

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KABLOSUZ HABERLEŞME SİSTEMİ
UYGULAMASI

Berk BİLGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı
Haberleşme Programı

Danışman

Doç. Dr. Nurhan TÜRKER TOKAN

Eş Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hakan Paşa PARTAL

Şubat, 2020

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KABLOSUZ HABERLEŞME SİSTEMİ
UYGULAMASI

Berk BİLGİN tarafından hazırlanan tez çalışması 12.02.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Haberleşme Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nurhan Türker TOKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hakan Paşa PARTAL
Yıldız Teknik Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Nurhan TÜRKER TOKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hamid TORPİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Özlem AKGÜN
Milli Savunma Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Nurhan Türker TOKAN ve eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hakan Paşa PARTAL sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Elektrikli Araçlarda Kablosuz Haberleşme Sistemi Uygulaması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Berk BİLGİN

İmza



*Aileme
ve
arkadaşlarıma*

TEŞEKKÜR

Bana her zaman, her konuda destek sağlayan aileme, arkadaşlarıma ve tez hocalarım başta olmak üzere bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Berk BİLGİN



İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı.....	6
1.3 Hipotez	7
2 ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ	8
2.1 Elektrikli Araç Çeşitleri.....	8
2.1.1 Batarya Elektrikli Araç.....	8
2.1.2 Hibrit Elektrikli Araç	9
2.1.3 Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araç.....	12
2.2 Araç Mimarisi ve Haberleşme Ağı.....	13
2.2.1 Ağ Topolojileri	15
2.2.2 CAN Veri Yolu.....	16
2.3 Elektrikli Araç Komponentleri.....	21
2.3.1 Yüksek Gerilim Batarya	21
2.3.2 Güç Elektroniği ve Elektrik Makinası	23
3 V2X HABERLEŞME SİSTEMİ	26
3.1 V2X Haberleşme Analizi.....	26
3.1.1 OSI Modeli ve Katmanları.....	27
3.2 Haberleşme Protokolleri Detaylı İncelenmesi	28
3.2.1 WLAN Standartlaşmasının Avantajları	28
3.2.2 IEEE 802.11 Standardı	29
3.3 Kablosuz Ağ Geçidi.....	32

4 ARAÇ ENTEGRASYONU VE PERFORMANS ANALİZİ	35
4.1 Ağ Geçidinin Araç CAN Haberleşme Ağına Entegre Edilmesi	35
4.2 Ağ Geçidinin Programlanması	40
4.3 Ağ Geçitleri Test Senaryolarının Gerçeklenmesi.....	47
4.4 Şasi Dinamometre Test Süreçleri.....	49
4.4.1 NEDC Test Çevrimi.....	50
4.4.2 Performans Analizi	51
4.5 Kablosuz Haberleşmenin Farklı Durumlarda Gözlemlenmesi.....	54
4.5.1 Kanal Kapasitesi.....	55
4.5.2 Alıcı Anten Gücü.....	59
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKÇA	65
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	68

SİMGE LİSTESİ

F_2	Aerodinamik Kuvvet
G_{Rx}	Alıcı Anten Kazancı
P_{Rx}	Alıcı Anten Gücü
Δf	Bant Genişliği
f	Çalışma Frekansı
λ	Dalga Boyu
$U_{n,veh}$	Gözlemlenen Hız Değeri
c	Işık Hızı
D_r	İki Anten Arası Mesafe
C	Kanal Kapasitesi
F_1	Mekanik Kuvvet
$U_{n,ref}$	Referans Hız Değeri
S/N	Sinyal Gürültü Oranı
C/N	Taşıyıcı Gürültü Oranı
P_{Tx}	Verici Anten Gücü
G_{Tx}	Verici Anten Kazancı
F_0	Yuvarlanma Direnci

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BEV	Batarya Elektrikli Araç - Battery Electric Vehicle
CAN	Kontrolör Alan Ağı – Controller Area Network
CRC	Çevrimsel Hata Denetimi – Cyclic Redundancy Check
CSMA/CA	Taşıyıcıyı Dinleyen Çarpışmayı Sezen Çoklu Erişim – Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
DBC	Veritabanı Kapsayıcısı - Database Container
DFS	Dinamik Frekans Seçimi – Dynamic Frequency Selection
DSSS	Doğrudan Ardışık Dağılım Spektrumu – Direct Sequence Spread Spectrum
EKÜ	Elektronik Kontrol Ünitesi
FHSS	Frekans Atlamalı Geniş Spektrum – Frequency Hopping Spread Spectrum
HEV	Hibrit Elektrikli Araç - Hybrid Electric Vehicle
ICE	İçten Yanmalı Motor - Internal Combustion Engine
IEEE	Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü – Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGBT	Yalıtılmış İki Kutuplu Transistör – Insulated Gate Bipolar Transistor
IP	İnternet Protokolü – Internet Protocol
LIN	Yerel Bağlantı Ağı - Local Interconnect Network
LNB	Düşük Gürültülü Blok Aşağı Dönüştürücü – Low Noise Block Downconverter
MAC	Medya Erişim Kontrolü – Media Access Control
MIMO	Çoklu Giriş Çoklu Çıkış – Multiple Input Multiple Output
MOST	Medya Odaklı Sistem Taşımacılığı – Media Oriented System Transport
NEDC	Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü – New European Driving Cycle
OBD	Yerleşik Tanılama – On- Board Diagnostics
OEM	Orijinal Malzeme Üreticisi - Original Equipment Manufacturer
OFDM	Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama – Orthogonal Frequency Division Multiplex

OSI	Açık Sistem Ara Bağlantısı – Open System Interconnection
PHEV	Şarj Edilebilir Elektrikli Araç – Plug-in Hybrid Electric Vehicle
RF	Radyo Frekansı – Radio Frequency
SOC	Anlık Şarj Durumu – State of Charge
TCP	Geçiş Kontrol Protokolü – Transmission Control Protocol
UDP	Kullanıcı Datagram Protokolü – User Datagram Protocol
V2G	Araçtan Şebekeye – Vehicle to Grid
V2H	Araçtan Eve – Vehicle to Home
V2L	Araçtan Yüke – Vehicle to Load
V2V	Araçtan Araca – Vehicle to Vehicle
V2X	Araçtan Her Şeye – Vehicle to Everything
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağı – Wireless Local Area Network
WLTP	Dünya Çapında Uyumlu Hafif Araç Test Prosedürü – Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Erken dönem elektrikli araç örneği[1].....	2
Şekil 1.2 V2X haberleşme örneği [3]	4
Şekil 1.3 Elektrikli araç komponentleri.....	5
Şekil 1.4 Batarya maliyet öngörüsü	5
Şekil 2.1 BEV araç konfigürasyonu	9
Şekil 2.2 HEV araçlarda enerji yönetimi sistemi.....	10
Şekil 2.3 Seri HEV mimarisi	11
Şekil 2.4 Paralel hibrit mimarisi.....	11
Şekil 2.5 Seri paralel hibrit mimarisi.....	12
Şekil 2.6 Batarya elektrikli araç kontrol üniteleri ve sensörleri	13
Şekil 2.7 Araç haberleşmesi veri yolları.....	14
Şekil 2.8 Ağ topolojileri.....	15
Şekil 2.9 Prototip elektrikli aracın araç ağı topolojisi	16
Şekil 2.10 CAN hattı sarmal kablo yapısı.....	17
Şekil 2.11 CAN hattı kablo yapısı ve sonlandırma dirençleri	18
Şekil 2.12 Ağ uzunluğuna göre veri hızı değişimi	18
Şekil 2.13 CAN mesajı.....	19
Şekil 2.14 CAN çerçevesi.....	19
Şekil 2.15 Elektrikli araç batarya döngüsü	21
Şekil 2.16 Batarya mimarilerinin karşılaştırılması	22
Şekil 2.17 Evirici yapısı	23
Şekil 2.18 DC/DC dönüştürücü mimarisi	24
Şekil 2.19 Araç üzeri şarj ünitesi kullanımı.....	24
Şekil 3.1 EKÜ haberleşme mimarisi.....	27
Şekil 3.2 Kablosuz ağ geçitleri.....	33
Şekil 3.3 Kablosuz ağ geçidi kablo şeması.....	34
Şekil 4.1 Sistem haberleşme mimarisi ve protokolleri	35
Şekil 4.2 Ağ geçidi araç entegrasyonu	36
Şekil 4.3 Araç kontrol ünitesi durum kontrol yönetim diyagramı.....	37
Şekil 4.4 Şasi dinamometresi ile prototip elektrikli araç	39

Şekil 4.5 IP konfigürasyonu	40
Şekil 4.6 Ağ geçidi 1 ara yüz giriş sayfası.....	41
Şekil 4.7 Ağ geçidi 2 ara yüz giriş sayfası.....	41
Şekil 4.8 Ağ geçidi durum görüntüleme ekranı.....	42
Şekil 4.9 Ağ geçidi 1 WLAN konfigürasyonu	43
Şekil 4.10 Ağ geçidi 2 WLAN konfigürasyonu	44
Şekil 4.11 Ağ geçidi CAN kanalları konfigürasyonu	44
Şekil 4.12 Ağ geçitlerinin iki yönlü çalışma mekanizması	45
Şekil 4.13 Ağ geçidi 1 CAN kanalları rotdlanması	45
Şekil 4.14 Ağ geçidi 2 CAN kanalları rotdlanması	46
Şekil 4.15 İlgili CAN mesajlarını filtreleme	47
Şekil 4.16 Örnek DBC dosyası.....	48
Şekil 4.17 Gerçek zamanlı olarak CAN sinyali takibi	49
Şekil 4.18 Test düzeneği	49
Şekil 4.19 NEDC sürüş çevrimi hız profili	50
Şekil 4.20 Referans mimari ve yeni mimari araç hız profilleri	52
Şekil 4.21 Belirli bir aralıktaki hız değerleri karşılaştırılması	53
Şekil 4.22 Anlık batarya şarj durumu	53
Şekil 4.23 Zamana göre elektriksel tork.....	54
Şekil 4.24 Spektrum Analizör	55
Şekil 4.25 Test durumları	55
Şekil 4.26 3 metre C/N değeri.....	56
Şekil 4.27 7 metre C/N değeri.....	57
Şekil 4.28 10 metre C/N değeri	58
Şekil 4.29 İki ağ geçidi haberleşmesi ve Friis parametreleri.....	60

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Araç ağı ana protokolleri	15
Tablo 2.2 Mesaj ID'leri ve ikilik sistemde karşılıkları	20
Tablo 3.1 Ağ geçidi teknik özellikleri.....	33
Tablo 4.1 NEDC sürüş profili özellikleri.....	51
Tablo 4.2 Kullanılan anten genel özellikleri	59
Tablo 4.3 Alıcı anten gücü	61
Tablo 5.1 Farklı senaryolardaki kablosuz haberleşme sonuçları.....	63



Elektrikli Araçlarda Kablosuz Haberleşme Sistemi Uygulaması

Berk BİLGİN

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Nurhan Türker TOKAN

Eş-Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan Paşa PARTAL

Fosil yakıtların sınırlı mevcudiyeti ve içten yanmalı motorlu taşıtların çevresel etkisi hakkındaki tartışmalar devam ederken, batarya elektrikli araçlar çevre dostu bir alternatif olarak artan ilgi görmektedir. Akıllı ünitelere sahip araçların artmasıyla birlikte, araçların çevre ve diğer araçlarla iletişim kurması mümkün olmaktadır. Bu çalışmada elektrikli taşıtların çevre ve diğer araçlarla iletişim kurmasını sağlayacak, kablosuz bir sistem üzerine çalışılmıştır. Bu sistemde araçtaki CAN (Kontrolör Alan Ağı) iletişim hattına, aracın gerekli sinyallerini kablosuz olarak iletmek için bir ağ geçidi entegre edilmiştir. Araçtan belirli bir mesafede bulunan ve sinyalleri kablosuz olarak alan ağ geçidi ile NEDC (Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi) sürüş döngüsünde araç gerçek zamanlı olarak izlenmiştir. Kablosuz haberleşme testleri ve performans sonuçları verilmiş, analitik yaklaşımlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, araçtan her şeye, kısa mesafe haberleşme

Wireless Communication System Application in Electric Vehicles

Berk BİLGİN

Department of Electronics and Communications Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Nurhan Türker TOKAN

Co-advisor: Assist. Prof. Dr. Hakan Paşa PARTAL

In the course of the ongoing debate about the limited availability of fossil fuels and environmental impact of internal combustion engine powered vehicles, battery electric vehicles have been receiving increasing attention as an eco-friendly alternative. With the increase of the vehicles with smart units, it can be ensured that the vehicles communicate with the environment and other vehicles. This study focuses on the combination of two major trends, electric vehicles and vehicle to everything communications technology. On the CAN communication line of the vehicle, a gateway is physically implemented to transmit and receive the necessary signals of the vehicle wirelessly. Another gateway is located at a certain distance from the vehicle and allows the vehicle to be monitored in real time in driving cycles defined in EU regulations.

Keywords: Electric vehicles, vehicle-to-everything, short range communication

1.1 Literatür Özeti

Fosil yakıtın niteliği, adından da anlaşılacağı gibi, milyonlarca yıl bolca yenilenmesi gereken “Fosil” dir. Yakıt tüketim oranının günümüzdeki artışı düşünüldüğünde, talebi karşılamak için ihtiyaç duyulan fosil yakıt seviyesi artmakta ve kaçınılmaz bir şekilde tükeneceği noktaya yaklaşmaktadır. Fosil yakıtın tüketilebilir kullanımıyla ilgili diğer önemli endişe, çevre konusudur. Karbondioksit gazının salınımı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri bilinmektedir [1].

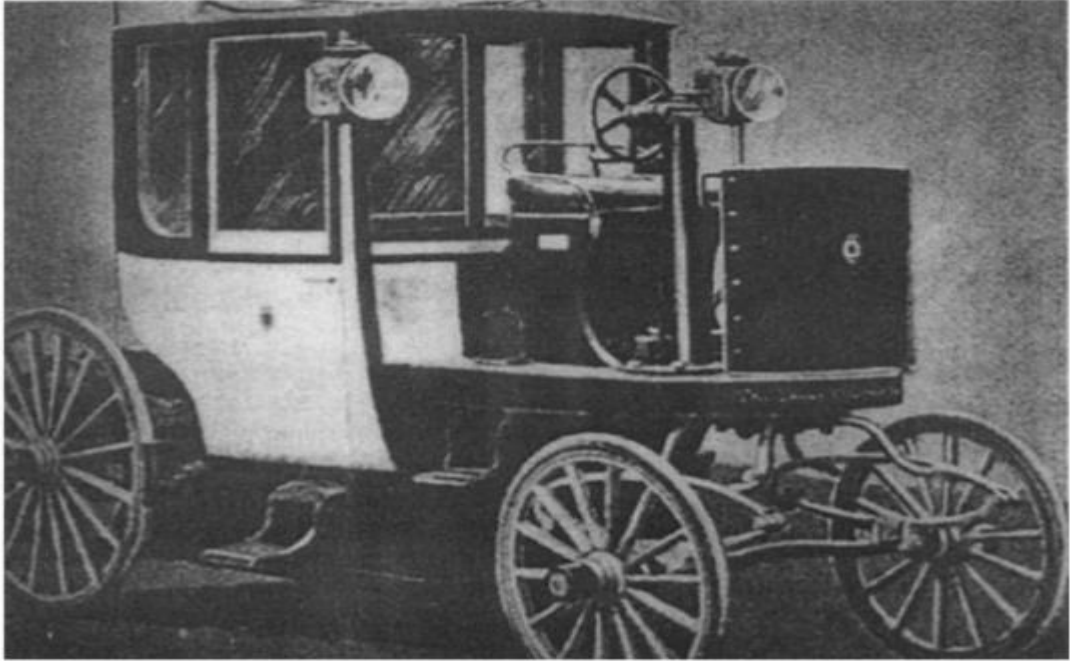
Karbondioksit salınımının geçtiğimiz yıllardaki sıcaklık artışına önemli bir katkı sağladığı ve buzulların erimesine yol açan sıcaklık artışına yol açtığı düşünülmektedir. Problem sadece karbondioksit salınımı ve çevresel faktörler değil aynı zamanda çağdaş dünya senaryosunda "Petrol" ün sadece bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda ulusların uluslararası politikalarını etkilemesidir [2]. Bu sebeple dünyada birçok savaş ve ülkelerinin ekonomilerinde dalgalanmalar görülmektedir.

Çevresel etkenlerden dolayı artan baskı, sınırlı kaynak ve politik mücadeleler sebepleri ile alternatif teknolojinin ilerlemesi için güçlü araştırmalar yapılmaktadır. Enerji depolama komponentlerinin gelişimi, gelişmiş elektronik sürücüler ve ultrakapasitörler gibi birçok etmen elektrikli araçların gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Araştırma ve geliştirme süreçlerinde yoğun bir şekilde düşük maliyetli ve daha güvenilir hibrit ve elektrikli araç konseptleri üzerine çalışılmaktadır. Taşımacılığın geleceği olarak görülen bu teknolojiye dünyanın her yerinden hemen hemen bütün otomotiv üreticileri tarafından BEV, HEV ve PHEV gibi farklı konseptlere önemli yatırımlar yapılmaktadır.

Bir elektrikli araç geleneksel taşıtlara güç veren fosil yakıtlı içten yanmalı motorun aksine bir elektrik motoruyla çalışmaktadır. Aslında elektrikli araç teknolojisi uzun bir geçmişe sahiptir. Elektrikli motorun icadından bu yana, elektrikli araç yaklaşık

150 yıldır hayatımızda bulunmaktadır. Basit şarj edilemeyen batarya kimyasından modern kontrol sistemine kadar, elektrikli aracın gelişimi üç aşamada sınıflandırılabilir: erken dönem, ara dönem ve günümüz.

Elektrikli araçlar içten yanmalı motorlu araçlara göre çok daha önce kullanılan bir teknolojiydi. 1920'lerin sonları ve 1930'ların başlarında elektrikli araçlar içten yanmalı araçlara kıyasla 3:1 oranında daha fazlaydı [3]. Etkili bir ulaşım aracıydı ve at arabalarından sonra toplumda oldukça yaygın bir kullanımı vardı. 1930'lu yılların ortalarına doğru benzinli araçların makul bir maliyetle seri üretilebilir olması ile toplumsal yaşamı iyileştirmenin bir yolu olarak ortaya çıktı ve benzinli araçlar hem performans hem de maliyet açısından elektrikli araçları geride bıraktı. Elektrik altyapısındaki eksiklikler ve araç menzilinın yeterli seviyede olmaması elektrikli araçların geride kalmasına sebep oldu. Yaygın olarak bulunan benzinin keşfedilmesi ve ucuz yakıtın kolaylıkla bulunuyor olması benzinli araçların yayılmasını sağlamıştır. Şekil 1.1'de erken döneme ait elektrikli araç gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Erken dönem elektrikli araç örneği [1]

1930'lu yılların ortasında içten yanmalı motorlu araçların yaygınlaşması ile birlikte elektrikli araçların kullanımı kişisel ulaşım olarak durdu. Petrol İhraç Eden Ülkeler Organizasyonuna olan politik hassasiyet 1960'larda ve 1970'lerde enerji

bağımsızlığı ihtiyacını yarattı. Amerika Birleşik Devletleri hükümeti endüstri için daha verimli bir yakıt standardı getirdi ve dönem içerisinde elektrikli araca olan ilgiyi ateşlediler. 1970'lerin ortasındaki enerji krizi ABD'yi yönlendirdi ve posta servisi için 350 elektrikli araç içeren bir test filosu siparişi verildi. Ancak, sınırlı performans, diğer hükümet öncelikleri, altyapı yetersizliği ara dönemde elektrikli araç gelişimini oldukça yavaşlattı.

Bununla birlikte 2000'li yılların başlarında saf elektrikli araçtan farklı yeni bir mimari olabileceği fark edildi. Hibrit araçlar olarak adlandırılan yeni mimari içten yanmalı motor ile elektrik makinasını aynı anda içeren, aracın performansını arttırabilen ve aynı zamanda emisyon oranlarında azalmaya sebep olabilen çok faydalı bir fikirdi. Birçok OEM, hibrit teknolojisi alanını yatırım için uygun buldu ve 2010 yılına doğru HEV'ler %2.5'dan fazla pazar payına sahip olmuştur.

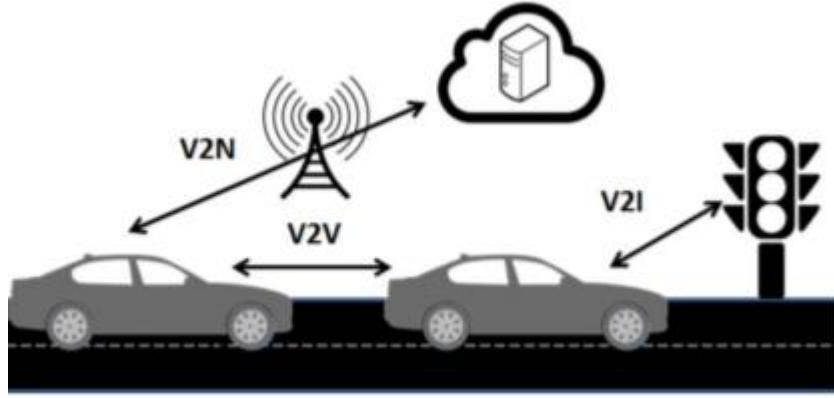
Günümüzde ve aynı zamanda gelecekte, yakıt fiyatları hızla yükselirken ve çevresel kaygılar daha fazla konuşulmaya başlamışken tam elektrikli araçlar tekrardan popüler bir hal almaya başladı. Şarj istasyonu ve elektrik altyapısına yapılan yatırımlar, gelişimi farklı bir düzeye çekmiştir. Farklı iş modelleri ile birlikte, sanayi kuruluşları ve hükümetler elektrikli araçların yaygınlaşması konusunda önemli çalışmalar yapmaktadır.

Batarya kimyasındaki ve yönetim sistemindeki gelişmeler aracın menzilini oldukça iyileştirmekte ve içten yanmalı motora sahip araçlarla yakın zamanda rekabet edebilecek seviyeye getirebileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda hükümetlerin uyguladıkları özel vergi teşvikleri, elektrikli araçların tüketiciye yükünü azaltacak şekilde planlanmaktadır. Hükümetlerin finansal ve stratejik destek sağlamaya istekli olması BEV için sağlam bir yoldur.

Bununla beraber, günümüzde araçların daha akıllı hale gelmesi ve daha hızlı işlem yapabilmesi, araçların birbiri veya başka etmenlerle haberleşebilmesi imkanını doğurmuştur. Elektrikli araçlar için özellikle akıllı şebekelerle haberleşerek şarj stratejilerinin belirlenmesi gibi alanlarda önemli faydalarının olması beklenmektedir [4]. Son yıllardaki araştırmalar V2X teknolojisinin otomotiv sektörüne nasıl uygulanacağı ve geliştirilebileceğine odaklanmış durumdadır. En önde gelen konuların başında elektrikli araçlar için şebeke ile haberleşerek en

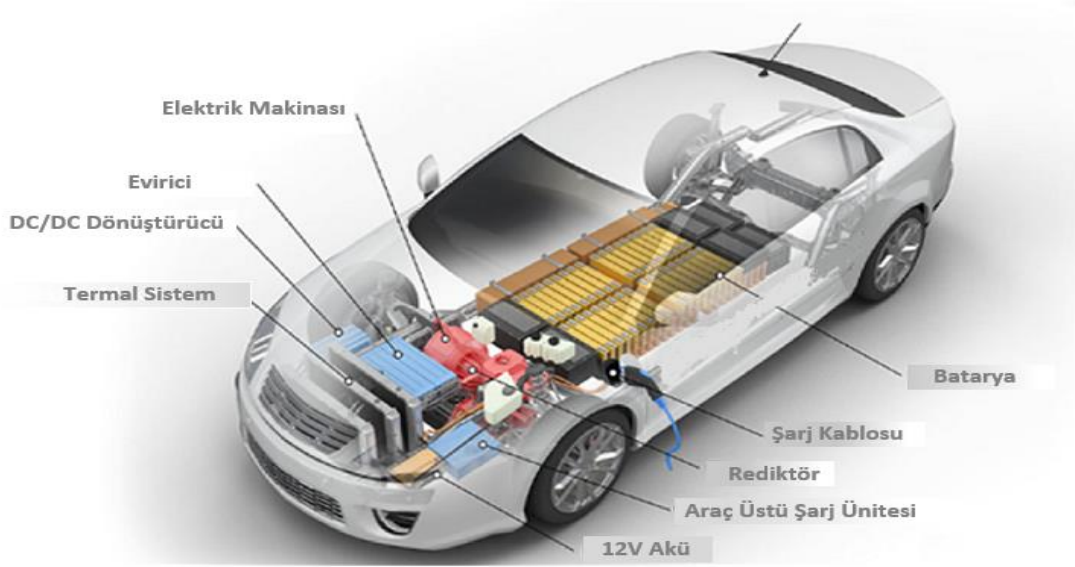
büyük sorunlardan biri olan şarj ve menzil durumunun önüne geçmek amaçlı V2G teknolojisidir. Bunun yanı sıra V2H, V2L ve V2V gibi alt kırılımları da bulunmaktadır [5].

