaktan kumanda paneli vasıtasıyla vinçin hareketlerini kontrol etmesini sağlar. Bu cihazlar genellikle kablosuz bağlantılar kullanarak vinç ile iletişim kurar. Operatör, yükseklik ayarlaması, yatay hareketler, dönme ve diğer fonksiyonları kontrol etmek için uzaktan kumanda cihazını kullanabilir. Bu sayede, operatör vinçin hareketlerini yakından takip edebilir ve doğrudan kontrol edebilir.

Bununla birlikte, sadece makine hareketlerinin uzaktan kumanda ile kontrol edilmesi yeni bir yaklaşım olmayabilir. Ek olarak, ayakların da uzaktan kontrol edilmesi sağlanabilir. Ayaklar, platformun stabilitesini sağlamak ve zemine uyum sağlamak için kullanılır. Uzaktan kontrol edilebilen ayaklar, operatöre vinçin konumunu optimize etme imkânı sunar. Operatör, ayakların uzaktan kontrolü sayesinde platformun düzgün bir şekilde zemine oturmasını sağlayabilir ve böylece güvenli bir çalışma ortamı oluşturabilir.

Bu yeni yaklaşım, operatöre daha fazla hareket özgürlüğü ve daha iyi kontrol sağlar. Uzaktan kumanda teknolojisi ve ayakların uzaktan kontrolü, operatörün vinçin hareketlerini istediği şekilde ve daha hassas bir şekilde yönetmesini sağlar. Bu da iş verimliliğini artırabilir, işçi güvenliğini iyileştirebilir ve iş süreçlerini daha esnek hale getirebilir.

2.4.1. Otomatik Ayak Dengeleme

Operatöre kullanım kolaylığı sağlamak ve kurulumun daha hızlı olması için ayak konsol ekranına otomatik ayak dengeleme sistemi eklentisi yapılmıştır. Makinede bulunan şase eğim sensöründen alınan açı bilgisi doğrultusunda 4 ayağı dengeye

gelecek şekilde basılmasını yönetir. Şekil 2.21’de otomatik dengeleme sistemi görülmektedir.



Şekil 2.21. Otomatik dengeleme sistemi

Sistem otomatik dengelenme esnasında makinenin canlı verileri de CANBUS üzerinden görüntülenebilir. Motor çalıştı sinyali, ayakların bastı sinyali gibi veriler dokunmatik ekran üzerinden Şekil 2.22’de görülmektedir.



Şekil 2.22. Muhtelif makine sinyallerinin görülmesi

3.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

HYDAC TTC 94 işlemcisi, uzunluk sensörleri, açı sensörleri ve *loadcell*'in kullanıldığı bir sistem ile uzaktan kumanda aracılığıyla birlikte entegre edilmiştir. Bu entegrasyon, insan kaldırma platformunun ayaklarının kablosuz olarak kontrol edilmesini ve platformun stabilitesinin optimize edilmesini sağlamaktadır.

Uzunluk sensörleri, platformun yükseklik ayarını belirlemek ve kontrol etmek için kullanılır. Bu sensörler, platformun ayaklarının uzunluğunu ölçer ve bilgiyi TTC işlemcisine ileterek platformun istenen yüksekliğe ayarlanmasını sağlar. Uzunluk sensörleri, platformun düzgün bir şekilde yere oturmasını ve stabiliteyi sağlamasını sağlar.

Açı sensörleri ise, platformun eğimini ve yatay konumunu belirlemek için kullanılır. Bu sensörler, platformun eğim açısını ve yatay düzlemdeki konumunu ölçer ve bilgiyi TTC işlemcisine ileterek platformun dengesinin sağlanmasını sağlar. Açı sensörleri, operatörün platformun stabilitesini optimize etmesine yardımcı olur.