Elektrikli araçlar ve akıllı şebeke uygulamaları, aracın şarj edilebilmesi ile ilgili yeni senaryolar ortaya koymaktadır. V2X teknolojisi ile birlikte elektrikli araçların akıllı şarj yönetimi, iki teknolojinin birlikte çalışabilmesi için ilk yaklaşım olmaktadır. V2X terimi BEV'lerin güvenilirliğini ve güvenliğini arttırmak gibi birçok farklı hizmet sunabilir. Aynı zamanda OEM'ler içinde araç geliştirme süreçlerini hızlandırmaya yönelik kullanılabilirlik alanları bulunmaktadır. Kullanıcılar özellikle tam elektrikli araç ve şarj edilebilir hibrit araçlarındaki enerjiyi farklı ihtiyaçlar halinde kullanabileceklerdir. Şekil 1.2'de V2X haberleşmesinin bir gösterimi bulunmaktadır.



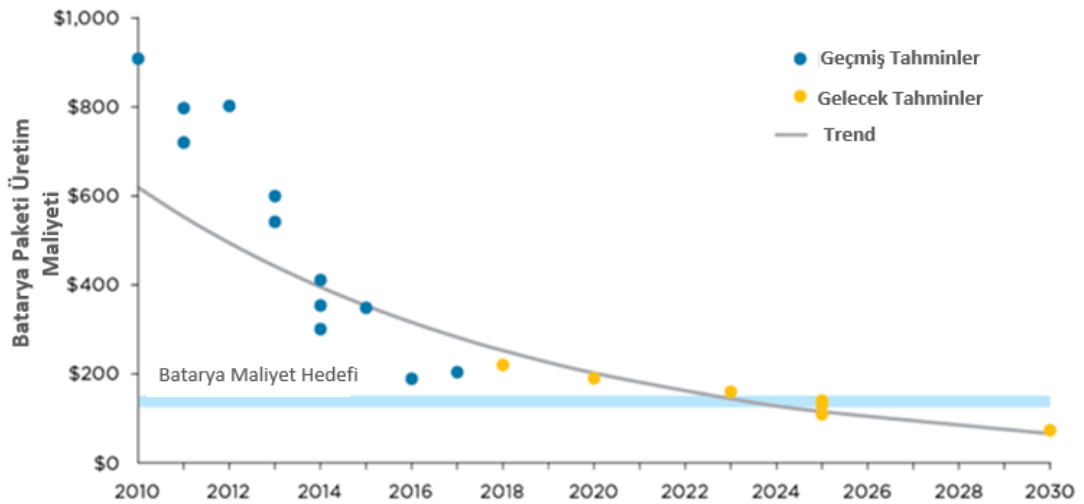
Şekil 1.2 V2X haberleşme örneği [3]

Araçlar arası haberleşmenin sağlanabilmesi veya araç ile herhangi bir akıllı ünitenin haberleşebilmesi için aracın haberleşme ağına erişim gerekmektedir. Aracın haberleşme ana ağı CAN olarak adlandırılmakla beraber, araçta birden fazla farklı data taşıma yolları içeren haberleşme ağları da bulunabilir. Bunlar LIN, Flexray, MOST veya Ethernet olabilir. Haberleşmenin sağlanabilmesi için araç komponentlerinden gerekli bilgilerin alınması gerekmektedir. Elektrikli araç birçok akıllı üniteye sahip olmakla beraber bu ünitelerinden aynı zamanda yönetiminin yapılması gerekmektedir. Şekil 1.3'te elektrikli aracı oluşturan ana komponentler bulunmaktadır.



Şekil 1.3 Elektrikli araç komponentleri

ICE'li araçlar ile rekabet edilebilmesi için mevcut durumda batarya teknolojisine önemli yatırımlar yapılmaktadır. Elektrikli araç bataryası aracın hareket edebilmesi ve istenilen fonksiyonları yerine getirebilmesi için gerekli enerjiyi depolar. Aracın menzili bataryanın kapasitesi ile doğru orantılıdır ve araç geliştirirken en büyük maliyeti oluşturur. Şekil 1.4'de batarya maliyetinin yıllar içerisinde ki öngörülen değerleri gözükmemektedir.



Şekil 1.4 Batarya maliyet öngörüsü

2020'li yılların ortasında batarya maliyeti kullanıcının ihtiyacı olan gerekli kapasiteyi sağlayabilecek ve aynı zamanda ICE ile rekabet edebilecektir. Batarya dışında elektrik makinası, evirici, DC/DC dönüştürücü, şarj ünitesi gibi akıllı komponentler için de büyük yatırımlar ve gelişimler beklenmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Yasal zorunluluklar ve çevresel politikalar gereği elektrikli araç teknolojileri günümüzde oldukça hızlı gelişmektedir ve bu alanda çok büyük yatırımlar yapılmaktadır. Araçlarda gelişen akıllı ünite sayısı ve çok hızlı işlem yapabilme kapasiteleri araçların birbirleri ve dış etkenler ile kablosuz olarak haberleşme imkanı tanımaktadır. Bu çalışmada hem elektrikli araç teknolojisi hem de V2X teknolojisi birlikte kullanılarak, araç test çevrimleri kablosuz olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar referans değerlerle karşılaştırılmıştır.

İkinci bölümde elektrikli aracın farklı varyasyonları detaylı bir şekilde anlatılmakla beraber birbiri ile kıyaslamaları yapılmıştır. Araç haberleşme ağı detaylı şekilde incelenmiş olup, araç ağına entegre edilecek kablosuz ağ geçidi için gerekli bilgi toplanmıştır. Son olarak elektrikli aracı oluşturan komponentler ve görevlerinden bahsedilmiş olup aracın çalışma metodolojisi anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde ilk olarak V2X teknolojisini oluşturan farklı mimariler detaylı incelenmiş sonrasında araca entegre edilen ağ geçitleri ve bu ünitelerinin çalışma prensipleri detaylı şekilde anlatılmıştır. Kablosuz haberleşmeyi sağlayan üniteler arasındaki haberleşme protokolünü oluşturan detaylar da yer almaktadır.

Dördüncü bölümde kablosuz ağ geçidinin araca entegrasyonun gerçekleştirilmesi detaylı şekilde anlatılmıştır. Entegre edilen ağ geçidinin programlanması ve şasi dinamometrede NEDC testi koşturularak sonuçların detaylı analizi yapılmıştır. Oluşturulan sistemin avantajları belirtilmiş ve gelecekteki araştırmalar için referans olunacak noktalar belirtilmiştir.

1.3 Hipotez

Elektrikli araçlar gelişen batarya teknolojisi ve çevresel faktörlerden dolayı kara taşıması için çok ciddi bir opsiyon olarak kullanılmaya adaydır. Bu sebeple araç geliştirme süreçlerinde yenilikçi yaklaşımlar oldukça büyük önem taşımaktadır.



2.1 Elektrikli Araç Çeşitleri

Sadece elektrik tahriki veya elektrik tahriki ile birlikte içten yanmalı motora sahip olan araçlara elektrikli araçlar denir. Enerji kaynağı olarak sadece bataryaya sahip olmak temel elektrikli araç türünü oluşturur fakat elektrik enerjisinin yanında farklı enerji kaynakları da kullanılabilir. Bu tarz araçlara hibrit elektrikli araç ismi verilir [6]. Uluslararası Elektrik Komitesi, iki veya daha fazla enerji kaynağı, depolama veya dönüştürücü kullanan araçların, elektrik enerjisi sağlayan en az bir komponent olduğu sürece HEV olarak adlandırılabilceğini öne sürmüştür. Bu tanım farklı birçok hibrit araç mimarisinin oluşmasını sağlamıştır [7]. BEV aşağıdaki gibi kategorize edilebilir:

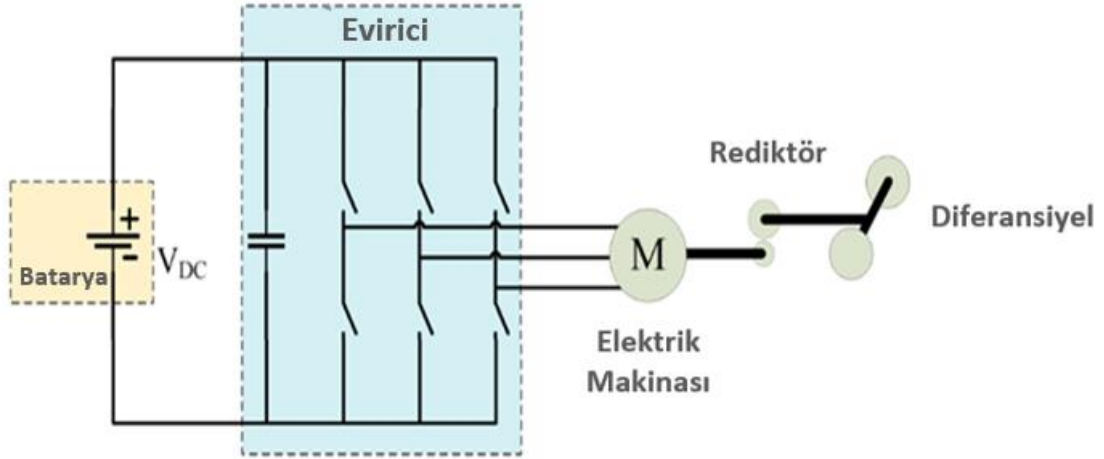
- Batarya Elektrikli Araç
- Hibrit Elektrikli Araç
- Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araç

2.1.1 Batarya Elektrikli Araç

Aktarma organına sadece bataryadan güç sağlayan araçlara batarya elektrikli araç denir. BEV'ler tek güç kaynağı batarya paketindeki enerji olduğu için araç menzili aracın batarya kapasitesi ile doğrudan alakalıdır. Tipik olarak bir şarjla 100-250 km arası mesafe gidebilirler. Üst segment araçlarda ise tek şarjla 300-500 km arası gitmek mümkün olabilmektedir. Bu aralıklar sürüş profiline, araç dinamiğine, yol koşullarına, iklime, batarya tipine ve yaşına bağlı olarak değişiklik gösterir. Batarya şarjı bittiğinde tekrardan bataryanın enerji depolama süresi ICE araçlarının yakıt ikmal süresinden çok daha fazladır. Bu batarya elektrikli araçların en büyük problemlerinden biridir.

Şarj süresi, şarj cihazı konfigürasyonuna, elektrik altyapısına ve çalışma gücü seviyesine bağlıdır. BEV'ler sera gazı üretmezler, gürültü oluşturmazlar ve bu sebeplerden dolayı çevreye duyarlıdırlar. Ayrıca içten yanmalı motorların aksine

elektrik makinası çalışma prensiplerinden dolayı düşük devirlerde bile yüksek tork sağlarlar. Menzil sınırlamaları sebebi ile bu avantajlar şehir içi kullanım için BEV'leri mükemmel hale getirir. Şekil 2.1'de batarya elektrikli araçların basit konfigürasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.1 BEV araç konfigürasyonu

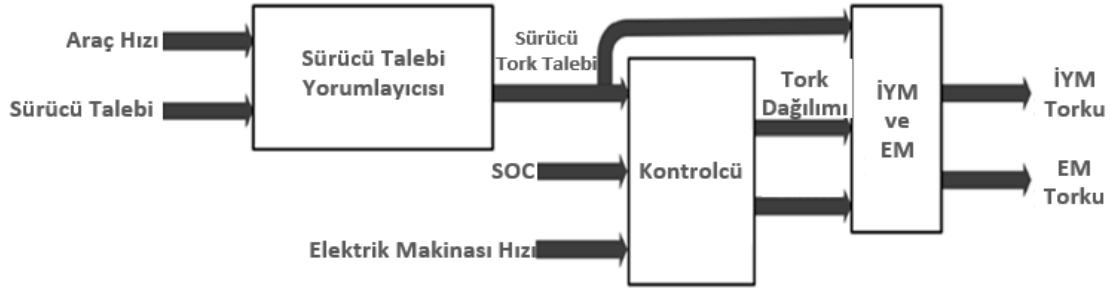
Batarya elektrikli araçların bir diğer büyük avantajı, frenleme anında kaybedilen enerjiyi geri kazanabilme özelliğidir. Araç frenleme anında veya salınım anında ise elektrik makinası ters akım oluşturarak evirici üzerinden bataryayı şarj eder. Regeneratif frenleme denilen bu sistemin en optimum çalışma aralığı mekanik frenleme ile birlikte freni dağıtarak kontrol edilmesine bağlıdır.

2.1.2 Hibrit Elektrikli Araç

HEV araçlarının BEV araçlardan farkı hem içten yanmalı motora sahip olması hem de elektrikli bir tahrik sistemine sahip olmasıdır. Bir HEV, araç kontrol yazılımına bağlı olarak tork talebi düşük olduğunda elektrik tahrik sistemini kullanabilir. Şehir içinde bu büyük bir avantajdır ve motor boşa kalma durumunda elektrik makinası tamamen durduğundan yakıt tüketimini de azaltır. Bu özellik aynı zamanda sera gazı emisyonunu da oldukça azaltmaktadır. Daha yüksek tork gerektiğinde ICE'ye geçiş sağlanabilir veya elektrik makinası ve ICE birlikte çalışabilir.

HEV'ler de aynı BEV'ler gibi regeneratif frenleme ile enerji depolayabilirler. Bu nedenle HEV'ler temel olarak aracın menzilini iyileştirmek veya performans artışı

sağlamak için elektrikli bir aktarma organının yanında ICE kullanan araçlardır. Şekil 2.2’de hibrit araçların çalışma diyagramı belirtilmiştir.



Şekil 2.2 HEV araçlarda enerji yönetimi sistemi

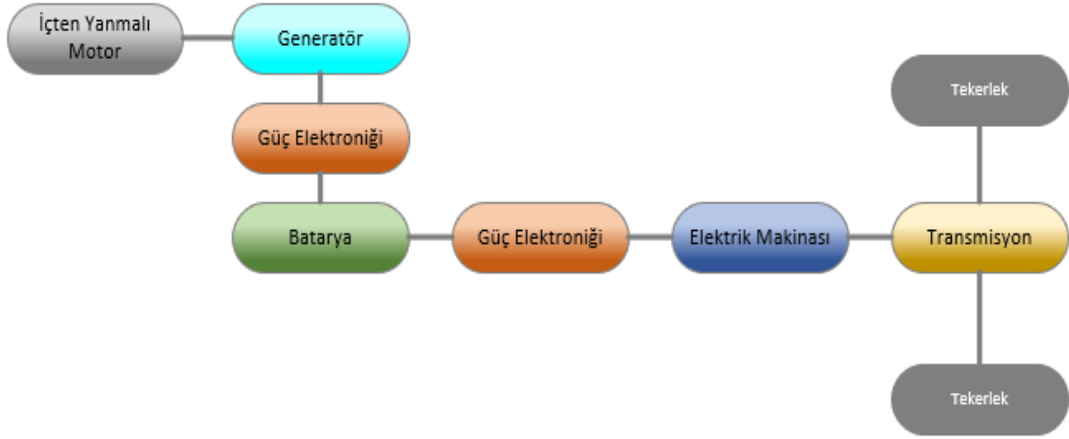
Araç çalışma terminolojisi, öncelikle sürücünün talep ettiği negatif ve pozitif tork değeriyle başlar. Sürücü hızlanmak istediği zaman gaz pedalına basarak pozitif tork talep eder, yavaşlamak istediğinde ise negatif tork talep eder. Araç kontrol ünitesi sürücünün pedal davranışlarını alarak bunu talep edilen tork değerine çevirir. Anlık hıza, batarya şarj durumuna ve sürücü tork talebine göre kontrolcü, ICE ve elektrik makinasının kullanım oranına karar verir.

HEV araçlar birkaç farklı konfigürasyonda bulunabilirler. Bunlar:

- Seri hibrit
- Paralel hibrit
- Seri-paralel hibrit
- Kompleks hibrit olarak 4’e ayrılabilir.

2.1.2.1 Seri Hibrit

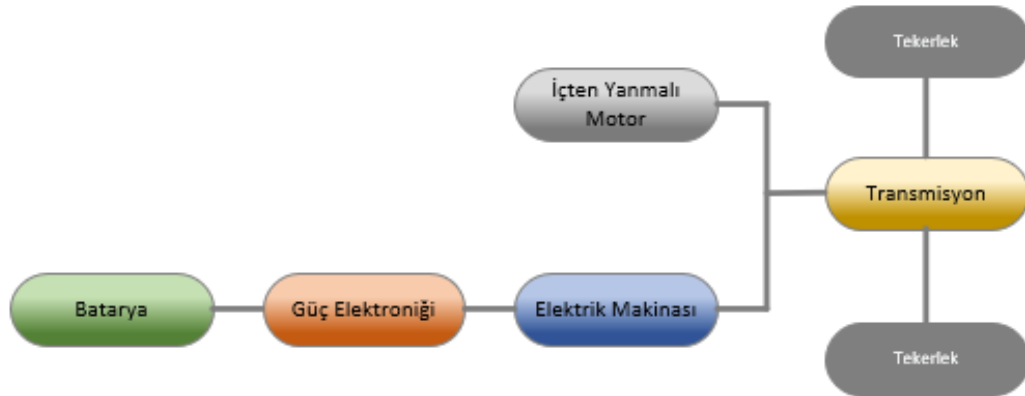
HEV araçlar için en basit konfigürasyonu ifade eder. Sadece elektrik makinası aktarım organına bağlıdır ve içten yanmalı motor sadece jeneratör olarak çalışarak elektriksel güç üretir. BEV yapısının ICE jeneratörlü hali olarak da düşünülebilir. Şekil 2.3 Seri hibrit mimarisini göstermektedir.



Şekil 2.3 Seri HEV mimarisi

2.1.2.2 Paralel Hibrit

Paralel hibrit mimarisi hem elektrik makinasını hem de içten yanmalı motoru aktarma organına bağlar. İkisinden biri ya da ikisi de tahrik için kullanılabilir. Bu mimaride bataryayı doldurmanın tek yolu rejeneratif frenlemedir. Frenleme anında elektrik makinası jeneratör moduna geçerek bataryayı şarj etmeye başlar. Paralel hibrit mimarisi Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

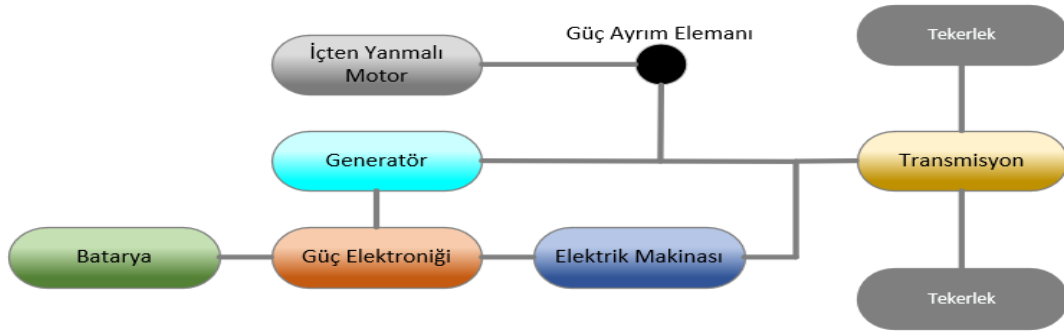


Şekil 2.4 Paralel hibrit mimarisi

2.1.2.3 Seri Paralel Hibrit

Seri ve paralel konfigürasyonu birleştirmek amacıyla, bu sistem seri tipine kıyasla ek bir mekanik bağlantı veya paralel tipe kıyasla ilave bir jeneratör edinir. Her iki

sistemin de avantajlarını sağlar, ancak yine de daha maliyetli ve karmaşıktır. Seri paralel hibrit mimarisi Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Seri paralel hibrit mimarisi

2.1.2.4 Kompleks Hibrit

Bu sistem seri-paralel sistemle büyük bir farklılığa sahiptir. Çift yönlü güç akışına izin verirken seri-paralel sadece tek yönlü güç akışını sağlayabilir. Bununla birlikte, mevcut piyasa terminolojileri kullanılarak, bu konfigürasyon da seri-paralel sistem olarak ifade edilir. Yüksek karmaşıklık ve maliyet bu sistemin dezavantajlarıdır. Sürekli değişken şanzıman, karmaşık bir hibrit sistemde güç kesmek veya tekerlekleri sürmek için güç kaynakları arasında seçim yapmak için kullanılabilir.

2.1.3 Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araç

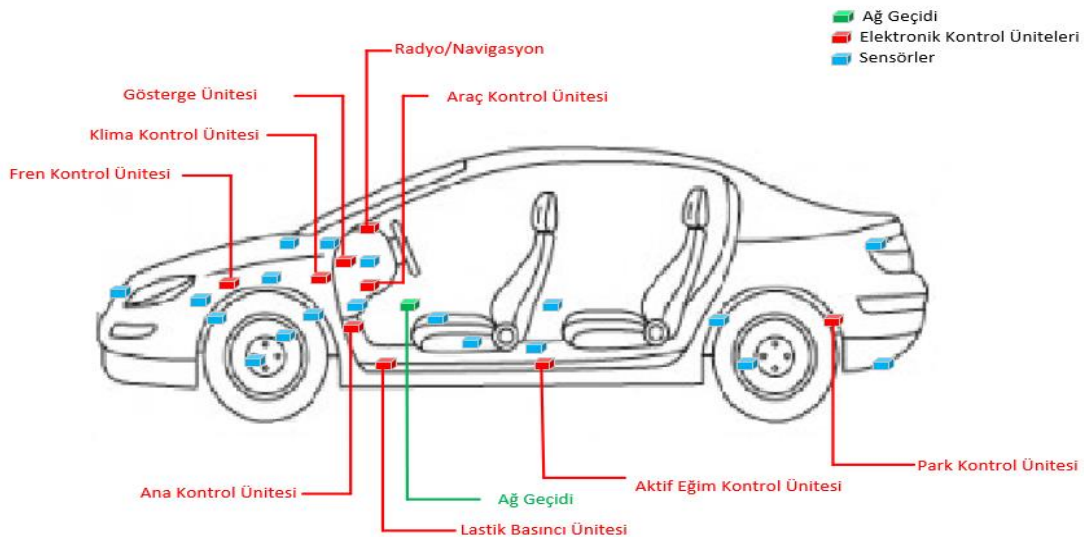
Şarj edilebilir hibrit araç konsepti, hibrit araçların kapasite aralığını genişletmek için ortaya çıkmıştır [8]. Hem ICE hem de HEV gibi elektrikli bir güç aktarma sistemi kullanılmaktadır, ancak aralarındaki fark, PHEV'in ana itici güç olarak elektrik tahrikini kullanmasıdır, bu nedenle bu araçlar HEV'lerden daha büyük bir batarya kapasitesi gerektirir. PHEV'ler "tam elektrik" modunda başlar, elektrikle çalışır ve batarya seviyesi düşük olduğunda, batarya takviyesi yapmak veya batarya paketini şarj etmek için ICE'yi çağırır [9]. ICE burada menzili uzatmak için kullanılır. PHEV'ler bataryalarını doğrudan şebekeden şarj edebilir, ayrıca rejeneratif frenleme kullanma imkanına da sahiptir. PHEV'lerin çoğu zaman yalnızca elektrikle çalışabilmesi, karbon ayak izini HEV'lerden daha küçük yapar. Aynı zamanda daha az yakıt tüketirler ve böylece ilgili maliyeti azaltırlar.

2.2 Araç Mimarisi ve Haberleşme Ağı

Sadece mekanik sistemlere sahip otomobillerin sayısı günümüzde oldukça azalmakta olan eski bir teknoloji olarak yerini almaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan elektronik ve gömülü bileşenlerin yüzdesi katlanarak artmaktadır [10]. Elektronik bileşenler günümüzün otomobil teknolojisinin önemli bir parçasıdır ve bu eğilimin gelecekte artması muhtemeldir [11].

Günümüzde orta sınıf araçlarda 20 civarında elektronik kontrol ünitesi mevcuttur. Bunlara ilaveten pek çok sayıda sensör ve aktüatür (röle, motor, solenoid, vb.) bulunmaktadır. Bu sistemlerden bazıları araç güvenliğini arttırırken bazıları da sadece konfor amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Eski araçlarda sensörleri ve aktüatörleri kontrol etmek için kablo hatları çekilirken artık sadece birkaç veri yolu ile bilgi iletimi sağlanmaktadır. Böylece hem araç ağırlığında hem de maliyetinde avantajlar elde edilmektedir. Ayrıca, veriler dijital olarak gönderildiği için verilerin bozulma ihtimali daha düşüktür. Yıllara göre araç başına kontrol ünitesi sayısı hızla artmaktadır. Bu üniteleri birbiri ile bağlamak için en yaygın kullanılan ağlar CAN ve LIN'dir. Buna ilaveten Flexray, MOST, Ethernet gibi ağlar da mevcuttur. Şekil 2.6'da batarya elektrik araca ait başlıca kontrol üniteleri ve sensörler gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Batarya elektrikli araç kontrol üniteleri ve sensörleri

Elektronik kontrol üniteleri, araç haberleşme ağına CAN protokolü ile bağlıdır. Tipik bir araç ağı olan CAN, 1 Mbps’ den daha az bir bant genişliğine ve maksimum 8 baytlık bir pakete sahiptir [12]. Haberleşme veri yolları hızlarına göre 4 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Bunlar Sınıf A, B, C ve D olarak isimlendirilmiştir. Şekil 2.7’de ağ geçidinin entegre edildiği prototip elektrikli aracın haberleşme veri yolları ve fonksiyonları gösterilmiştir.

Sınıf A 20kbps’e kadar olan veri transferi aralığıdır. En yaygın örneği LIN haberleşmesidir. Düşük veri transferi gerektiren ve basit kumanda amaçlı olarak kullanılır. Geliştirilen haberleşme sisteminin uygulandığı prototip elektrikli araçta devir-daim pompası LIN ile kontrol edilir. Sınıf B, 20-125kbps arası veri transferi aralığıdır. Sınıf A’ya göre daha fazla veri transferi gerektiren ancak veri transferi kritik olmayan uygulamalarda kullanılır. Araçta, radyo, gösterge paneli gibi “durum” bilgisi taşıyan ve gerçek-zamanlı olmayan veriler için kullanılır. Gerçek zamanlı veri transferinin gerekli olduğu kontrol uygulamalarında Sınıf C (125kbps-1Mbps) kullanılmaktadır. Prototip araçta, elektrikli araç kontrol ünitesi, fren kontrol ünitesi Sınıf C aralığında çalışmaktadır. Sınıf D 1Mbps üzeri veri transferinin ifade eder. Hem gerçek zamanlı veri transferinin gerekli olduğu hem de ağ güvenilirliğinin yüksek olması gereken sistemlerde kullanılır. Ayrıca ses ve görüntü gibi geniş band aralığı gerektiren uygulamalarda kullanılır. Flexray ve MOST ağları bu sınıfa örnektir. Mevcut araçta kullanımı bulunmamaktadır.



Şekil 2.7 Araç haberleşmesi veri yolları

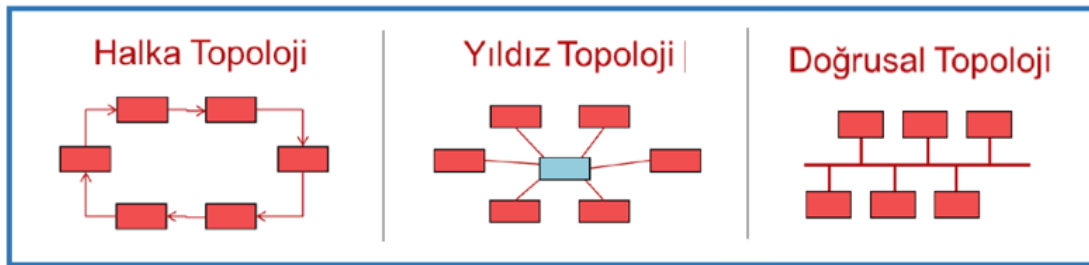
LIN haberleşme protokolünde merkezi bir ünite tüm haberleşmeyi yönetir. Efendi/köle ilişkisi vardır. Flexray protokolünde üstün ünite yoktur. Her ünite kendi zaman diliminde kendi mesajını yayınlar. CAN protokolünde de üstün ünite yoktur. Mesajların çakışması durumunda öncelikli mesaj iletilir. Mesaj önceliğine ID'ye göre karar verilir. Araçlarda tüm veri iletişiminin tek bir hızda ve tek bir ağ ile yapılmamasının en önemli nedeni maliyettir. Araç ağının hızı arttıkça elektronik kontrol ünitesi başına maliyet de artmaktadır. Tablo 2.1'de araç ağındaki ana protokoller gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Araç ağ ana protokolleri

Protokol	CAN	LIN	FlexRay
Bit Oranı	1 Mbps	20 Kbps	10 Mbps
Paket Büyüklüğü	8 byte	8 byte	254 byte

2.2.1 Ağ Topolojileri

Bir ağ içindeki üniteleri birbirlerine bağlamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan öne çıkanlar Halka, Yıldız ve Doğrusal topolojileridir. Her birinin kendi içinde avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Kullanıldıkları yere ve uygulamaya göre seçilebilirler. Şekil 2.8'de 3 ağ topolojileri belirtilmiştir.

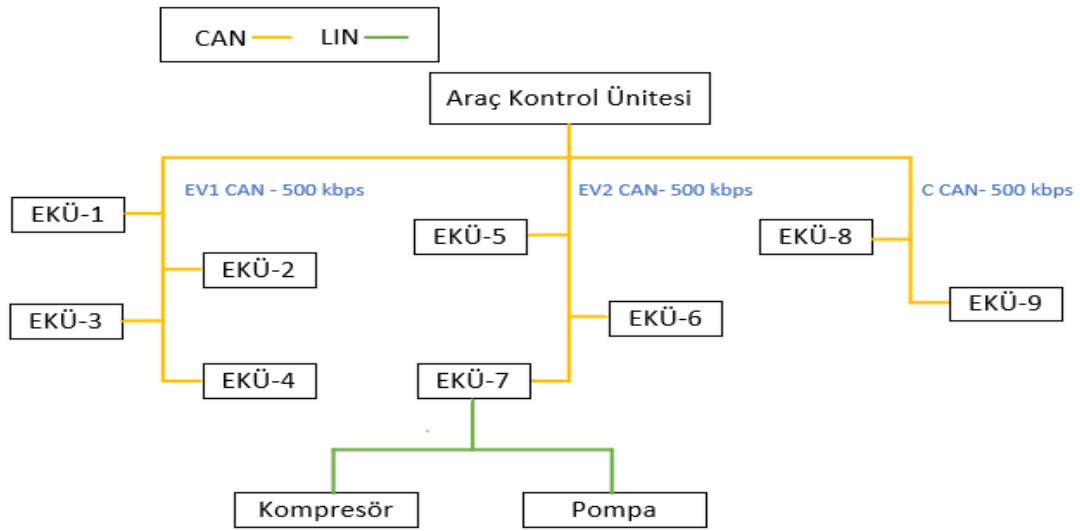


Şekil 2.8 Ağ topolojileri

Halka topolojisinde tek yönlü bir veri akışı bulunmaktadır. Sadece bir üniteden sinyal gelir ve yönetimi kolaydır. Bir üniteye olası bir arıza tüm ağın akışını engeller. Esnek bir yapısı yoktur. Yıldız topolojisinde merkezi bir ünite tarafından veri akışı yönetilir. Ünite ekleme veya çıkarma kolaydır fakat merkez ünitenin çıkış portları ile alakalıdır. Her ünite için ayrı bir kablo ihtiyacı olduğu için maliyeti fazladır.

Doğrusal topolojide ise çift yönlü bir veri akışı vardır. Daha esnek bir yapı sunar. Yansıma problemi meydana gelebilir, sonlandırma dirençlerine ihtiyaç duyulur.

CAN ağları çizgisel topolojiyi kullanmaktadır araç üzerinde kontrol ünitelerini birbirine bağlamak için çizgisel topoloji kullanılmaktadır. Şekil 2.9’da mevcut durumda kullanılan araç ağı ve protokolleri gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Prototip elektrikli aracın araç ağı topolojisi

2.2.2 CAN Veri Yolu

CAN veri yolu, günümüz otomotivinde en yaygın kullanılan haberleşme ağıdır. Hem gerçek zamanlı veri akışında hem de temel araç yönetimi uygulamalarında kullanılmaktadır.

CAN ağları teknik tanımı ile “çok efendili yarı çift yönlü” bir haberleşme protokolüdür. Herhangi bir üstün ünite veya merkezi kontrol ünitesi yoktur. İletişimde üstünlüğü mesajların tanımlayıcıları belirler. Hattaki bir mesajı birden çok ünite alabilir ve kullanabilir. Örneğin motor suyu sıcaklığı sinyalini hem gösterge paneli hem de klima kontrol ünitesi alabilir ve kullanabilir.

2.2.2.1 Donanım ve Fiziksel Özellikler

CAN hatlarında elektrik sinyalleri iki adet kablo ile taşınır. Bu kablolar CAN-H ve CAN-L olarak tanımlanırlar. Elektromanyetik alanlardan kaynaklanan bozucu

etkileri en aza indirmek için aşağıda gösterilen ikili sarmal kablo ile taşınırlar. Şekil 2.10'da sarmal kablo yapısı görülmektedir.

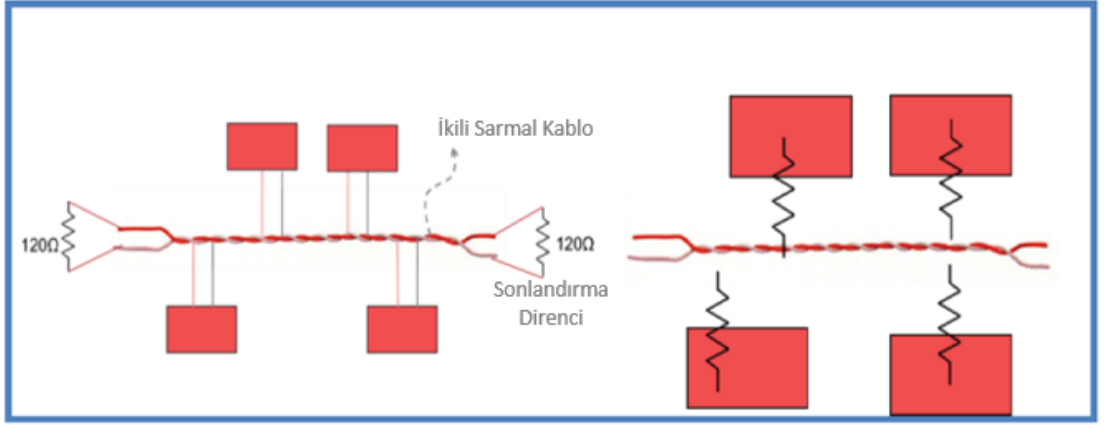


Şekil 2.10 CAN hattı sarmal kablo yapısı

Evlerde kullanılan uydu anteni kablolarının üzerinden 75 Ohm yazar. Bu o kablonun empedansıdır. Kablonun iki ucuna bağlı LNB ve uydu alıcı bu empedansı karşılamak üzere alıcı ve verici devreler içermektedir. Böyle bir yapının kullanılma sebebi hattın uzunluğundan kaynaklanan yansımaları engellemektir.

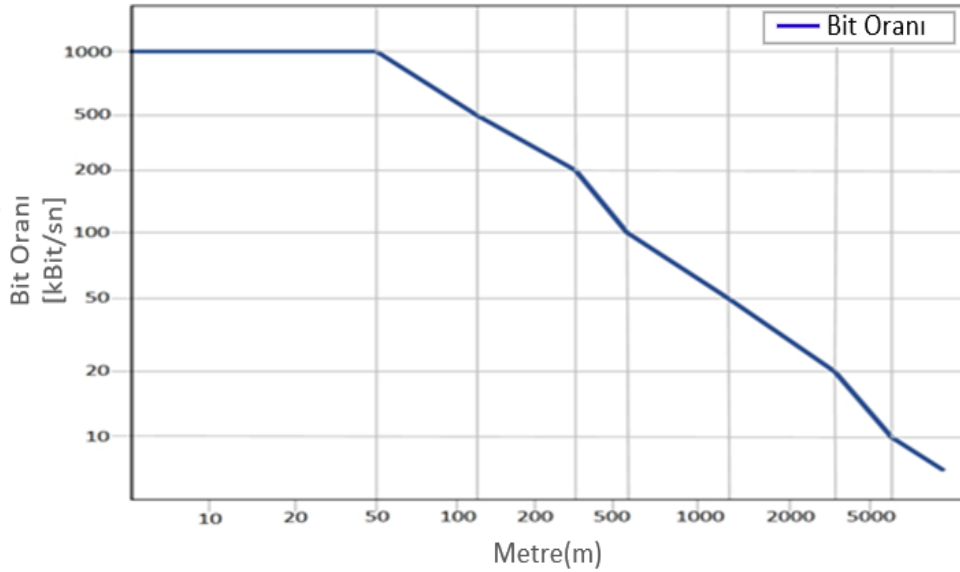
Yansıma olayı doğrusal topolojilerde iletilen elektrik sinyallerinde de yaşanır. Gönderilen elektrik sinyalleri hattın yansır ve gerilim seviyesinde dalgalanmalar oluşturur. Bu dalgalanmalar sinyalin yanlış okunmasına neden olur. Hattaki yansımaları azaltmak ve sinyaldeki dalgalanmaları engel olmak için “sonlandırma direnci” kullanılması gerekmektedir.

CAN hattının iki uç noktasında yerleştirilen sonlandırma dirençleri, haberleşme hattının empedansına göre belirlenir. CAN veri yolu ikili sarmal bakır kablo ile taşınmaktadır ve hattın empedansı 120Ω 'dur. Dolayısıyla CAN hatlarında iki adet 120Ω direnç hat sonuna ve başına eklenir. Hattaki yansımalar özellikle yüksek hızlı CAN hatlarında gereklidir. Düşük hızlı 125 kbps altı hızlarda yansımalar daha düşüktür. Bu nedenle yavaş hatlarda yansımayı azaltmak için her ünite içinde birkaç $k\Omega$ mertebesinde direnç mevcuttur. Aynı bir 120Ω 'luk sonlandırma direnci kullanılmaz. Şekil 11'de CAN hattı kablo yapısı ve sonlandırma dirençleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11 CAN hattı kablo yapısı ve sonlandırma dirençleri

Bir CAN ağının azami veri taşıma hızı 1Mbps olmakla birlikte, bu hız hat uzunluğu ile azalmaktadır. Şekil 2.12’de ağ uzunluğuna karşı gelen veri hızı limitleri gösterilmiştir. Laboratuvar ortamında elde edilen test sonuçlarına göre 40m’ye kadar 1 Mbps hızını koruyabilen ağ, hat uzunluğu 1000 metreye yaklaştıkça hız limiti 40 kbps’e kadar düşmektedir.

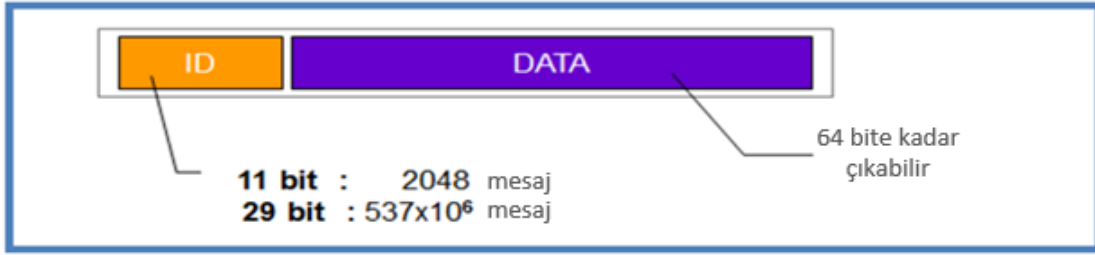


Şekil 2.12 Ağ uzunluğuna göre veri hızı değişimi

2.2.2.2 CAN Protokolü

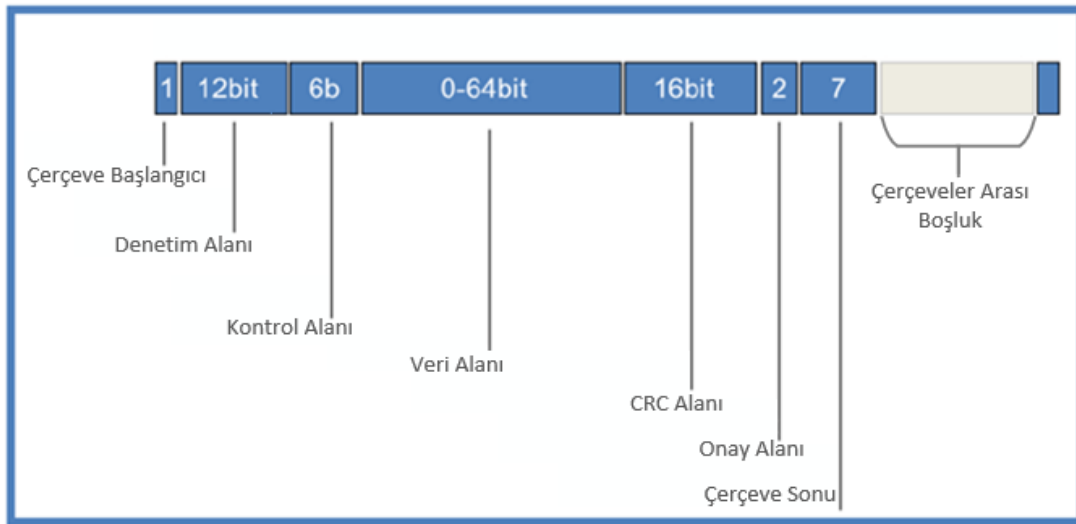
CAN ağı, çoklu-efendi bir ağıdır, dolayısıyla merkezi kontrol ünitesi yoktur. Bütün üniteler eşit üstünlüktedir. Her CAN mesajının başında “ID”, yani mesaj kimliği

tanımlayıcısı bulunur. Şekil 2.13’de görüleceği gibi bir CAN mesajı başında 11 veya 29 bit denilen ID ile hatta gönderilir.



Şekil 2.13 CAN mesajı

Haberleşmede üstünlüğü mesajların kimlikleri belirler. Bir CAN mesajı, yapısında ID ve veri dışında bazı başka bilgilerin de olduğu bir paket olarak yayınlanır ve buna CAN çerçevesi adı verilir. Standart bir CAN çerçevesi Şekil 2.14’de gösterilmiştir.



Şekil 2.14 CAN çerçevesi

Çerçeve başlangıç biti CAN çerçevesinin başladığını belirtir. Denetim alanı, CAN mesajının kimliğini belirtilir. Mesajın önceliğinin belirlenmesinde kullanılır. Kontrol alanı, CAN çerçevesindeki mesaj uzunluğunu, CAN çerçevesinin 11bit veya 29bit olup olmadığını belirtir. CAN mesajı 0 bayt ile 8 bayt arasında değer alabilir. Veri alanı, CAN mesajındaki verinin taşındığı alandır. CRC alanı, CAN verisinin doğru olarak iletilip iletilmediğini kontrol etmek için kullanılır. CAN çerçevesi içindeki bitler matematiksel bir işlemde geçirilir ve hesaplanan değer çerçeve içindeki CRC alanına yazılır.

Mesajı alan ünite okuduğu çerçevedeki bitleri aynı formülden geçirerek olması gereken değeri hesaplar. Kendi hesapladığı değer ile çerçeveden gelen CRC değerini karşılaştırır. Eğer iki değer aynı ise mesajın bozulmadığını anlar ve kullanılması için uygulama katmanına taşır. Eğer mesajın iletimi sırasında bitlerden bir veya birkaçında bozulma olursa hesaplanan ve okunan değerler tutmadığı için mesaj hatalı olduğu anlaşılır ve işleme alınmaz.

2.2.2.3 CAN Mesajlarının Önceliklendirilmesi

CAN hatlarında LOJİK 0 baskın ve LOJİK 1 çekingen özellik gösterir. Hattın LOJİK 1 olması için bütün ünitelerin LOJİK 1 olması gerekir. Mesajların önceliklendirilmesini anlatmak için örnek iki mesaj kullanalım. STATUS_PAM mesajı park ünitesinden gönderilen bir mesajdır. ID'si 0x0CB'dir. BRAKE1 mesajı ise fren kontrol ünitesinden gönderilen ve ID'si 0x081 olan bir mesajdır. Heksadesimal olarak verilen bu ID'lerin ikilik sistemdeki karşılığı aşağıdaki Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Mesaj ID'leri ve ikilik sistemde karşılıkları

Mesaj	ID (Hexadecimal)	ID (İkilik-Binary)
BRAKE1	0x081	0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 b
STATUS_PAM	0x0CB	0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 b

Bu iki ünitenin aynı CAN hattına aynı anda yayın yapmaya başladığını varsayalım. Her iki mesaj ID'si sıfırla başlamaktadır ve hattı LOJİK 0 seviyesinde sürerler. Her iki ünite de hatta sıfır değeri okuduğu için herhangi bir çakışma olmadığını varsayarak sonraki bite geçer. Sonraki iki bitte sıfır olduğu için çakışma fark edilmez. 4. bit ise her ikisinde de LOJİK 1'dir. Her iki ünite de hattı LOJİK 1 sinyali ile sürer ve LOJİK 1 sinyali okurlar. Bu aşamaya kadar çakışma fark edilmez. Ancak 5'inci bite gelindiğinde bir ünite LOJİK 0 yayınlarken diğer ünite LOJİK 1 yayınlamaktadır. LOJİK 0 baskın olduğu için hatta okunan sinyal LOJİK 0'dır. EKÜ B, hatta LOJİK 1 yayınlarken, hattan LOJİK 0 okumaktadır. Bu durumda hatta kendinden daha öncelikli bir mesaj olduğunu fark eder ve yayın yapmayı bırakır.

2.3 Elektrikli Araç Komponentleri

2.3.1 Yüksek Gerilim Batarya

Elektrikli araçlar çalışma prensibi olarak bir enerji kaynağı bulundurmamak zorundadırlar. Yüksek enerji ve güç yoğunluğu, kaynaklar için en önemli iki kriter olarak belirlenmiştir [7]. Bu kriterlerin yanında hızlı şarj olabilme, uzun süre çalışabilme, düşük maliyet ve bakım kolaylığı gibi özellikler enerji kaynağından beklenen başka özelliklerdir. Uzun bir sürüş aralığı için kaynaktan yüksek enerji kapasitesi gerekirken aracın ivmelenmesinin artması için yüksek güç kapasitesine sahip olması gerekmektedir. En ideal kaynak için birçok parametre bulunurken, istenilen güç ve enerji gereksinimlerini sağlamak için farklı kimyasal kombinasyonlar kullanılmaktadır.

Yüksek gerilim batarya, elektrikli araçlar için günümüzde en büyük enerji kaynağı seçeneği olarak bulunmaktadır. Birçok farklı batarya teknolojisi ve aynı zamanda farklı kimyalar kullanılarak elektrikli aracın daha rekabetçi bir hale gelmesi için çalışmalar devam etmektedir. Lead-acid, Ni-Zn, Zn/air, Ni-MH, Na/S, Li-polymer ve Li-ion günümüzde en yaygın olarak kullanılan hücre kimyalarından bazılarıdır [13]. Farklı batarya çeşitlerinin farklı artıları ve eksileri bulunmaktadır.

Elektrikli araç bataryasının ömrünü 6 adımda inceleyebiliriz. Hücre üretimi, modül üretimi, modüllerin birleştirilerek batarya paketi oluşturma, batarya paketinin araca entegrasyonu ve araçta kullanılması. Şekil 2.15’de 6 adımlık batarya döngüsü görülmektedir.