Loadcell ise, platformun üzerine yük bindiğinde oluşan kuvveti ölçmek için kullanılır. Bu sensör, platformun üzerindeki yükün ağırlığını ölçer ve bilgiyi TTC işlemcisine ileterek platformun aşırı yüklendiği durumları tespit etmesini sağlar. *Loadcell*, platformun güvenli bir şekilde kullanılmasını ve aşırı yükleme durumlarının önlenmesini sağlar.

Tüm bu bileşenler, HYDAC TTC işlemcisi tarafından kontrol edilir ve yönetilir. TTC işlemcisi, sensörlerden gelen verileri analiz eder, gerektiğinde ayakları uzaktan kumanda aracılığıyla hareket ettirir ve platformun stabilitesini optimize eder. Uzaktan kumanda, operatöre platformun ayaklarını kontrol etme yeteneği sağlar ve esneklik sunar.

Bu entegre sistem, HYDAC TTC işlemcisi, uzunluk sensörleri, açı sensörleri, *loadcell* ve uzaktan kumanda kullanılarak insan kaldırma platformlarının ayaklarının kablosuz olarak kontrol edilmesini sağlar. Bu sayede operatör, platformun yükseklik, eğim ve yük durumunu kontrol edebilir, stabiliteyi optimize edebilir ve iş güvenliğini artırabilir.

Sonuç olarak, HYDAC TTC işlemcisi ve sensörlerin entegrasyonu, uzaktan kumanda aracılığıyla insan kaldırma platformunun kablosuz olarak kontrol edilmesini mümkün kılar. Bu sistem, platformun stabilitesini sağlar, iş güvenliğini iyileştirir ve operatöre daha fazla kontrol imkânı sunar.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Mevcut moment kontrol sistemlerinin analizi göstermiştir ki, 45 metre insan kaldırma platformları için uygun bir şekilde çalışmaktadır.

Yeni yaklaşım olarak, makine hareketlerinin uzaktan kumanda ile kontrol edilmesi ve ayakların da uzaktan kontrol edilmesi, daha esnek ve kullanıcı dostu bir iş deneyimi sağlamıştır.

TTC işlemcisi, kablosuz kumanda ve CANBUS protokolünün entegrasyonu, platformun stabilitesini optimize etmek ve iş güvenliğini artırmak için etkili bir yöntemdir.

Uzunluk sensörleri, açı sensörleri ve *loadcell*'in kullanımı, platformun yükseklik ayarını, dengesini ve yük durumunu doğru bir şekilde kontrol etmek için önemli bir role sahiptir.

4.2. Öneriler

İnsan kaldırma platformlarında kullanılan moment kontrol sistemlerinin daha da iyileştirilmesi için ileri teknolojilerin ve gelişmiş sensörlerin entegrasyonu üzerinde çalışılmalıdır.

Kablosuz iletişim ve uzaktan kumanda teknolojileri daha da geliştirilmeli ve operatöre daha fazla kontrol ve esneklik imkânı sağlayacak şekilde optimize edilmelidir.

Sistem güvenliği ve iş güvenliği açısından, güvenilir ve hızlı veri iletişimi sağlayan protokollerin kullanımı önemlidir. CANBUS protokolü gibi endüstri standardı protokollerin tercih edilmesi önerilir.

Eğitim ve bilinçlendirme programları, operatörlerin yeni teknolojilere ve güncel güvenlik standartlarına uygun bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemlidir.

5. KAYNAKLAR

Antonioli D and Tippenhauer N O and Rasmussen K ,2020 IEEE Symposium on Security and Privacy

Bluetooth Low Energy Industrial Wireless Mesh Networks

Bray, J., & Sturman, C. F. (2001). *Bluetooth 1.1: connect without cables*. pearson Education.

Collotta, M., Pau, G., Talty, T., & Tonguz, O. K. (2018). Bluetooth 5: A concrete step forward toward the IoT. *IEEE Communications Magazine*, 56(7), 125-131.