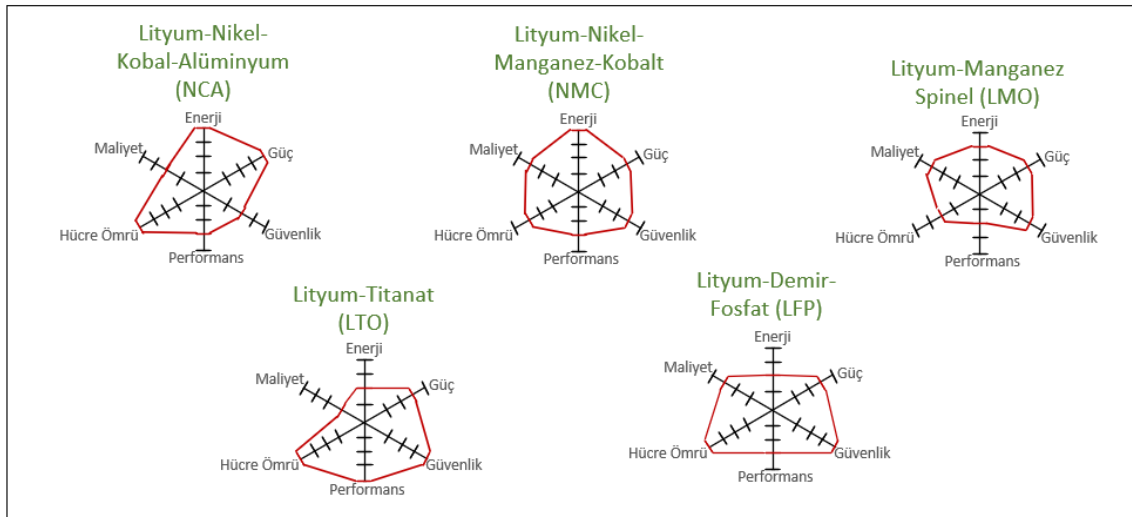


Şekil 2.15 Elektrikli araç batarya döngüsü

Yüksek gerilim bataryanın otomotiv üreticileri tarafından tercih edilmesi için önemli parametreler bulunmaktadır. Güvenlik bunların en başında gelmektedir. Trafığe açık ve hareket haline devam eden bir elektrikli araçta olası bir yüksek gerilim kaynaklı problem, gelişen endüstriyi birkaç adım geriye götürebilir. Bu konudaki en büyük kaygılardan biri bataryayı oluşturan hücrelerin termal

karakteristiğindeki olası bozulmalar veya yanlış kontrol yöntemleri, bataryanın çalışmamasına veya daha şiddetli hasarlara sebep olabilmektedir. Bataryanın ömrü mevcut elektrikli araç teknolojisi için de büyük bir önem taşımaktadır. Bataryanın tam olarak deşarj ve şarj olmasına batarya döngüsü denir ve döngü sayısının ne kadar fazla olacağı bataryanın ömrünü belirler.

Bir diğer önemli parametre bataryanın performansıdır. Farklı iklimlerde ve farklı hava koşullarında batarya talep edilen performansı karşılamalı ve ortam koşullarından etkilenmemelidir. Hücrelerin enerji yoğunluğu aslında içerideki kimyasal tepkimeler ile yüksek oranda alakalı olduğu için farklı sıcaklıklarda performans kaybının önüne geçmek oldukça zordur. Enerji ve güç yoğunluğu değerleri bataryayı oluşturan bir başka önemli parametredir. Enerji yoğunluğu, kilogram başına düşen kapasiteyi ifade eder. Günümüz batarya teknolojisi 140 ila 170 watt-saat/kg değerinde enerji yoğunluğuna sahiptir. Güç yoğunluğu ise kilogram başına düşen gücü ifade eder. Bataryanın deşarj anında düşük miktarda enerji tüketmesi sebebi ile hibrit araçlar için daha büyük bir öneme sahiptir. Şarj süresi ve batarya maliyeti diğer en önemli iki parametre olmakla beraber elektrikli aracın en maliyetli komponenti yüksek gerilim batarya olduğu düşünülürse içten yanmalı motorlu araçlar ile rekabet edilebilmesi için batarya maliyetinin düşürülmesi büyük bir öneme sahiptir. Şekil 2.16 farklı mimarilerdeki batarya teknolojilerinin belirtilen parametrelere göre karşılaştırılması gösterilmiştir.

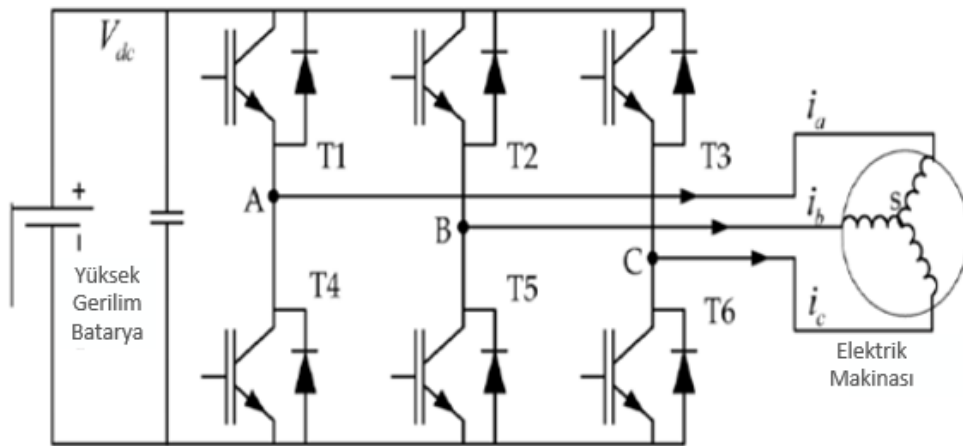


Şekil 2.16 Batarya mimarilerinin karşılaştırılması

2.3.2 Güç Elektroniği ve Elektrik Makinası

2.3.2.1 Evirici

Elektrikli araç mimarisinde evirici, DC/AC dönüşümünü iki yönlü olarak sağlayarak elektrik makinasını sürme işlevi görevindedir. Evirici giriş DC link gerilimine göre talep edilen tork değerini dikkate alarak çıkış AC gerilimi ayarlar. Talep edilen tork değerine göre akımın genliğini ve yönünü ayarlayarak elektrik makinasını sürer. Frenleme anında batarya anlık şarj durumunu kontrol ederek, bataryanın şarj edilmesini sağlar. Evirici fiziksel kısım ve kontrol kısmı olarak iki ana bölümde incelenebilir. En önemli fiziksel komponent yarı iletken anahtarlama elemanlarıdır [14]. IGBT denilen ve yüksek frekansta verimliliği yüksek şekilde anahtarlama yapabilen transistörlerden oluşmaktadır. Bunun dışında anahtarlama anında oluşan sıcaklık kontrol edilmeli ve soğuma çevrimi dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Evirici kontrolcüsünün ana görevi ise sürücünün talep ettiği negatif veya pozitif tork değerine göre motora gerekli akımı sağlamaktır. Şekil 2.17’de eviricinin fiziksel yapısı gösterilmektedir.

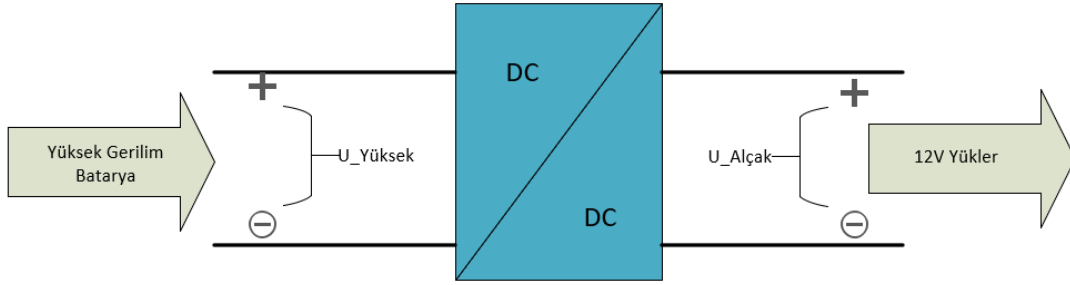


Şekil 2.17 Evirici yapısı

2.3.2.2 DC/DC Dönüştürücü

DC/DC Dönüştürücüler günümüzde güç kaynakları ve sürücü devreleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Gerilimi kontrol ederek ve yöneterek DC gerilimin istenilen operasyon aralığında kalmasını sağlarlar [15].

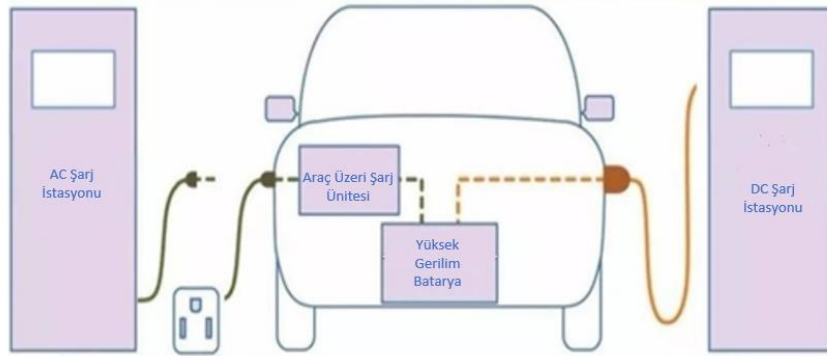
Elektrik araç sistemlerinde yüksek gerilim bataryadan gelen DC link gerilimini aracın genel fonksiyonlarını çalışması için gerekli olan 12V DC gerilim seviyesine dönüştürerek 12V akünün şarj edilmesini sağlar. İçten yanmalı araçların aksine elektrik araçlar mekanik tahrikten yararlanılarak alternatör yardımı ile DC gerilim üretmediği için yüksek gerilim bataryanın gerilimini dönüştürerek yan yüklerinin beslenmesini sağlar. Şekil 2.18’de DC/DC dönüştürücü mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 2.18 DC/DC dönüştürücü mimarisi

2.3.2.3 Araç Üstü Şarj Ünitesi

Elektrikli araçlarda araç üstü şarj ünitesinin ana fonksiyonu batarya şarj akımı sağlamaktır. Farklı modları bulunmakla birlikte, aracın şarj edildiği kaynak referans alınarak farklı modlarda bataryanın dolmasını gerçekleştirir. Aracın şarj süresi çok kritik bir parametre olmakla beraber 3 faz şebeke gerilimi ve tek faz ev tipi prizler kullanılarak elektrikli araç, araç üstü şarj ünitesi kullanılarak şarj edilebilir. Araç üstü şarj ünitesi, batarya yönetim sistemi ile haberleşerek aracın anlık olarak şarj bilgisini alır ve ona göre şarjın kontrolünü ayarlar. Şekil 2.18’de araç üstü şarj ünitesinin elektrikli araçlar için kullanımına örnek bir görsel paylaşılmıştır.



Şekil 2.19 Araç üzeri şarj ünitesi kullanımı

2.3.2.4 Elektrik Makinası

Tahrik sistemi araçların en kritik noktası olarak görülmektedir. Elektrikli araçlar için de elektrik makinası, tahrik sisteminin en önemli bileşenidir. Elektrik makinası yüksek gerilim bataryadan gelen elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirerek aktarım organlarına ileten ve aracın hareket etmesini sağlayan komponenttir. Aynı zamanda jeneratör olarak da çalışabilme özelliğinden dolayı frenleme anındaki kayıp enerjiyi evirici yardımıyla yüksek gerilim bataryayı şarj etmek için kullanır. Otomotiv üreticilerinin ihtiyaçlarına göre farklı tiplerde kullanılan elektrik makinası çeşitleri bulunmaktadır.

Elektrikli araçlarda ana ihtiyaç yüksek güç ve tork değerlerinde çalışabilen, geniş bir hız aralığı olan, yüksek verimli, düşük maliyetli ve boyutları ideal olacak şekilde çalışacak elektrik makinasıdır. DC makinalar belirtilen bazı özellikleri sağlamakla beraber düşük verimleri ve bakım gereksinimleri sebebi ile elektrikli araçlarda kullanımında geriye düşürmüştür. Gelişen güç elektroniği ve kontrolcü yapıları ile farklı elektrik makinaları otomotiv sektöründe yerini almıştır. Bunlardan en popüler olanları asenkron ve sabit mıknatıslı senkron tipi elektrik makinalarıdır. Aşağıda elektrik makine çeşitleri belirtilmiştir:

- Doğru Akım Motorları
- Asenkron Motorlar
- Anahtarlama Relüktans Motorlar
- Sabit Mıknatıslı Senkron Motorlar

3.1 V2X Haberleşme Analizi

Elektrikli araç üniteleri genel olarak enerjiyi depolamak ve enerjiyi üretmek olmak üzere iki temel amaçla çalışır. V2X teknolojisi elektrikli araç kontrol ünitelerinin aracın başka fonksiyonlar içinde kullanılabileceğini göstermektedir. V2X teknolojisi son yıllarda farklı bakış açıları ile analiz edilmiş ve birçok proje kapsamında uygulanmış olup, otomotiv endüstrisinde elektrikli araç üreticilerine ve enerji altyapılarına sağlayabileceği ekonomik ve çevresel avantajları araştırılmıştır.

Akıllı şebeke sistemleri ve elektrik araç teknolojisi, elektrik aracın en büyük sorunlarından birinin araç menzili olduğu düşünülürse günümüzde büyük bir araştırma alanı konusudur. Akıllı şarj, elektrikli aracın piyasa entegrasyonuna ilk yaklaşım olarak görülebilir [4]. Elektrik araçların enerji kaynağı olarak kullanılma düşüncesi elektrikli araçların daha yaygın kullanımı ile alakalı olmakla beraber V2G kapmasında ikinci aşama olarak düşünülebilir.

V2X teknolojisinin elektrikli araçların süreklilik, dayanıklılık ve güvenlik fonksiyonlarını geliştirme noktalarında önemli etkileri olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yüksek enerji kapasitesine sahip batarya elektrikli ve şarj edilebilir elektrikli araçların farklı sistemleri için enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi de bir diğer önemli noktadır. Kullanıcılar aşağıda belirtilen alanlarda yüksek gerilim bataryasını enerji kaynağı olarak kullanabilmektedir:

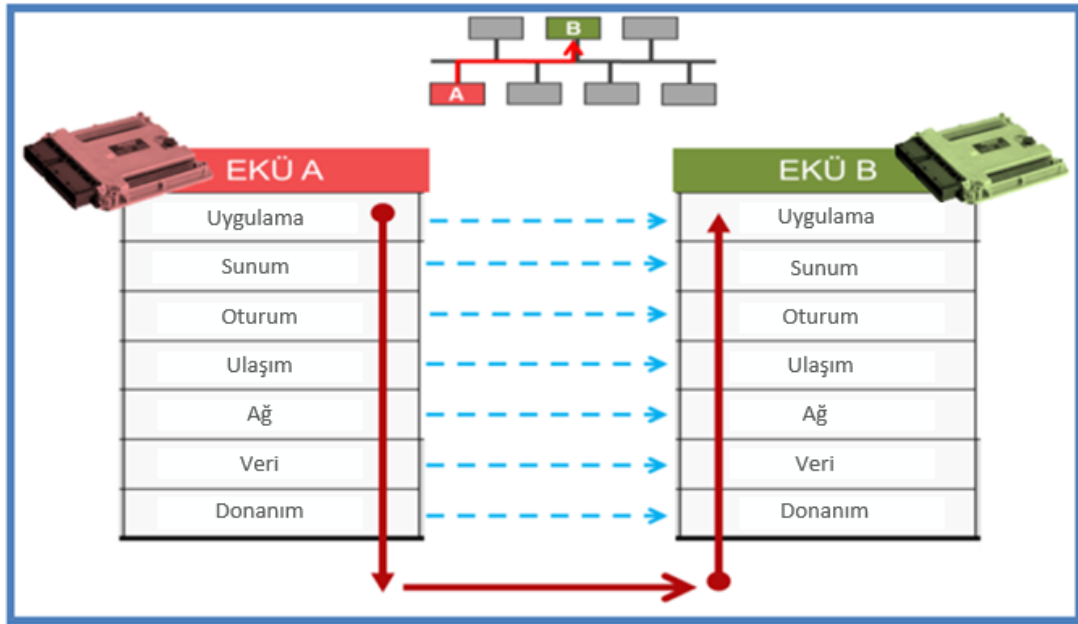
- V2G: Elektrik şebekesi enerji talebinin yüksek olduğu zamanlarda yüksek gerilim bataryanın enerji kapasitesini kullanabilir.
- V2H: Herhangi bir enerji kesintisi durumunda elektrikli araçların ev jeneratörü olarak kullanılması.
- V2L: Şebeke elektriğinin iletilemediği yerlerde örneğin şantiye alanları veya kamp alanları gibi bölgelerde enerji kaynağı olarak kullanılması.

- V2V: Araçların birbirleri ile haberleşerek SOC durumlarının kıyaslanması ve gerekli durumlarda enerji transferinin sağlanması

Elektrikli araçlar için genel olarak V2X haberleşmesi konusunda en çok yoğunlaşılan alan yüksek gerilim bataryanın enerji aktarımı üzerinedir. Elektrikli araçların günden güne artacağını öngörürsek araç üreticileri için V2X teknolojisi araç geliştirme süreçleri için bazı fırsatlar sunmaktadır [16].

3.1.1 OSI Modeli ve Katmanları

Araç içerisindeki CAN veya LIN hattı kullanılarak sağlanan elektronik kontrol üniteleri arasındaki kablolu haberleşmenin veya V2X kapsamında sağlanacak olan kablosuz haberleşmede araç üzerindeki iki elektronik kontrol ünitesinin haberleşebilmesi için tanımlanan ISO 7498-1 normu bulunmaktadır. Veri akış süreci 7 adımda tanımlanmış olup verinin paketlenmesi ve iletilmesine kadar olan aşamaları konu alır. Şekil 3.1’de araç içerisinde iki elektronik kontrol ünitesinin haberleşme mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 3.1 EKÜ haberleşme mimarisi

Otomotiv alanında data kontrolünde Uygulama, Veri ve Donanım katmanları kullanılmaktadır. Uygulama katmanında araç içinde bulunan gerçek zamanlı olarak gönderilmek istenilen datalar (örneğin sensör bilgileri gibi datalar) Veri katmanına

iletilir. Veri katmanında datalar CAN veya LIN protokolüne göre gerekli çerçeveye yerleştirilir. Gönderilecek olan data CAN protokolünde tanımlanan çerçeveye yerleştirilerek donanım katmanına iletilir. Donanım katmanı datayı fiziksel olarak iletmeyi sağlayan ve alıcı EKÜ içinde giriş sinyallerini bulunduran iletim yoludur. CAN Haberleşmesi için sarmal yapıda bulunan ve CAN-H ve CAN-L olarak iki kablodan oluşan iletim yoludur.

Şekil 3.1’de belirtildiği gibi EKÜ A gerekli katmanları kullanarak ilettiği datayı EKÜ B’de aynı şekilde tam ters şekilde datayı işleyerek çerçevelenmiş bilgiyi uygulama katmanına iletir. İki elektronik kontrol ünitesi CAN ve LIN haberleşmesi kullanılarak datayı iletmış ve almış olur.

3.2 Haberleşme Protokolleri Detaylı İncelenmesi

WLAN sistemleri ilk olarak 1990’lı yılların başında kullanılmaya başlanmıştır. İlk yıllarda, düşük veri hızları, yüksek maliyetler, donanım uyumsuzluğu ve kullanıcıların birbirinden habersiz olması gibi sorunlar nedeniyle WLAN’ın yayılım hızı yavaş olmuştur [17]. Ancak 2000’li yıllardan itibaren, standartlaşmayla birlikte WLAN sistemleri hızla yayılmaktadır. Çünkü standartlaşma sonucunda çeşitli marka WLAN ekipmanı aynı kablosuz ağ içinde kullanılabilir [18].

3.2.1 WLAN Standartlaşmasının Avantajları

Standartlaştırma; aynı zamanda performans artışına, ürün yelpazesinin genişlemesine yol açar.

- Standartlar, bir sistemin kabul edilmiş özelliklerini tanımladığından, genellikle, üretici firmalara yol gösterici olur ve üreticiye tasarım, geliştirme ve test kolaylığı sağlar.
- Standartlar, sistemlerin birbirleri ile bağdaşabilirliği konusunda güvence verdiği için, tüketiciye/kullanıcıya sistemin farklı birimlerini farklı üreticilerden satın alma esnekliğini sağlar. Ancak, bu konuda sorun çıkmaması için tüketicilerin/kullanıcıların her zaman ürünlerin standartlarını en ince ayrıntısına kadar incelemeleri gerekir.

- Ağların aynı standartlara uygun olmaları, birbirleri ile doğrudan haberleşmelerine olanak tanıyacağından, geçit yolu gibi ek aygıtlara gereksinim duyulmayacağı için, ek maliyetler önlenmiş olur.
- Ağların aynı standartlara uygun olması, ağ işletmecilerine işletim ve bakım kolaylığı sağlar. Farklı özelliklerde çalışan ağların işletim ve bakım işlemleri için farklı test cihazları satın alınması ve işlemlerinin uygulanması işletmecinin personel ve gereç maliyetini arttırır.
- Standartlar, farklı üreticilerin ürettikleri bilgisayarların birbiri ile haberleşmelerine olanak tanımakla kalmaz, aynı zamanda, standartlara uygun ürünlerin pazar payını da arttırır. Ürünün pazar payının artması seri üretimi mümkün kılar. Seri üretimle de fiyatlar ucuzlar.

3.2.2 IEEE 802.11 Standardı

802.11, IEEE tarafından, kablosuz yerel alan ağları için geliştirilmiş bir standarttır. 802.11x ailesinde, ilk geliştirilen standart olan 802. 11; 2.4 GHz frekansında, saniyede 1Mbps ve 2 Mbps veri transferine izin verir. DSSS ve FHSS modülasyon teknolojisini kullanmaktadır [19]. Bu sürüm esas erişim yöntemi olarak CSMA/CA teknolojisi kullanılmıştır. CSMA/CA teknolojisi veri aktarma hacmini ciddi bir yük getirmekle beraber, kötü koşullar altında da güvenilir veri aktarımı sağlıyordu. Yani 802.11 kısıtlı bant genişliğine rağmen sağlam ve güvenli bir sistem altyapısı sağlamaktaydı [20]. Bu, 802.11'in ilk sürümünün en önemli özelliği, üreticilere ve kullanıcılara çok sayıda seçenek sunmasıydı. İlk bakışta çok faydalı bir özellik olarak gözükmeye rağmen, bu özelliğin getirdiği önemli bir sorun da vardı. Çok sayıda seçenek sunulmasından dolayı piyasadaki farklı ürünler arasında uyum sorunu ortaya çıkmıştı. Bu uyumsuzluk yüzünden, 802.11x standardının bu sürümüne, daha çok bir beta sürümü olarak kabul edilmektedir.

3.2.2.1 IEEE 802.11b Standardı

802.11b standardı, 802.11a'dan önce tanımlanmıştır. Desteklediği aktarım oranları 1, 2, 5.5 ve 11Mbps'dir. 802.11b, 50 metreye dek haberleşebilir ve DSSS modülasyon teknolojisini kullanmaktadır. Aktarım hızı gürültü altında 5.5 Mbps'e kadar düşer. 2 Mbps veya 1 Mbps bağlantıyı kontrol için kullanılır.

IEEE 802.11b noktadan-noktaya, dolaysız anten haberleşmesi ile 16 kilometreye kadar ulaşabilir. Her veri aktarım oranı için aynı MAC protokolü olan CSMA/CA kullanıldığından, farklılık yalnızca donanım katmanındadır. Yerel sınırlamalara bağlı olarak 2.4 GHz bandında 11'den 14'e kadar kullanılabilir kanal tanımı yapılmıştır.

Erişim noktası kullanıldığı durumlarda, aynı andaki kullanıcı sayısı ve aktarılan trafiğin türü performansı önemli ölçüde etkiler. Ses ve görüntü gibi gerçek zaman özellikleri gerektiren trafikler 802.11 ağlarında oldukça zorlanırlar. IEEE 802.11b standardının üstünlüğü ve ana konusu; Mavi diş, RF ve mikrodalga gibi teknolojiler tarafından kullanılan 2.4 GHz banda işleyebilmesidir.