Erkoç H. Bluetooth Kablosuz Haberleşme Teknolojisi ve Kullanım Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,2003

Garbelini M, SweynTooth: Unleashing Mayhem over , 2020 USENIX Annual Technical Conference. July 15–17, 2020 978-1-939133-14-4

Giuliano, R., Cardarilli, G. C., Cesarini, C., Di Nunzio, L., Fallucchi, F., Fazzolari, R., ... & Vizzari, A. (2020). Indoor localization system based on bluetooth low energy for museum applications. *Electronics*, 9(6), 1055.

Gül V. Genel Amaçlı Veri Aktarımı İçin Bir Arayüz Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,2011

Hansson, H. A., Nolte, T. Norstrom, C. & Punnekkat, S. (2002). Integrating reliability and timing analysis of CAN-based systems. *IEEE transactions on Industrial Electronics*, 49(6) 1240-1250.

Hatvanı D, Macko D , Increasing Bluetooth Low Energy communication efficiency by presetting protocol parameters , *Turk J Elec Eng & Comp Sci* (2019) 27: 3486 – 3499 © TÜBİTAK doi:10.3906/elk-1901-109

<https://bard.google.com/>

<https://chat.openai.com/>

<https://scanreco.com/>

<https://www.hydac.com/>

https://www.peak-system.com/Software.68.0.html?&L=1&gclid=CjwKCAjw6p-BhAYEiwAgg2Pgic2JFRWmqGSaqzdFzLyocRoGCXS7SxOcidXLigComWPnFI BOzB7ARoCjwgQAvD_BwE

<https://www.siko-global.com/>

<https://www.tsmsensors.com/>

- Karagözler, K., Yeşil, F., & Canan, S. Mobil Hidrolikte Canbus, (CANOPEN & CANJ1939). IX. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 16-19 Kasım 2022, pp 289-295
- Leonardi, L., Patti, G., & Bello, L. L. (2018). Multi-hop real-time communications over bluetooth low energy industrial wireless mesh networks. *IEEE Access*, 6, 26505-26519.
- Lin, Y. W., & Lin, C. Y. (2018). An interactive real-time locating system based on bluetooth low-energy beacon network. *Sensors*, 18(5), 1637.
- Marx, S. E., Luck, J. D., Hoy, R. M., Pitla, S. K., Blankenship, E. E., & Darr, M. J. (2015). Validation of machine CAN bus J1939 fuel rate accuracy using Nebraska Tractor Test Laboratory fuel rate data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 179-185.
- McLachlan S, Lucas P, Bluetooth Smartphone Apps: Are they the most private and effective solution for COVID-19 contact tracing?
- Mehmet Akif Yanatma , BLM 6196 Bilgisayar Ağları ve Haberleşme Protokolleri
- Mehmet Ali ÖZÇELİK, M. Kemal KIYMIK, KSU. *Journal of Engineering Sciences*, 19(3), 2016
- Nişancı H , Wi-Fi ve Bluetooth Frekansları için özgün PIF Anten içeren Akıllı Saat Tasarımı ve El Modeli Üzerinde Analizi
- Özcan, M., Özkan, A. O., Otomasyon Sistemlerinde PLC Uygulamaları, 2004, Atlas Yayın Dağıtım
- Özcan, Muciz, and Hidayet Günay. "Control of diesel engines mounted on vehicles in mobile cranes via CAN bus." *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 21.Sup. 2 (2013): 2181-2190.
- Polat F , Aktaş M , İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi ISSN:2147-3455
- Sattler, F., Ma, J., Wagner, P., Neumann, D., Wenzel, M., Schäfer, R., ... & Wiegand, T. (2020). Risk estimation of SARS-CoV-2 transmission from bluetooth low energy measurements. *NPJ digital medicine*, 3(1), 129.
- T'Jonck K , Pang B , Hallez H , Boydens J , Optimizing the Bluetooth Low Energy Service Discovery Process
- Taşkın D , Design of Bluetooth Low Energy Based Indoor Positioning System
- Zuo, Z., Liu, L., Zhang, L., & Fang, Y. (2018). Indoor positioning based on Bluetooth low-energy beacons adopting graph optimization. *Sensors*, 18(11), 3736.