3.2.2.2 IEEE 802.11a Standardı

802.11b ile aynı MAC teknolojiye ve CSMA/CA erişim yöntemi kullanılmasına rağmen OFDM gibi farklı bir modülasyon tekniğini kullanarak çok daha yüksek hızlara çıkmıştır. 802.11a standardı; 5 GHz bandında, 54 Mbps ile çoklu ortam uygulamalar için ve yoğun veri aktarımının yapıldığı uygulamalar için çok uygun olacaktır.

802.11a'da 54 Mbps'e çıkılmasına rağmen 6, 9, 12, 18, 24, 36 ve 48 gibi ara hızlarda desteklenmektedir. Uygulamada genelde 6, 12 ve 24 Mbps'le karşılaşılmaktadır. 802.11a standardı, yüksek hız sağlamaktadır. Buna karşılık, kapsama alanı daralması ortaya çıkmaktadır. Ayrıca protokol fazlalığı, enterferans/hata düzeltme etkilerinden dolayı net veri aktarımı oranı büyük ölçüde düşmektedir.

Bu standart, 802.11b ve 802.11g standartlarıyla uyumsuzdur. 802.11a standardı, enterferans yaratmamak için geliştirilen dinamik frekans seçimi özelliğine de sahip değildir. DFS özelliği; bir cihazın frekans kanalında gönderme yapmadan önce, başka sistem tarafından kullanılıp kullanılmadığının kontrol edilmesi özelliğidir.

5 GHz frekansını, kullanmanın olumsuz yönü, sinyalin erişim mesafesi söz konusu olunca ortaya çıkmaktadır. "b" ve "g" sürümlerine nazaran bu sürümü kullanan cihazların erişim mesafesi daha kısadır. Bunun en önemli nedeni ise, 5 GHz frekans aralığında yayın yapan cihazın sinyallerinin duvar ve diğer nesneler tarafından daha fazla emilmesidir.

5 GHz frekansının, olumlu tarafları ise veri aktarım hızı ve veri aktarımındaki güvenilirlikte ortaya çıkmaktadır. Bu frekansta yayın yapan çok fazla kablosuz elektronik cihaz bulunmaktadır. Bundan dolayı, 802.11a, kullandığı farklı frekans aralığı nedeni ile diğer elektronik cihazların (mikrodalga, kablosuz telefon, mavi diş gibi kullanan cihazlar, v.s.) etkisine daha az maruz kalır. Aynı zaman içerisinde bu frekansta kullanılabilecek kanal sayısı da ciddi bir biçimde artırılmıştır.

Yüksek frekanslarda çalışan cihazların pahalı olması nedeniyle, 802.11a standardını kullanan ürünlerin maliyeti yüksektir. Bu standart geriye uyumlu olmadığı ve pahalı olduğu için, kullanımı fazla yaygın değildir.

802.11a teknolojisi; Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok ülkede, sivil amaçlar için kullanımı kısıtlanan 5 GHz bandında çalışması nedeniyle kullanılamaz durumdadır.

3.2.2.3 IEEE 802.11g Standardı

802.11g standardı, 802.11a'yı kullanamadıkları için 802.11b'nin sunduğu 11 Mbps hızı ile yetinmek durumunda kalan ülkelerin bant genişliği ihtiyacını karşılamak üzere her iki teknolojinin elverişli yönlerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş yeni bir teknolojidir. Teknolojik olarak 2.4 GHz bandında çalıştığı için, onun özelliklerini taşır ancak toplam 54 Mbps bant genişliği sunar. 802.11b ile 802.11g aynı yerde çalışabilir. Ülkemizde 2004 yılı başından itibaren 802.11g ürünleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

802.11g, OFDM tekniğini kullanır. 2.4 GHz bandında çalışır ve 54 Mbps taşıma kapasitesine sahiptir. 802.11a ile 802.11g farklı frekans kullanmalarına rağmen taşıma kapasiteleri aynıdır. Bunun nedeni ise kullandıkları OFDM tekniğidir. Her ne kadar aynı tekniği kullanmış olsalar dahi farklı frekanslarda olması itibarıyla fiziksel yapıları birbirlerini desteklemez ve aynı ortamda birlikte çalışamazlar. 802.11b ile 802.11g aynı frekansta çalıştıkları için donanımsal yapıları birbirlerini destekler.

3.2.2.4 IEEE 802.11n Standardı

802.11n standardı, erişim mesafesi, veri hacmi ve güvenilirlik açısından birçok alanda gelişim sağlayan bir protokoldür. 2.4 GHz ve 5 GHz bandında 5GHz opsiyon

olmakla beraber çalışabilir. IEEE 802.11n, donanım katmanına MIMO ve 40 Mhz kanallar ekleyerek önceki 802.11 standartlarına dayanmaktadır.

Çoğu 802.11n geliştirmesinin ardında, birden fazla anten aracılığı ile aynı anda data alma ve iletme yeteneği yatmaktadır [21]. 802.11n “1x1” ‘den “4x4” ‘e kadar birçok “MxN” anten konfigürasyonunu tanımlar. MIMO, tek bir anten kullanarak mümkün olandan daha fazla bilgiyi tutarlı bir şekilde çözmek için birden fazla anten kullanır.

3.2.2.5 IEEE 802.11ac Standardı

Kablosuz ağlar için ilk standartlar öncelikle tek bir cihazı ağa bağlamak veya “yolda” bağlantıya izin vermek için tasarlanmıştır. WLAN’ın geniş kabulü ve başarısı, daha yüksek verimlilik gerektiren yeni kullanım modellerinde duyulan ihtiyacı yaratmıştır.

802.11ac 5 GHz bandında 802.11n e göre daha yüksek data çıkışı sağlayan farklı bir versiyondur. Bu yaklaşım geriye dönük uyumluluk ve birlikte çalışabilme yeteneğini sağlamakla birlikte 802.11ac geliştiricilerinin yeni özelliklere odaklanmasını sağlamıştır.

802.11ac standardı çok istasyonlu WLAN için 1Gbps ve 500 Mbps için de tek link verimi için tasarlanmıştır. 802.11n’den geliştirilmiş yönleri aşağıda belirtilmiştir:

- Daha geniş RF bant genişliği (160 Mhz’e kadar)
- Daha fazla MIMO özelliği (8’e kadar)
- Çok kullanıcı MIMO
- Yüksek yoğunlukta modülasyon (256- QAM’e kadar)

3.3 Kablosuz Ağ Geçidi

Aracın CAN haberleşme ağındaki gerekli sinyallerin kablosuz olarak iletilebilmesi için aracın içine bir ağ geçidi entegre edilmesi gerekmektedir. Ağ geçidinin görevi aracın CAN haberleşme ağındaki istenen sinyalleri belirli uzaklıkta bulunan diğer kablosuz ağ geçidine belirlenen protokollere göre iletme. Şekil 3.2’de tez kapsamında araca entegre edilen kablosuz ağ geçidi gösterilmiştir.



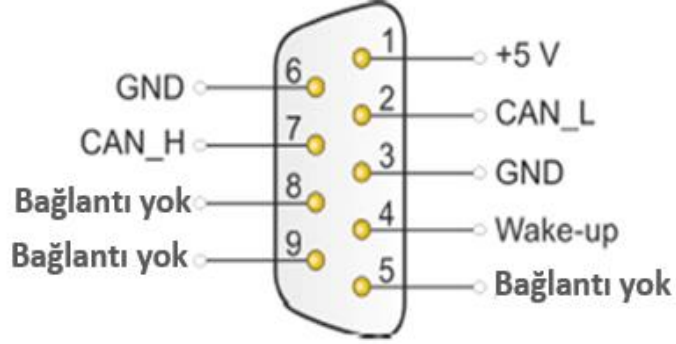
Şekil 3.2 Kablosuz ağ geçitleri

Kablosuz ağ geçitleri CAN veri yolundaki datayı IP ağı ile kablosuz olarak iletir. CAN mesajları TCP veya UDP protokollerine göre paketlenerek IP ağı ile iletilir. Tablo 3.1’de ağ geçidi ile ilgili teknik özellikler gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Ağ geçidi teknik özellikleri

Donanım Özellikleri	• ARM9 Freescale iMX257 işlemci • 256 MByte NAND Flash and 64 MByte DDR2 RAM • Linux işletim sistemi • 12 Pin otomotiv konnektör ile CAN ağı bağlantısı • Programlanabilir arayüz • 5-30 V besleme gerilimi aralığı • -40 ve 85 derece arasında çalışabilme
Haberleşme Özellikleri	• WLAN IEEE 802.11 b/g • Çip anten • TCP veya UDP kullanarak data transferi
CAN Kanalı Özellikleri	• İki yüksek hızlı CAN kanalı (ISO 11898-2) • 40 kbit/s - 1 Mbit/s arası data transferi • CAN 2.0A ve 2.0B standartlarına uygunluk

Kullanılan ağ geçidinin aracın CAN hattına bağlanabilmesi için 9 pinli bir giriş konnektörü bulunmaktadır. Şekil 3.3’de aracın kablo işlev şeması gösterilmektedir.



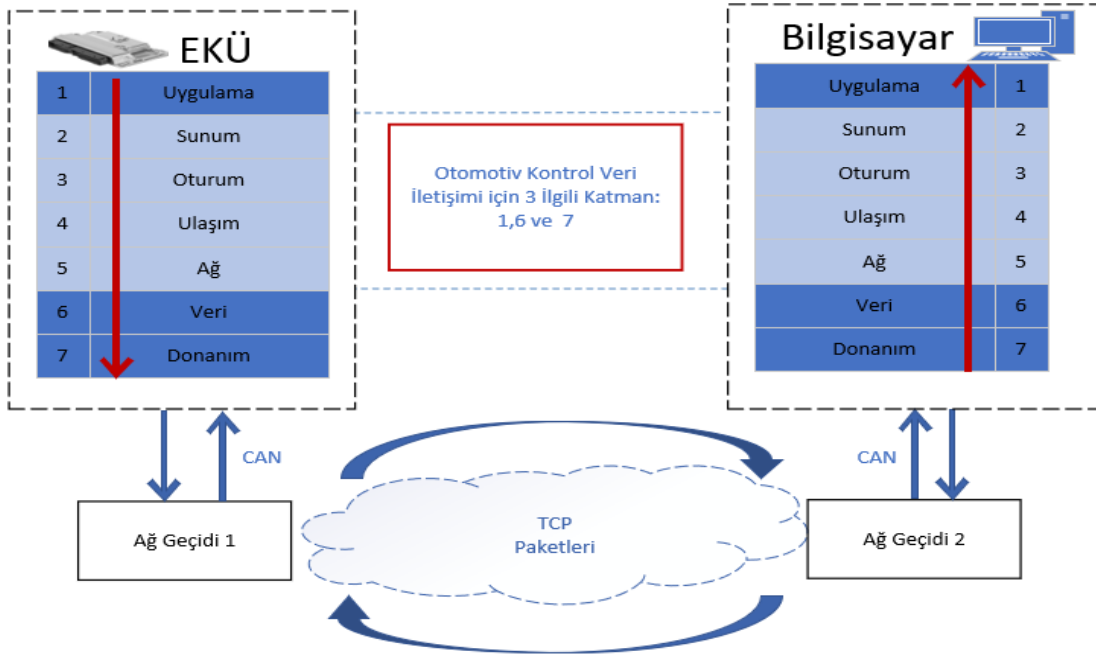
Şekil 3.3 Kablosuz ağ geçidi kablo şeması

1 numaralı bağlantı pinine 5V’luk bir besleme gerilimi bağlanması gerekmektedir. 2 ve 7 numaralı pinlere aracın CAN-H ve CAN-L çıkışları bağlanmalıdır. 3 ve 6 numaralı pinleri topraklama pinleri olmakla beraber, 4 numaralı pin ağ geçidinin uyku modunda enerji tüketmemesi ve CAN hattını dinlediğinde uyanması için kullanılmalıdır.

ARAÇ ENTEGRASYONU VE PERFORMANS ANALİZİ

4.1 Ağ Geçidinin Araç CAN Haberleşme Ağına Entegre Edilmesi

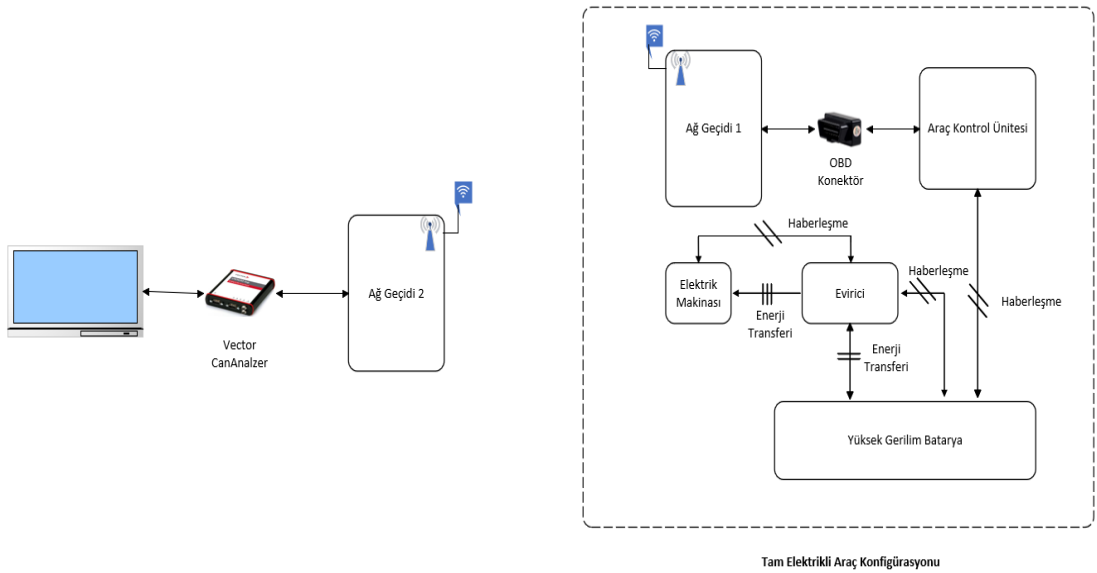
Donanım belirleme, araç sistem mimarisi ve haberleşme protokolleri incelenmesinin ardından ağ geçidinin elektrikli prototip araca entegrasyonun yapılması gerekmektedir. Araca entegre edilecek ağ geçidi aracın gerekli sinyallerinin iletilebileceği CAN hattına entegre edilmelidir. Aynı zamanda kablosuz haberleşmenin verimli bir şekilde gerçekleşmesi ve sinyallerin fazla yansımaya maruz kalmamaları göz önünde bulundurularak araca entegre edilmiştir. İki EKÜ arasındaki OSI referans modeli dikkate alınarak Şekil 4.1’de sistemin haberleşme mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Sistem haberleşme mimarisi ve protokolleri

Geliştirilen mimaride iki adet ağ geçidi kullanılmıştır. Ağ geçitlerinden ilki araç üzerindeki OBD soketi kullanılarak araca entegre edilmiş ve aracın 12V aküsü ağ

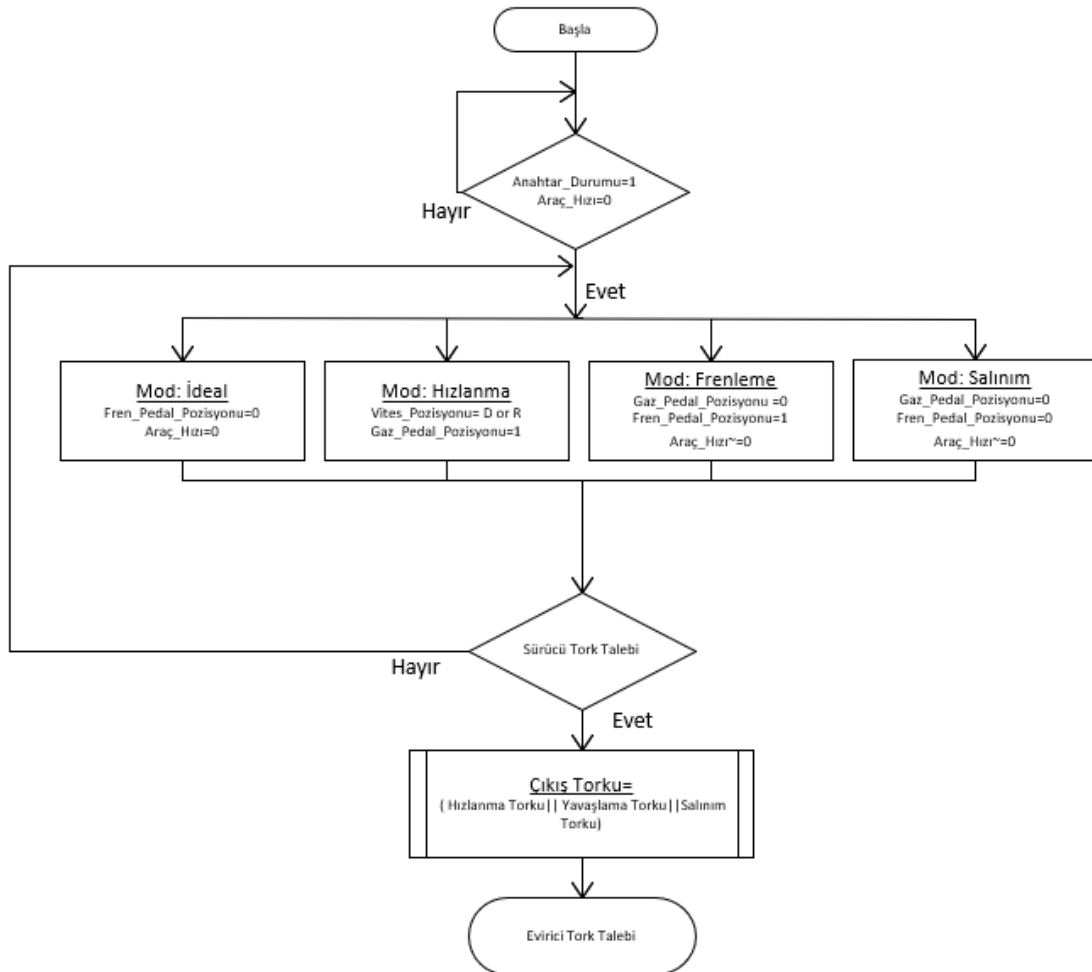
geçidinin beslenmesi için kullanılmıştır. Araca entegre edilen ağ geçidi OSI referans modelini kullanarak CAN protokolüne uygun bir şekilde araçla haberleşerek gönderilmek istenilen sinyalleri alır. Haberleşeceği diğer ağ geçidi, araç NEDC test çevrimi sırasında şasi dinamometresindeki kontrol odasına yerleştirilmiştir. İki ağ geçidi birbirleri ile kablosuz olarak TCP protokolünü kullanarak haberleşirler. Kontrol odasında aracın gerekli CAN mesajlarını alan ağ geçidi CAN protokolü ile bilgisayara bağlanır Vector CANalyzer yazılımı ve Vector 1610 donanımı ile gerekli sinyallerin DBC dokümanı ile anlamlı hale getirerek bilgisayardan izlenilmesini sağlar. Şekil 4.2’de ağ geçidi araç entegrasyonu ve ağ geçidi konumları gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Ağ geçidi araç entegrasyonu

Yeni mimaride araca kablosuz olarak gerçek zamanlı erişmek ve aynı zamanda aracın geliştirilmesi için yapılan NEDC ve WLTP gibi test çevrimlerinde aracın farklı performans modlarına geçirilerek kontrol edilebileceği kanıtlanmıştır. Araca entegre ağ geçidi, şasi dinamometre kontrol odasındaki ağ geçidi ile TCP protokolünü kullanarak haberleşir [2 2]. Araca OBD konektöründen bağlanarak araç kontrol ünitesinden aracın anlık olarak değişen SOC, anlık gerçek tork değerleri ve hata sinyallerini alır. Kullanmak istenilen sinyaller ağ geçidi programlanarak filtrelenir ve gerekli olanlar iletilir. Kablosuz olarak iletilen sinyaller Vector 1610 donanımı, Vector CanAnalyzer programı ve gerekli sinyallerin

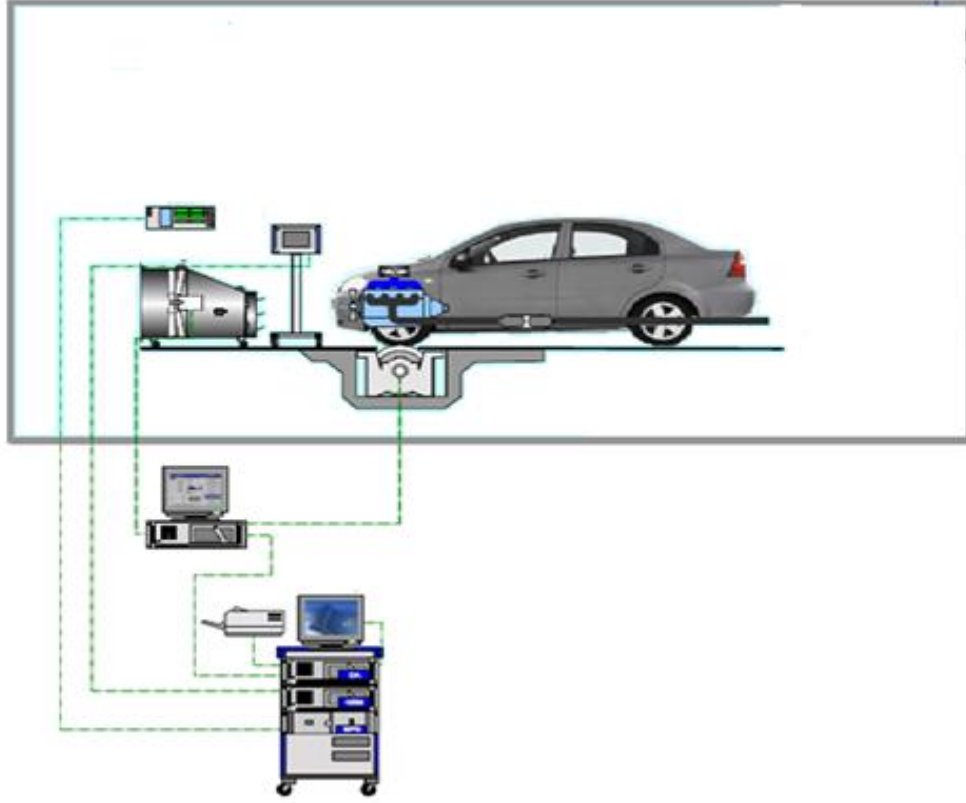
DBC dosyaları ile birlikte anlamlı hale getirilerek kullanıcı tarafından aracın test edildiği sırada gerçek zamanlı olarak izlenilmesini sağlar. Aynı zamanda iki yönlü olarak çalışma özelliğine sahip olan mimaride şasi dinamometre kontrol odasındaki bilgisayarda araca istenilen sinyalleri göndererek aracı kablosuz olarak kontrol edebilir. Örneğin aracın gaz pedal pozisyon sinyali kablosuz olarak gönderilebilir ve aracın hareket etmesi sağlanabilir. Araç üzerindeki gaz pedalının mekanik bağlantısı emüle edilerek araca gaz pedal pozisyonu kablosuz olarak gönderilebilir ve aracın uzaktan kontrol edilerek test çevrimlerini gerçekleştirmesi sağlanabilir. Gönderilen sinyal araca entegre edilmiş kablosuz ağ geçidi tarafından aracın ana kontrol ünitesine iletilir. Araç kontrol ünitesi kullanıcının pedal pozisyon bilgisine göre geliştirilen algoritmalar ile ihtiyaç duyulan tork değerini hesaplar. Şekil 4.3 araç kontrol ünitesi durum kontrol yönetim diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Araç kontrol ünitesi durum kontrol yönetim diyagramı

Bataryanın şarj durumu, sağlayabileceği maksimum negatif ve pozitif akım değerlerini dikkate alarak ve aynı zamanda klima sistemi, termal model gibi yan yüklerin anlık olarak kullandığı enerjiyi toplam kapasiteden düşerek anlık aracın kullanabileceği güç değerine ulaşır. Anlık kullanılabilir güç değeri talep edilen güç değeri ile karşılaştırılarak kullanıcının talep ettiği tork değeri karşılanır. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi aracın 4 ana çalışma durumu bulunmaktadır. Bekleme modunda araç çalışır haldedir fakat araç hızı sıfır ve herhangi bir tork talebi bulunmamaktadır. Hızlanma modunda kullanıcının gaz pedalına basması ve fren pedalına basmaması gerekmektedir. Frenleme modunda kullanıcının fren pedalına basmış olması ve gaz pedalına basmıyor olması gerekmektedir. Yani yavaşlama için negatif tork üretilmek istenmektedir. Salınım modunda ise araç hareket halinde olmalı yani hızı sıfırdan farklı olmalı ve ne gaz pedalına ne de fren pedalına basmamış olması gerekmektedir.

Araç geliştirme ve test süreçlerinde araçların global sürüş çevrimlerindeki performansları dikkate alınır. NEDC ve WLTP olmak üzere OEM’ler araçların şehir içi ve şehir dışı performanslarını iki test kullanarak izlerler. Elektrikli araçlar geliştirme süreçleri hakkında farklı senaryolar gündemde olmakla beraber bu çalışmada NEDC sürüş çevrimi şasi dinamometresinde uygulanmış olup aracın özellikle menzil geliştirme süreçleri için gerekli datalar gerçek zamanlı olarak izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Geliştirilen sistem mevcut sisteme göre çok daha kullanışlı ve verimlidir. Mevcut durumda araç test edilirken araç kontrol ünitesi ile bir bilgisayar arasında kablolu bağlantı yapılması gerekmekte ve test süresince araç ile ilgili herhangi bir bilgiyi görmek mümkün olmamaktadır. Aynı zamanda geliştirilen sistem, aracın uzaktan kontrol edilmesini sağlamakta ve bu sayede sürücüsüz test senaryolarının gerçekleştirilmesi için imkan sağlayabilecektir. Kablosuz haberleşmenin kullanılabilirliği, mevcut sistem ile kurulan kablosuz haberleşmenin kıyaslanması ile kanıtlanmıştır. Şekil 4.4’de şasi dinamometresindeki elektrikli araç gösterilmiştir.

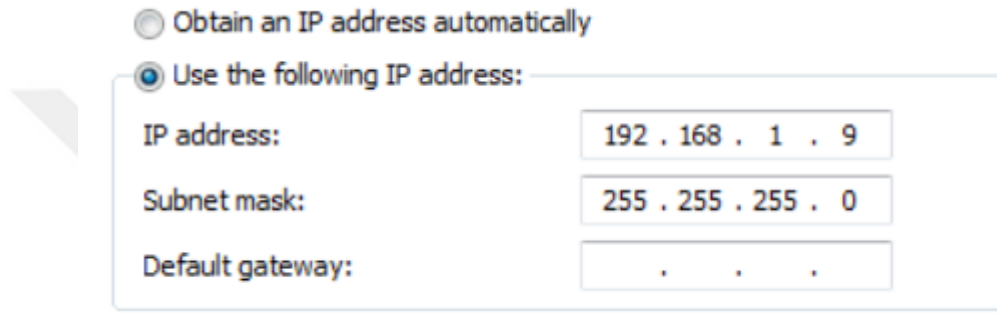


Şekil 4.4 Şasi dinamometresi ile prototip elektrikli araç

Araca sürüş sırasında uygulanan negatif kuvvetler 3 ana parametre olarak tanımlanır. Yuvarlanma direnci olarak F0, mekanik kuvvet olarak F1 ve aerodinamik kuvvet olarak F2. Test işlemi, ilk önce araç şasi dinamometresindeki prototip elektrikli aracın doğrulanması ile gerçekleştirilmiştir. Homologe edilmiş prototip elektrikli aracın F0, F1 ve F2 değerleri kontrol odasından doğrulama aşamasında test tezgahı rulo parametreleri olarak oluşturulmuştur. İkinci aşamada, ön test bölümü, araçların mevcut durumundaki farklılıkları ortadan kaldırmak ve test sonucunun doğruluğunu artırmak için araç belirli bir döngüde önceden test edilmiştir. Ön testten sonra, araç 6-36 saat boyunca 23 ° C ortam sıcaklığında bekletilmiştir. Testin son aşamasında, prototip elektrikli araç NEDC döngüsünü takip etmiş ve gerçek zamanlı olarak araca entegre ağ geçidinin kablosuz haberleşmesi doğrulanmıştır.

4.2 Ağ Geçidinin Programlanması

İki ağ geçidinin birbiri ile haberleşebilmesi için gerekli konfigürasyonların yapılması gerekmektedir. Ağ geçitleri birbirleri ile TCP/UP protokolü kapsamında haberleşirler. İlk olarak programlama için kullanılan bilgisayarın IP adres ayarlarının değiştirilmesi gerekmektedir. IP ayarlarından bilgisayar konfigürasyonu IP aralığı 192.168.1.1'den 192.168.1.254 arasında olacak şekilde ayarlanır. Şekil 4.5, düzenlenen IP konfigürasyonunu göstermektedir.



The image shows a network configuration window. At the top, there are two radio buttons: 'Obtain an IP address automatically' (unselected) and 'Use the following IP address:' (selected). Below the selected option, there are three input fields: 'IP address:' with the value '192 . 168 . 1 . 9', 'Subnet mask:' with the value '255 . 255 . 255 . 0', and 'Default gateway:' with the value ' . . . '.

Şekil 4.5 IP konfigürasyonu

Bilgisayar ayarları yapılmasının ardından cihazlara 12V besleme gerilimi verilerek cihazların çalıştığı doğrulanır. İnternet tarayıcısının web adresi kısmına cihaz özelinde belirlenmiş olan ağ geçidinin adresi belirlenir. İlk cihazın adresi 192.168.1.8 ikinci cihazın adresi 192.168.1.23 olarak ayarlanır. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de iki ayrı cihaz için kullanılan ara yüzün giriş sayfası gösterilmiştir. Belirtilen görsellerde cihazlara özel kullanıcı adı ve şifre girişi yapılarak programlama ara yüzüne giriş yapılır.

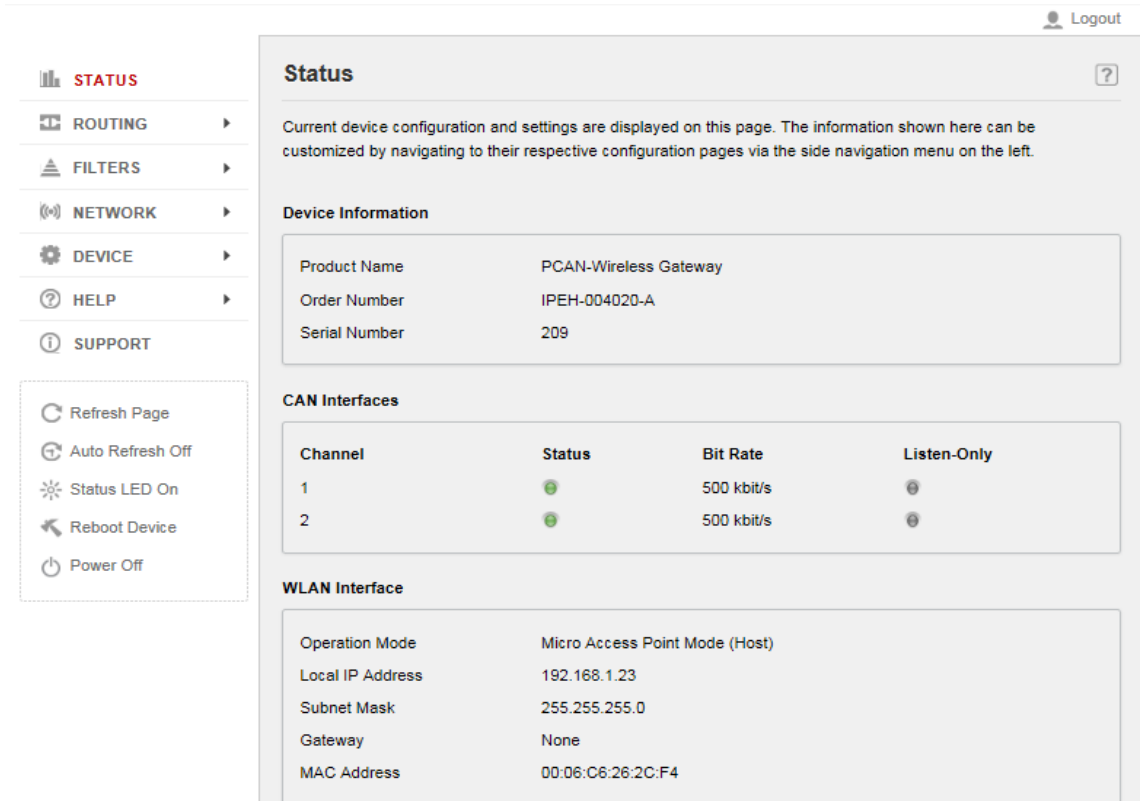


Şekil 4.6 Ağ geçidi 1 ara yüz giriş sayfası



Şekil 4.7 Ağ geçidi 2 ara yüz giriş sayfası

Genel olarak tasarlanan programlama ara yüzünde “Status”, “Routing”, “Filters”, “Network”, “Device”, “Help” ve “Support” kısımları bulunur. “Status” kısmında ağ geçidine ait bilgiler, CAN haberleşme kanallarının durumu ve operasyon durumu gibi bilgiler bulunur. Şekil 4.8 ağ geçidinin “Status” ekranını göstermektedir.



Şekil 4.8 Ağ geçidi durum görüntüleme ekranı

İki ağ geçidinin birbirleri ile haberleşebilmesi için cihazlardan birinin “Micro Access Point” operasyon modunda ayarlanması gerekmektedir. Bu modda ayarlanan cihaz kendi WLAN ağını diğer ağ geçidinin bağlanması için oluşturur. Şekil 4.9’da ağ geçidi 1’in WLAN konfigürasyonunun yapılması gösterilmiştir. Bağlantı ayarlarından ağ geçidi 1’in oluşturacağı ağın ismi ve şifresi belirlenir. Ağ geçidi 1’in operasyon modu ayarlandıktan sonra ağ geçidi 2’nin bağlanması için bağlantı ayarlarından ağ geçidi 1’in oluşturacağı ağa “Infrastructure Mode” ile bağlanması gerekmektedir.

Operation Mode

Micro Access Point Mode (Host) ▼

WLAN Settings: Micro Access Point Mode

With this form you can configure the gateway as an access point to provide a WLAN network.

Connection Settings

The values entered in the following form can be used by other devices to connect to this WLAN network. The *Network Scan* function is not available for the Micro Access Point Mode (Host) operation mode that is used at the moment.

Name (SSID)

ASSURED_209

Encryption Type

WPA2-PSK AES ▼

Network Key

●●●●●●●●

Address Settings

If you change the IP address the device will reboot to the new address and require you to log in.

IP Address

192168123

Subnet Mask

2552552550

Gateway

Save Settings

Şekil 4.9 Ağ geçidi 1 WLAN konfigürasyonu

Şekil 4.10’da ağ geçidi 2’nin WLAN konfigürasyonu gösterilmiştir. Bağlantı ayarlarından diğer ağ geçidinin oluşturduğu WLAN ağı detayları girilir. Operasyon modundan “Infrastructure Mode” seçilerek iki ağ geçidinin oluşturulan WLAN ağı ile bağlanması gerçekleşir.

43

Operation Mode
Infrastructured Mode (Client)

WLAN Settings: Infrastructured Mode

Connection Settings

Please enter the connection settings carefully. The page **WLAN Network Scan** provides a list of all available WLAN networks. You can select one of those for connection.

Name (SSID)
ASSURED_209
Encryption Type
WPA2-PSK AES
Network Key
••••••••

Address Settings

If you enable DHCP, the remotely assigned IP address will be unknown to this device. If you disable DHCP and change the IP address the device will reboot to the new address and require you to log in.

DHCP
☐ Enable
☒ Disable
IP Address
192
168
1
8
Subnet Mask
255
255
255
0
Gateway
Save Settings

Şekil 4.10 Ağ geçidi 2 WLAN konfigürasyonu

İki cihazın birbiri ile bağlanmasının ardından iki ağ geçidi için ayrı ayrı CAN haberleşme kanallarının tanımlanması gerekmektedir. Şekil 4.11 iki ayrı ağ geçidinin CAN kanalları konfigürasyonlarını göstermektedir. CAN ağının haberleşmesi maksimum 500 kbit/s seçilebileceği için konfigürasyon buna göre yapılır.

Channel: 1

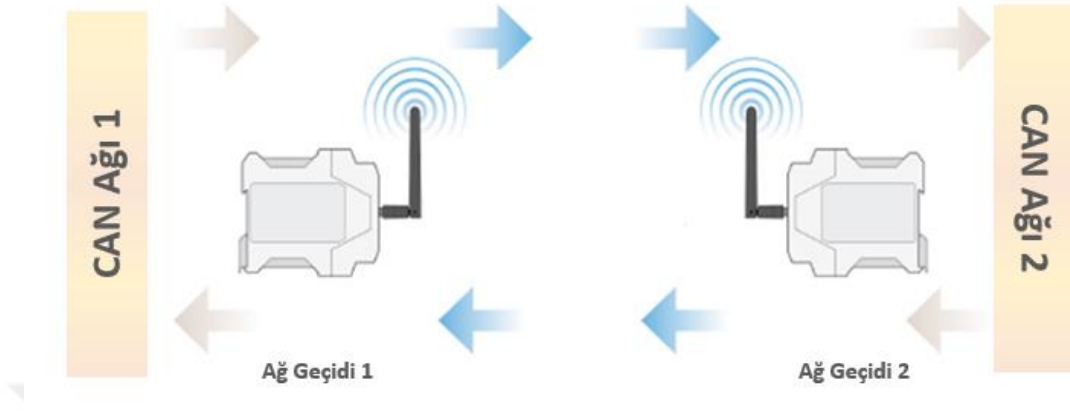
Bit Rate Selection
500 kbit/s
Listen-Only-Mode
☐
User Notes
First CAN interface
Save Settings

Channel: 2

Bit Rate Selection
500 kbit/s
Listen-Only-Mode
☐
User Notes
Second CAN interface
Save Settings

Şekil 4.11 Ağ geçidi CAN kanalları konfigürasyonu

CAN kanalları ayarlanan cihazlar iki yönlü CAN sinyali alıp, iletecek şekilde konfigüre edilir. Şekil 4.12 iki ağ geçidinin iki yönlü olarak çalışma mekanizmasını ifade etmektedir.



Şekil 4.12 Ağ geçitlerinin iki yönlü çalışma mekanizması

İki ağ geçidinin ana konfigürasyonlarının yapılmasının ardından CAN haberleşme kanallarının alıcı ve verici olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Ağ geçidi 1'in data paketini 1. CAN kanalından iletecek ve 2. CAN kanalından data paketlerini alacak şekilde rotaları ayarlanmıştır. Şekil 4.13'de ağ geçidi 1'in CAN kanallarının rotalanması gösterilmiştir.

Status	Source	Destination	Protocol
1	CAN Channel 1	192.168.8.23:50000	TCP ON
Index:		1	
Status:		The route is active.	
User Notes:		Route n	
Direction:		Send: CAN > IP	
Source:		CAN Channel 1	
Destination:		192.168.8.23:50000	
Protocol:		TCP	
2	Local IP - Port:50000	CAN Channel 1	TCP ON
Index:		2	
Status:		The route is active and connected with the remote site.	
Direction:		Receive: IP > CAN	
Source:		Local IP - Port:50000	
Destination:		CAN Channel 1	
Protocol:		TCP	

Şekil 4.13 Ağ geçidi 1 CAN kanalları rotalanması

Ağ geçidi 2 için ise data paketi 1. CAN kanalından alınacak ve 2. CAN kanalından iletilecek şekilde ayarlanmıştır. Şekil 4.14 ağ geçidi 2'nin CAN kanallarının rotalanmasını göstermektedir.

Status	Source	Destination	Protocol
1 	Local IP - Port:50000	CAN Channel 2	TCP 
Index:		1	
Status:		Warning! The route is active but not connected with the remote site.	
User Notes:		Route n	
Direction:		Receive: IP > CAN	
Source:		Local IP - Port:50000	
Destination:		CAN Channel 2	
Protocol:		TCP	
2 	CAN Channel 2	192.168.1.8:50000	TCP 
Index:		2	
Status:		The route is active.	
Direction:		Send: CAN > IP	
Source:		CAN Channel 2	
Destination:		192.168.1.8:50000	
Protocol:		TCP	

Şekil 4.14 Ağ geçidi 2 CAN kanalları rotalanması

CAN data transferini sağlayan kanallar belirlendikten sonra sadece alınması ve verilmesi istenilen CAN sinyallerini filtrelemek amacı ile ağ geçitleri programlanır. Bunun ana sebebi haberleşme ağındaki istenilmeyen sinyalleri engelleyerek haberleşme ağının daha verimli kullanılmasını sağlamaktır. Şekil 4.15'de mesajları filtrelemek için kullanılan programlama ara yüzü gösterilmiştir.

Step 1: Type and ID Mode

In order to add a new filter, first choose the type and ID mode. The following formulars depend on your selection.

Select the filter type from ☒ Range ☐ Mask

Select the CAN ID mode from ☒ Standard (11 Bit) ☐ Extended (29 Bit)

Step 2: Mode

Determine whether the filter ID range should be processed as a whitelist or blacklist.

Select the filter mode from ☒ Whitelist ☐ Blacklist

Step 3: Filter Range

Please enter a ID range for this filter. The values must not exceed the range that is possible with 11 Bit or 29 Bit. Please enter them in hexadecimal format.

FROM 2A4 TO 381

From 2A4 + - To 381 + -

Şekil 4.15 İlgili CAN mesajlarını filtreleme

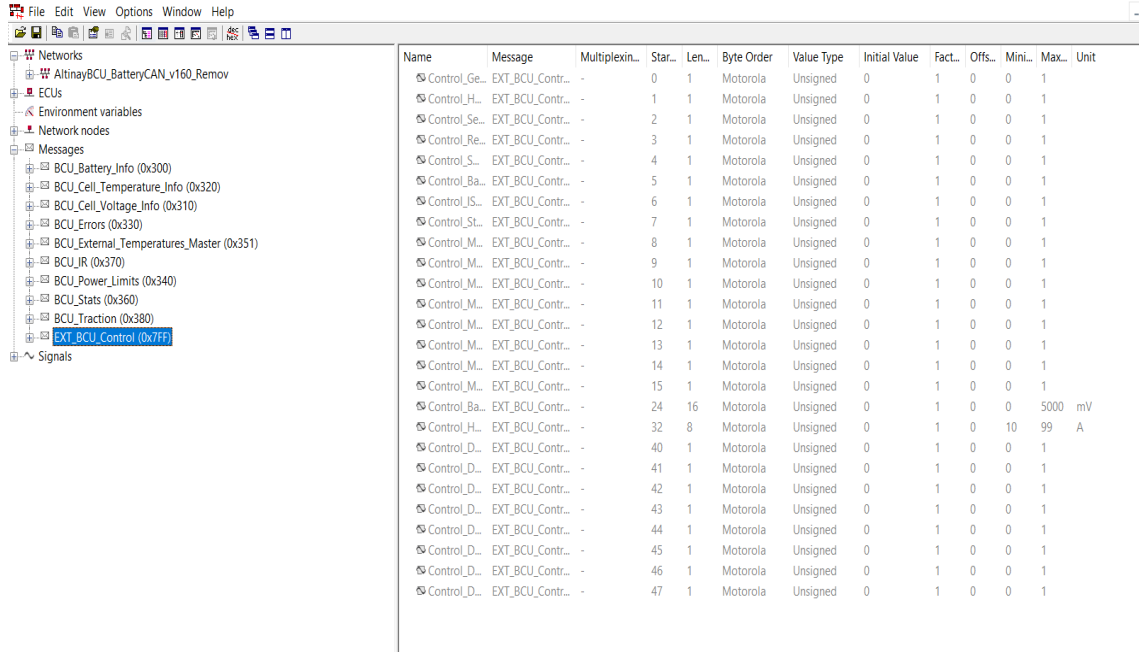
İlk olarak filtrenin yapısı seçilir. “Range” seçilerek belirlenen mesaj CAN ID’lerinde uygulanarak sadece istenilen aralıklardaki sinyallerin iletilmesi veya alınması gerçekleşir. CAN ID’leri iki farklı yapıda olabilir. CAN mesaj paketinin yapısına göre Standard (11 Bit) seçilmiştir. Filtre modunda ise mesaj iletiminin seçilen kırmızı aralıkta mı olacağı veya onun dışındaki alanda mı kalacağı seçilir. Son olarak spesifik CAN ID’leri filtre aralığına girilerek filtreleme gerçekleşir.

4.3 Ağ Geçitleri Test Senaryolarının Gerçeklenmesi

Ağ geçitlerinin konfigürasyonlarının tamamlanmasının ardından sistemin araca entegre edilmeden test düzeneğinde geliştirilmesi ve doğrulanması gerekmektedir. Kurulan test düzeneğinde iki ağ geçidi Vector 1610 cihazı ve CanAnalyzer programı kullanılarak bilgisayara bağlanmış olup, ilgili sinyaller aracı simule edecek şekilde bilgisayar tarafından sağlanarak haberleşmenin doğruluğu test edilmiştir.

Aracı simule edecek şekilde CanAnalyzer programı kullanılarak iki ayrı CAN kanalı 500 kbit/s olarak ayarlanmıştır. Aracın gerçek sinyallerini örneklemek için DBC

formatında datalar CanAnalyzer programının veritabanı kısmına eklenir. Şekil 4.16’da örnek bir DBC dosyası gözükmektedir.

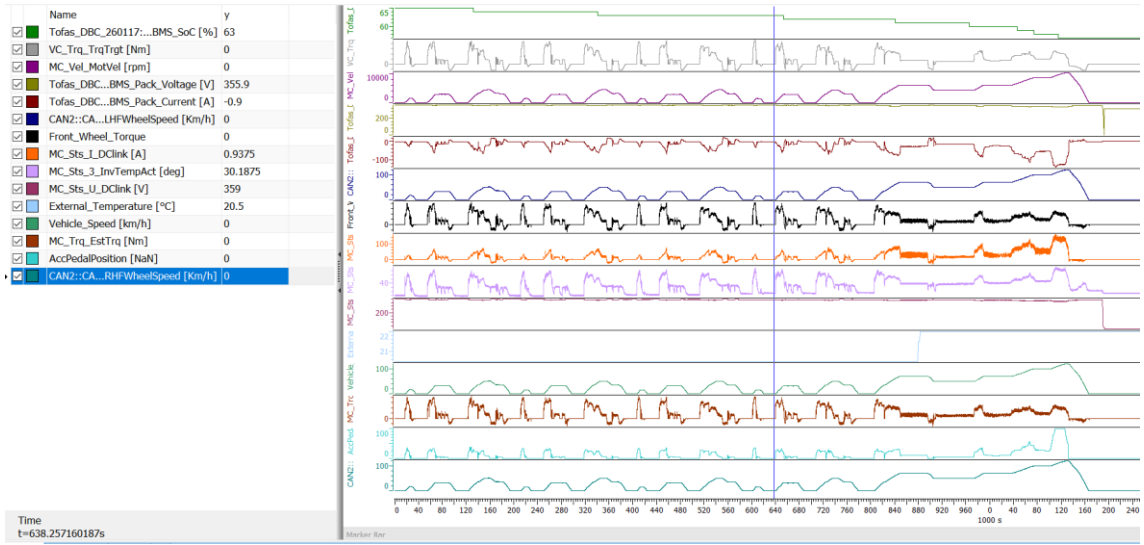


Name	Message	Multiplexin...	Star...	Len...	Byte Order	Value Type	Initial Value	Fact...	Offs...	Mini...	Max...	Unit
Control_Ge...	EXT_BCU_Contr...	-	0	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_H...	EXT_BCU_Contr...	-	1	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_Se...	EXT_BCU_Contr...	-	2	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_Re...	EXT_BCU_Contr...	-	3	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_S...	EXT_BCU_Contr...	-	4	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_Ba...	EXT_BCU_Contr...	-	5	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_IS...	EXT_BCU_Contr...	-	6	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_St...	EXT_BCU_Contr...	-	7	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	8	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	9	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	10	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	11	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	12	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	13	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	14	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_M...	EXT_BCU_Contr...	-	15	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_Ba...	EXT_BCU_Contr...	-	24	16	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	5000	mV
Control_H...	EXT_BCU_Contr...	-	32	8	Motorola	Unsigned	0	1	0	10	99	A
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	40	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	41	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	42	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	43	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	44	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	45	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	46	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	
Control_D...	EXT_BCU_Contr...	-	47	1	Motorola	Unsigned	0	1	0	0	1	

Şekil 4.16 Örnek DBC dosyası

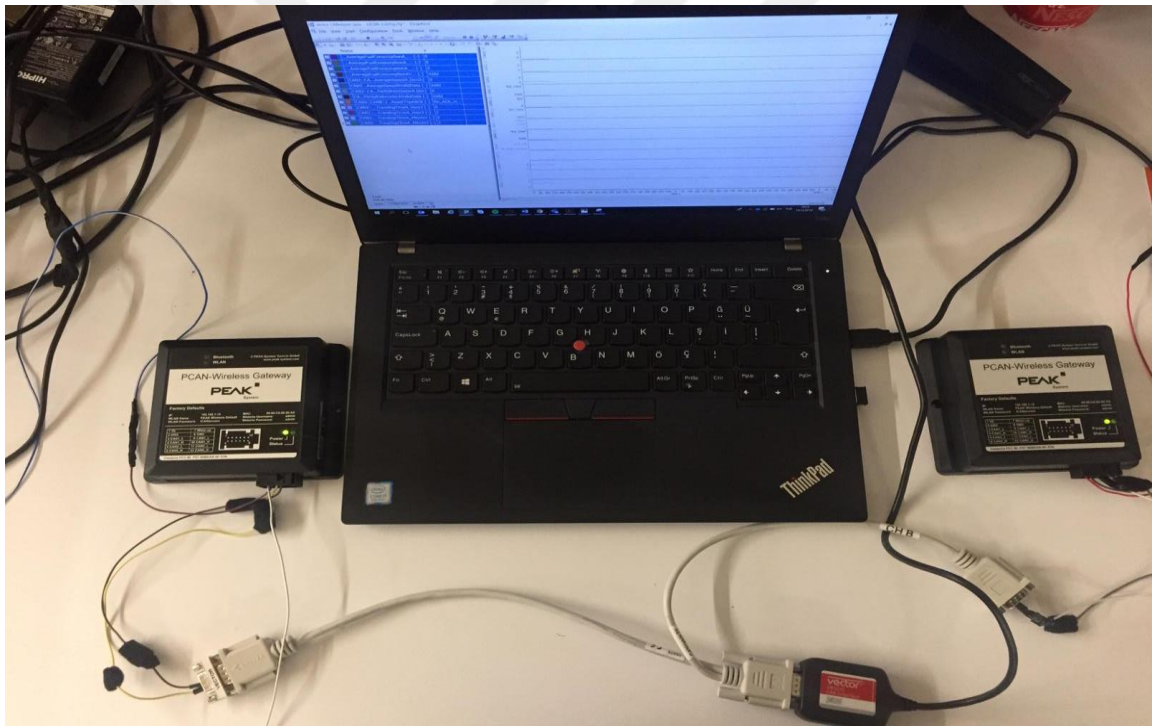
Şekil 4.16’da görüldüğü üzere sol tarafta simüle edilecek sinyaller ve her sinyalin kendine özel CAN ID’leri bulunmaktadır. Bunların dışında her sinyalin offset değeri, minimum ve maksimum gibi değerleri de bulunmaktadır.

CanAnalyzer programında gerekli konfigürasyon yapıldıktan sonra beklenen sonuç istenilen sinyallerin herhangi bir kayıp olmadan bir ağ geçidinden diğer ağ geçidine geçişinin sağlanmasıdır. Bir CAN kanalı ağ geçidi 1’in verici kanalına diğer CAN kanalı ise kablosuz sinyali alacak olan ağ geçidi 2’nin alıcı kanalına entegre edilmiştir. Şekil 4.17, gerçek zamanlı olarak iki ağ geçidinin haberleşerek iletilen sinyallerin test düzeneği üzerinde doğrulandığını göstermektedir.



Şekil 4.17 Gerçek zamanlı olarak CAN sinyali takibi

Şekil 4.18’de kurulan test düzeneğinin kendisi gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Test düzeneği

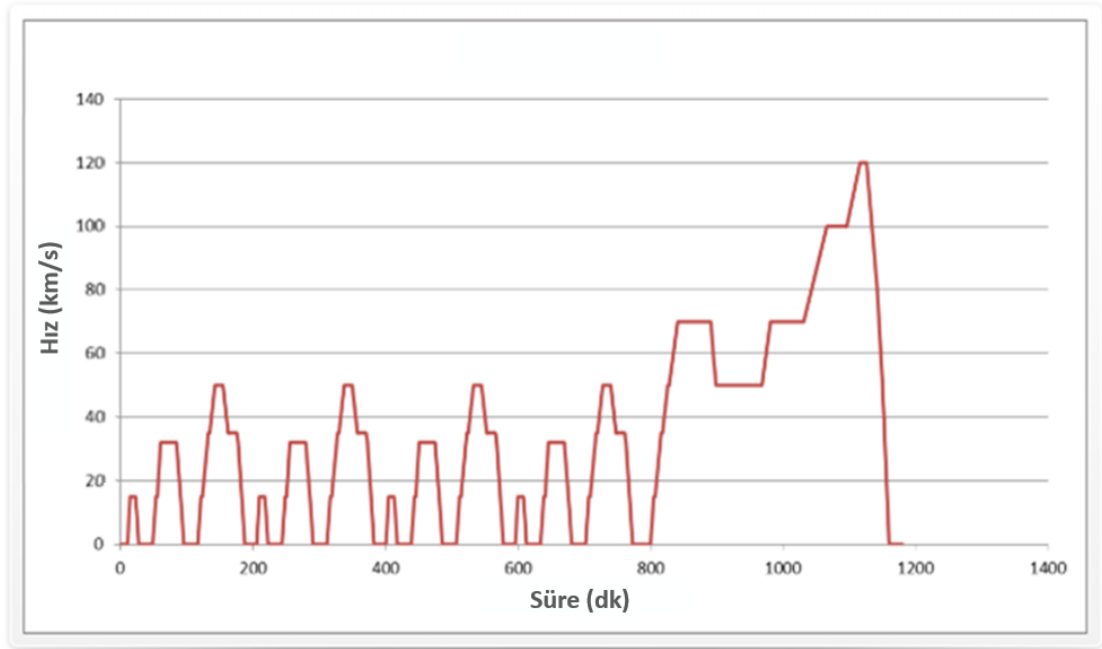
4.4 Şasi Dinamometre Test Süreçleri

Test düzeneğinde haberleşmenin çalışabilirliğinin doğrulanmasının ardından şasi dinamometresinde aracın gerçek bir test döngüsünde koşturulması planlanmıştır. Test süresince aracın OBD soketine entegre edilen ağ geçidi ile kontrol odasındaki

diğer ağ geçidinin herhangi bir gecikme ve bozulma olmadan haberleşebilmesi ve gerçek zamanlı olarak aracın kontrol edilebilmesi amaçlanmıştır. Araç şasi dinamometresinde NEDC sürüş çevrimine koşturulmuş olup sonuçlar NEDC çevrimine göre analiz edilmiştir.

4.4.1 NEDC Test Çevrimi

Test çevrimi zamana karşı farklı araçların belirli bir hız profilinde şehir içi ve şehir dışı senaryolarını simüle ettikleri ve elektrikli araçlar özelinde aracın menzil hesabının yapıldığı otomobil firmaları tarafından kullanılan süreçlerdir. Test çevrimi aracın şasi dinamometresinde bir sürücü tarafından, belirlenen hız profilinde aracı hareket ettirmesiyle gerçekleşir. NEDC test çevrimlerinden biri olmakla beraber bu çalışmada referans olarak alınmıştır.



Şekil 4.19 NEDC sürüş çevrimi hız profili

Şekil 4.19’da görüldüğü üzere 2 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm şehir içinin temsil edildiği ve 4 kez aynı profilin izlendiği şehir içi durumunu oluşturur. Buradaki amaç şehir içinde aracın çok fazla hızlanamayacağını ve dur-kalklar yapması sağlanarak aracın şehir içindeki performansını ölçmektir. Yaklaşık 800. saniyeden sonra aracın şehir dışı performansını ölçmek için daha yüksek hızlanmanın gerçekleştiği ve daha yüksek hızlara çıkılan şehir dışı yol koşulları simüle

edilmektedir. Genel anlamda amaç aracın hem şehir içi hem de şehir dışı performansını ölçmek olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.1 NEDC sürüş profili özellikleri

Test Çevrimi Süresi	1180s
Test Süresince Gidilen Mesafe	11023m
Ortalama Hız	33.6 km/s
Sürüş Fazları	%66 şehir içi, %34 şehir dışı
Maksimum Hız	120 km/s

4.4.2 Performans Analizi

Kurulan mimarinin verimliliğinin ve başarısının kanıtlanabilir olması için kablolu olarak aracın takip edildiği referans mimari ile kıyaslanması gerekmektedir. Mevcut durumda kullanılan mimari aracın OBD girişini bir bilgisayarın bağlanması ve sürücünün sürüş boyunca bilgisayarı kontrol ederek herhangi bir problem olup olmadığını kontrol etmesi ile devam etmektedir. Yeni mimaride ise araca entegre edilen ağ geçidi sürücü tarafından herhangi bir kontrol gereksinimi olmadan doğrudan kablesiz olarak kontrol odasındaki diğer ağ geçidi ile haberleşir. Bu sürücünün hız profilini takip etmesinde iyileştirmeler sağladığı gibi aynı zamanda aracın performans analizinin daha doğru bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

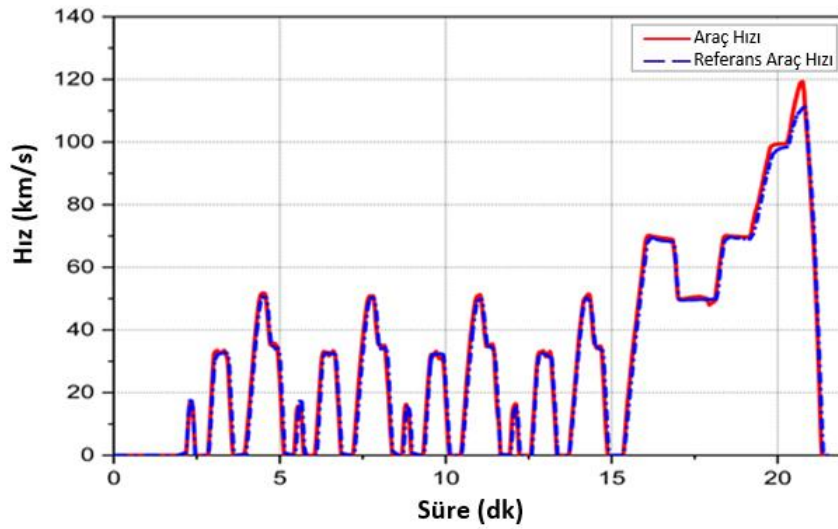
IEEE 802.11g standardı 2,4 GHz bantta çalışır ve kanal bant genişliği 20MHz'dir. Maksimum fiziksel katman bit hızında 54 Mbits /s'ye kadar bir artış sağlar. Kurulu iletişim sistemindeki kanal kapasitesi aşağıda belirtildiği gibi ifade edilmektedir.

$$C = \Delta f \times \log_2(1 + S/N) \quad (4.1)$$

$$\log_2 x = \ln x / \ln 2 \quad (4.2)$$

C kablosuz ağı kanal kapasitesi olduğu durumlarda, Δf kanalın bant genişliği ve S/N kanalın sinyal / gürültü oranıdır. Yukarıdaki açıklanan denklemler kullanılarak kanal kapasitesi hesaplanır.

Şekil 4.20'de, referans araç hızının hız sinyalleri ve uygulanan kablosuz iletişim yönetimi karşılaştırılmaktadır. Referans araç değerleri, şu anda kullanılan araç içi kablo kayıt yöntemi ile elde edilmiştir. Şekil 4.21 'de araç hızı değerleri test senaryosunda belirli bir aralıkta incelenir ve yöntemin başarısı gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Referans mimari ve yeni mimari araç hız profilleri

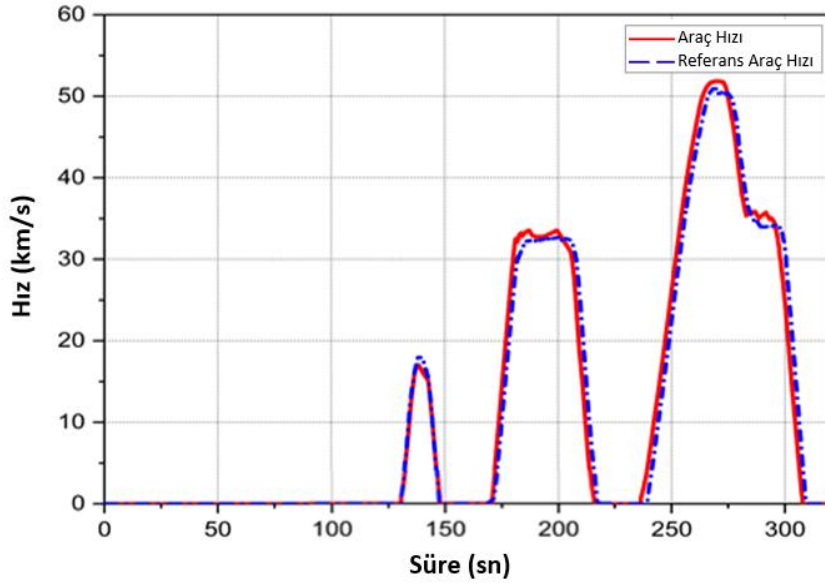
Şekil 4.21 'deki genişletilmiş görünüm, araç ve referans hızı arasındaki hız değişimindeki bazı farklılıkları göstermektedir. Kablosuz iletişimin uygulandığı koşullar veya mesafe gibi faktörler, sinyalde bazı gecikmelere neden olabilir. Bununla birlikte, sinyal ve gürültü seviyesinin karakterizasyonu açısından önemli bir fark yoktur.

Hız sinyalleri arasındaki uyumun kalitesini değerlendirmek için aşağıdaki hata terimi kullanılır:

$$Doğruluk = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n |u_{n,ref} - u_{n,veh}|}{\sum_{k=1}^n u_{n,ref}} \quad (4.3)$$

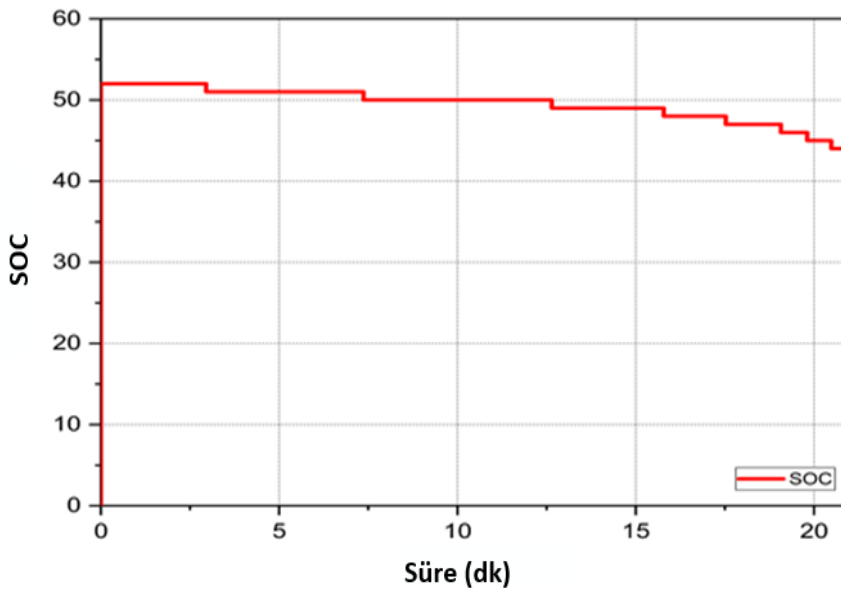
$u_{n,veh}$ kablosuz iletişim sağlanarak gözlemlenen hız değeri, $u_{n,ref}$ referans yani kablolu sistemin uygulandığında gözlemlenen hız değeri, n ise toplam toplam veri sayısıdır. 23 dakikalık test süresi verileri içinde referans ve araç hızı arasında %

94,09 doğruluk gözlenmektedir. Hesaplamalarda kablosuz bağlantıdan kaynaklanan gecikme telafi edildiğinde %97.14'e kadar yükselir.



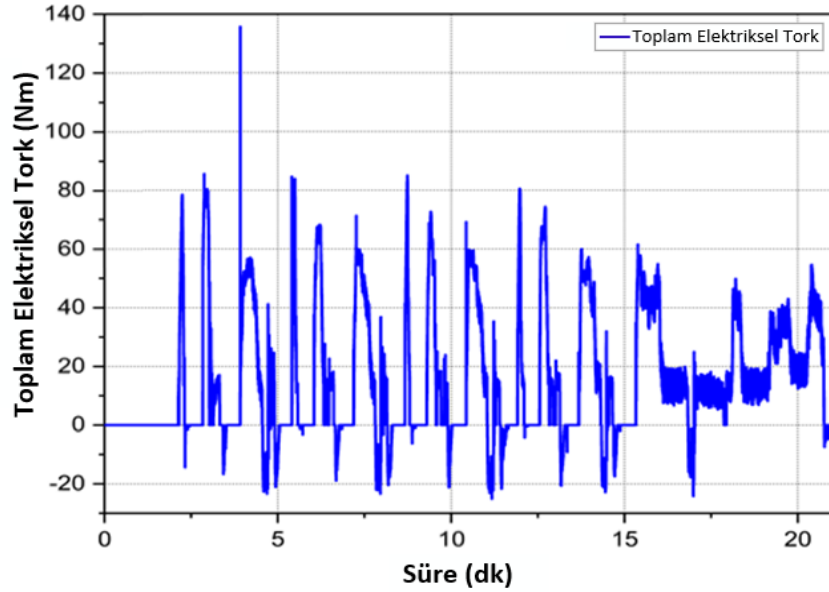
Şekil 4.21 Belirli bir aralıktaki hız değerleri karşılaştırılması

Şekil 4.22'de, batarya şarj durumu aracın test süresi boyunca yüzde olarak kontrol edilir. Aracın menzilini hesaplamak için önemli bir parametre olan batarya şarj durumu sinyali kablosuz olarak elde edilmiş olup ve sonuçlar sinyalde neredeyse hiç bozulma olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.22 Anlık batarya şarj durumu

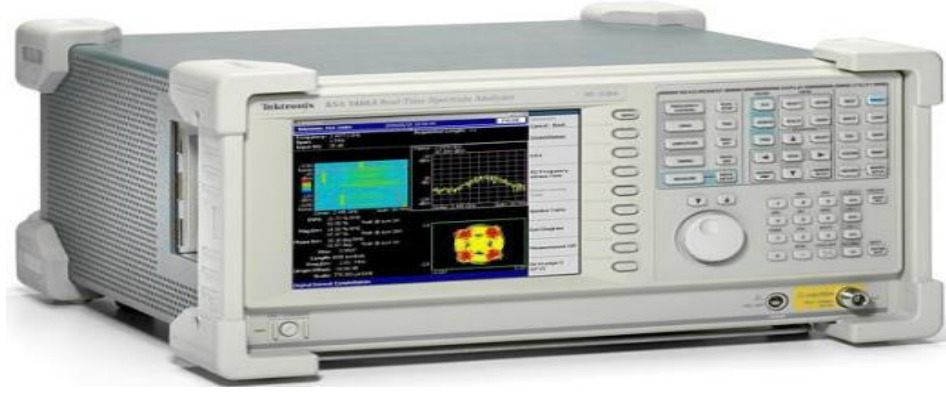
Test süresi boyunca araç tork zaman grafiği Şekil 4.23’de verilmiştir. Frenleme anındaki negatif tork değerleri, aracın rejeneratif frenlemeden kazanımını ve hızlanma anında üretilen pozitif tork değerleri ise aracın istenen hıza ulaşmak için üretilen tork değerlerini göstermektedir. Yeni iletişim mimarisinde, aracı kablosuz olarak farklı modlarda kullanmak ve böylece farklı test senaryolarında prototip elektrikli aracın geliştirme süreçlerini iyileştirmek mümkündür.



Şekil 4.23 Zamana göre elektriksel tork

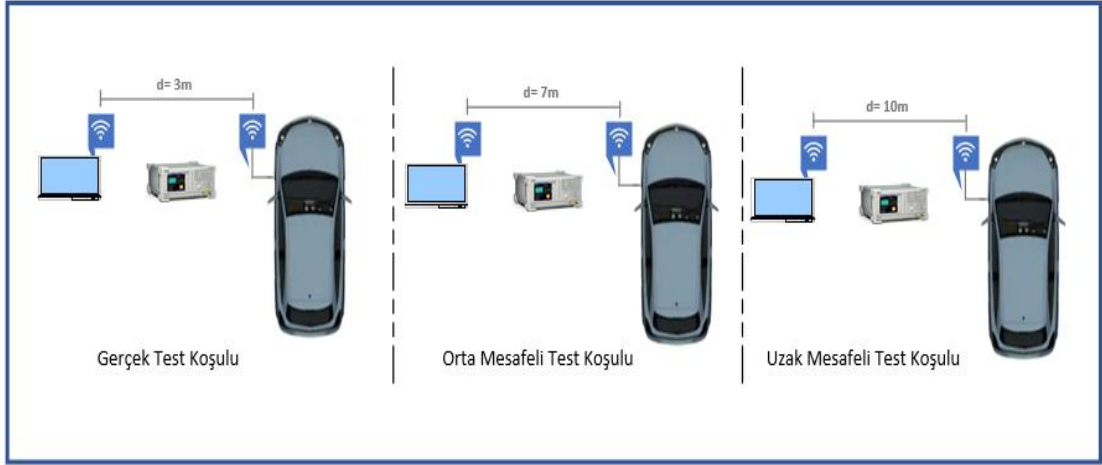
4.5 Kablosuz Haberleşmenin Farklı Durumlarda Gözlemlenmesi

Geliştirilen mimarinin ve kablosuz haberleşmenin şasi dinamometresi ile kontrol odası arasında başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği gösterilmiştir. Yeni haberleşme sisteminin farklı durumlarda çalışmasının gözlemlenmesi ileriki çalışmalar ve farklı durumlarda da kullanabileceğinin göstergesi olacağı için iki ağ geçidi arası farklı mesafeler uygulanarak haberleşme arasındaki performans farklılıkları araştırılmak istenmiştir. Şekil 4.24’de gösterilen Spektrum Analizör kullanılarak farklı mesafelerde haberleşmenin performansı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24 Spektrum Analizör

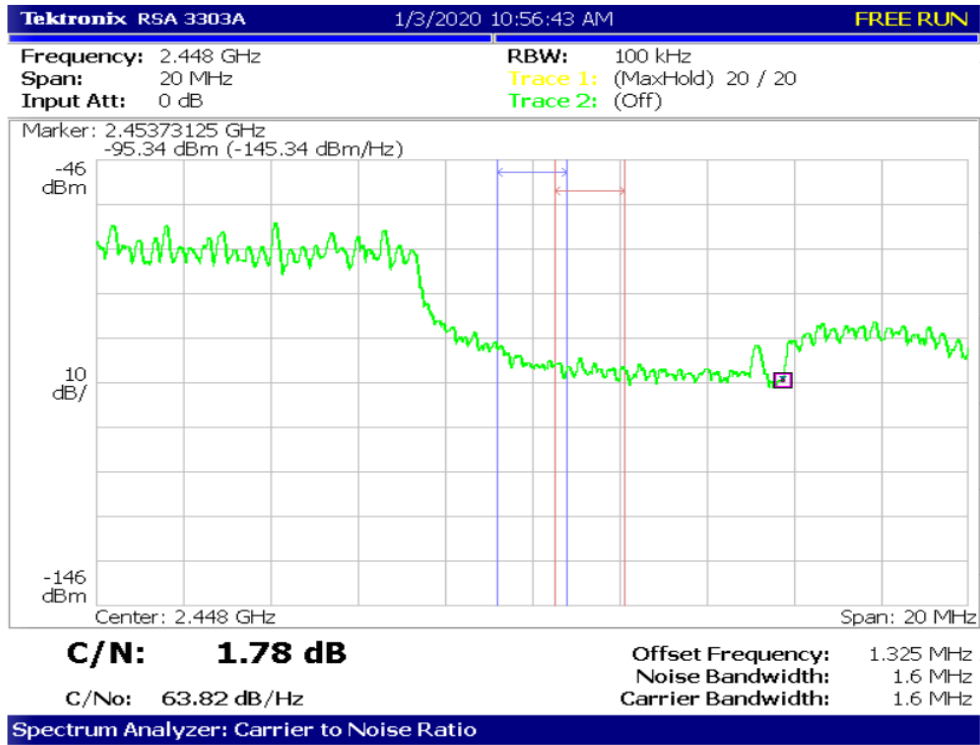
Şekil 4.25’de mevcut durumun ve farklı durumların gözlemlenmesi için oluşturulan test durumları gösterilmektedir. Her bir farklı durum için haberleşmenin durumu incelenmiş olup sistemin çalışabilirliği kontrol edilmiştir.



Şekil 4.25 Test durumları

4.5.1 Kanal Kapasitesi

Şekil 4.25’te belirtilen normal durum için iki ağ geçidi arası mesafe 3 metre olacak şekilde ayarlanmış ve spektrum analizör ile ölçüm 3 metre için yapılmıştır. Şekil 4.26’da spektrum analizör ile ölçülmüş C/N değeri görülmektedir.



Şekil 4.26 3 metre C/N değeri

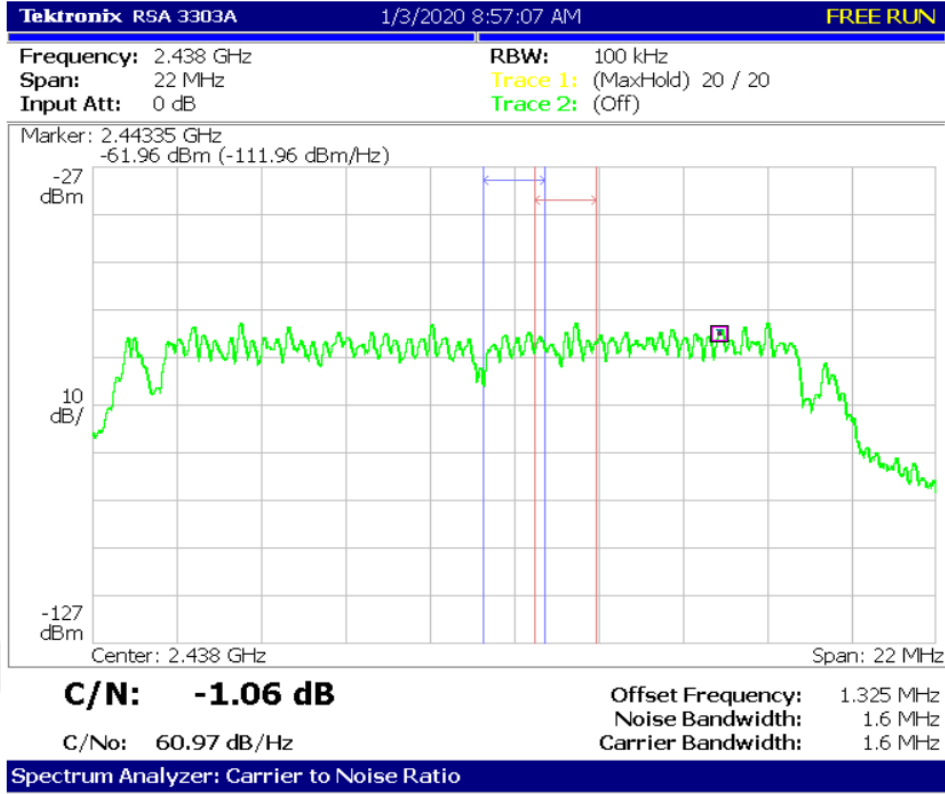
(4.1) eşitliği kullanılarak kanal kapasitesi hesabı yapılmıştır. Ağ geçitlerinin çalıştığı IEEE 802.11 g standardı, 2.4 GHz frekansında 20 MHz bant genişliğine sahip olarak çalışır. Bu durumda Δf , 20 MHz'e eşit olur. Spektrum analizör ile C/N_{dB} oranı 1.78 dB olarak ölçülmüştür. C/N bu durumda aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$C/N_{dB} = 10 \log_{10}(C/N) \quad (4.4)$$

$$C = 20 \times 10^6 \times \log_2(1 + 1.506) \quad (4.5)$$

(4.4) eşitliği yardımıyla C/N değeri 1.506 olarak hesaplanır. (4.5) eşitliğinde bant genişliği ve C/N değeri yerine koyulduğunda, kanal kapasitesi 26.4 Mbps olarak bulunur. CAN haberleşme protokolünde daha önce belirtildiği üzere maksimum bit oranı 1Mbps olabileceği için kanal kapasitesi yeterlidir.

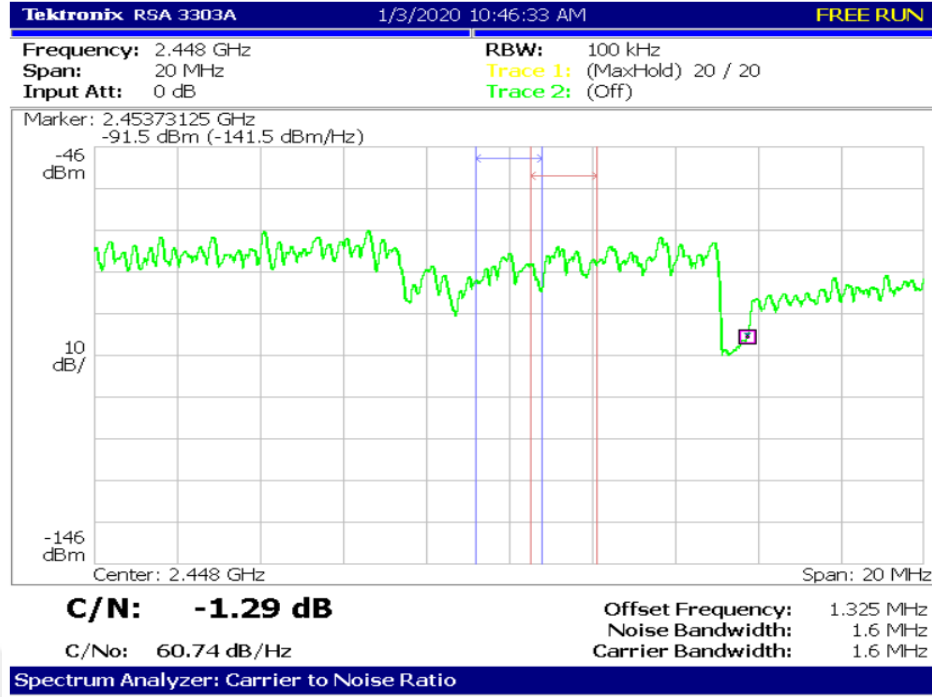
Şekil 4.25'te belirtilen orta mesafe test koşulu oluşturulduğunda iki ağ geçidi mesafe 7 metre olarak ayarlanmış ve spektrum analizör ona göre yerleştirilmiştir. Şekil 4.27 spektrum analizör ile ölçülmüş C/N oranının göstermektedir.



Şekil 4.27 7 metre C/N değeri

(4.1) eşitliği kullanılarak kanal kapasitesi hesabı yapılmıştır. 3 metre koşulunda olduğu gibi 2.4 GHz'de 20 MHz bant genişliğinde çalışılmıştır. Spektrum analizör ile C/N_{dB} oranı -1.06 dB olarak ölçülmüştür. (4.4) ve (4.5) eşitliklerinde ilgili değerler yerlerine yazıldığında kanal kapasitesi 16.6 Mbps olarak hesaplanır. 3 metreye senaryosuna göre C/N oranı daha düşük olduğu için bit oranında azalma gözlemlenmiştir.

Şekil 4.25'te belirtilen uzak mesafeli test koşulu ise iki ağ geçidi arası 10 metre olacak şekilde ayarlanmıştır. Spektrum analizör test koşullarına göre konumlandırılarak ölçümler yapılmıştır. Şekil 4.28 10 metre için C/N değerini göstermektedir.



Şekil 4.28 10 metre C/N değeri

Çalışma aralığı önceki senaryolarda olduğu gibi 2.4 GHz'de ve 20 MHz bant genişliğinde gerçekleşmiştir. (4.1) eşitliği kullanılarak kanal kapasitesi hesaplanmıştır. Spektrum analizör ile C/N oranı -1.29 dB olarak ölçülmüştür. (4.4) ve (4.5) eşitliklerinde ilgili değerler kullanılarak kanal kapasitesi 15.8 Mbps olarak hesaplanır. 7 metre ve 3 metre çalışma şartlarına göre bit oranında düşme gözlemlenmektedir. Fakat iki ağ geçidi arası CAN haberleşmesi her üç senaryo içinde başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kablosuz olarak haberleşen ağ geçitleri IEEE 802.11g standardında çalışırlar. Bu da 2.4 GHz bandında maksimum olarak 54 Mbps taşıma kapasitesine sahiptir. 3,7 ve 10 metre için oluşturulan ve ölçüm yapılan senaryolar için kanal verimliliği aşağıda verilen denklem ile hesaplanır.

$$\text{Kanal verimliliği} = \frac{n_{cal} \times 100}{n_{maks}} \quad (4.6)$$

n_{cal} , 3 farklı senaryo için ayrı ayrı hesaplanan kanal kapasitelerini göstermektedir. n_{maks} , IEEE 802.11g standardındaki maksimum taşıma kapasitesini yani 55 Mbps'i ifade eder. Hesaplanan her üç kanal kapasitesi (4.6) eşitliğinde yerine koyulursa 3

metre senaryosunda verimlilik %48.8, 7 metre senaryosunda verimlilik %30.7 ve 10 metre senaryosunda verimlilik %29.2 olarak hesaplanır.

Tez kapsamında oluşturulan elektrikli araçlar için kablosuz haberleşme sisteminin çalışma verimi ve başarısının doğrulanmasının ardından, haberleşmenin 7 ve 10 metre içinde başarılı bir şekilde gerçekleşeceği yapılan ölçüm ve hesaplamalar ile ispatlanmıştır. Kurulan test düzenekleri ve gerçek sürüş çevrimi koşullarında sistem başarılı bir şekilde çalışmaktadır ve mevcut iyileştirme ve geliştirme süreçleri için kullanılmaktadır.

4.5.2 Alıcı Anten Gücü

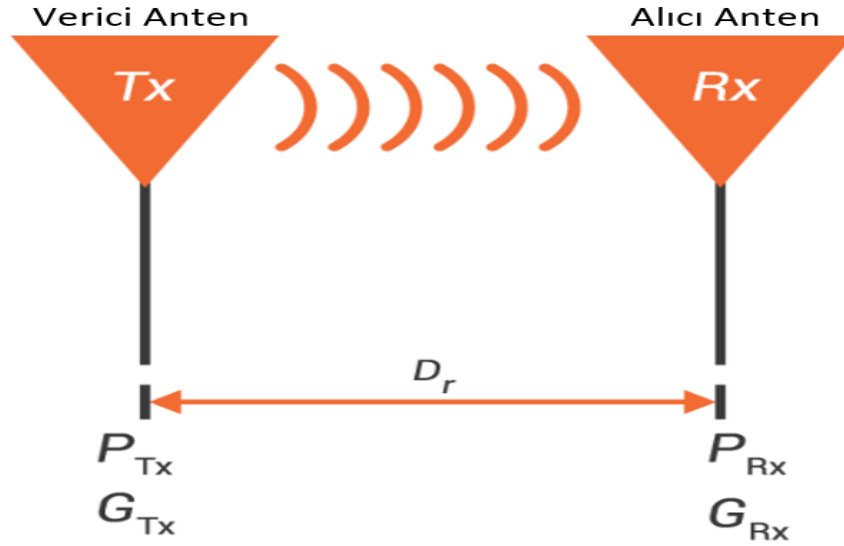
Farklı senaryolar ile test edilen yeni kablosuz haberleşme mimarisinin performans analizi Friis eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Friis eşitliği alıcı anten tarafından alınan gücü ifade etmektedir. Alıcı anten kazancı, verici anten kazancı, iki anten arası mesafe, sinyal iletim gücü ve antenlerin çalışma frekansı kullanılarak hesaplanır. 3,7 ve 10 metre senaryoları için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır.

Kullanılan iki ağ geçidinde de aynı antenler kullanılmaktadır ve kullanılan anten özellikleri Tablo 4.2’de belirtilmiştir.

Tablo 4.2 Kullanılan anten genel özellikleri

Anten Tipi	Seramik Çip Anten
Frekans Aralığı	2400-2500 MHz
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40°C ile +125°C
İletim Gücü	3W
Anten Kazancı	2.2 dBi

Şekil 4.29’da kullanılan iki ağ geçidi arası haberleşme ve Friis eşitliğinin kullanılabilmesi için gerekli parametreler gösterilmektedir.



Şekil 4.29 İki ağ geçidi haberleşmesi ve Friis parametreleri

Friis eşitliği için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır [23].

$$P_{Rx} = P_{Tx} G_{Tx} G_{Rx} \left[\frac{\lambda}{4\pi D_r} \right]^2 \quad (4.7)$$

Bu eşitlikte P_{Rx} alıcı gücünü, P_{Tx} verici gücünü, G_{Tx} verici kazancını, G_{Rx} alıcı kazancını, λ dalga boyunu, D_r ise alıcı ve verici arasındaki uzaklığı tanımlamaktadır. Tablo 4.2’de belirtildiği üzere hesaplamalar seramik çip antenin genel özelliklerine uygun olarak yapılmıştır. P_{Tx} iletim gücü olan 3W, G_{Tx} ve G_{Rx} anten kazançları alıcı ağ geçidi ve verici ağ geçidinde aynı antenler kullanıldığı için 2.2 dBi olarak kullanılmıştır. D_r ise üç farklı senaryo için 3,7 ve 10 metre olarak alınmıştır. λ ise (4.7) eşitliğinde belirtilen denklem ile hesaplanır.

$$\lambda = c/f \quad (4.8)$$

Bu denklemde c ışık hızını ifade eder ve 3×10^8 m/s’dir. f çalışma frekansıdır ve 2.45 GHz olarak kullanılmıştır. Verici antenin gücü, kazancı ve alıcı antenin kazancı arttıkça alınan sinyalin gücünde artış sağlanabilir. Frekans ve mesafe arttıkça sinyal gücünde azalma meydana gelir.

Üç farklı senaryo içinde hesaplamalar (4.7) ‘da belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. İki anten arasındaki mesafe 3,7 ve 10 metre olacak şekilde Friis eşitliği kullanılmıştır.

Sırası ile D_r değeri 3,7 ve 10 metre olacak şekilde hesaplamalar yapıldığında sonuçlar Tablo 4.3’de görüldüğü gibi olmaktadır.

Tablo 4.3 Alıcı anten gücü

$D_r = 3$ metre	$D_r = 7$ metre	$D_r = 10$ metre
21.85 dBm	14.48 dBm	11.36 dBm

Alıcı ve verici anten arasındaki mesafeye göre değişiklik gösteren alıcı gücü Tablo 4.3’de görülmektedir. İki anten arası mesafe arttıkça alıcı gücündeki azalma Friis eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

Günümüzde fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde elektrikli araçlar taşımacılığın geleceği olarak düşünülmektedir. Elektrikli araç sayısının gün geçtikçe artacağı düşünülürse araç geliştirme ve iyileştirme süreçleri içten yanmalı motorlu araçlara göre bazı farklılıklar gösterecektir. Bu çalışmada, tam elektrikli araçların geliştirme ve iyileştirme süreçleri için sürüş test çevrimleri sırasında araç ile gerçek zamanlı kablosuz olarak haberleşerek aracın takibi ve kontrol edilmesi konusu incelenmiştir. Geliştirilen ve uygulanan yeni sistem planlanmış, uygulanmış ve farklı koşullarda test edilmiştir.

Tez çalışmasının ilk bölümünde geçmişten günümüze kadar elektrikli araç gelişim süreci ve içten yanmalı araçlar ile rekabet edebilmesi için ana parametrelerden bahsedilmiştir. V2X haberleşmesi tanımı ve kullanım alanları incelemesinin ardından tez çalışmasının amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümde elektrik araç mimarisi ve araç komponentleri hakkında tanımlamalar yapılmıştır. Uygulanan kablosuz haberleşme sisteminde kullanılan prototip elektrik aracın mimarisi, komponentleri ve araç içi haberleşme ağı hakkında detaylı inceleme yapılmıştır. Araç içi prototip elektrikli araç komponentlerinin haberleşmesinde kullanılan CAN veri yolu donanımsal ve fiziksel özellikleri kapsamında tanıtılmıştır. Ardından kullanılan CAN protokolünün ve her bir CAN mesajının detaylı çalışması yapılarak tez çalışmasında kullanılmıştır.

V2X haberleşmesi kapsamında aracın CAN haberleşme ağına entegre edilecek ağ geçidi ve araç tarafı ile haberleşecek diğer ağ geçidinin haberleşme sırasında kullanacağı protokoller detaylı şekilde incelenmiştir. Mevcut durumda V2X haberleşmesi için kullanılan diğer uygulamalar hakkında araştırma yapılmış olup tez kapsamında tasarlanan yeni mimarinin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Son bölümde, ağ geçidi araç entegrasyonu ve gerçek test senaryoları gerçekleşmeden, öncelikle test tezgahı üzerinde farklı senaryolar oluşturulmuştur.

Ağ geçitlerinin konfigürasyonlarının yapılması ve haberleşmenin test senaryolarında gerçekleştirilmesinin ardından Vector 1610 donanımı ve Vector CANalyzer programı ile şasi dinamometresindeki gerçek durum simüle edilmiştir. İlk sonuçların başarılı bir şekilde elde edilmesinin ardından ağ geçidi araç entegrasyonu yapılmış ve aracın takip edeceği sürüş çevrimi belirlenmiştir. Ağ geçidi 1 prototip elektrikli aracı ilgili CAN ağına fiziksel olarak entegre edilmesinin ardından aracın uluslararası araç geliştirme süreçlerinde en yaygın olarak kullanılan ve kabul edilen NEDC sürüş çevrimini gerçekleştirmesine karar verilmiştir.

Gerçek test senaryosu, şasi dinamometresinde bulunan araca entegre edilmiş ağ geçidi ile kontrol odasında bulunan ve canlı olarak aracın takibinin yapılacağı diğer ağ geçidi arası gerçekleştirilmiştir. Aralarındaki mesafe yaklaşık olarak 3 metre olarak ölçülmüş olup haberleşme başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Aracın gerçek zamanlı olarak takibi ve ilgili fonksiyonlarının kontrol edilmesi bulunan ağ geçidi aracılığı ile sağlanmıştır.

Mevcut durumda kullanılan araca kablolu olarak bağlanıp aracın takip edilmesi üzerine olan sistem sonuçları ile kablosuz haberleşmenin gerçekleştiği tez çalışması kapsamında uygulanan sistemin karşılaştırılmış olup %94.09 oranında doğruluk gözlemlenmiştir. Aradaki farkın başlıca sebebi mesafe kısa olmasına rağmen çok az seviyede sinyalde bozulmalar ve gecikmeler meydana gelmesidir.

Son olarak uygulanan kablosuz haberleşme sisteminin başarısının farklı koşullarda test edilerek doğrulanması yapılmıştır. Spektrum analizör kullanılarak iki ağ geçidi arası mesafe 3, 7 ve 10 metre olacak şekilde 3 farklı senaryoda kanal kapasitesi ölçümleri ve alıcı anten gücü hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 5.1’de sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Farklı senaryolardaki kablosuz haberleşme sonuçları

	d= 3 metre	d= 7 metre	d= 10 metre
Kanal kapasitesi	26.4 Mbps	16.6 Mbps	15.8 Mbps
Kanal verimliliği	%48.8	%30.7	%29.2
Alıcı anten gücü	21.85 dBm	14.48 dBm	11.36 dBm

Yapılan testler, ölçümler ve hesaplamaların ardından kurulun kablosuz haberleşme sisteminin elektrikli araç üretici şirketler için araç geliştirme ve iyileştirme süreçlerinde kullanılabileceği ispatlanmıştır. Aracın gerçek zamanlı uzaktan takip edilebilmesi ve kontrol edilebilmesi elektrikli araç test süreçlerinde mevcut kablolu sisteme göre hız, hata analizi ve verinin doğruluğu konularında iyileştirmeler sağlamaktadır.

Tez çalışması aynı zamanda ileriki çalışmalar için otonom şekilde aracın kontrol edilebilmesini ve bu sayede zamandan ve maliyetten önemli kazanımlar elde edilebileceğini göstermektedir.



- [1] Vyas Singh Chauhan, "Simulation of Electric Vehicle Including Different Power Train Components", M.S. thesis, Department of Electric Drives and Traction, Czech Technical University, Prague, 2017
- [2] M. Höök and X. Tang, "Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—A review", *Energy Policy*, vol. 52, pp. 797-809, 2013.
- [3] L. Situ, "Electric Vehicle Development: The past, Present & Future" in 3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, Hong Kong, 2009
- [4] C. Corchero and M. Sanmarti, "Vehicle- to- Everything (V2X): Benefits and Barriers", in 15th International Conference on the European Energy Market (EEM), Lodz, 2018.
- [5] Z. Liu, Z. Liu, Z. Meng, X. Yang, L. Pu and L. Zhang, "Implementation and performance measurement of a V2X communication system for vehicle and pedestrian safety", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 12, no. 9, p. 155014771667126, 2016.
- [6] O. Camacho, P. Norgard, N. Rao and L. Mihet-Popa, "Electrical Vehicle Batteries Testing in a Distribution Network Using Sustainable Energy", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 5, no. 2, pp. 1033-1042, 2014.
- [7] C. Chan, "The state of the art of electric and hybrid vehicles", *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, no. 2, pp. 245-246, 2002.
- [8] M. Marchesoni and C. Vacca, "New DC–DC Converter for Energy Storage System Interfacing in Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 22, no. 1, pp. 301-308, 2007.
- [9] Yimin Gao and M. Ehsani, "Design and Control Methodology of Plug-in Hybrid Electric Vehicles", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, no. 2, pp. 633-640, 2010.

- [10] J. Wang, D. Yang and X. Lian, "Research on electrical/electronic architecture for connected vehicles", in IET International Conference on Intelligent and Connected Vehicles (ICV 2016), Chongqing, 2016.
- [11] G. Gopu, K. Kavitha and J. Joy, "Service Oriented Architecture based connectivity of automotive ECUs", in International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), Nagercoil, 2016.
- [12] Y. Onuma, M. Nozawa, Y. Terashima and R. Kiyohara, "Improved Software Updating for Automotive ECUs: Code Compression", in 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Atlanta, 2016.
- [13] Y. Gao, M. Ehsani, and J. M. Miller, "Hybrid Electric Vehicle: Overview and State of the Art," in Hybrid Electric Vehicle: Overview and State of the Art, Dubrovnik, 2005.
- [14] C. H. Chen and M. Y. Cheng, "Design and implementation of a high-performance bidirectional DC/AC converter for advanced EVs/HEVs," in IEE Proceedings - Electric Power Applications, vol. 153, no. 1, pp. 140-148, 1 Jan. 2006.
- [15] Rodney H.G. Tan, Landon Y. H. Hoo, "DC-DC converter modeling and simulation using state space approach" in IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON), Johor Bahru, Malaysia, 2015, pp. 42-47.
- [16] G. Meyer, J. Dokic, H. Jürgens and D. Tobias, "Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Commutes", 2016.
- [17] D. Öner, Bilgisayar Ağları, 2nd ed. Papatya Yayıncılık, 2010.
- [18] R. Çölkesen and B. Örencik, Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, 5th ed. Papatya Yayıncılık, 2008
- [19] M. Kujala, "WLAN standards and Wireless networking security.", Helsinki University of Technology Telecommunications Software and Multimedia Laboratory 1-9, Helsinki, 2003.
- [20] J.M. Tjensvold, "Comparison of the IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 and 802.15.6 wireless standards,", 10 November 2017.

- [21] "Wi-Fi: Overview of the 802.11 Physical Layer and Transmitter Measurements", 8 March 2013.
- [22] B. Bilgin, N.T. Tokan, H.P. Partal, M. Simsek, "A Wireless Driving Cycle Test Observation Method for Electric Vehicles", International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering, vol. 5, no. 11, pp. 18-23, 2019
- [23] V. Granatstein, Physical Principles of Wireless Communications. Abingdon: CRC Press, 2012



İletişim Bilgisi: berkk.bilgin1@gmail.com

Makale

1. B. Bilgin, N.T. Tokan, H.P. Partal, M. Simsek, "A Wireless Driving Cycle Test Observation Method for Electric Vehicles", International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering, vol. 5, no. 11, pp. 18-23, 2019

